

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

На правах рукописи

ЛУКАШОВ БОГДАН ВИТАЛЬЕВИЧ

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА АВТОТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ
ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ С УЧАСТИЕМ
ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ КАТЕГОРИЙ М2, N2, N3**

2.9.5. Эксплуатация автомобильного транспорта

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель
д.т.н., профессор, заслуженный работник
высшей школы РФ
Евтюков Сергей Аркадьевич

Санкт-Петербург – 2025

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
ГЛАВА 1. АНАЛИЗ ДТП В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И МЕЖДУНАРОДНЫХ СТРАНАХ	11
1.1. Оценка уровня БДД при эксплуатации ТС категорий М2, N2, N3.....	11
1.2. Состояние проблемы в актуальной научной литературе.....	21
1.3. Дорожно-транспортные происшествия с участием транспортных средств категорий М2.....	24
1.4. Дорожно-транспортные происшествия с участием транспортных средств категорий N2, N3.....	26
1.5. Статистический анализ данных по ДТП	29
1.6. Анализ причин дорожно-транспортных происшествий	40
1.7. Современные средства организации дорожного движения	42
1.8. Применение интеллектуального дорожного контроллера в решении задач автотехнической экспертизы	44
Выводы по главе 1	55
ГЛАВА 2. ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ЗАМЕДЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ КАТЕГОРИЙ М2, N2, N3	56
2.1. Методы сбора исходных данных для реконструкции ДТП.....	56
2.2. Методы машинного обучения в задачах экспертизы дорожно-транспортных происшествий с учетом коэффициентов сцепления участков автодорог	64
2.3. Базовая теория обработки массивов данных по ДТП	65
2.3.1 Нормализация и стандартизация.....	66
2.3.2 Кластерный анализ.....	67
2.3.3 Метод главных компонент и факторный анализ	67
2.3.4 Классификация методом машинного обучения	68
2.3.5 Классификация применительно к анализу ДТП.....	71
2.4. Анализ методов определения скорости движения транспортных средств категорий М2, N2, N3	73
2.5. Применение нормативных и экспериментальных значений установившегося замедления при торможении ТС категории М2, N2, N3	78
2.6. Постановка физической задачи и ее математического решения по определению остановочного пути транспортного средства при реконструкции ДТП	81
Выводы по главе 2.....	93
ГЛАВА 3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ	95
3.1. Постановка экспериментального исследования установившегося замедления транспортных средств категории М2, N2, N3 при экстренном торможении	95
3.2. Методика проведения экспериментальных исследований.....	98
3.3. Результаты экспериментальных исследований установившегося замедления категорий М2, N2, N3	98
3.4 Алгоритм применения метода автотехнической экспертизы дорожно-транспортных происшествий с участием ТС категорий М2, N2, N3 и способ их реализации	109

Выводы по главе 3	121
ГЛАВА 4. ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОГО МЕТОДА.....	122
4.1. Практическое применение экспериментальных и теоретических исследований	122
4.2. Прикладной характер созданного программного обеспечения для аналитики больших массивов эксплуатационных данных автомобильных дорог и анализа опасности дорожно-транспортных происшествий	125
4.2.1 Результаты созданной вычислительной программы.....	131
4.3. Примеры проведения автотехнических экспертиз по усовершенствованному методу	138
Выводы по главе 4	157
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	158
ПРИЛОЖЕНИЕ	174
Приложение А:	174
Приложение Б:.....	178
Приложение В:.....	182
Приложение Г:.....	183
Приложение Д:.....	185
Приложение Е:.....	200
Приложение Ж:.....	203

Введение

Актуальность темы исследования. Обеспечение безопасности дорожного движения (ОБДД) относится к государственной задаче, имеющей социально-экономическое значение в Российской Федерации. Нарастание дорожно-транспортных происшествий (ДТП) наносит невозвратимый ущерб участникам дорожного движения, дорожной инфраструктуре, окружающей среде и в целом экономике государства. Анализ аварийных ситуаций необходим, в частности, для оценки уровня безопасности дорожного движения (БДД), что возможно только при комплексной оценке дорожно-транспортной ситуации (ДТС). В экспертных исследованиях по ДТП ранее, в основном, изучались вопросы, связанные с процессами торможения транспортных средств категорий М1, но недостаточно изучен вопрос транспортных средств (ТС) категорий М2, N2, N3, хотя достаточно большая часть аварий происходит именно с их участием, нанося значительный ущерб автодорожному комплексу Российской Федерации. Выбор категорий ТС в экспертной практике определен ГОСТ Р 52051-2003. Актуальность данного научного исследования заключается в усовершенствовании метода автотехнической экспертизы ДТП с участием ТС категорий М2, N2, N3 и требует достоверных данных о параметрах движения транспортных средств при их торможении. Точность экспертных исследований играет ключевую роль при расследовании и реконструкции ДТП. Возрастание числа аварий требует создания надежных и превентивных методов повышения безопасности дорожного движения. В условиях интенсивного дорожного движения и растущего объема цифровых дорожно-эксплуатационных данных актуальность данного исследования обусловлена возможностью введения современных программных модулей алгоритмов «искусственного интеллекта», позволяющих более подробно и детально исследовать закономерности ДТП и рекомендовать эффективные меры по их предотвращению. Это делает настоящее исследование актуальным с целью повышения достоверности и качества выполняемых автотехнических экспертиз и как следствие предложение рекомендаций по повышению БДД.

Степень разработанности темы. Внушительный вклад в развитие научных исследований внесли: Б.Е. Боровский, В.А. Пучкин, В.А. Илларионов, С.В. Жанказиев, В.Н. Добромиров, С.В. Дорохин, С.А. Евтюков, П.А. Кравченко, В.Н. Ложкин, А.Н. Новиков, И.А. Новиков, А.В. Терентьев, С.С. Евтюков, Я.В. Васильев, Е.В. Куракина, И.С. Брылев, С.М. Грущецкий, П.А. Стёпина, Е.В. Голов, И.В. Ворожейкин, а также зарубежные исследователи, среди них: Д.В.Капский, Д. Клеббельсберг, Д. Коллинз, А. Мюссен, Д. Моррис. Их работы значительно повлияли на создание новых теоретических моделей, предлагая практические решения для совершенствования экспертной практики.

Диссертационная работа направлена на совершенствование метода реконструкции ДТП, учитывающего основные параметры, связанные с процессом торможения для ТС категорий М2, N2, N3. Ранее основные научные публикации были направлены на выявление зависимостей замедления от коэффициента сцепления поверхности для категории ТС М1. В данной работе представлен анализ развития ДТС с участием ТС категорий М2, N2, N3. Исследования основываются на теории статистического анализа и математического моделирования с применением нового алгоритма, используемого для анализа данных больших массивов.

Цель работы: заключается в совершенствовании метода автотехнической экспертизы дорожно-транспортных происшествий с участием транспортных средств категорий М2, N2, N3, позволяющего повысить точность оценки параметров движения при их торможении и качество экспертиз по ДТП.

Задачи исследования:

1. Выявить методы анализа развития дорожно-транспортной ситуации с участием ТС категорий М2, N2, N3 на основе теории статистического анализа и программных модулей «искусственного интеллекта» с применением нового алгоритма аналитического комплекса.

2. Проведение экспериментов для построения эмпирических моделей и для создания коэффициентов, корректирующих значения установившегося замедления и времени его нарастания, а также создание параметрических уравнений зависимостей замедления от коэффициента сцепления дорожного покрытия для транспортных

средств категорий М2, N2, N3 в границах модельно-ориентированной реконструкции дорожно-транспортных происшествий.

3. Разработать усовершенствованный метод реконструкции ДТП с участием ТС категорий М2, N2, N3 путем повышения точности оценки параметров движения транспортных средств при их торможении и качества заключений ДТЭ.

4. Разработать модель и алгоритм применения расчетно-аналитических операций метода автотехнической экспертизы дорожно-транспортных происшествий с участием ТС категорий М2, N2, N3 и способ их реализации, создание предложений по повышению качества производства ДТЭ.

Объект исследования – транспортные средства категории М2, N2, N3.

Предмет исследования – влияние коэффициента сцепления и установившегося замедления на процесс торможения ТС категорий М2, N2, N3.

Рабочая гипотеза – теоретические и экспериментальные исследования влияния коэффициента сцепления дорожного покрытия и установившегося замедления на процесс торможения ТС категорий М2, N2, N3 позволят повысить точность оценки параметров движения ТС за счет создания уточняющих коэффициентов и качество заключений ДТЭ.

Научная новизна исследования заключается в достижении следующих результатов:

1. Впервые выявлены методы анализа развития дорожно-транспортной ситуации с участием транспортных средств категорий М2, N2, N3 на основе теории статистического анализа и программных модулей «искусственного интеллекта» с применением нового алгоритма аналитического комплекса.

2. Впервые предложены эмпирические модели и коэффициенты, корректирующие значения установившегося замедления и времени его нарастания, а также созданы параметрические уравнения зависимостей замедления от коэффициента сцепления дорожного покрытия для транспортных средств категорий М2, N2, N3 в границах модельно-ориентированной реконструкции дорожно-транспортных происшествий.

3. Разработан усовершенствованный метод автотехнической экспертизы

дорожно-транспортных происшествий с участием транспортных средств категорий М2, N2, N3 путем повышения точности оценки параметров движения транспортных средств при их торможении и качества заключений дорожно-транспортных экспертиз.

4. Разработаны модель и алгоритм метода автотехнической экспертизы дорожно-транспортных происшествий с участием транспортных средств категорий М2, N2, N3 и способ их реализации, созданы предложения по повышению качества производства дорожно-транспортных экспертиз.

Теоретическая значимость заключается в разработке модели и алгоритма метода автотехнической экспертизы дорожно-транспортных происшествий с участием транспортных средств категорий М2, N2, N3 и способ их реализации, создание предложений по повышению качества производства дорожно-транспортных экспертиз в Российской Федерации, создание усовершенствованного метода автотехнической экспертизы дорожно-транспортных происшествий с участием транспортных средств категорий М2, N2, N3.

Практическая значимость заключается в возможности применения диссертационного исследования в оценке процесса торможения ТС категорий М2, N2, N3 и учета времени нарастания замедления, времени оттормаживания, которое ранее не учитывалось при составлении временных промежутков движения ТС на тормозной диаграмме, вследствие чего повышается качество выполняемых автотехнических экспертиз, а также в создании достоверной базы данных значений установившегося замедления, времени нарастания замедления для транспортных средств категорий М2, N2, N3, используемых в учебном процессе по дисциплинам диагностика, инструментальный контроль и экспертиза наземных транспортно-технологических машин, эксплуатации автомобильного транспорта, преподаваемым в СПбГАСУ.

Личный вклад автора заключается в постановке цели и задач диссертационной работы, в проведении теоретических и экспериментальных исследований. Основные результаты и выводы послужили основой для создания предложений по повышению эффективности выполняемых автотехнических

экспертиз. Автор обосновал и наглядно проиллюстрировал закономерности изменения ДТС с участием ТС категорий М2, N2, N3, усовершенствовал классический расчетный метод автотехнической экспертизы (АТЭ), актуализировал базу данных для экспертных исследований.

Область исследования соответствует требованиям паспорта научной специальности ВАК 2.9.5. Эксплуатация автомобильного транспорта: пункту 6 – «Обеспечение экологической и дорожной безопасности автотранспортного комплекса; совершенствование методов автодорожной и экологической экспертизы, методов экологического мониторинга автотранспортных потоков» и пункту 9 – «Исследования в области безопасности движения с учетом технического состояния автомобиля, дорожной сети, организации движения автомобилей, качеств водителей; проведение дорожно-транспортной экспертизы, разработка мероприятий по снижению аварийности».

Методология и методы исследования. Методология исследования базируется на использовании экспериментальных методов, включающих измерения замедления с использованием деселерометра модели «BRAKE TESTER LWS-2M». В работе применены следующие методы: регрессионный анализ, кластеризация при помощи метода «К-средних», классификации, включая «дерево решений», метод «опорных векторов», «К-ближайших соседей», «случайный лес», «бустинг». Для обеспечения надежности результатов исследования использовались метрики качества моделей – «коэффициент силуэт» для кластеризации, «точность», «полнота» и «F-мера» для классификации. Результаты апробированы на конкретных ДТП и подтверждены высокими показателями точности и надежности.

Положения, выносимые на защиту:

1. Методы анализа развития дорожно-транспортной ситуации с участием ТС категорий М2, N2, N3 на основе теории статистического анализа и программных модулей «искусственного интеллекта» с применением нового алгоритма аналитического комплекса.

2. Эмпирические модели и коэффициенты, корректирующие значения установившегося замедления и времени его нарастания, а также параметрические

уравнения зависимостей замедления от коэффициента сцепления дорожного покрытия для транспортных средств категорий М2, N2, N3 в границах модельно-ориентированной реконструкции дорожно-транспортных происшествий.

3. Усовершенствованный метод реконструкции ДТП с участием ТС категорий М2, N2, N3 путем повышения точности оценки параметров движения транспортных средств при их торможении и качества заключений ДТЭ.

4. Модель и алгоритм метода автотехнической экспертизы дорожно-транспортных происшествий с участием ТС категорий М2, N2, N3 и способ их реализации, создание предложений по повышению качества производства дорожно-транспортных экспертиз.

Достоверность и обоснованность результатов исследования обеспечивается использованием сертифицированного оборудования и строгим соблюдением методик проведения измерений. Апробация проведена в рамках автотехнических экспертиз, где созданный метод успешно использовался для оценки совершенных ДТП.

Апробация работы. Результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на международных конференциях:

– Международный форум "Инновационные технологии и интеллектуальные транспортные системы в дорожном строительстве" (г. Сочи, 2021 г.).

– II-III Международная конференция "Транспортная доступность Арктики: сети и системы". ФГБОУ ВО "Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет" (г. Санкт-Петербург, 2023-2024 гг.).

–X Международная научно-практическая конференция "Информационные технологии и инновации на транспорте". Секция "Безопасность дорожного движения". ФГБОУ ВО "Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева" (г. Орёл, 2024 г.).

– 15-16-я Международная конференция «Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах». ФГБОУ ВО "Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет" (г. Санкт-Петербург, 2022, 2024 г.).

– 11-я Международная научно-практическая конференция «Реконструкция и анализ ДТП» ФГБОУ ВО "Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет" (г. Санкт-Петербург, 2024 г.).

Реализация результатов исследований.

Полученные результаты диссертации используются в работе компании ООО ДСК «Зеленый Град», ООО «ПИТЕРДОРНИИ». Основные результаты исследования внедрены в экспертную деятельность институтов безопасности дорожного движения и судебных экспертиз СПбГАСУ, ОГИБДД УМВД России по Кировскому району г. Санкт-Петербурга. Результаты диссертационного исследования используются в учебном процессе АДФ СПбГАСУ при подготовке студентов по направлению подготовки «Наземные транспортно-технологические средства» (23.05.01), аспирантов научной специальности «Эксплуатация автомобильного транспорта» (2.9.5).

Публикации. Основные научные результаты диссертационного исследования опубликованы 7 научных статьях общим объемом 23,76 п.л. (авторских –14,32 п.л.), в том числе 7 в рецензируемых изданиях из перечня, размещенного на официальном сайте ВАК, в то числе 2 статьи без соавторства. Издано 2 монографии; получено 1 свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 102 наименований. Текст диссертации изложен на 203 страницах, включает 22 таблицы, 89 иллюстраций, 7 приложений.

ГЛАВА 1. АНАЛИЗ ДТП В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И МЕЖДУНАРОДНЫХ СТРАНАХ

1.1. Оценка уровня БДД при эксплуатации ТС категорий М2, N2, N3

Транспортные средства различного назначения необходимы для функционирования общества как в социальном, так и экономическом плане. Грузовой автотранспорт, пассажирские транспортные средства, а также связанные с ними коммерческие перевозки значительно облегчают и обеспечивают стабильную работу экономики, национальной и международной логистики, а также оборону государственного суверенитета. Темпы роста [38, 67, 68] представлены на рисунке 1.

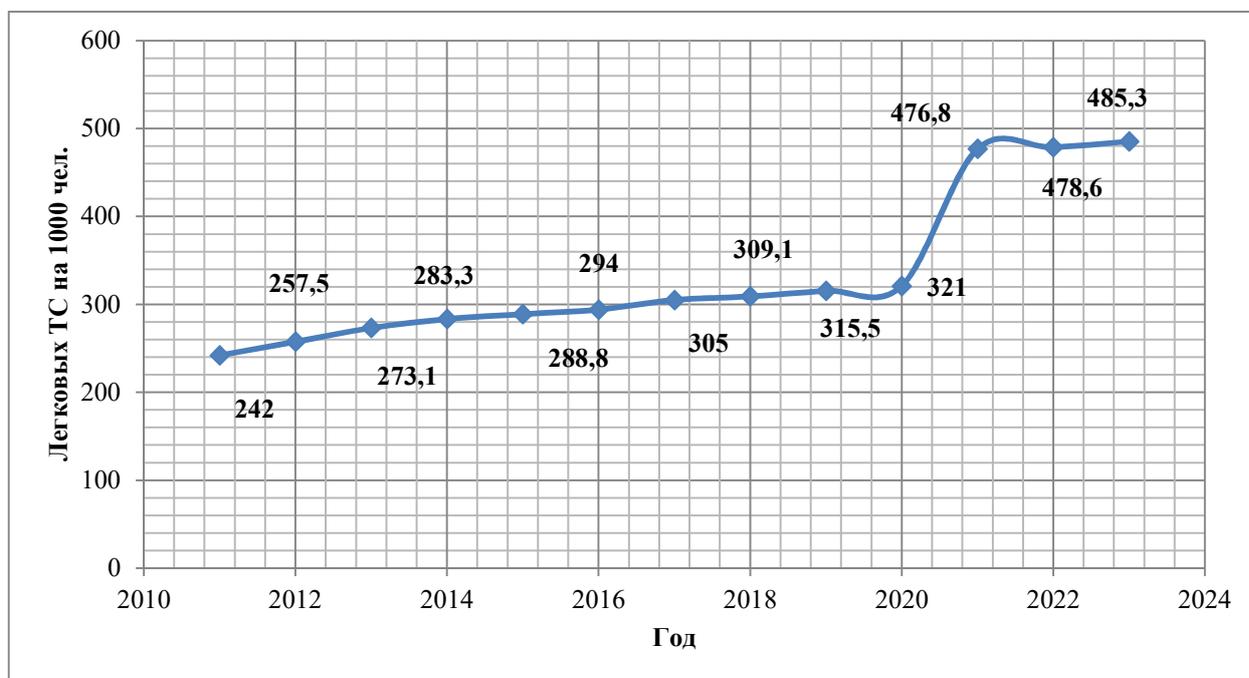


Рисунок 1.1 – Динамика автомобилизации в Российской Федерации (легковых ТС на 1000 чел.)

Дороги и транспорт – основа народного хозяйства любой страны. Анализ международного опыта полезен для оценки характерной степени автомобилизации населения и манеры вождения людей. Вместе с количеством автомобилей растет и количество аварий, что можно наблюдать в таблице 1.1 [17,39].

Таблица 1.1 – Количество дорожно-транспортных происшествий в зарубежных странах

Страна	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Австралия	42 126	40 896	35 348	35 129	40 831	38 502	37 957	37 960	38 466	37 402	36 846	35 736	30 670	
Азербайджан	1 987	3 179	2 721	2 890	2 892	2 846	2 635	2 220	2 006	1 833	1 817	1 870	1 587	1649
Албания	428	850	1 564	1 876	1 870	2 075	1 914	1 992	2 033	1 978	1 718	1498	1 234	1376
Аргентина			174 828	187 204	116 988	161 920	129 076			102 623				
Армения	937	1 312	1 974	2 319	2 602	2 824	3 156	3 399	3 203	3 535				4604
Беларусь	6410	7 717	6 363	5 897	5 187	4 730	4 550	4 151	3 654	3 418	3 399	3 567	3 599	3371
Бельгия	49 065	48 968	45 745	47 761	44 259	41 347	41 474	40 300	40 123	38 025	38 453	37 719	30 232	34640
Болгария	6 886	8 224	6 609	6 639	6 717	7 015	7 018	7 225	7 404	6 888	6 684	6 730	5 710	6080
Босния и Герцеговина		35 233	38 935	37 928	34 884	35 725	36 225	38 659	39 543	37 628	36 672	34 519	29 703	6874
Венгрия	17 493	20 777	16 308	15 827	15 174	15 691	15 847	16 331	16 627	16 489	16 951	16 627	13 778	14233
Германия	382 949	336 619	288 297	306 266	299 637	291 105	302 435	305 659	308 145	302 656	308 721	300 143	264 499	258987
Греция	23 001	16 914	15 032	13 849	12 398	12 109	11 690	11440	11 318	10 848	10 737	10 737	9 098	10454
Грузия	1 708	3 870	5 099	4 486	5 359	5 510	5 992	6 432	6 939	6 079	6 452	5 839	4 999	5863
Дания	7 346	5 412	3 498	3 525	3 124	2 984	2 880	2 853	2 882	2 789	2 964	2 808		2402
Израиль	20 660	17 509	15 318	14 742	13 094	14 114	12 797	13 104	12 966	13 628	12 557	12 670	10 836	11554
Индия	391 449	439 255	499 628	497 686	490 383	486 476	489 400	501 423	480 652	464 910				
Ирландия	7 757	6 533	5 780	5 230	5 610	4 976	5 796	5 831	5 877	6 019	6 119	5 862		
Исландия	1 002	687	883	849	742	822	808	912	986	952	868	770	727	873
Испания	101 729	91 187	85 503	83 027	83 115	89 519	91 570	97 756	102 362	102 233	102 299	104 080		89862
Италия	256 546	240 011	212 997	205 638	188 228	181 660	177 031	174 539	175 791	174 933	172 344	172 183	118 298	151875
Казахстан		14 517	12 008	11 955	14 168	23 359	20 378	18 890	17 974	17 019	15 771	16 614	13 515	13940
Канада	155 838	148 110	125 636	124 199	124 682	122 143	116 292	119 550	118 321	114 412	111 334	105 792		79563
Китай		450 254	219 521	210 812	204 196	198 394	196 812	187 781	212 846	203 049	244 937	247 646		
Корея	290 481	214 171	226 878	221 711	223 656	215 354	223 552	232 035	220 917	216 335	217 148	229 600	209 654	
Латвия	4 482	4 466	3 193	3 386	3 358	3 489	3 728	3 692	3 792	3 874	3 973	3 724	3 414	
Литва	5 807	6 772	3 530	3 266	3 391	3 391	3 225	3 033	3 201	3 055	2 925	3 188	2 817	2808

Продолжение таблицы 1.1– Количество дорожно-транспортных происшествий в зарубежных странах

Страна	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Мальта	12 654	15 584	13 727	14 624	14 546	14 070	14 473	15 504	15 017	15 003				
Мексика	61 146	29 444	27 847	24 905	24 216	22 036	18 014 17 264		12 567	11 883	12 237	12 056		
Молдова	2 580	2 290	2 929	2 826	2 713	2 605	2 536	2 559	2 479	2 641	2 613	2 572	2 005	
Нидерланды	10 873	8 929	3 853		4 968	9 522	13 358	18 523	18 749	18 706	19 270			
Новая Зеландия	7 900	10 932	10 959	9 886	9 678	9 453	8 922	9 782	10 186	11 245	11 692	11 756	10 292	
Норвегия	8 440	8 078	6 434	6 079	6 154	5 241	4 972	4 563	4 374	4 086	3 898	3 579	3 585	3 602
Объединенное королевство	242 117	203 682	160 080	157 068	151 346	144 426	152 407	146 203	142 846	136 063	128 384	123 212	95 222	105 791
Польша	57 331	48 100	38 832	40 065	37 062	35 847	34 970	32 967	33 664	32 760	31 674	30 288	23 540	22 816
Португалия	44 159	37 066	35 426	32 541	29 867	30 339	30 604	31 953	32 299	34 416	34 235	35 704		30 691
Румыния	7 555	7 226	25 996	26 648	26 928	24 827	25 355	28 944	30 751	31 106	30 202	31 146		26 805
Северная Македония	1 692	2 821	4 223	4 462	4 108	4 230	3 852	3 854	3 902	4 019	3 740	3 233	3 696	4 069
Сербия	15 076	12 752	14 179	14 119	13 333	13 522	13 043	13 638	14 382	14 691	14 142	14 134	12 239	13 786
Словакия	7 884	7 903	6 570	5 775	5 370	5 113	5 391	5 502	5 602	5 638	5 689	5 410	4 555	
Словения	8 469	10 309	7 560	7 218	6 864	6 542	6 264	6 585	6 495	6 185	6 014	6 025	4 780	5 326
Соединенные штаты	2 108 000	1 855 000	1 572 000	1 530 000	1 634 000	1 621 000	1 648 000	1 747 000	2 151 000	1 923 000				1 767 116
Турция	75 991	87 273	116 804	131 845	153 552	161 306	168 512	183 011	185 128	182 669	186 832	174 896	150 275	187 963
Узбекистан			7 849	7 780	7 138	7 538	8 264	8 534	9 151	9 404	8 219	8 092	6 982	10 001
Украина	33 339	46 485	31 914	31 281	30 699	30 681	25 854	25 493	26 782	27 220				24 521
Финляндия	6 633	7 022	6 072	6 408	5 725	5 334	5 324	5 185	4 752	4 432	4 312	4 002	3 591	3 243
Франция	121 223	84 525	67 288	65 024	60 437	56 812	58 191	56 603	57 522	58 613	55 766	56 016	45 121	53 521
Хорватия	14 430	15 679	13 272	13 228	11 773	11 225	10 607	11 038	10 779	10 939	10 450	9 695	7 710	9 146
Черногория		1 347	1 520	1 451	1 217	1 266	1 334	1 554	1 698	1 831				
Чехия	25 445	25 239	19 676	20 487	20 504	20 342	21 054	21 561	21 386	21 263	21 889	20 806	18 419	18 156
Чили	30 772	30 268	34 331	35 156	34 591	39 301	38 476	38 734	42 285	41 743	39 194	39 246	28 870	
Швейцария	23 737	21 706	19 609	18 990	18 148	17 473	17 803	17 736	17 577	17 799	18 033	17 761	16 897	17 436
Швеция	15 770	18 094	16 500	16 119	16 458	14 815	12 926	14 672	14 051	14 849	14 233	13 684	12 243	
Эстония	1 504	2 341	1 347	1 492	1 383	1 364	1 413	1 376	1 468	1 406	1 469	1 406	1 368	

Количество зарегистрированных машин в Российской Федерации с каждым годом увеличивается, см. рисунок 1.2. Высокий спрос на легковые транспортные средства приводит к повышению числа дорожно-транспортных происшествий, снижению уровня безопасности дорожного движения, создавая современный вызов для организации дорожного движения.

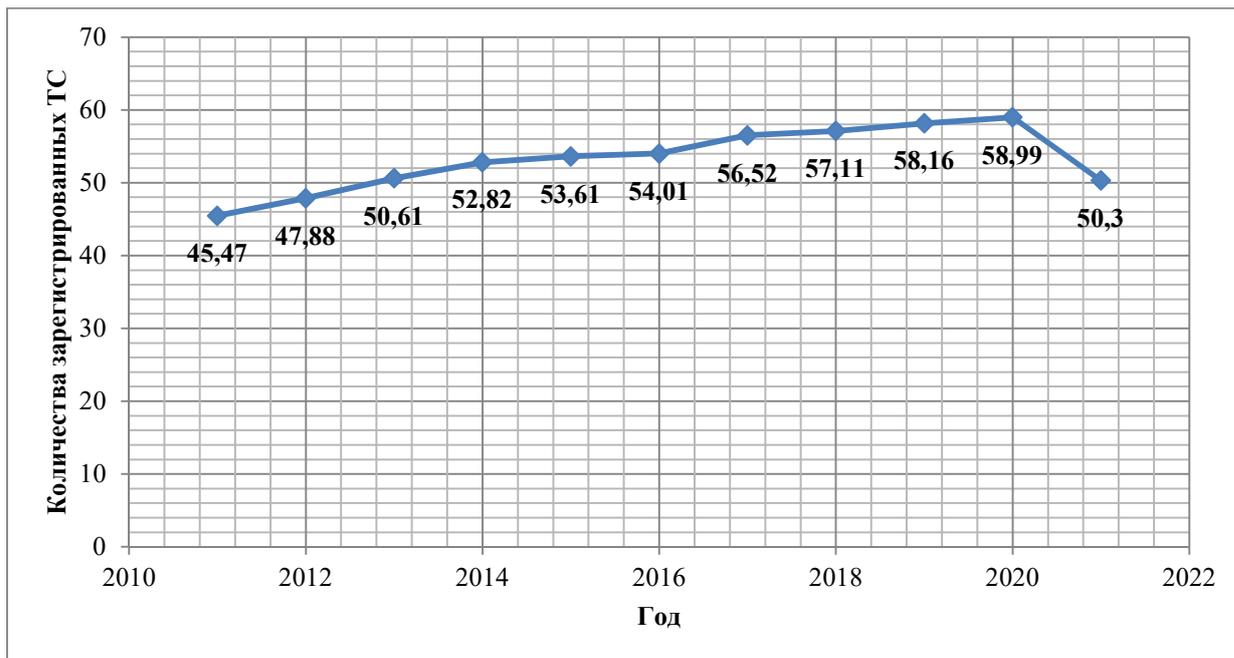


Рисунок 1.2 – Динамика количества зарегистрированных ТС (млн)

Увеличение мощностей собственного производства транспортных средств, а также импорт машин из дружественных стран для личных, коммерческих нужд приводит к повышению уровня автомобилизации населения, несомненно показывая высокий уровень спроса. Для качественной оценки следует разделить механические транспортные средства на классы.

Согласно ГОСТ Р 52051-2003 [100] (таблица 1.2) автотранспортные средства подразделяются на следующие категории: категория М, N, О - АТС. При этом обязательные требования безопасности, технического состояния включают: исправную тормозную систему, рулевое управление, внешние

световые приборы, стеклоочистители и стеклоомыватели, шины и колеса, двигатель и его системы.

Таблица 1.2 – Классификация согласно ГОСТ Р 52051-2003 [100]

Категория АТС	Тип и общее назначение АТС	Максимальная масса, т	Класс и эксплуатационное назначение АТС
1	2	3	4
М 1	АТС, используемые для перевозки пассажиров и имеющие не более 8 мест для сидения (кроме места водителя)	Не регламентируется	Легковые автомобили, в том числе повышенной проходимости
М 2	АТС, используемые для перевозки пассажиров и имеющие более 8 мест для сидения (кроме места водителя)	До 5,0	Автобусы: городские (кл. I), междугородные (кл. II), туристические (кл. III)
М 3	АТС, используемые для перевозки пассажиров и имеющие более 8 мест (кроме места водителя)	Свыше 5,0	Автобусы: городские, в том числе сочлененные (кл. I), междугородные (кл. II), туристические (кл. III)
М 2 и М 3	Отдельно выделяются маломестные АТС, предназначенные для перевозки пассажиров, вместимостью не более 22 сидящих или стоящих пассажиров (кроме места водителя)	Не регламентируется	Автобусы маломестные, в том числе повышенной проходимости, для стоящих и сидящих пассажиров (кл. А) и для сидящих пассажиров (кл. В)
Н 1	АТС, предназначенные для перевозки грузов	До 3,5	Грузовые, специализированные и специальные автомобили, в т.ч.
Н 2	АТС, предназначенные для перевозки грузов	Свыше 3,5 до 12,0	Грузовые автомобили, автомобили-тягачи, специализированные и специальные автомобили

Продолжение таблицы 1.2. Классификация согласно ГОСТ Р 52051-2003

[100]

Н 3	АТС, предназначенные для перевозки грузов	Свыше 12,0	Грузовые автомобили, автомобили-тягачи, специализированные и специальные автомобили
О 1	АТС, буксируемые для перевозки	До 0,75	Прицепы
О 2	АТС, буксируемые для перевозки	Свыше 0,75 до 3,5	Прицепы и полуприцепы
О 3	АТС, буксируемые для перевозки	Свыше 3,5 до 10,0	Прицепы и полуприцепы
О 4	АТС, буксируемые для перевозки	Свыше 10,0	Прицепы и полуприцеп

Кол-во ДТП в процентном соотношении по принадлежности к значению дороги следующее: 14,1% - дороги федерального значения, 19,1%- регионального и межмуниципального значения, 66,7%- местного значения, 0,1% - частные дороги. При этих данных процент погибших на этих дорогах: 33,6% - дороги федерального значения, 37,5%-регионального и межмуниципального значения, 28,7%- местного значения, 0,2% - частные дороги. По представленным данным соотношений ДТП, видна массивная часть происшествий на дорогах, где скоростной режим низкий и присутствуют грубые преднамеренные нарушения правил дорожного движения. В условиях города комплексы фиксации правонарушений дают возможность оценить типы ДТП (рисунок 1.3) [66].

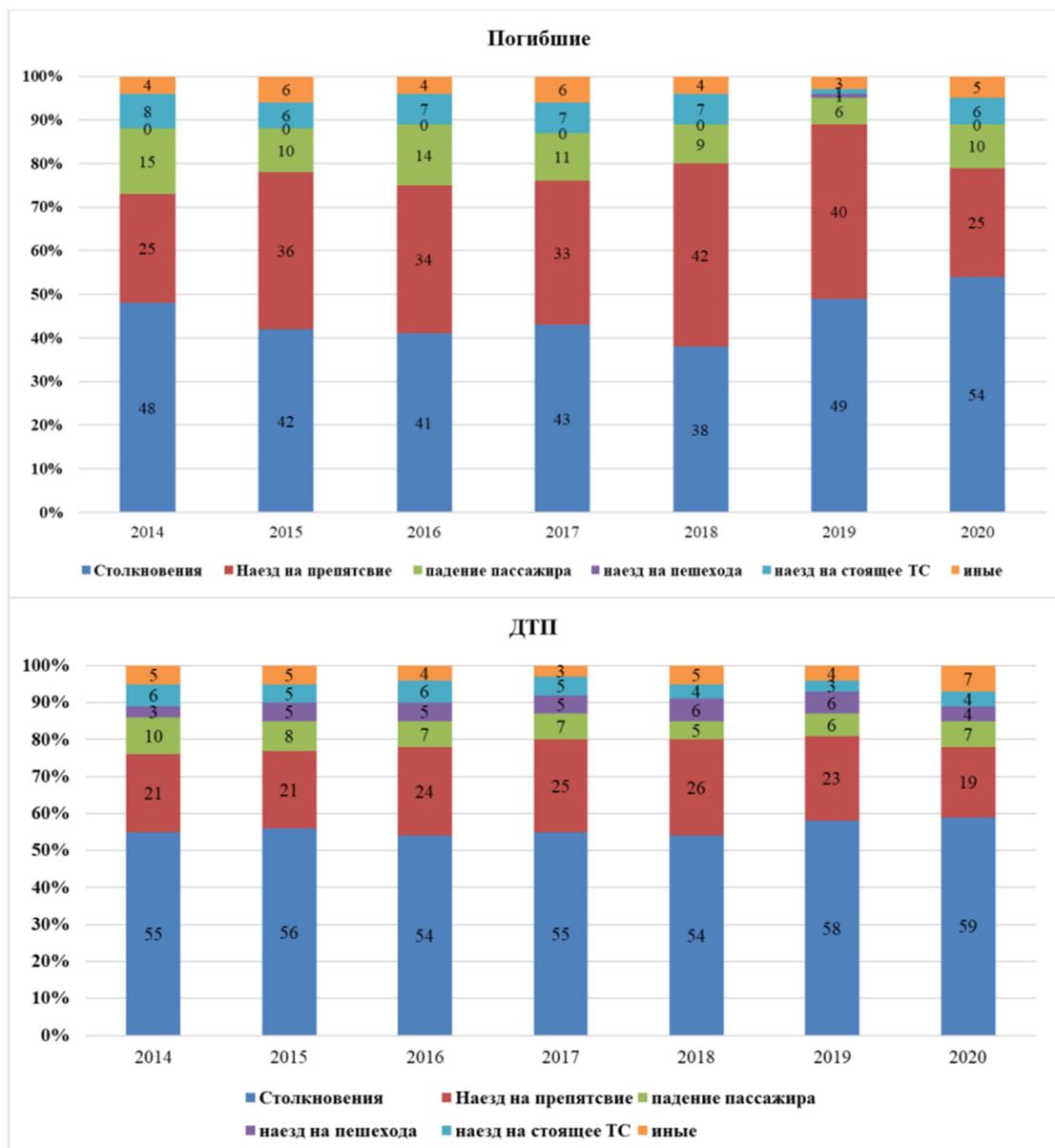


Рисунок 1.3 – Процентное соотношение типов ДТП во временном промежутке, выявленное подсистемой ИТС

Оценивая количественно парк транспортных средств в Российской Федерации, стоит отметить, что количество мотоциклов, автобусов и самоходных машин с 2017 года по 2020 год по динамике оставалось на одном уровне. Риски ДТП с ТС категорий М2 и колесных самоходных машин (КСМ) остаются на высоком уровне, требуют системного подхода в реконструкции ДТС с использованием современных методов анализа и обработки данных [2].

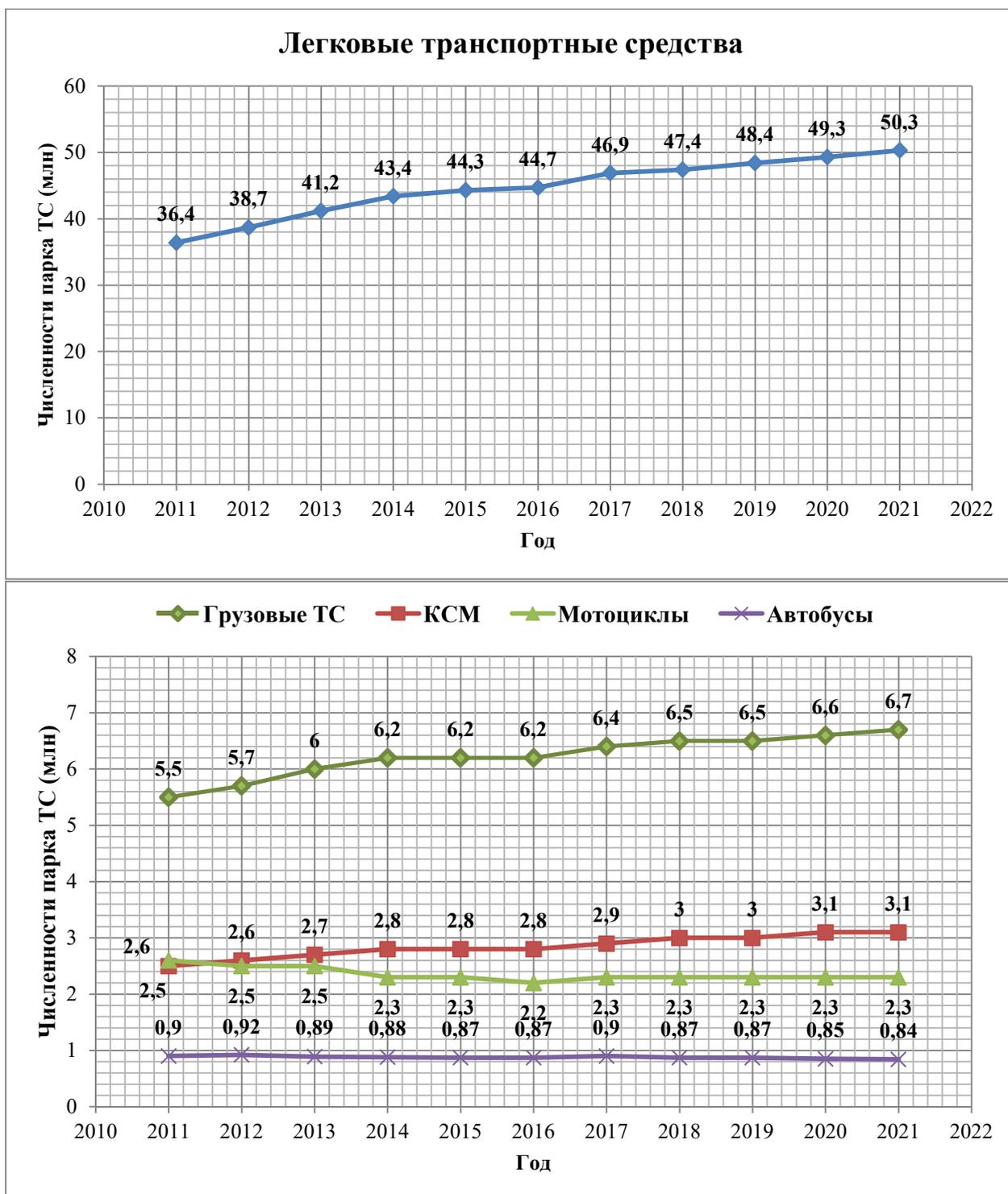


Рисунок 1.4 – Динамика численности парка ТС и самоходных машин (млн)

На рисунке 1.4 представлена численность парка транспортных средств и колесных самоходных машин. Государственная инспекция безопасности дорожного движения выделяет 4 вида транспорта на дорогах общего пользования: легковые транспортные средства, грузовые транспортные средства, самоходные машины, мотоциклы и автобусы. Данные подгруппы

являются весомой частью по отношению к легковым транспортным средствам. Ежедневное использование данных транспортных средств, в самое загруженное время, на улично-дорожной сети неизбежно приводит к ДТП [36, 37] (рисунок 1.5).

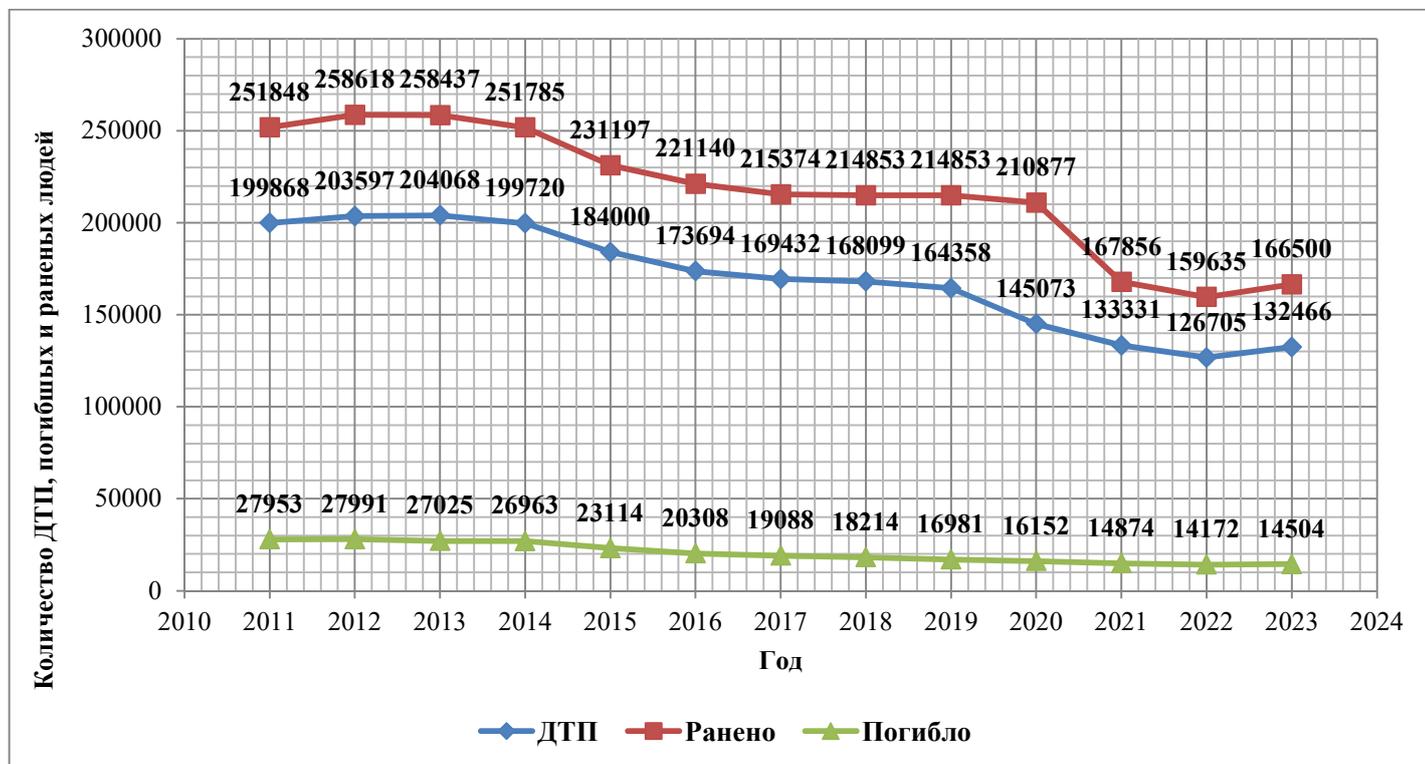


Рисунок 1.5 – Динамика основных показателей аварийности

Важной характеристикой парка машин является вид собственника транспортного средства: физические лица, индивидуальные предприниматели, юридические лица. Ежедневные мероприятия по контролю выполнения нормативных актов, регламентирующих деятельность автотранспортных предприятий, позволяют контролировать техническое состояние парка машин, уровень подготовки и качества вождения коммерческими транспортными средствами. Значительные штрафные санкции в автотранспортной отрасли позволяют пресекать недоброкачественную и халатную эксплуатацию транспортных средств. К категории N1 относятся транспортные средства не более 3,5 тонн, N2 –

свыше 3,5 тонн, но не более 12 тонн. М2 – более 8 мест для сидения и не более 5 тонн, М3 – более 8 мест для сидения и более 5 тонн.

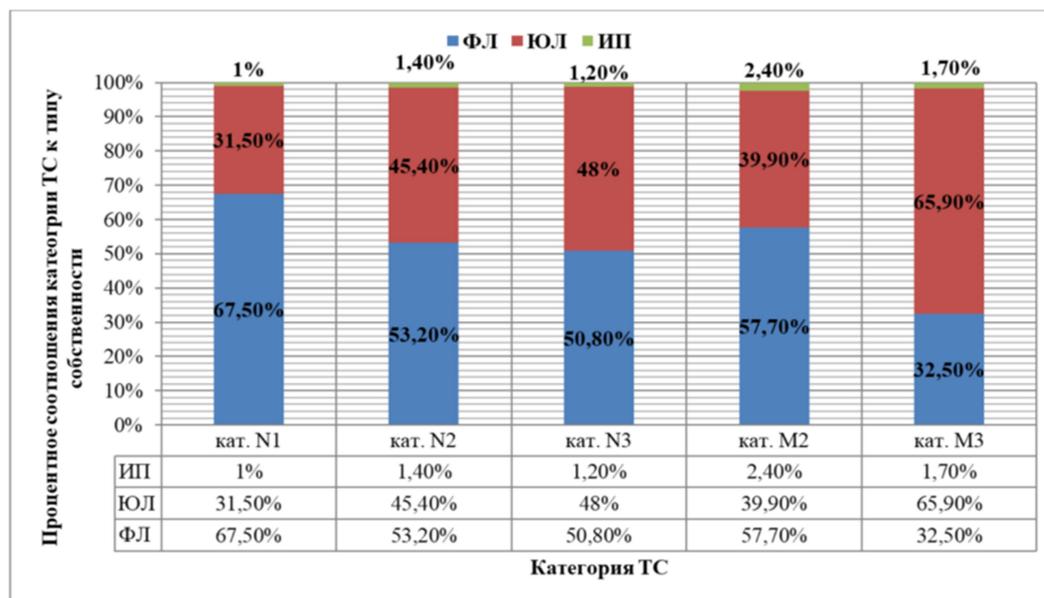


Рисунок 1.6 – Соотношение количества грузовых ТС и автобусов по виду собственника

Грузовые транспортные средства наносят колоссальный ущерб дорожной инфраструктуре. На рисунках 1.7 и 1.8 полностью разрушено силовое ограждение на путепроводе. Падение данного транспортного средства может повлечь за собой травмы и увечья других участников дорожного движения.



Рисунок 1.7 – ДТП с участием грузового транспортного средства на путепроводе КАД вокруг г. Санкт-Петербург

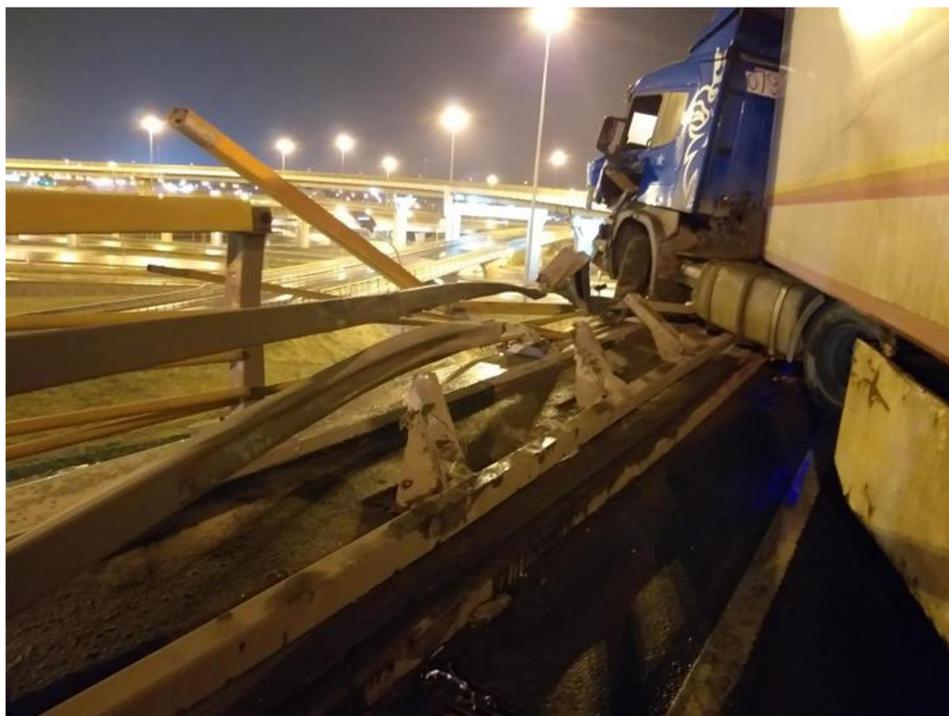


Рисунок 1.8 – Деформация мостового барьерного ограждения при наезде коммерческого автопоезда

В Российской Федерации действуют различные федерально целевые программы по повышению БДД в различных округах и регионах, а также национальный проект «Безопасные качественные дороги», подразумевающие снижение количества увечий здоровью и смертей на дорогах. Изучение статистики ДТП, анализ аварийности на конкретных участках дорожной сети позволяет создавать профилактические мероприятия, снижающие риск возникновения нежелательных дорожно-транспортных ситуаций [36].

1.2. Состояние проблемы в актуальной научной литературе

В диссертационной работе [43] автор провел комплексные исследования, направленные на исследование повышения безопасности дорожного движения. В рамках общесистемного подхода была разработана методика, ориентированная на понижение числа смертельных дорожно-транспортных происшествий. Использование этой методики на практике может способствовать улучшению безопасности на дорогах и снижению тяжести последствий ДТП. В основе лежит системный анализ, который

включает в себя расчетно-аналитические методы и современные программные средства, выявляющие взаимосвязи между различными анализируемыми элементами. Была создана новая информационная модель для комплексной системной оценки эффективности экспертиз, предложена новаторская методика проведения исследований, которая улучшает их точность и обоснованность. Также были созданы новые методики для расчета скорости движения транспортных средств и осуществления фото-, видео-технических экспертиз.

Анализ состояния аварийности в мире и России, представленный в диссертационной работе [42], показывает положительную динамику в улучшении безопасности дорожного движения. Однако уровень ДТП, тяжесть их последствий и сопутствующий ущерб остаются высокими. Ключевым фактором в объективном расследовании ДТП является качество реконструкции происшествия, зависящее от точности экспертных заключений и определения параметров движения. В Российской Федерации существует разрыв между современными возможностями экспертных исследований и устаревшей нормативной базой, что снижает эффективность этих исследований. Для решения этой проблемы представлена концепция, алгоритмы и методология проведения современных ДТЭ, включающих уточнения в процесс реконструкции ДТП, что в конечном итоге влияет на точность и достоверность выводов экспертов по проведению АТЭ. Разработаны новые методы определения параметров движения ТС и новые способы получения исходных данных по ДТП в границах модельно-ориентированной реконструкции, что позволило расширить базы данных для моделирования ДТП. Введена концепция новой функциональной структуры системы обеспечения безопасности дорожного движения, которая позволит ускорить получение и обработку информации, а также снизить стоимость исследований.

В диссертационной работе [46] предложены новые технические решения для мониторинга чрезвычайных ситуаций на автомобильном

транспорте в реальном времени. Проведенный анализ показал недостаточную интеграцию современных видеоинформационных технологий в эту сферу. В условиях роста объема передаваемой информации возникла необходимость модернизации технических средств и внедрения современных технологий обработки и передачи данных. Разработаны методики классификации изображений чрезвычайных ситуаций и алгоритмы для передачи видеоинформации в реальном времени. Создана уникальная автоматизированная система мониторинга, обеспечивающая оперативную передачу видео высокого качества в дежурные службы МЧС России.

В работе [44] проведен анализ ДТП в Санкт-Петербурге и Ленинградской области, выявивший недостаточность информации для подготовки экспертных заключений. Для решения этой проблемы разработана методика оценки замедления легковых автомобилей с учетом характеристик шин и массы транспортного средства. Экспериментальные исследования подтвердили корректность методики, показав, что замедление автомобилей различается в зависимости от их характеристик, что противоречит существующим методам расчета. Предлагается использовать расширенную базу данных для подготовки экспертов и точной оценки замедления.

В ходе диссертационного исследования [45] были получены весомые результаты и предложены модели, которые продемонстрировали, что наличие антиблокировочной системы (АБС) увеличивает замедление транспортных средств от 12 до 16% при торможении в сравнении с автомобилями, неоснащенными АБС. Это дало возможность уточнения методики реконструкции дорожно-транспортных происшествий с учетом массы транспортного средства, разновидности тормозной системы, состояния дорожного полотна и режима торможения.

1.3. Дорожно-транспортные происшествия с участием транспортных средств категорий М2

Одним из надзорных органов для парков маршрутных транспортных средств является федеральная служба по надзору в сфере транспорта (РОСТРАНСНАДЗОР). К транспортным средствам данной категории предъявляются повышенные требования в плане контроля технического состояния, установки специального оборудования для мониторинга (камерами, модулями АО ГЛОНАСС), режима труда и отдыха водителей. ДТП с данным типом транспорта имеет характерные черты: конструктивно машины данной категории не оборудованы достаточным количеством подушек безопасности, количество пассажиров начинает варьироваться от 8 человек, специфика работы подразумевает нахождение пассажира в транспортном средстве в положении «стоя». Падение пассажиров в салоне общественного транспорта становится всё более массовым видом ДТП.

За истекшее десятилетие автобусами перевезено около 112 500 млн человек, что составляет почти 60% от общего количества пассажиров, перевезенных иными видами транспорта общего пользования.



Рисунок 1.9 – Количество ДТП с участием автобусов

Высокий уровень дорожно-транспортных происшествий с участием автобусов требует проведения исследований с машинами данной категории, а также разработки мер, повышающих безопасность эксплуатации данных транспортных средств. На рисунке 1.10 наблюдается значительный разрыв в количестве дорожно-транспортных происшествий в 2020 году, когда пандемия COVID была еще в разгаре, со следующим периодом, характеризуемым окончанием ограничительных мер и возобновлением массовых пассажирских перевозок. В течение трех лет (с 2020 по 2023 год) наблюдается видимый рост числа дорожно-транспортных происшествий, в том числе с травмами и жертвами, что обычно неизменно приводит к ужесточению правил в области пассажирских перевозок.

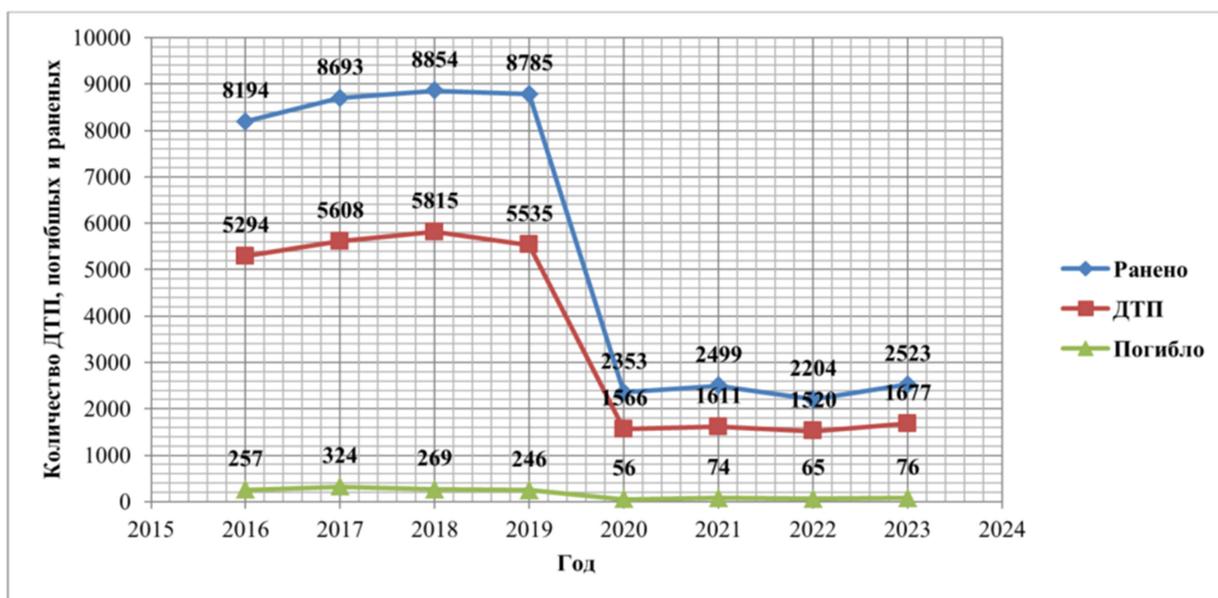


Рисунок 1.10 – Аварийность из-за нарушения ПДД водителями автобусов

1.4. Дорожно-транспортные происшествия с участием транспортных средств категорий N2, N3

Специфика грузового транспорта, состояние машин, коммерческая эксплуатация машин с целью получения максимальной экономической выгоды всегда подразумевают опасность при работе данных транспортных средств [13]. Большое число дорожно-транспортных происшествий сохраняется с 2011 по 2020 год (см. рисунок 1.11).

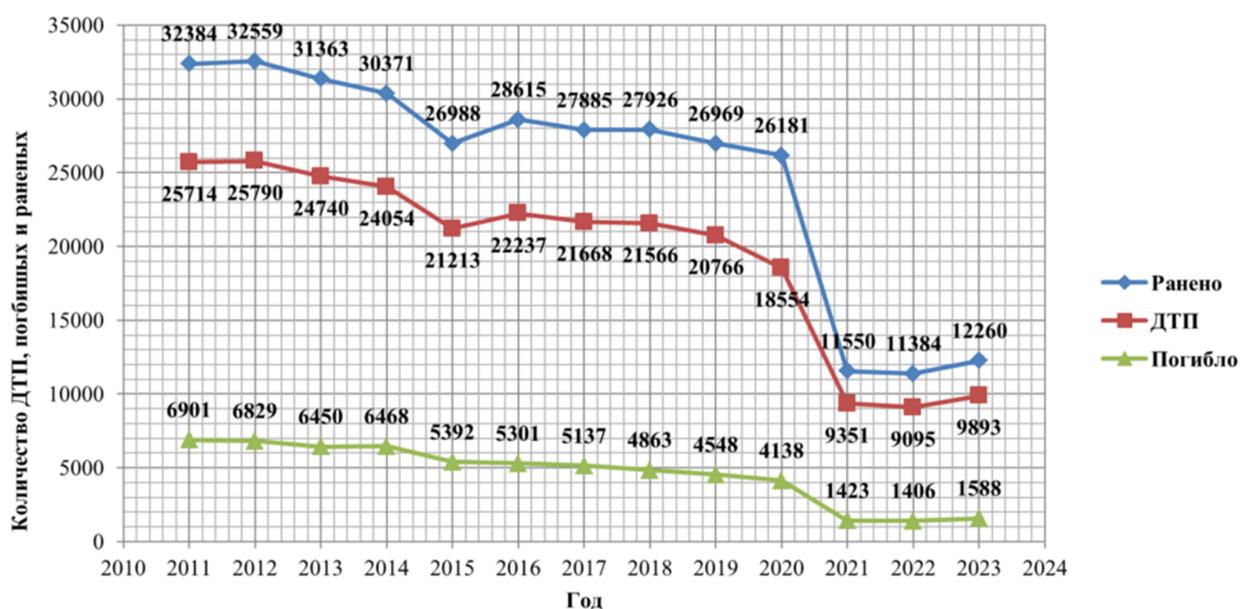


Рисунок 1.11 – Динамика основных показателей аварийности с участием грузового транспорта

С 2011 по 2020 год различные транспортные средства перевезли примерно 70-400 миллионов тонн грузов. Прошедшее десятилетие продемонстрировало, что основная часть грузов транспортируется автомобильным транспортом, который составил 78,6% от общего объема перевезенных грузов.

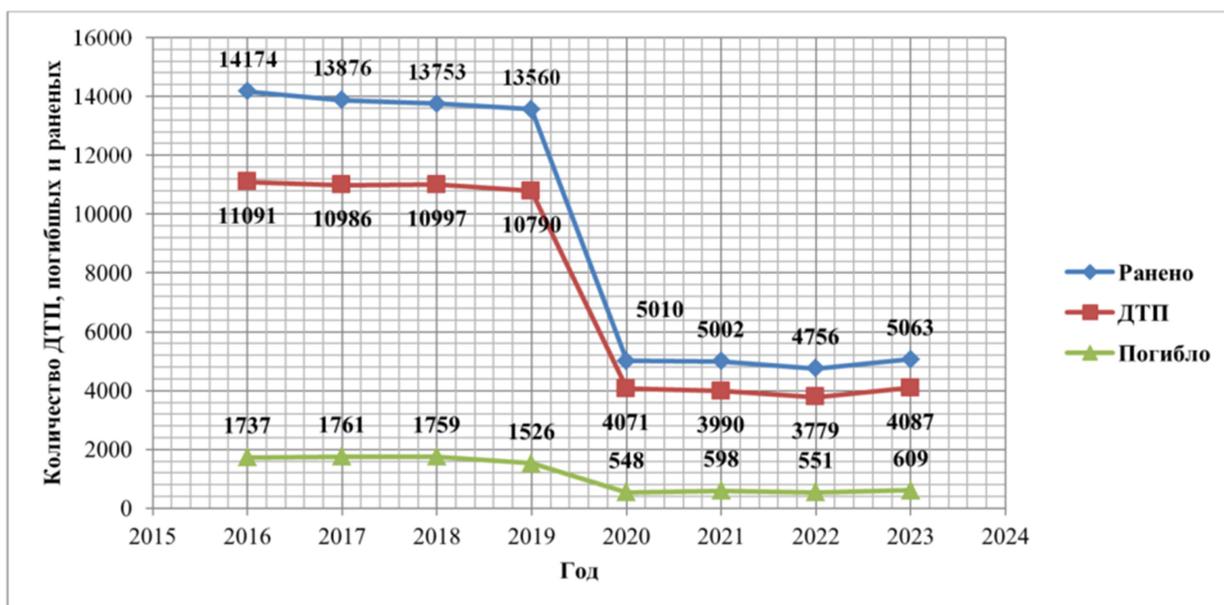


Рисунок 1.12 – Аварийность из-за нарушения ПДД водителями грузовых ТС

Высокий уровень аварийности с участием грузовых транспортных средств с учетом конструктивных особенностей тяжелых рамных машин наносит колоссальный социальный и инфраструктурный ущерб. Пример подобного ущерба можно видеть на рисунках 1.13 и 1.14, где опрокидывание ТС привело к полному разрушению ограждения.



Рисунок 1.13 – Опрокидывание специального грузового транспортного средства на Шафировской развязке автодорога КАД вокруг г. Санкт-Петербург



Рисунок 1.14 - 100% разрушение барьерного ограждения. Консольные стойки полностью отсутствуют на проектных отметках

1.5. Статистический анализ данных по ДТП

Перспективной государственной задачей является создание «Инфраструктуры для жизни». Она включает в себя автодорожной и строительный комплекс. Создание безопасных качественных автодорог, а также повышение уровня БДД на этих автодорогах являются основной задачей транспортного комплекса РФ. Достижение этого уровня возможно только после значительного снижения ДТП с участием ТС различных категорий.

Изучение больших массивов статистических данных по ДТП позволяет выявить тенденции ранее нерассмотренных причин дорожно-транспортных ситуаций. Статистический анализ в комплексе с архивом эксплуатационной информации на автодорогах является основным инструментом для оценки аварийности на автотрассах или улично-дорожной сети городов.

Современные алгоритмы «ИИ» позволяют обрабатывать, моделировать, визуализировать «большие» данные по ДТП и даже предсказать потенциальные происшествия [21]. В данной работе представлен программный анализ аварийности на автодорогах М-1 «Беларусь», М-11 «Нева» с 2013 по 2023 г., а также статистика ДТП кольцевой автомобильной дороги вокруг г. Санкт-Петербург.

Массивы данных (датасеты) представлены в приложениях А, Б, В. Большой объем данных, разбитых на кластеры и признаки с учетом многолетней статистической информации, позволяет выявлять зависимости, связанные с возникновением дорожно-транспортного происшествия на конкретном участке дороги с учетом определенных параметров улично-дорожной сети, условий окружающей среды, а также действий участников дорожного движения. Результаты кластерного анализа (одного из алгоритмов искусственного интеллекта) представлены далее в работе.

Основываясь на информации дорожно-патрульной службы ООО СПК «Зеленый Город», занимающейся содержанием кольцевой автомобильной дороги вокруг г. Санкт-Петербург, и реестрами в системе контроля за формированием и использованием средств дорожных фондов (СКДФ) был собран первый из массивов данных. Данные представляют собой подробный набор информации о дорожно-транспортных происшествиях. Каждая запись содержит уникальный идентификационный номер дорожно-транспортного происшествия и сопутствующая информация: дата, время, тип происшествия (это может быть наезд на другое стоящее транспортное средство, на пешехода или лицо, участвующее в ремонте, столкновение транспортных средств во время движения и т.д.), километраж, географические координаты в формате десятичных градусов и градусов-минут-секунд. Помимо этого, записана информация о количестве пострадавших участников движения и тяжести травм, подразделение полиции, оформившее дорожно-транспортное происшествие, характеристики дороги (количество полос, номер полосы) и транспортных средств (тип, марка, категория). Кроме того, данные включают информацию о непосредственных и сопутствующих нарушениях правил дорожного движения, которые привели к происшествию или способствовали его возникновению. Данные также содержат подробные метеорологические наблюдения с метеостанции Пулково (аэропорт) за рассматриваемый период, включая информацию о температуре, атмосферном давлении, влажности, направлении и скорости ветра, погодных явлениях, облачности и видимости, предоставляемые веб-сайтом [67].

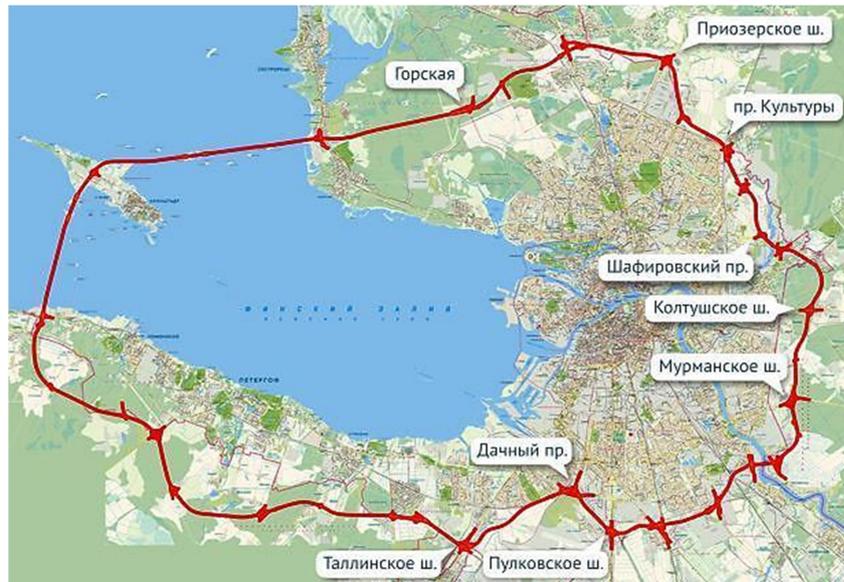


Рисунок 1.15 – Схема кольцевой автомобильной дороги вокруг г. Санкт-Петербург

Второй массив представлял собой данные с 2013 по 2023 г. по скоростной платной автомобильной дороге между г. Санкт-Петербург и г. Москва, М-11 «Нева». Данный набор данных также содержит значения коэффициента сцепления пневматических шин с асфальтобетонным покрытием автодороги, которые собраны по разным полосам и направлениям движения на всем протяжении дороги.



Рисунок 1.16 – Схемы трассы М-11 «Нева»

Третий массив представлял собой данные с 2013 по 2023 гг. по скоростной платной автомобильной дороге между г. Москва и г. Смоленск с границей с Республикой Беларусь – М-1 «Беларусь».

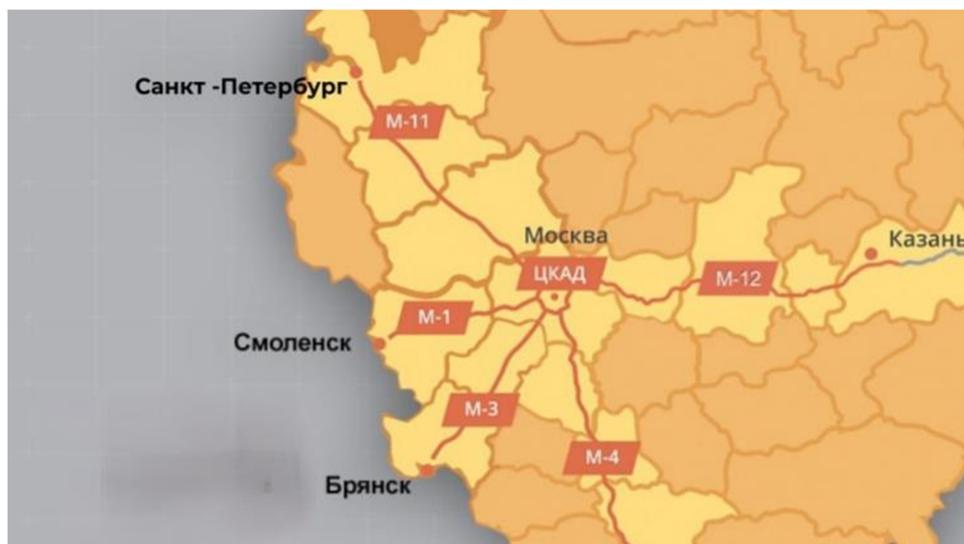


Рисунок 1.17 – Схемы трассы М-1 «Беларусь», М-11 «Нева»

Согласно диаграмме на рисунке 1.18, видно, что на протяжении всей трассы М-1 концентрация мест ДТП изменяется. С 2013 по 2023 г. в пределах 400 км на трассе увеличивается число ДТП, а на участке 100-300 км (между населенными пунктами) уменьшается за счет организации мероприятий по повышению уровня БДД на федеральной автодороге М-1 (силами ГК Автодор и подрядных организаций). Стабильно высокий уровень дорожно-транспортных происшествий требует комплексной работы по улучшению ситуации на скоростных трассах.

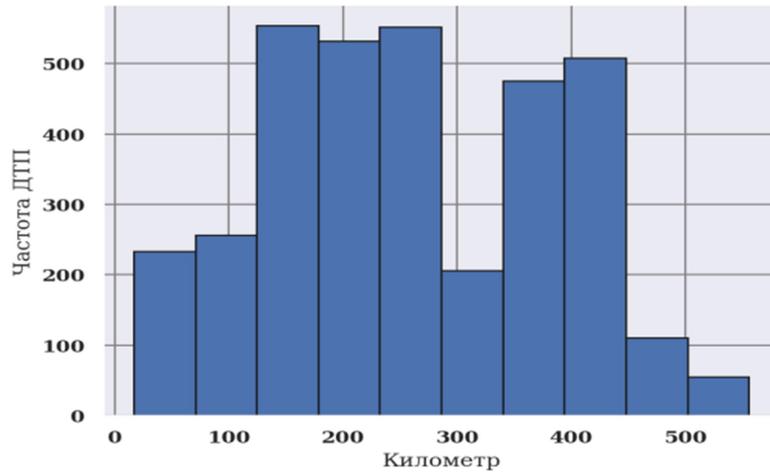


Рисунок 1.18 – Количество ДТП на определенном километре федеральной автомобильной дороги М-1 «Беларусь» за (2013 – 2023)г.

Для наглядного анализа на рисунке 1.19 показана частота ДТП на автодороге М-1 «Беларусь» во времени. Отслеживается тенденция на снижение до 2022г., затем повышение количества ДТП. Это связано с торгово - экономическими связями РФ и РБ, а также транзитными грузами по территории Российской Федерации, с увеличением транспортного потока, повышением эксплуатационных качеств автомобильной дороги М-1.

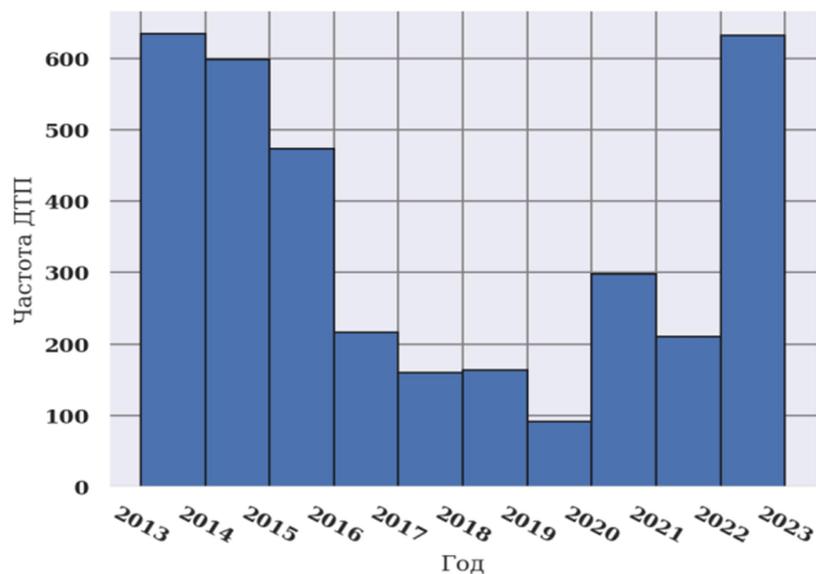


Рисунок 1.19 – Схемы трассы М-1 «Беларусь»

На рисунке 1.18 уточнено распределение ДТП на трассе М-1 с привязкой к конкретному километру автотрассы. С 100 по 250 км, а также с 350 и 450 км наблюдается повышенная частота дорожно-транспортных ситуаций с негативными последствиями.

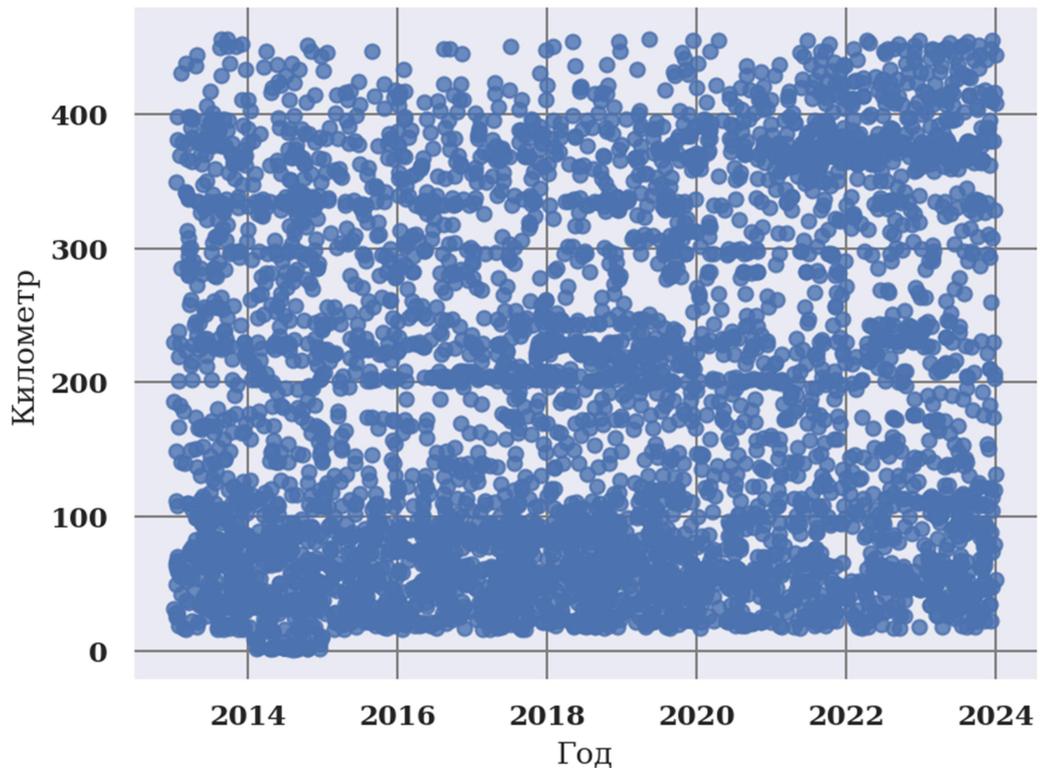


Рисунок 1.20 – Схемы трассы М-1 «Беларусь»

Поле точек на рисунке 1.21 представляет собой конфликтные места по трассе М-1. Каждой точке соответствует конкретный километр автодороги и значение коэффициента сцепления пневматических шин с асфальтобетонным покрытием автодороги. В результате анализа видно равномерное рассеивание поля точек в диапазоне всей автотрассы.

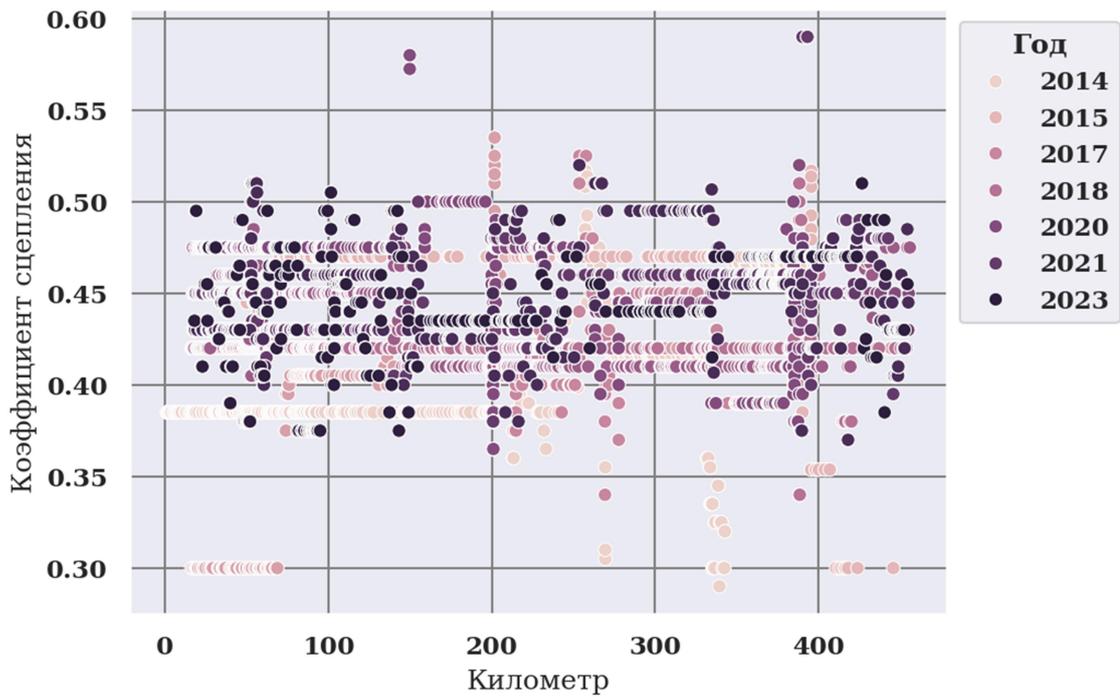


Рисунок 1.21 – Схемы трассы М-1 «Беларусь»

По рисункам 1.21, 1.22, 1.23 и 1.24 отчетливо видно распределение дорожно-транспортных происшествий скоростной дороги М-1 и М-11. С постепенным вводом участков трассы М-11 увеличилось и количество дорожно-транспортных происшествий на этой скоростной автомобильной дороге (рисунок 1.24). Стабильно высокий уровень ДТП на каждом участке (рисунок 1.25) требует различных мероприятий как конструктивных, так и культурно-методических для повышения качества благосостояния и здоровья участников дорожного движения.

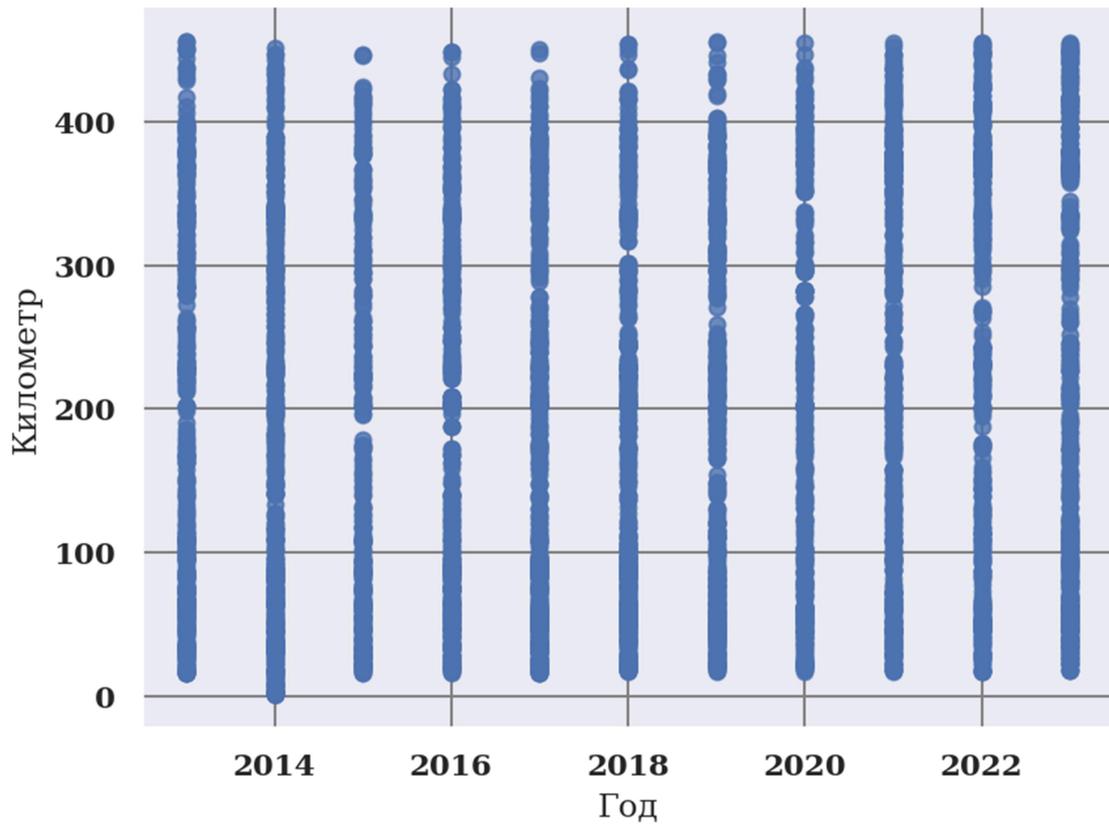


Рисунок 1.22 – Распределение ДТП по годам М-1

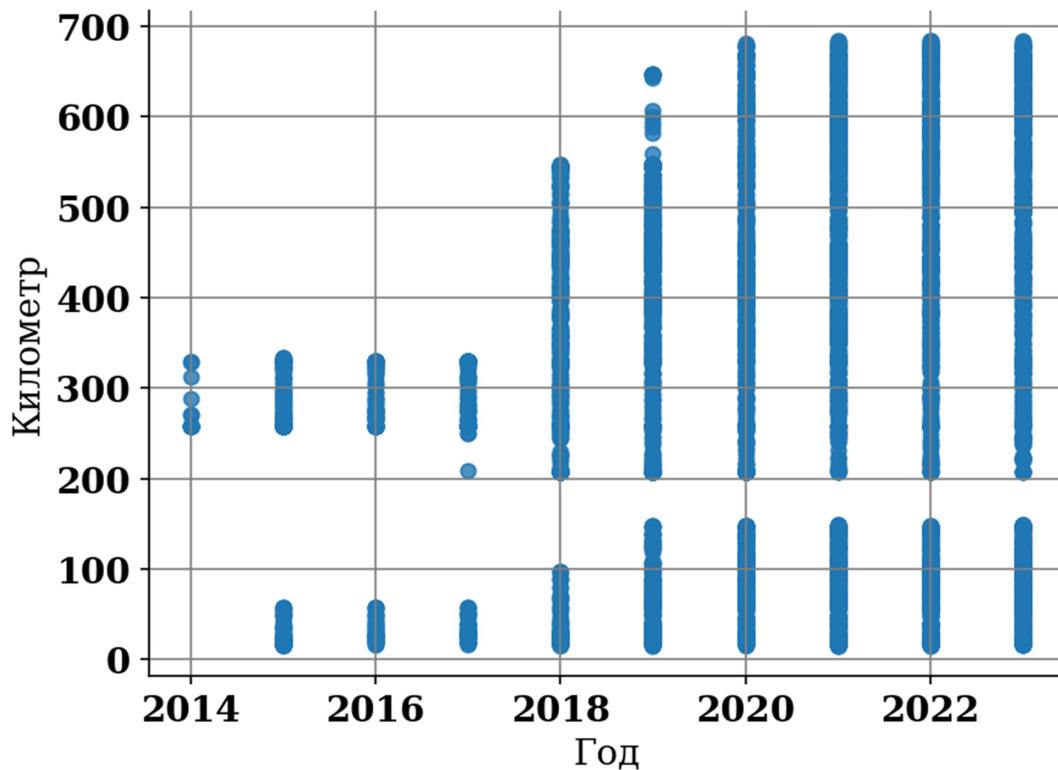


Рисунок 1.23 – Распределение ДТП по годам М-11

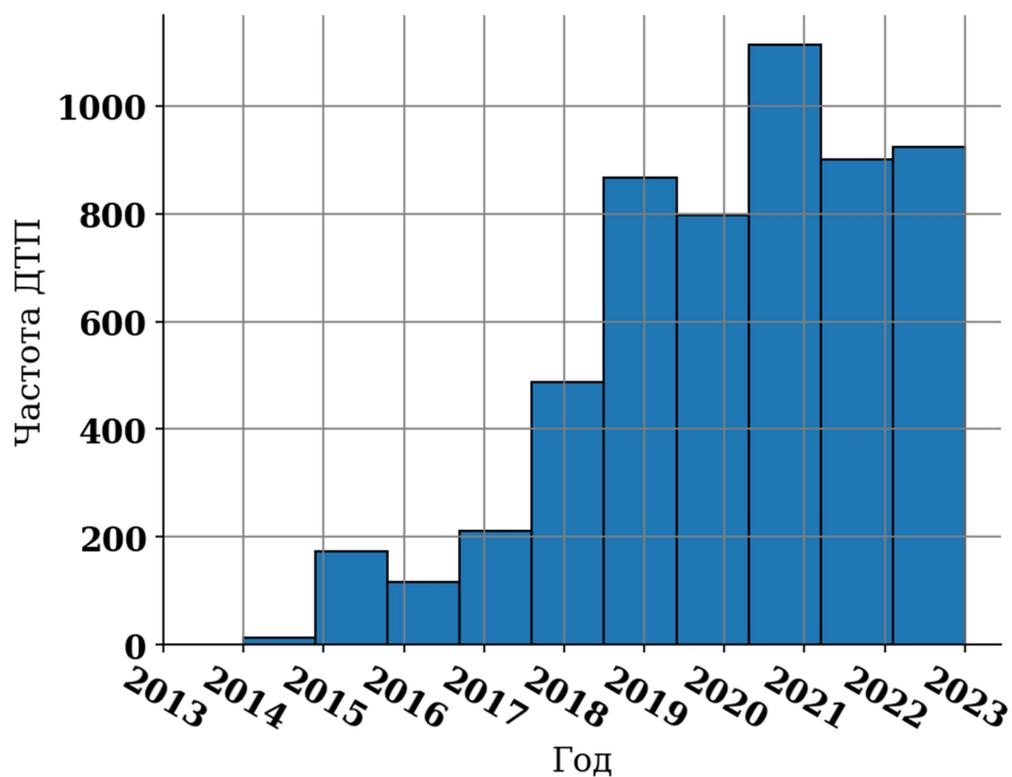


Рисунок 1.24 – Распределение ДТП во времени автодорога М-11 «Нева»

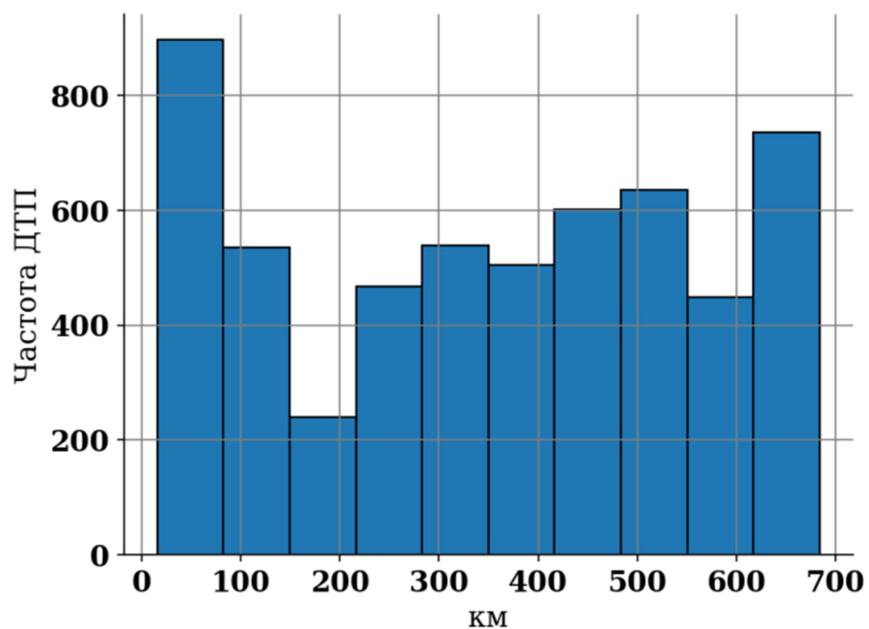


Рисунок 1.25 – Распределение ДТП по протяженности автодорога М-11 «Нева»



Рисунок 1.26 – Схема трассы КАД вокруг г. Санкт-Петербург

Созданная гео-аналитическая карта по собранному массиву данных представлена на рисунке 1.26 на ней изображена кольцевая автомобильная дорога вокруг г. Санкт-Петербург с точками концентрации ДТП. На данной карте ДТС классифицированы на 15 видов: с 2020 по 2022 гг. практически на всех километрах автодороги произошли различные ДТП.

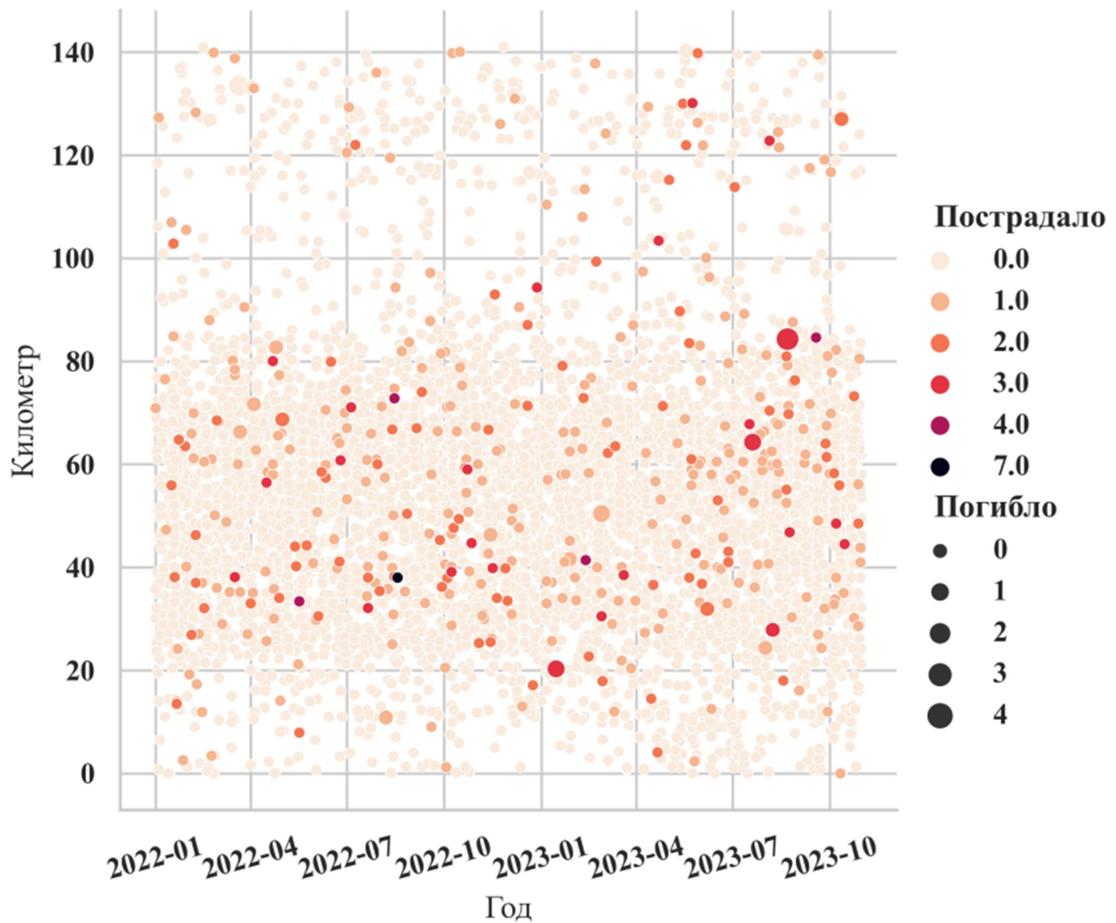


Рисунок 1.27 – Диаграмма рассеивание по тяжести ДТП на КАД вокруг г. Санкт-Петербург

Диаграмма рассеивания по данным о ДТП на автодороге КАД представлена на рисунке 1.27, где размерами точек определяется тяжесть ДТП, а яркостью цветов число пострадавших. По времени аварии распространены достаточно равномерно. Можно сделать вывод, что аварии с большим количеством пострадавших часто сопровождаются значительным числом погибших и в основном концентрируются на городских участках дороги, что требует особого внимания экстренных служб.

1.6. Анализ причин дорожно-транспортных происшествий

Основными причинами дорожно-транспортных происшествий являются несоответствия транспортно-эксплуатационных показателей конструктивных элементов дорог и улиц, дорожных сооружений и элементов обустройства.

Несоответствие эксплуатационных показателей автомобильных дорог, длительное время устранения дефектов при зимнем или летнем содержании автотрасс, снежные отложения и ледяные образования на дорожном полотне являются причиной снижения сцепных свойств опорной поверхности, что в конечном итоге ведет к отрицательному воздействию на коэффициент сцепления и уровню безопасности дорожного движения на участке дорожной сети.

Таблица 1.3 – Коэффициент сопротивления качению

№	Опорная поверхность	Экспериментальный участок	ТС/КСМ с пневматическими колесами	Гусеничные КСМ
1	Асфальтобетон	А/д КАД вокруг г. СПб	0,020	-
2	Булыжно-щебеночная	Мун. Образование Гостилицкое, ЛО	0,025	0,060-0,070
3	Сухая грунтовая укатанная дорога (глинистый грунт)	А/д Романовка - Углово	0,030	0,090-0,095
4	Сухая грунтовая укатанная дорога (чернозем)	А/д Скреблово - Брод	0,040	0,100
5	Луг	Мун. Образование Гостилицкое, ЛО	0,080	0,120
6	Снежная целина	Мун. Образование Гостилицкое, ЛО	0,040	0,180-0,250
7	Укатанная снежная дорога	А/д Лопухинка- Копорье	0,035	0,070

Зависимым параметром от коэффициента сцепления и одним из основных показателей при экспертизе ДТП является замедление транспортных средств. Табличные значения установившегося замедления при торможении транспортных средств длительное время не уточнялись, что приводит к несоответствию действительности данных, полученных расчетным путем. Развитие техники, повышение ее уровня технологичности требует проведения экспериментов для создания объективных условий проведения автотехнической экспертизы. Принципиальное сходство ТС категории N1, N2 с КСМ дает основание распространить полученные значения и на иные модели колесных машин.

Таблица 1.4– Коэффициент сцепления

№	Опорная поверхность	ТС/КСМ с пневматическими колесами	Гусеничные КСМ	Быстроходные гусеничные КСМ
1	Асфальтобетон	0,70	-	-
2	Грунтовая сухая дорога	-	0,90	0,60-0,70
3	Луг	0,400-0,500	0,60	0,90
4	Укатанная снежная дорога	0,30	0,50-0,70	0,70
5	Асфальтобетон, (мокрый укатанный снег)	0,40	-	-
6	Обледенелый грунт со снежным покровом	0,20	0,30	0,25 - 0,30
7	Снежная целина	0,30	0,40	0,50

1.7. Современные средства организации дорожного движения

Развитие дорожных ограждений – важный этап повышения безопасности пешеходов, водителей транспортных средств и других участников дорожного движения.

Самым распространенным и безопасным является барьерное дорожное ограждение. Современные ограждения используются с элементами пластиковых демпфирующих элементов – роликовых частей из пенополиуретана, предназначенных для гашения кинетической энергии при ДТП.

Конструктивно балки секций барьерного ограждения фиксируются через болтовые соединения. Основные несущие элементы имеют свойство отсоединяться при контактном взаимодействии, что в свою очередь демпфирует больше кинетической энергии.

Крепления пролетных балок барьерного ограждения подразумевают его установку по краевой части автодороги и по центральной, то есть балка конструктивно имеет двустороннее крепление секции балки и одностороннее.

Различные варианты использования подразумевают широкий спектр номенклатуры. Классификационная схема барьерного ограждения представлена на рисунке 1.28.

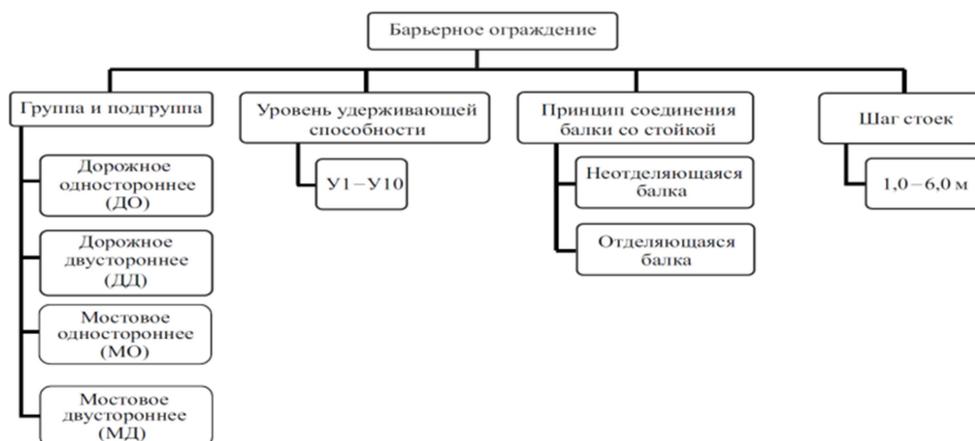


Рисунок 1.28 – Классификационная схема барьерного ограждения

Энергия удара (У) определяется по формуле:

$$U = \frac{1}{2} m v_0^2 \sin^2 \alpha, \quad (1.1)$$

где m - масса транспортного средства, v_0 - скорость ТС, α - угол вектора скорости по отношению к плоскости барьерного ограждения

Таблица 1.5 Режимы испытания барьерного ограждения по ГОСТ-33129

Уровень удерживающей способности			Масса автомобиля М, т/скорость наезда V, км/ч			
Характеристика	Обозначение	Энергия удара, кДж	Легковой автомобиль	Грузовой автомобиль	Автобус	Автопоезд
Высокий уровень	У1	130	1,0/80	12/50	-	-
	У2	190	1,0/80	12/60	12/60	-
	У3	250	1,0/90	16/60	12/65	-
	У4	300	1,0/90	16/65	15/67	-
	У5	350	1,0/90	18/65	15/72	-
	У6	400	1,2/90	18/70	20/67	-
	У7	450	1,2/100	18/75	20/71	-
	У8	500	1,5/100	22/71*	-	35/56**
	У9	550	1,5/100	22/75*	-	35/60**
Сверхвысокий уровень	У10	600	1,5/100	22/73*	-	35/62**
<p>* Трех-/четырёхосное транспортное средство с одинарной (несочлененной) рамой. ** Четырех-/пятиосное транспортное средство.</p> <p>Примечание - Для автопоездов угол наезда 15°.</p>						

1.8. Применение интеллектуального дорожного контроллера в решении задач автотехнической экспертизы

Начиная с 2010 года, активно развивается направление интеллектуальных транспортных систем. Основные научные институты создают методологии и методы проектирования ИТС, а также их комплексных и инструментальных подсистем. Для оценки показателей этих систем, а также обоснования их применения используются целевые индикаторы эффективности, собираемые экспертными группами. Приведенная архитектура ИТС (программный и аппаратный уровень) представлены на рис. 1.29.

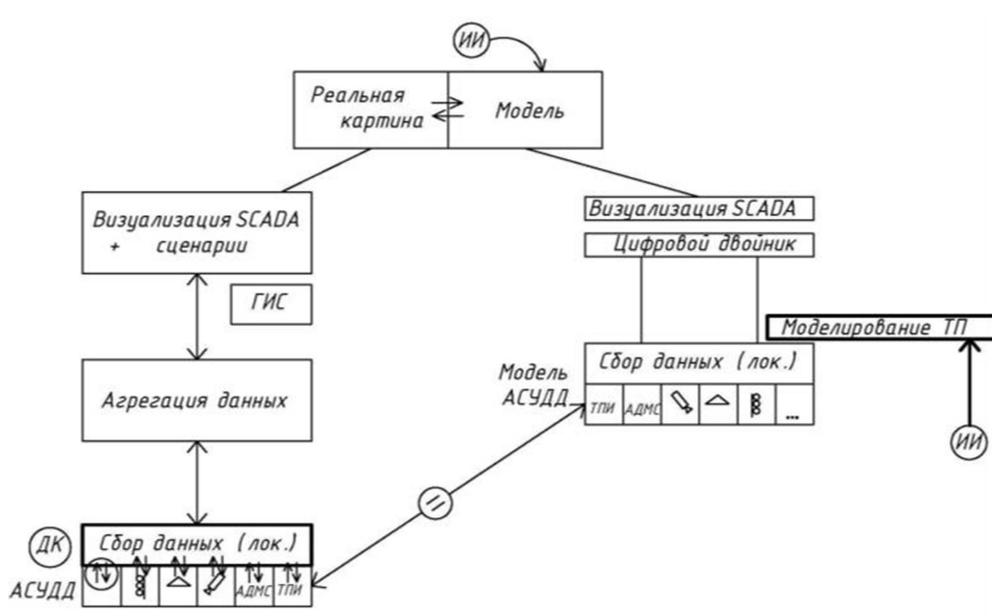


Рисунок 1.29 – Архитектура физической и программной части ИТС:
 ТП — транспортные потоки; ГИС — геоинформационные системы;
 SCADA — диспетчерское управление и сбор данных; АСУДД —
 автоматизированная система управления дорожным движением;

ИТС включает себя также управление транспортными потоками, динамические карты участков улично-дорожной сети, сервисы городского

общественного транспорта, карты высокой четкости с точным геопозиционированием.

Интеллектуальный дорожный контроллер системы (для видеонаблюдения, распознавания, видеофиксации, мониторинга и диагностики) является программно-аппаратным комплексом, который состоит из:

- промышленного компьютера;
- вспомогательного оборудования подсистем;
- специализированного программного обеспечения.

Таблица 1.6 - Поддерживаемые режимы работы.

Режим работы	Описание режима работы
Автоматический режим	без участия оператора
Автоматизированный режим	сценарии запускаются только после подтверждения оператором
Ручной режим	оператор самостоятельно запускает сценарии

ПО дорожного контроллера представляет собой интеграционную платформу для управления и взаимодействия всех подсистем. Доступ к ПО осуществляется через веб-интерфейс.

Программное обеспечение (ПО) комплекса — это интеллектуальная программная платформа, которая собирает данные событиях, сигналах тревоги и видеоизображениях, генерируемых видеокамерами, данные о работоспособности оборудования комплекса, а также позволяет в ручном, автоматизированном или автоматическом режиме управлять активным

оборудованием оповещения (светофор, светодиодный знак, ЗПИ, ТПИ, системы АСУНО и т.п.).

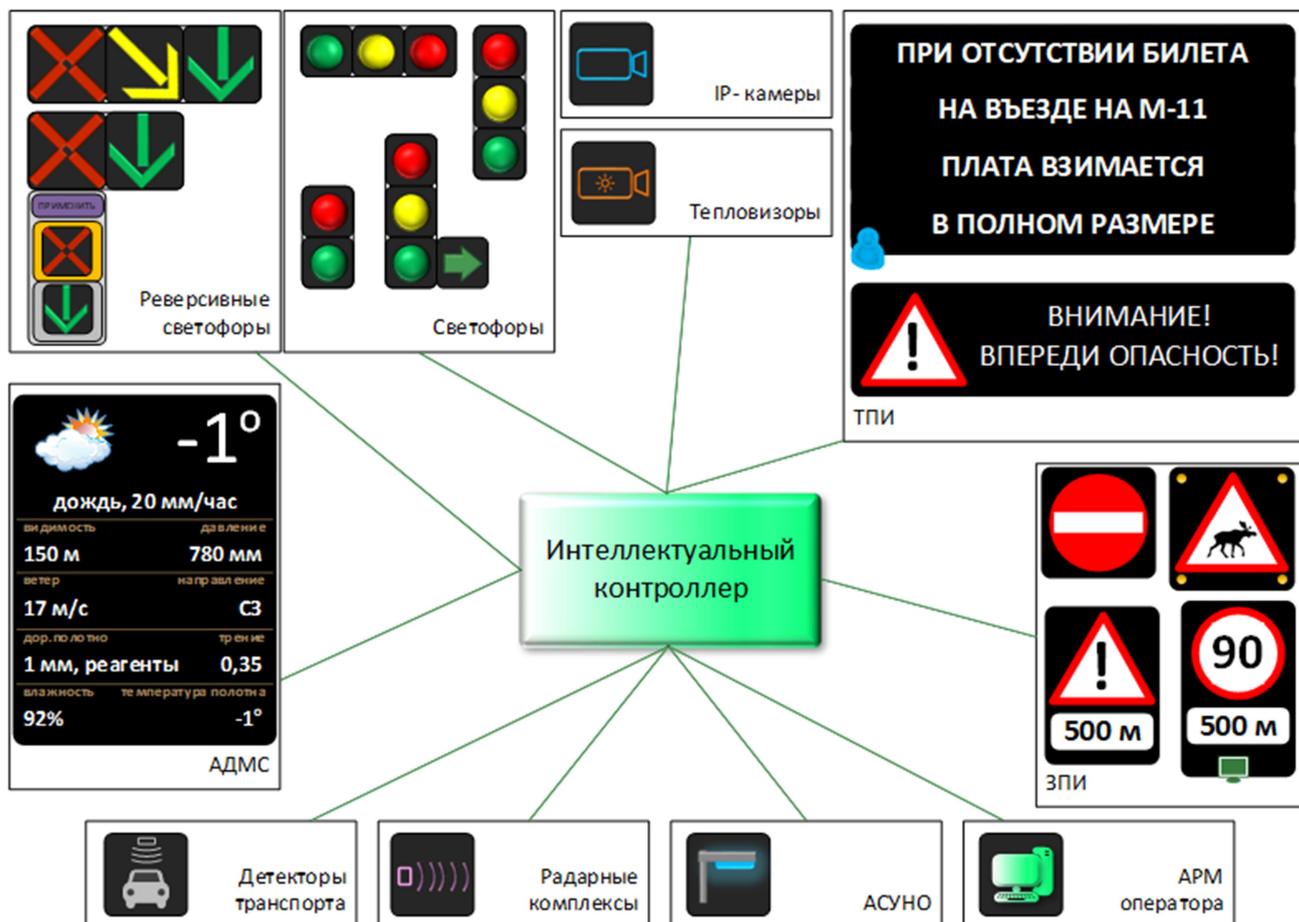


Рисунок 1.30 – Примеры оборудования подключаемого к комплексу

Программное обеспечение контроллера дает возможность:

- интегрировать и связывать в единую ЭКОСИСТЕМУ несвязанные и несовместимые напрямую между собой системы/подсистемы, общающиеся стандартными (в некоторых случаях проприетарными) протоколами;
- интегрировать и связывать в единую ЭКОСИСТЕМУ системы разных производителей;
- создавать сложные сценарии управления и оповещения (в том числе и внешними системами);

- создавать сводную многоуровневую отчетность по интегрированным системам.

Программное обеспечение обеспечивает следующие функции:

- Сбор, агрегация и хранение данных и событий, генерируемых оборудованием и подсистемами комплекса (в том числе диагностические информацию и события).
- Анализ и визуализация в режиме реального времени: мониторинг, оповещение и отчетность.
- Управление внешним оборудованием.
- Передачу информации заинтересованным подразделениям и подрядным организациям.

Программное обеспечение имеет возможность:

- формировать и передавать данные в «удобном виде» в системы более высокого уровня;
- интеграции, восприятия и визуализации получаемых данных со сторонних систем;
- обеспечения «общения» систем/подсистем/контроллеров между собой;
- обучение алгоритма искусственного интеллекта (анализ базы накопленных данных) с последующим тиражированием обученного ИИ на такие же комплексы;
- взаимодействия со сторонними службами (в т.ч. дорожными);
- управление привилегиями пользователей и группами пользователей;
- настройки «тематических» рабочих столов операторов разных служб с фильтрацией оповещений о событиях для каждого типа операторов;
- интеграции с геоинформационными системами.

На Рисунке 1.31 представлены способы подключения контроллеров к оборудованию и подсистемам, а также способы доступа к веб-интерфейсу контроллеров операторами.

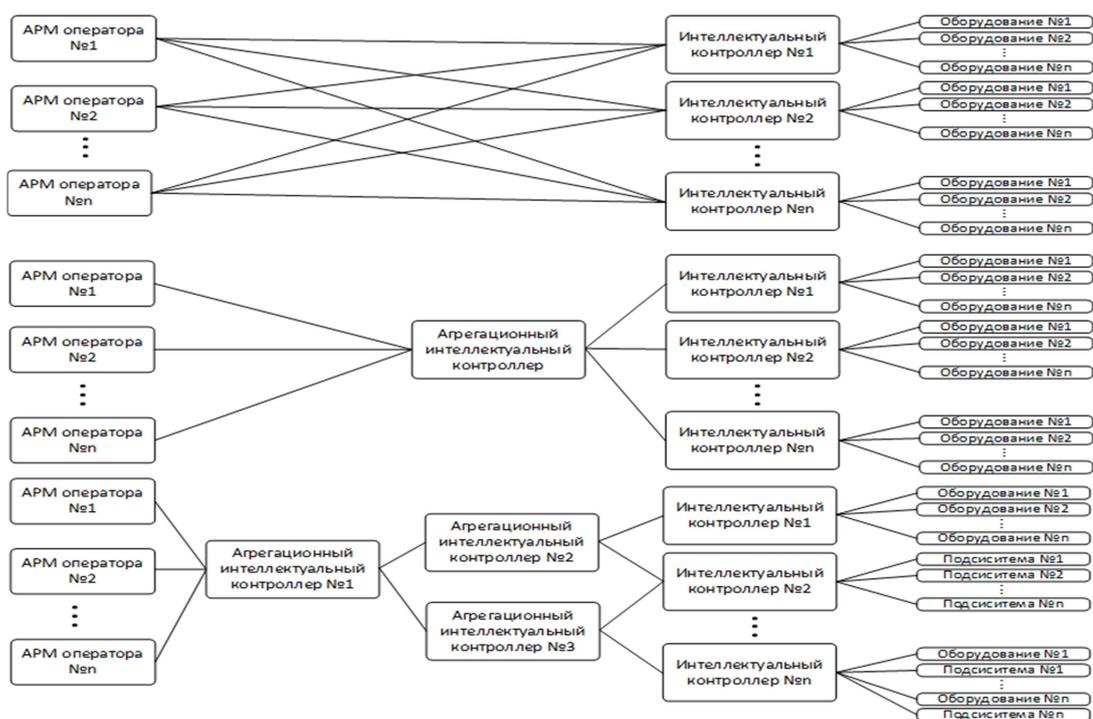


Рисунок 1.31 – Способы подключения контроллеров к оборудованию и подсистемам, а также способы доступа к веб-интерфейсу контроллеров операторами.

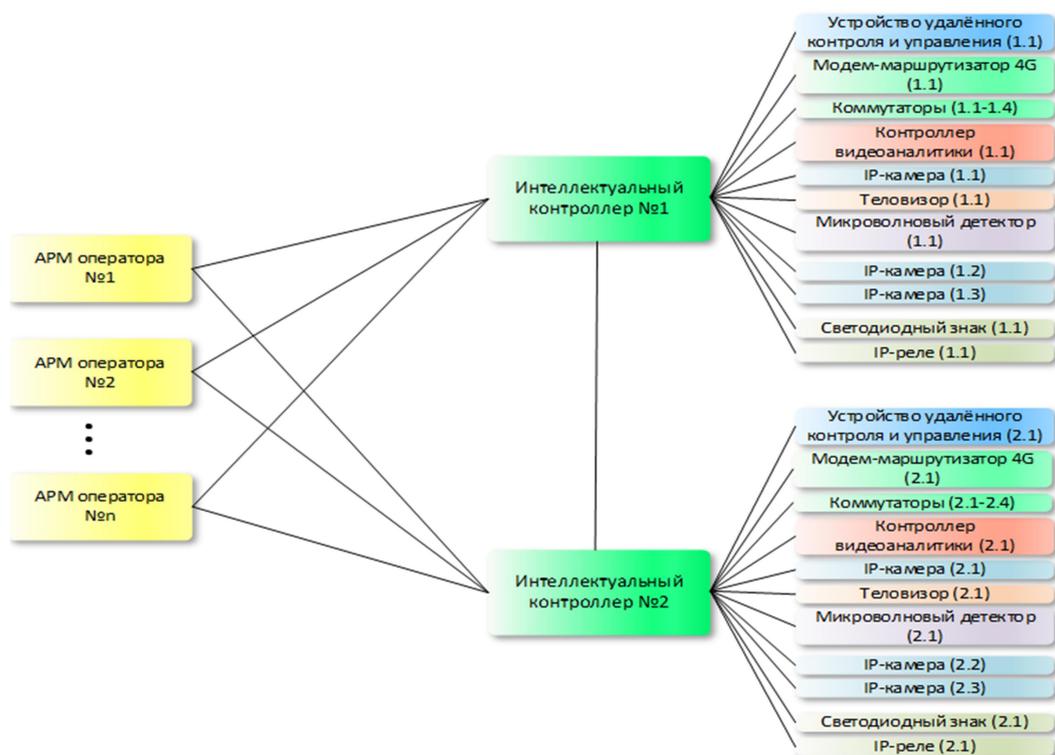


Рисунок 1.32 – Подключения контроллеров к оборудованию и подсистемам, а также способы доступа к веб-интерфейсу контроллеров операторами

Таблица 1.7 - Оборудование, подключенное к интеллектуальным контроллерам.

№	Подключенное оборудование	Функции
	IP-камеры	Охранное видеонаблюдение, детектирование и распознавание объектов
	Тепловизоры	
	Контроллеры видеоаналитики	
	Микроволновые детекторы	Детектирование и распознавание объектов
	Модем-маршрутизатор 4G	Обеспечение передачи данных и доступа к комплексу через цифровые каналы данных операторов сотовой связи
	Wi-Fi модуль	Обеспечение локального доступа к комплексу для настройки или локального съема информации (функция активируется удаленно)
	Коммутационное оборудование	Обеспечение питание оборудования по PoE, внутренняя коммутация комплекса, мониторинг
	Многофункциональный контроллер	Контроль проникновения, мониторинг
	Светодиодный знак	Оповещение водителей

Помимо исполнения основных функций комплекса, все оборудование, подключенное к контроллерам, диагностируется встроенными или внешними средствами диагностики, ведется журнал работоспособности составных частей комплекса, в том числе и самих контроллеров.

На Рисунке 1.33 представлен пример мнемосхемы комплекса системы предупреждения водителей о выходе диких животных на проезжую часть в местах примыканий. В приведенном примере данные и события, генерируемые видеокамерами и оборудованием, передаются в режиме реального времени на ПО, которое сохраняет эти данные и события в базе данных и делает их доступными для веб-интерфейса.

Программное обеспечение комплекса — это интеллектуальная программная платформа, которая собирает данные о событиях, сигналах тревоги и видеоизображениях, генерируемых видеокамерами, данные о работоспособности оборудования комплекса, а также позволяет в ручном или автоматическом режиме управлять активным оборудованием оповещения (светофор, светодиодный знак, системы АСУНО).

Данное программное обеспечение имеет следующие функции:

- Сбор и хранение данных о событиях, генерируемых видеокамерами и оборудованием комплекса.
- Анализ и визуализация в режиме реального времени: мониторинг, оповещение и отчетность.
- Управление внешним оборудованием оповещения. Доступ к ПО можно получить через веб-интерфейс. В типичной установке данные и события, генерируемые видеокамерами и оборудованием, передаются в режиме реального времени на ПО, которое сохраняет эти данные и события в базе данных и делает их доступными для веб-интерфейса (рис. 1.34).

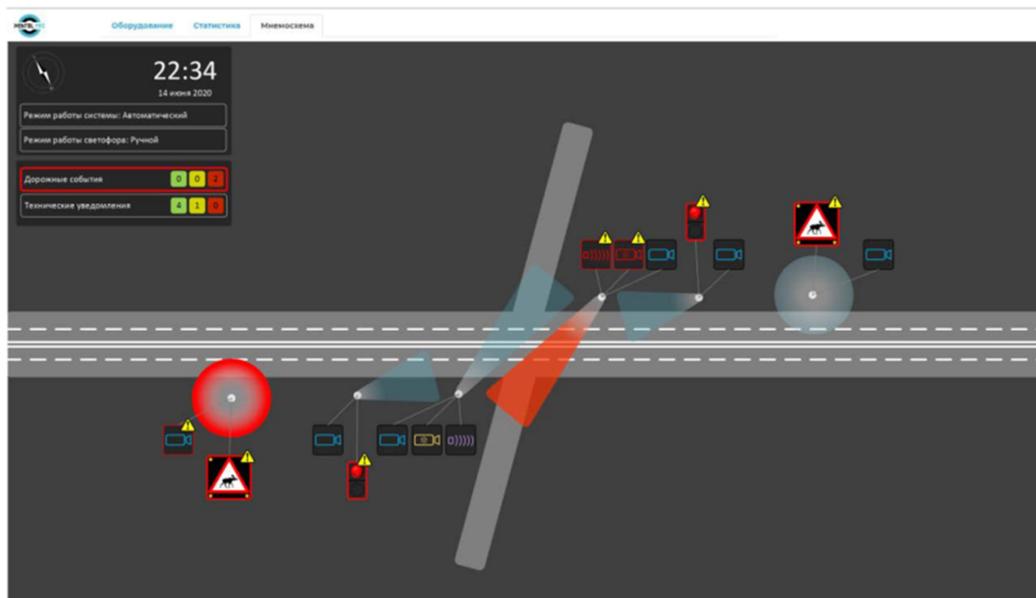


Рисунок 1.33 – Пример веб-интерфейса мнемосхемы комплекса системы предупреждения водителей на проезжую часть в местах примыканий

На вкладке «Мнемосхема» отображается схема участка и установленное оборудование комплекса, а также визуализируется текущее состояние системы.

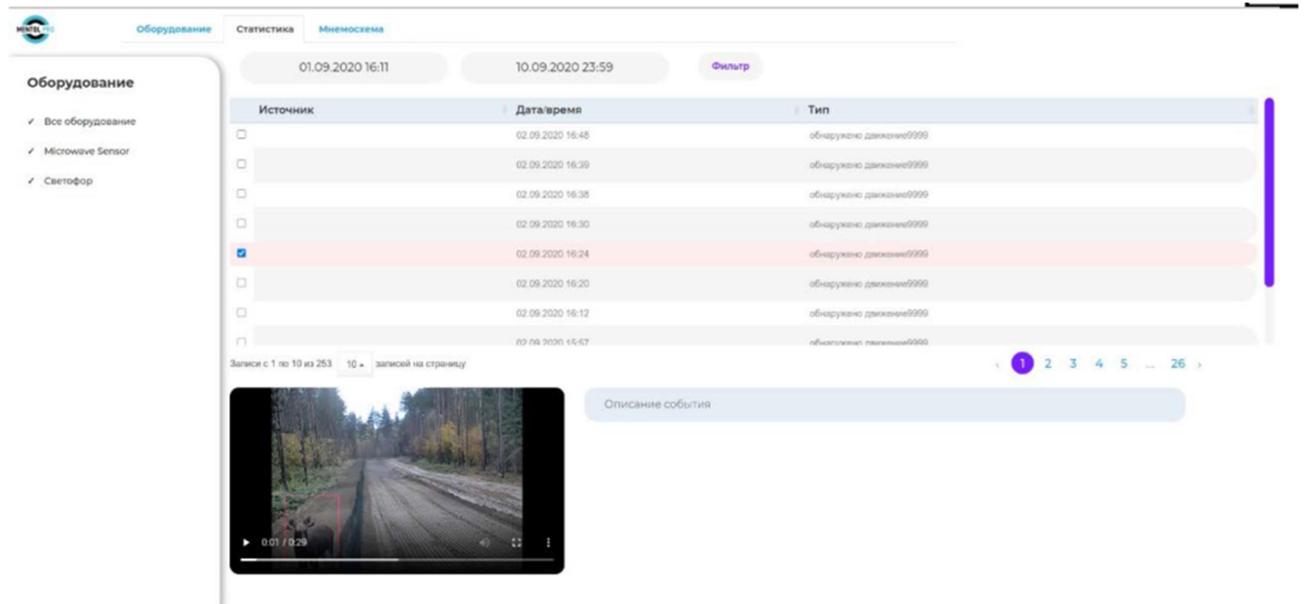


Рисунок 1.34 – Веб-интерфейс ПО комплекса. Вкладка «Статистика»

На вкладке «Статистика» отображается статистика срабатывания комплекса с видеозаписями событий. С данной вкладки также можно формировать отчеты о событиях и осуществлять их выгрузку.

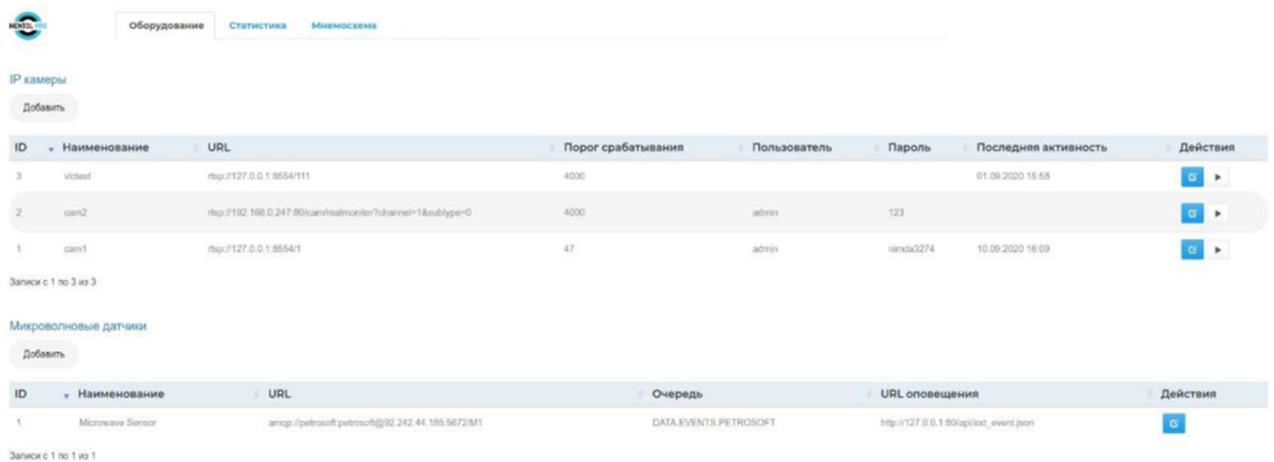


Рисунок 1.35 – Веб-интерфейс ПО комплекса. Вкладка «Оборудование»

Оборудование может быть размещено в коммутационных шкафах, схема которых представлена на рис. 1.36. Общая типовая схема расположения оборудования показана на рис. 1.37, 1.38.

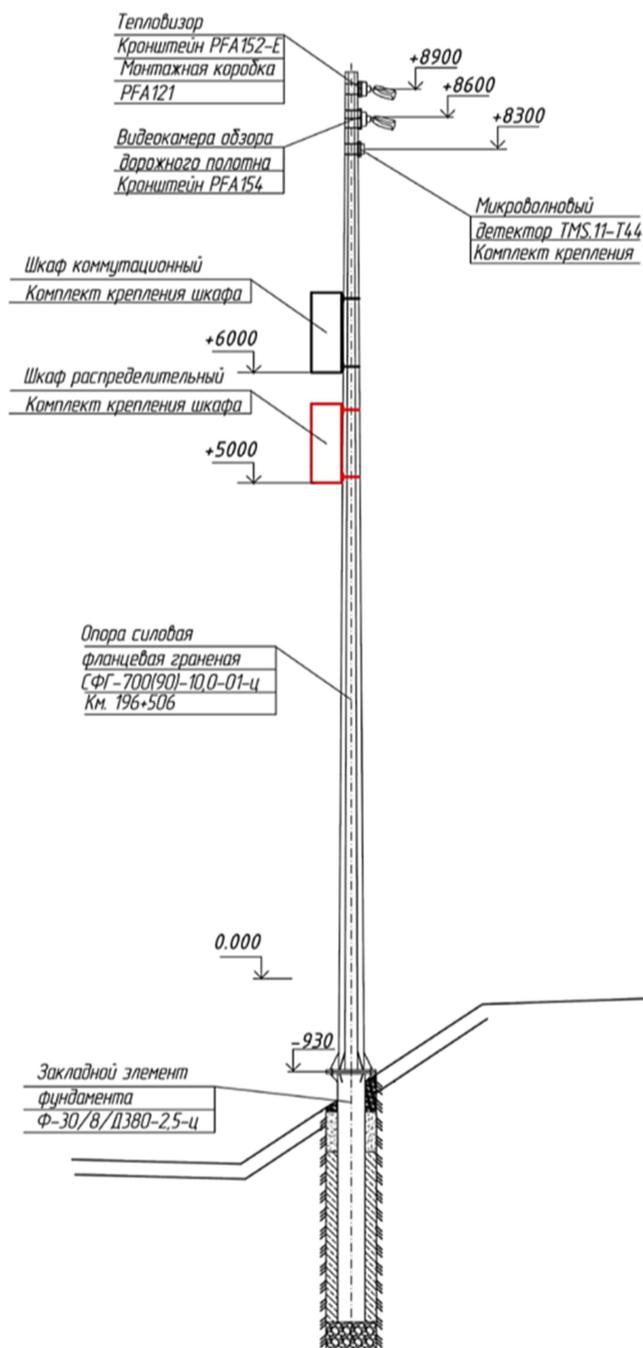


Рисунок 1.36 – Пример монтажа коммутационного шкафа

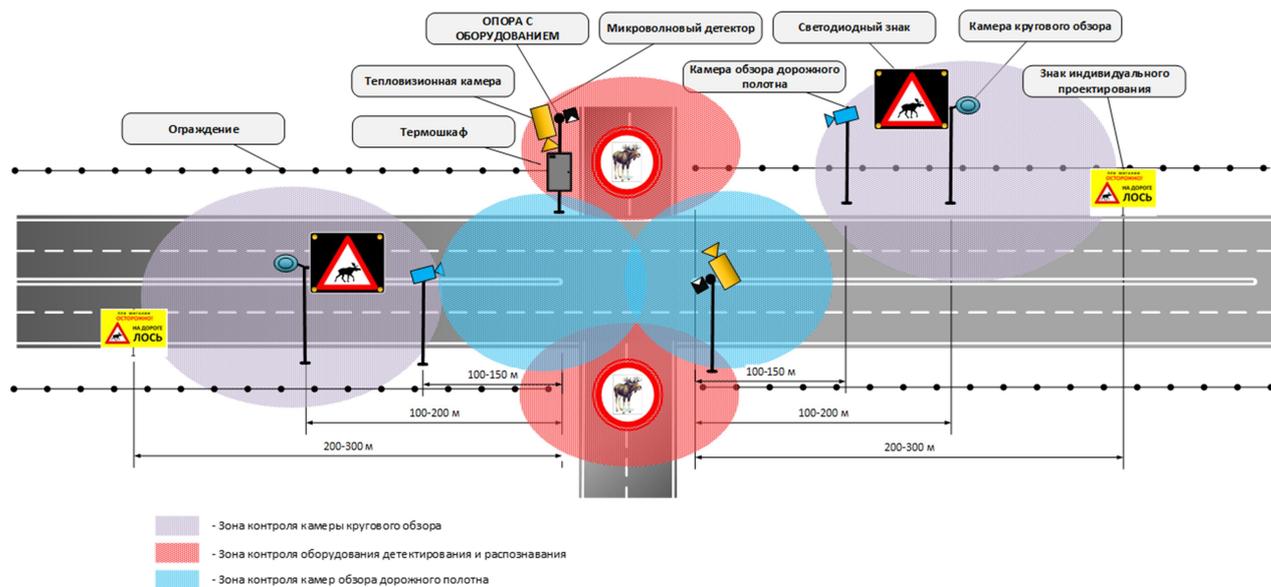


Рисунок 1.37 – Общая схема расположение оборудования

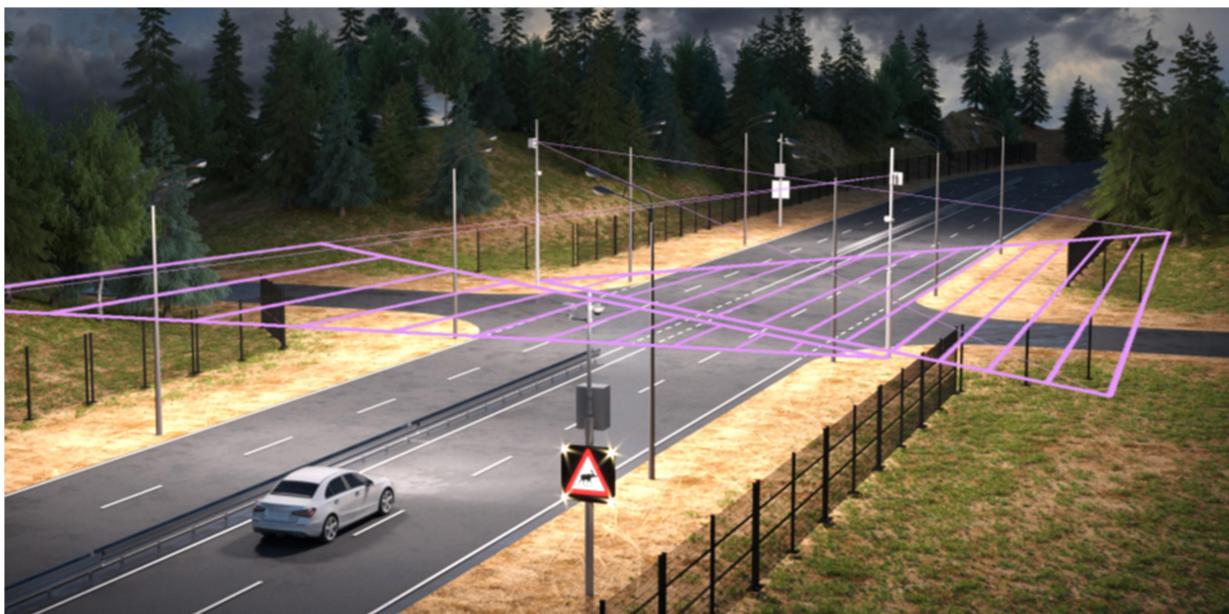


Рисунок 1.38 – Общий вид комплекса в местах примыкания с зонами контроля

Возможные способы фиксации нарушения ПДД при возникновении дорожно-транспортного происшествия включают использование видеокамер, установленных на ключевых участках дороги, автоматические системы

распознавания и регистрации событий, анализ данных с датчиков, интегрированных в дорожную инфраструктуру, а также автоматическую передачу информации о нарушениях в центр управления дорожным движением для последующей обработки и вынесения правовых решений. Комбинация различных детекторов для обнаружения опасности может быть более эффективна для своевременного обнаружения различных опасностей (рис. 1.39).

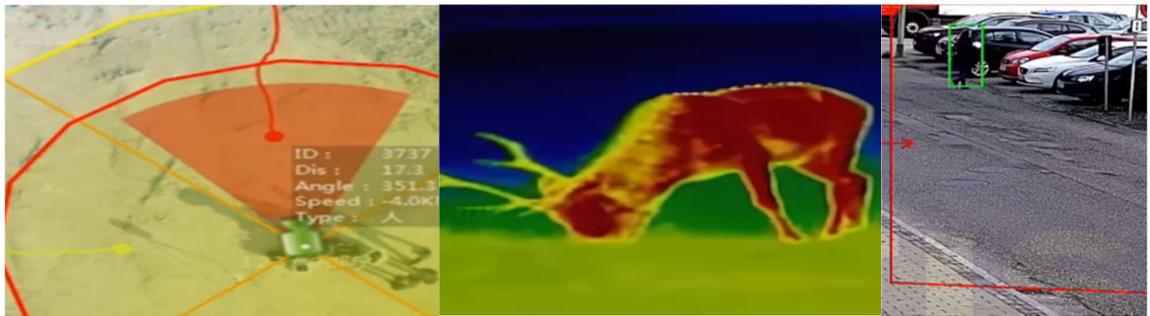


Рисунок 1.39 – Комбинация детекторов для обнаружения опасности
(подсистема ИТС)

Интеллектуальный дорожный контроллер представляет собой мощный инструмент для мониторинга и управления дорожной инфраструктурой [80]. Он не только обеспечивает сбор и хранение данных, но и осуществляет их анализ и визуализацию в режиме реального времени, что позволяет оперативно реагировать на аварийные ситуации и нарушения ПДД. Интеграция системы с внешними средствами оповещения и возможностью удаленного доступа через веб-интерфейс делает комплекс универсальным решением для обеспечения безопасности дорожного движения. Таким образом, применение данного комплекса может существенно повысить эффективность работы дорожных служб и уровень безопасности на дорогах, особенно в местах с повышенной вероятностью ДТП.

Выводы по главе 1

В первой главе диссертации обоснована актуальность выбранной темы. Проведен сбор и анализ данных о динамике автомобилизации в Российской Федерации, а также о международной ситуации с безопасностью дорожного движения вплоть до 2024 года.

Выполнен анализ статистики дорожно-транспортных происшествий с участием транспортных средств категорий М2, N2 и N3. Выделены основные характерные черты ДТП с этими категориями транспортных средств, а также описаны ключевые критерии государственного контроля за состоянием указанных категорий. Представлены основные результаты исследования по анализу аварийности на скоростных трассах М-11 «Нева», М-1 «Беларусь» с 2013 по 2021 г. с учетом значений коэффициента сцепления дорог в конкретной полосе движения, кольцевой автомобильной дороги вокруг г. Санкт-Петербург.

Рассмотрен программно-аппаратный комплекс, установленный на автомобильной дороге М-1 «Беларусь». Приведен пример применения интеллектуального дорожного контроллера для повышения безопасности дорожного движения. Рассмотрена возможность использования данного локального проекта интеллектуальной транспортной системы при проведении автотехнической экспертизы.

ГЛАВА 2. ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ЗАМЕДЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ КАТЕГОРИЙ М2, N2, N3

2.1. Методы сбора исходных данных для реконструкции ДТП

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА), подсистема выявления инцидентов интеллектуальной транспортной системы, лазерное сканирование программно-инструментальным геодезическим оборудованием, программное обеспечение для реконструкции ДТП, формируемые базы исходных данных научными институтами, экспертами необходимы для выявления причин и причинно-следственной связи возникновения дорожно-транспортных происшествий, в то же время междисциплинарное программное обеспечение позволяет оценивать травмы и увечья участников ДТП, объективно определяя виновников в процессе проведения экспертиз, что подтверждено международным научным опытом [21,71].

В текущих международных и отечественных исследованиях при использовании виртуальных динамических моделей человека (аналога испытуемой модели при краш-тестах MADYMO) и параметров жесткости кузовов транспортных средств были получены и подтверждены те же результаты увечий, ущерба здоровью, что и по данным классических отчетов судебно-медицинских исследований. В настоящее время данные исследования показывают на высокую степень достоверности и важности современных программных методов проведения экспертизы [71].

Экспериментальные исследования, проведенные китайскими учеными, подтверждают на практике качественный вклад при применении стационарных комплексов фото-, видео-фиксации при реконструкции дорожно-транспортных происшествий и выполнении автотехнических экспертиз.



Рисунок 2.1 – ДТП ТС категории М1 и колесной самоходной машины

На рисунке 2.1 представлена фотосъемка с помощью БПЛА места ДТП с участием ТС и КСМ. Высокая мобильность и маневренность КСМ являются основной причиной возникновения ДТП с данными транспортными средствами. При уборке тротуаров, пешеходных аллей, внутри дворовых территорий в условиях ограниченной видимости и плохих погодных условий возникает риск возникновения ДТП с данным типом КСМ. Зондирование с помощью беспилотных летательных аппаратов значительно снижает время фиксации и создания схемы места ДТП, позволяющих фиксировать различные элементы на схеме. Чем быстрее будет собран материал после момента возникновения ДТП, тем точнее и достовернее будет выполнена реконструкция ДТП, а впоследствии это приведет к конкретным выводам экспертов. Несомненно, современные средства фиксации и сбора данных с места ДТП всё чаще будут появляться при составлении протоколов с места ДТП.



Рисунок 2.2 – ДТП (Угол взаимного расположения транспортных средств – острый)

На рис. 2.2 видны следы торможения ТС LADA NIVA, взаимное расположение участников ДТП (рис. 2.3).

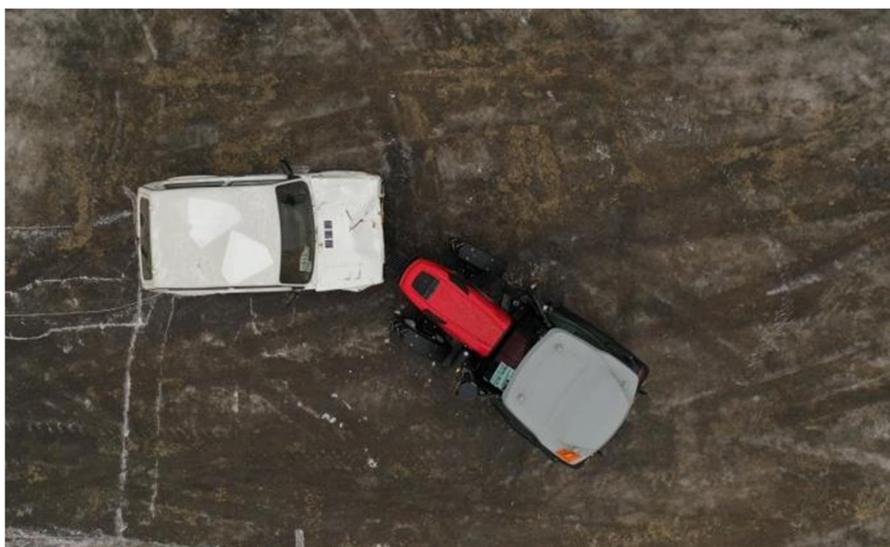


Рисунок 2.3 – Фотосъемка БПЛА места происшествия №1. Вид сверху

Особенности коммерческого грузового и пассажирского транспорта не позволяют зафиксировать все характеристики и параметры места ДТП и их участников (рис. 2.1).

Часто некоторые части машин, улики могут быть разбросаны в радиусе 500 метров, и для сбора исходных данных может потребоваться несколько часов (см. рис. 2.6).



Рисунок 2.4 – Фотосъемка БПЛА места происшествия №2. Вид сбоку

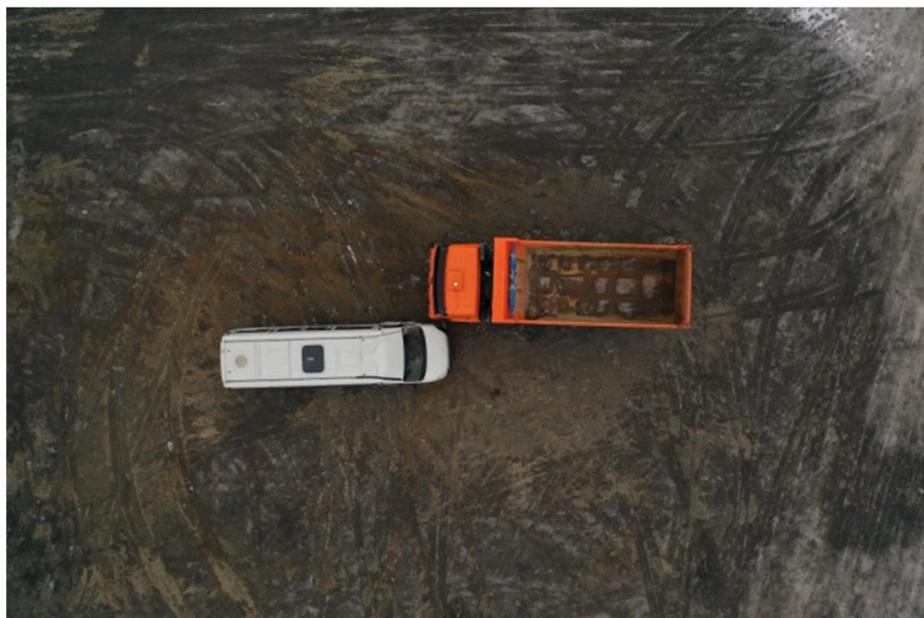


Рисунок 2.5 – Фотосъемка БПЛА места происшествия №2. Вид сверху



Рисунок 2.6 – Облако точек, деформированных транспортных средств после ДТП, созданных промышленным лазерным сканером (точность до 1 мм)

Промышленный лазерный сканер позволяет сделать облако точек, места дорожно-транспортного происшествия, тем самым создать геоинформационную модель места происшествия (рис. 2.7). На рис. 2.6.

представлено 13 мест установки. В среднем съемка занимает 10 минут. Для оценки места ДТП достаточно 4 базовых мест установки.



Рисунок 2.7 – Облако точек, полученное ручным лазерным сканером

На рисунке 2.7 программное обеспечение позволяет получить геометрические характеристики объемной деформации ТС IVECO DAILY, тем самым оценить скорость ТС КАМАЗ 6520 в момент столкновения, а по полученной схеме ДТП с «воздуха» оценить первоначальную скорость, смоделировать траекторию и механизм столкновения [33].



Рисунок 2.8 – Возможность определения расстояния между транспортными средствами с помощью программного обеспечения, созданным промышленным лазерным сканером



Рисунок 2.9 – Облако точек, полученное БПЛА с системой лазерного сканирования

В настоящем исследовании рассматривается использование интеллектуальной системы предупреждения водителей о появлении опасности на проезжей части. Подсистема выявления инцидентов предназначена для обнаружения и классификации инцидентов на дорогах общего пользования и пересечения автодорог [5]. Набор 3х камер и датчиков

типа «LIDAR» позволяет собирать исходные данные наравне с фотосъемкой БПЛА и БПЛА с лидаром. Единственным минусом является ограниченность зоны действия из-за технических возможностей телематической аппаратуры, в зону действия которой может попасть только часть автодороги или перекресток, примыкание дорог. Основным критерием проведения ДТЭ, создания схемы места происшествия является время. По сравнительной таблице 2.1, предложенной ниже, можно оценить экономическую выгоду использования данных методов исследования.

Таблица 2.1 – Сравнительная характеристика методов экспертизы
ДТП

№	Способ сбора исходных данных	Продолжительность, мин	Возможность детального сбора данных	Фиксируемые элементы системы ВАДС	Определение начальных параметров движения по деформации
1	Фотосъемка БПЛА	15	Да	В-А-Д-С	Нет
2	Ручное лазерное сканирование	40	Да, при макросъемке	В-А	Да
3	Промышленное лазерное сканирование	40	Да, при съемке окружающих объектов	В-А-Д-С	Да
4	Фотосъемка БПЛА с лидаром	15	Да	В-А-Д-С	Да
5	Натурное изображение места ДТП	40-50	Нет	В-А-Д-С	Нет
6	Интеллектуальной системы предупреждения водителей	В момент происшествия	Да	В-А-Д-С	Да

Фотосъемка с применением БПЛА эффективнее в **3,3** раза по сравнению с классическим методом фиксации ДТП.

Таблица 2.2 – Современные методы сбора данных по ДТП

№	Способ сбора исходных данных	Время, мин	Возможность детального сбора данных	Фиксируемые элементы новой сложной системы	Определение начальных параметров движения по деформации
1	Фотосъемка БПЛА	15	Да	УДД-ТС-а/д-ВС	Нет
2	Ручное лазерное сканирование	40	Да, при макросъемке	УДД-ТС-а/д-ВС	Да
3	Промышленное лазерное сканирование	40	Да, при съемке окружающих объектов	УДД-ТС-а/д-ВС	Да
4	Фотосъемка БПЛА с лидаром	15	Да	УДД-ТС-а/д-ВС	Да
5	Натурное изображение места ДТП	40-50	Нет	УДД-ТС-а/д-ВС	Нет
6	Интеллектуальной системы предупреждения водителей	В момент происшествия	Да	УДД-ТС-а/д-ВС	Да

Таким образом, в настоящее время следует указывать прогрессивную интерпретацию системы ВАДС.

2.2. Методы машинного обучения в задачах экспертизы дорожно-транспортных происшествий с учетом коэффициентов сцепления участков автодорог

Алгоритмы «ИИ» позволяют анализировать серьезные объемы данных, работая сразу с несколькими базами данных. Программно-аппаратные модули способны классифицировать, кластеризировать, проводить математические операции над данными для выявления скрытых зависимостей, делая предсказание вероятности возникновения ДТП на основе ранее обработанной информации. Основным источником для массива данных в этом исследовании являются протоколы с места уже произошедших ДТП с указанием конкретного нарушения ПДД. Судьи, инспекторы ГИБДД и дознаватели не имеют достаточной компетенции в реконструкции сложных

ДТП и прибегают к помощи автотехнических экспертов [96]. Важной исходной информацией на месте ДТП является значение коэффициента сцепления на месте происшествия [45]. В этой главе представлен теоретический обзор рассматриваемых инструментов для реализации статистического анализа ДТП.

В диссертационном исследовании проанализированы массивы с «большими» данными по автодорогам М-11 «Нева», КАД вокруг г. Санкт-Петербург, М-1 «Беларусь». Массивы включали в себя информацию с места ДТП, а также данные по значениям коэффициента сцепления в осенне-зимний, весенне-летний период с разбивкой по годам. Данные были очищены от некорректных значений, поскольку многие характеристики заполнялись вручную, обработаны и проанализированы.

2.3. Базовая теория обработки массивов данных по ДТП

Корреляционный анализ является одним из самых распространенных методов изучения числовых данных [32]. Показателем для этого анализа может служить коэффициент Пирсона (r) [102]:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \underline{X})(Y_i - \underline{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \underline{X})^2 \sum_{i=1}^n (Y_i - \underline{Y})^2}}, \quad (2.1)$$

где индексами обозначены значения случайных величин, нижней чертой – средние арифметические по числу наблюдений, которое указано под знаком суммирования.

Коэффициент корреляции Спирмена является непараметрическим методом оценки зависимости между двумя переменными. Спирмен оценивает ранговую корреляцию, то есть степень монотонности связи между переменными [102].

$$\rho = 1 - 6 \frac{\sum D^2}{n(n^2 - 1)}, \quad (2.2)$$

где ρ — коэффициент корреляции Спирмена, D — разность рангов переменных для i -го наблюдения, n — количество наблюдений.

Основным преимуществом коэффициента Спирмена является его устойчивость к выбросам и возможность применения к нелинейным зависимостям. Достаточно лишь предположения о монотонности зависимости. Если зависимость между переменными не линейна или данные содержат какие-либо аномальные значения, что часто бывает при ручном сборе данных, использование коэффициента Спирмена может дать более реалистичные результаты, чем коэффициент Пирсона.

2.3.1 Нормализация и стандартизация

Базовым вычислительным методом для предобработки является нормализация, необходимая для улучшения сходимости алгоритмов «ИИ» [105]. Этот инструмент позволяет преобразовывать данные для удобства сопоставления.

Нормализованный признак определен от 0 до 1. Этот процесс описывается формулой 2.3:

$$A_{norm} = \frac{A - A_{min}}{A_{max} - A_{min}}, \quad (2.3)$$

здесь первоначальная величина заменяется на безразмерное значение, характеризующее ее расположение между наибольшим и наименьшим встречающимися значениями.

Операция стандартизации описана формулой 2.4:

$$B_s = \frac{B - \bar{B}}{\sigma}, \quad (2.4)$$

в этом случае новый безразмерный параметр характеризует смещение отдельного наблюдения от среднего.

2.3.2 Кластерный анализ

В работе рассмотрен алгоритм Ллойда [26-27] более известный как метод «k-средних». Если обозначить Z_i как полученные подмножества с центрами o_i , то массив данных подразделяется на подмножества за счет минимизации среднеквадратичного расстояния:

$$R = \sum_{i=1}^n \sum_{z \in Z_i} \|z - o_i\|^2, \quad (2.5)$$

где Z – сумма квадратов расстояний между точками и их центроидами, O_i – центры масс кластеров.

2.3.3 Метод главных компонент и факторный анализ

Обработка данных массивов для получения основных факторов возникновения ДТП необходима для определения причинно-следственной связи возникновения опасной ситуации. Факторный анализ – инструмент статистического анализа, позволяющий распределять данные массива, объединяя их в группы. Группы формируются по общим признакам, соответственно, по схожим зависимостям. Линейный характер факторного анализа с учетом неизвестной ошибки представлен в формуле 2.6:

$$Z = NP + r, \quad (2.6)$$

В формуле наблюдаемые переменные Z с учетом случайного шума r вычисляются как произведение матриц факторных нагрузок N и скрытых

факторов P . Для повышения качества факторного анализа часто используют метод ротации переменных (значений данных массивов).

2.3.4 Классификация методом машинного обучения

Задача классификации в машинном обучении заключается в присвоении объектам конкретных меток (классов) на основе их входящих признаков [58]. Например, задача классификации может включать в себя определение того, имеется ли вина водителя в ДТП, имеет ли это ДТП тяжелые или легкие последствия и т.п.

Для анализа качества работы алгоритма классификации важно разделять исходный набор данных на обучающее и тестовое множество. Обучающее множество используется для тренировки модели, тогда как тестовое множество используется для оценки ее производительности на новых, ранее не использованных для обучения данных. Часто используется случайное разбиение данных, например, 70% данных используется для обучения, а оставшиеся 30% для тестирования [25].

Однако такой подход может привести к неустойчивым выводам, особенно при наличии ограниченного количества данных. Неустойчивые оценки в машинном обучении возникают, когда результаты (например, метрики успешности модели) сильно изменяются при незначительных изменениях в данных или при изменении методов обучения. В этом случае используется кросс-валидация, которая позволяет оценить производительность модели на основе нескольких разбиений данных на обучающее и тестовое подмножества [101]. Например, в k -fold кросс-валидации данные разбиваются на k подмножеств (фолдов), и модель обучается и тестируется k раз, каждый раз используя одно из них в качестве тестового множества, а остальные – как обучающее.

Существует большое разнообразие алгоритмов классификации, применяемых на практике для различных случаев:

1. Логистическая регрессия [57] – это простейший статистический метод, используемый для предсказания вероятности возникновения определенного события. Он основан на линейной комбинации входных признаков, которая проходит через сигмоидную функцию для прогнозирования вероятности нахождения в конкретном классе;
2. Метод ближайшего соседа (k-NN) [55] – это простейший алгоритм классификации, который основан на идее о том, что объекты, близкие в пространстве признаков, склонны принадлежать к одному классу. Он использует метрику расстояния, например, евклидово расстояние, чтобы определить близлежащие объекты обучающего набора к новому наблюдению и присвоить этому наблюдению класс ближайших соседей;
3. Метод опорных векторов (SVM) [53] – это алгоритм, который создает гиперплоскость в пространстве признаков для наиболее эффективного разделения объектов различных классов. Метод опорных векторов определяет оптимальную гиперплоскость, стремясь максимизировать расстояние между классами;
4. Наивный байесовский классификатор [56] – это вероятностный классификатор, основанный на теореме Байеса. Он предполагает независимость между признаками и использует вероятностные модели для прогнозирования классов объектов. Наивный байесовский классификатор хорошо работает с большими наборами данных и эффективен в многоклассовой классификации;
5. Дерево решений [59] – это древовидная структура, где каждый узел представляет собой проверку на значение определенного признака. Дерево решений строит правила принятия решений, которые позволяют разделить данные на разные классы;

6. Нейронные сети [58] – это модели, состоящие из множества взаимосвязанных нейронов, объединенных в слои. Каждый нейрон принимает входные данные, применяет взвешенную сумму и применяет функцию активации для генерации выходного значения;
7. Случайный лес [54] – это ансамбль деревьев решений, где каждое дерево обучается на случайной подвыборке обучающих данных. Затем прогнозы каждого дерева усредняются для получения окончательного прогноза. Ансамблевые методы подразумевают консенсус более простых моделей и часто обладают большей выразительной силой;
8. XGBoost [60] – это оптимизированный алгоритм градиентного бустинга, который комбинирует несколько моделей деревьев решений для улучшения качества прогнозов. Он использует градиентный спуск для минимизации функции потерь и наращивания последовательности деревьев.

Эти алгоритмы классификации обладают разной интерпретируемостью. Например, логистическая регрессия легко интерпретируется, так как она представляет собой линейную модель с понятными коэффициентами [58]. Деревья решений также легко интерпретируемы, поскольку каждое правило принятия решения может быть легко понято экспертом. [54,58] Однако у нейронных сетей и ансамблей таких, как случайный лес, интерпретируемость может быть нетривиальной из-за их более сложной структуры и работы.

Для оценки качества классификации в практической деятельности используются следующие метрики [62]:

1. Accuracy (точность): это доля правильно классифицированных наблюдений относительно общего числа наблюдений в тестовом наборе данных. Формула: $Accuracy = (TP + TN) / (TP + TN + FP + FN)$.

2. Precision (точность): это доля истинно положительных наблюдений среди всех предсказанных положительных результатов модели. Формула: $Precision = TP / (TP + FP)$.

3. Recall (полнота): это доля истинно положительных наблюдений, которые модель правильно идентифицировала, по сравнению со всеми истинно положительными наблюдениями в тестовом наборе данных. Формула: $\text{Recall} = \text{TP} / (\text{TP} + \text{FN})$.

4. F-мера (среднее гармоническое) – это гармоническое среднее между precision и recall, которое учитывает как точность, так и полноту, что позволяет определить разумный компромисс. Формула для расчета: $F1 = 2 \times \text{Precision} \times \text{Recall} / (\text{Precision} + \text{Recall})$.

В общем случае можно руководствоваться следующими признаками для выбора нужной метрики. Accuracy дает общее представление о доле правильных предсказаний, но может быть недостаточно информативной в случае несбалансированных данных. Precision фокусируется на точности положительных предсказаний, что важно, когда неверные положительные результаты критичны. Recall оценивает, насколько хорошо модель выявляет все положительные случаи, что особенно важно в задачах, где пропуск положительного случая может иметь серьезные последствия. F-мера комбинирует Precision и Recall, предлагая сбалансированную оценку в ситуациях, где важны оба этих аспекта. Выбор метрики зависит от специфики задачи и того, что критичнее: минимизация ложных срабатываний, пропусков или их сбалансированное соотношение.

2.3.5 Классификация применительно к анализу ДТП

Классификация данных является удобным инструментом «искусственного интеллекта» в анализе и прогнозировании дорожно-транспортных происшествий (ДТП). Этот метод также позволяет структурировать и интерпретировать большие массивы данных, что существенно упрощает выявление закономерностей и факторов риска, влияющих на вероятность возникновения ДТП и их последствия.

Одним из распространенных применений классификации в области

анализа ДТП является оценка вероятности возникновения аварий в зависимости от различных факторов. Классификационные модели позволяют не только определить, при каких условиях вероятность ДТП наиболее высока, но и выделить ключевые детерминанты, влияющие на безопасность дорожного движения. Полученные результаты могут быть использованы для разработки превентивных мер, например таких, как улучшение дорожной инфраструктуры или корректировка правил дорожного движения в определенных обстоятельствах.

Еще одно важное направление применения классификации в анализе ДТП — прогнозирование тяжести последствий аварий [31,33]. С помощью алгоритмов машинного обучения можно предсказывать, насколько серьезными будут последствия конкретного инцидента, что позволяет экстренным службам заранее планировать свои действия и оперативно реагировать на происшествия. Например, классификационные модели могут помочь определить, в каких случаях ДТП с высокой вероятностью приведет к травмам или гибели участников, что способствует более эффективному распределению ресурсов.

Кроме того, классификация может использоваться для анализа пространственно-временных паттернов ДТП [32]. Это включает в себя изучение концентрации аварий в определенных местах и в определенное время суток. Такой анализ позволяет выявлять "конфликтные точки" на дорогах, требующие повышенного внимания со стороны государственных органов по надзору и контролю в области безопасности дорожного движения, и планирование мер по повышению безопасности на этих участках.

Применение классификации в анализе данных о ДТП не только улучшает понимание причин и последствий аварий, но и способствует разработке более целевых и эффективных стратегий по снижению их числа и тяжести. Это, в свою очередь, приводит к снижению числа жертв и пострадавших на дорогах, делая дорожное движение более безопасным для всех участников.

2.4. Анализ методов определения скорости движения транспортных средств категорий М2, N2, N3

Необходимость оценки и получения определенной скорости транспортного средства вне зависимости от категории является важной частью проведения судебной автотехнической экспертизы, на том же месте как и определение направления движения транспортных средств после взаимодействия при взаимном контакте. Реконструкция удара, процесс моделирования взаимодействия с учетом сопротивления перемещению, затрат на упругие и пластические деформации ТС до настоящего времени остается непростой задачей. В особенности столкновений автотранспорта с дорожной инфраструктурой с различной степенью способности сопротивляться деформации.

Скорость материальной точки (ТС) рассчитывается по формуле, где подкоренная часть с физической точки зрения, представляет собой работу сил на перемещение автомобиля известной массы на определенное расстояние:

$$v_0 = 1,8J_0T_3 + \sqrt{25,92J_0S_4}, \quad (2.7)$$

где S_4 — перемещение ТС за время установившегося торможения, м, J_0 — замедление автомобиля, м/с², T_3 — время нарастания замедления до максимального значения, с.

В экспертной практике длину тормозного следа (следа «юз») $S_{ю}$ принимают равной S_4 . При реконструкции механизма столкновения необходимо выяснить динамические явления, протекающие в процессе удара, определить параметры, характерные для данного явления, по состоянию и положению ТС после столкновения.

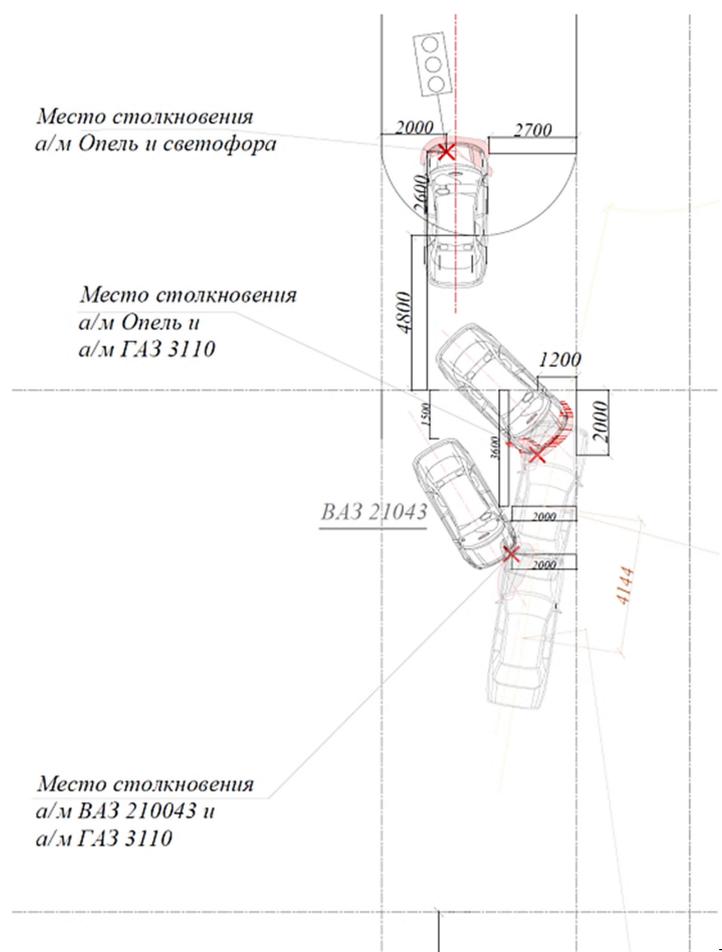


Рисунок 2.10 – Схема реконструкции механизма ДТП транспортных средств

При взаимодействии двух транспортных средств (материальных точек) – закон их взаимодействия будет описан по закону сохранения импульсов при взаимодействии материальных точек:

$$m_1 v_{1n} + m_2 v_{2n} = m_1 v'_{1n} + m_2 v'_{2n}, \quad (2.8)$$

Скорость транспортного средства в момент наезда, м/с:

$$v_0 = \sqrt{\frac{2E_D}{m}}, \quad (2.9)$$

где E_D – кинетическая энергия, затраченная на развитие деформаций, Дж, m – масса ТС с учетом загрузки в момент столкновения, кг.

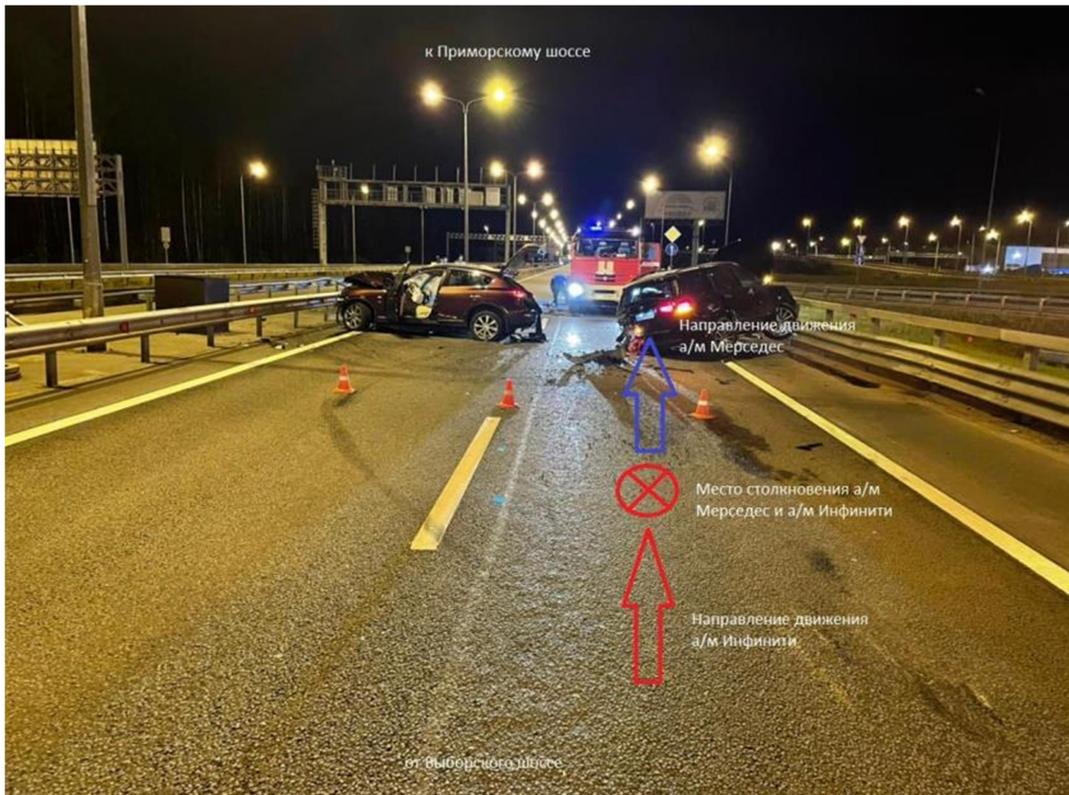


Рисунок 2.11 – Пример ДТП с наездом на секции барьерного ограждения и взаимное расположение после контакта транспортных средств

Основные факторы, влияющие на развитие деформации:

1. Скорость движения ТС;
2. Направление удара;
3. Масса ТС;
4. Конструкция ТС;
5. Характер движения ТС;
6. Контактная зона.

Скорость ТС после столкновения согласно закону сохранения энергии:

$$v'_{\Sigma} = 3,6 \sqrt{\frac{2}{m} \sum_{i=1}^n A_i}, \quad (2.10)$$

где i -ая работа сил, учитываемая в расчете, m — масса ТС с учетом загрузки, кг.

Реконструкция деформирования автомобиля в подавляющем большинстве случаев производится с помощью конечно-элементного моделирования [15].

Когда автомобиль сталкивается с барьерным ограждением, оно деформируется под действием ударной силы. Механизмы деформирования металлического барьерного ограждения можно описать в соответствии с его конструкцией. Столбы барьерного ограждения первыми испытывают деформацию при ударе, поскольку на них приходится основная сила столкновения. Балки ограждения также деформируются, растягиваясь или разрываясь в зависимости от силы удара. Степень деформации зависит от различных факторов, таких как скорость автомобиля (более высокая скорость транспортного средства приводит к увеличению силы удара, что приводит к более серьезной деформации барьерного ограждения), угол удара (столкновения под косым углом обычно вызывают меньшую деформацию по сравнению с лобовыми столкновениями, поскольку сила распределяется по большей площади ограждения), а также свойств материалов, использованные в конструкции ограждения (барьерные ограждения, например, с прочными столбами и материалами с высокой прочностью на разрыв, с меньшей вероятностью подвергнутся значительной деформации) [91].

На прочность дорожных ограждений существенно влияют процессы их изготовления. Интенсивная пластическая деформация в процессе производства может изменить характеристики барьеров при ударе, что требует комплексного подхода к моделированию, учитывающего эти факторы [63].

Для исследования прогиба и поведения переносных строительных барьеров используется сочетание экспериментальных и численных методов. Эти исследования направлены на количественную оценку характеристик барьеров и выявление потенциальных улучшений в их конструкции для лучшего поглощения энергии удара и защиты пассажиров транспортных средств [64].

Анализ методом конечных элементов (МКЭ): нелинейное конечно-элементное моделирование обычно используется для оценки поглощения удара, прочности и долговечности барьеров при столкновении. Такое моделирование позволяет исследователям оценить различные параметры, такие, как траектория движения автомобиля после столкновения и общая безопасность конструкции барьера [65].

Существуют методы анализа ограждений из различных материалов и конструкций. В одном из исследований изучалось воздействие столкновений транспортных средств на переносные бетонные ограждения с помощью компьютерного моделирования для анализа их деформации и характеристик в условиях столкновения. Результаты исследования подчеркнули важность понимания структурной реакции барьера для оптимизации рекомендаций по проектированию с целью повышения безопасности [62].

Моделирование деформации дорожных ограждений при ударе включает в себя междисциплинарный подход, объединяющий экспериментальные данные и численное моделирование. Результаты этих исследований необходимы для разработки более эффективных дорожных барьеров, которые повышают безопасность дорожного движения и минимизируют риск серьезных аварий.

2.5. Применение нормативных и экспериментальных значений установившегося замедления при торможении ТС категории М2, N2, N3

Автотехническая экспертиза представляет собой сложный и ответственный процесс, затрагивающие различные аспекты движения ТС и требующий применения математических расчетов и научных методик для определения параметров дорожного происшествия. Одним из важнейших аспектов этой экспертизы является расчет скорости транспортного средства перед началом торможения, остановочного пути, а также определение других динамических характеристик автомобиля. Для определения часто используются нормативные таблицы, представленные в таблицах 2.3, 2.4, 2.5.

Таблица 2.3

Нормативные значения установившегося замедления КСМ

Модель КСМ	Установившееся замедление J , м/с ²			Время запаздывания срабатывания тормозного привода T_2 , с	Время нарастания замедления T_3 , с		
	Покрытие				Покрытие		
	Асфальтобетон		Грунт сухой		Асфальтобетон		Грунт сухой
	сухой	мокрый			сухой	мокрый	
КСМ (тип К-700, 11 т)	7,0	6,2	6,0	0,20	0,70	0,60	0,60
КСМ (тип МГЗ-82, 4 т)	4,7	3,2	3,0	0,20	0,25	0,20	0,20
КСМ других моделей	3,5	—	—	0,15-0,25	0,30-0,40	—	—

С 80-ых годов 20 века значения среднего замедления транспортных средств категорий М2, N2, N3 при экстренном торможении, которой пользуются автотехнические эксперты, не актуализировалась. Коммерческие транспортные средства, имеющие широкий спектр применения в народном хозяйстве, оставались

без должного исследования. Экспериментальные исследования с транспортными средствами категорий М2, N2, N3 представлены в таблице 2.4.

Таблица 2.4 Действующие расчетные значения замедления ТС различных категорий при проведении автотехнических экспертиз.

Категория т.с.	В снаряженном состоянии.							Коэффициенты сцепления шин с дорогой.													
	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1
M1	6.8	5.9	4.9	3.9	2.9	2.0	1.0	6.6	5.9	4.9	3.9	2.9	2.0	1.0	6.3	5.9	4.9	3.9	2.9	2.0	1.0
M2	6.8	5.9	4.9	3.9	2.9	2.0	1.0	6.1	5.9	4.9	3.9	2.9	2.0	1.0	5.4	5.4	4.9	3.9	2.9	2.0	1.0
M3	5.7	5.7	4.9	3.9	2.9	2.0	1.0	5.6	5.6	4.9	3.9	2.9	2.0	1.0	5.4	5.4	4.9	3.9	2.9	2.0	1.0
N1	5.7	5.7	4.9	3.9	2.9	2.0	1.0	5.1	5.1	4.9	3.9	2.9	2.0	1.0	4.5	4.5	4.5	3.9	2.9	2.0	1.0
N2	5.9	5.9	4.9	3.9	2.9	2.0	1.0	5.2	5.2	4.9	3.9	2.9	2.0	1.0	4.5	4.5	4.5	3.9	2.9	2.0	1.0
N3	6.2	5.9	4.9	3.9	2.9	2.0	1.0	5.4	5.4	4.9	3.9	2.9	2.0	1.0	4.5	4.5	4.5	3.9	2.9	2.0	1.0
M1	6.1	5.9	4.9	3.9	2.9	2.0	1.0	5.7	5.7	4.9	3.9	2.9	2.0	1.0	5.2	5.2	4.9	3.9	2.9	2.0	1.0
M2	5.7	5.7	4.9	3.9	2.9	2.0	1.0	5.1	5.1	4.9	3.9	2.9	2.0	1.0	4.5	4.5	4.5	3.9	2.9	2.0	1.0
M3	5.5	5.5	4.9	3.9	2.9	2.0	1.0	5.3	5.3	4.9	3.9	2.9	2.0	1.0	5.0	5.0	4.9	3.9	2.9	2.0	1.0
N1	4.7	4.7	4.7	3.9	2.9	2.0	1.0	4.4	4.4	4.9	3.9	2.9	2.0	1.0	4.0	4.0	4.0	3.9	2.9	2.0	1.0
N2	5.5	5.3	4.9	3.9	2.9	2.0	1.0	5.0	5.0	4.9	3.9	2.9	2.0	1.0	4.5	4.5	4.5	3.9	2.9	2.0	1.0
N3	5.5	5.5	4.9	3.9	2.9	2.0	1.0	5.0	5.0	4.9	3.9	2.9	2.0	1.0	4.5	4.5	4.5	3.9	2.9	2.0	1.0

(После 01.01.1981 года.).

Грузовые транспортные средства с массой груза 100% даже на мокром асфальтобетонном покрытии имеют недостаточно сбалансированный центр масс, что при резком маневрировании может привести к опрокидыванию и в конечном итоге созданию вторичного ДТП рисунок 2.12, 2.13.



Рисунок 2.12 – Дорожно-транспортное происшествие с участием грузовых транспортных средств на участке КАД вокруг г. Санкт-Петербург

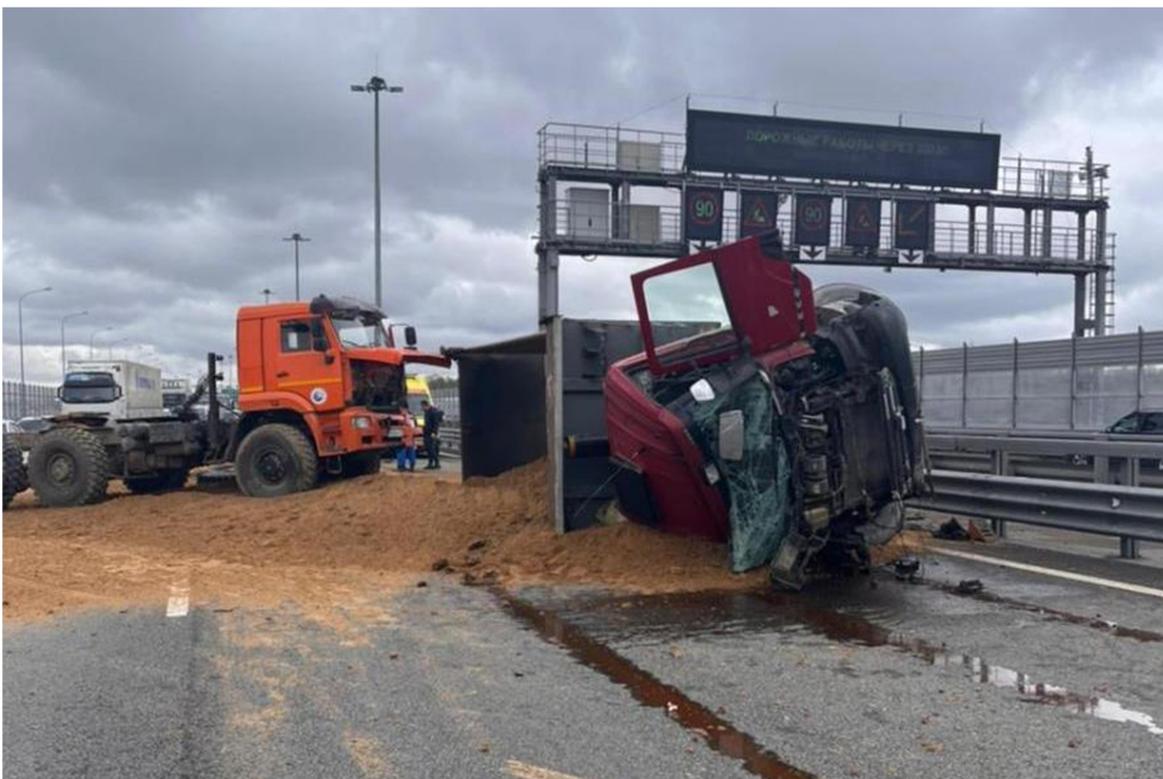


Рисунок 2.13 – Транспортное средство со смещенным центром масс из-за строительного материала в кузове

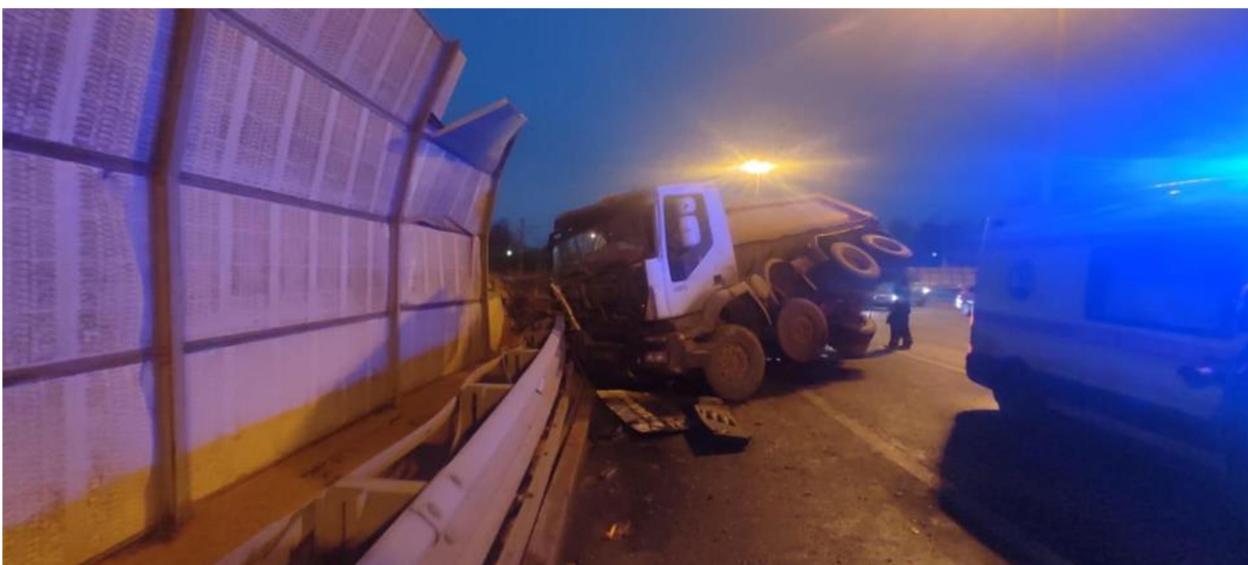


Рисунок 2.14 – Пример ДТП с наездом на секции барьерного ограждения и взаимное расположение после контакта транспортных средств



Рисунок 2.15 – Смещенный центр масс грузового транспортного средства – причина наезда на элементы дорожной инфраструктуры

2.6. Постановка физической задачи и ее математического решения по определению остановочного пути транспортного средства при реконструкции ДТП

Цель экспертизы состоит в реконструкции события дорожно-транспортного происшествия (ДТП) для вынесения однозначной правовой оценки поведению каждого его участника. Эксперт может располагать данными, являющимися справочным материалом технического или физического характера, зависящими от конструкции автомобиля, местности, погоды, физиологии человека. Их источником могут быть исследования, проведенные в тех же условиях, что и события конкретного ДТП. Эти данные воспроизводимы и неизменны от поведения участников ДТП. Существуют параметры, которые зависят непосредственно от действий участников ДТП во время инцидента. Определение недостающих сведений по конечному результату ДТП и является задачей, которая стоит перед экспертом.

Рассмотрим одну из задач, которая решаемых при проведении судебной автотехнической экспертизы: необходимо найти тормозной путь автомобиля, который изначально двигался при определенной скорости и начал экстренное торможение.

Для решения данной задачи необходимо провести кинематический анализ процесса торможения. Теоретическое описание.

Простейшая механическая модель для этого процесса – одномерное движение материальной точки. Если обозначить как $s(t)$, $v(t)$ и $J(t)$ – зависимости тормозного пути, скорости и замедления от времени, то их взаимосвязь может быть описана уравнениями (2.11) – (2.12).

$$\frac{d^2s}{dt^2}(t) = \frac{dv}{dt}(t) = J(t), \quad (2.11)$$

$$s(t) = \int_0^t v(t)dt, \quad v(t) = \int_0^t J(t)dt, \quad (2.12)$$

В качестве начальных условий примем, что движение начинается от начала координат с начальной скоростью v_0 :

$$s(0) = 0, v(0) = v_0, \quad (2.13)$$

За условием остановки примем следующее:

$$s(t_5) = s_0, v(t_5) = 0, \quad (2.14)$$

На основе экспериментальных графиков замедления, полученных в испытаниях с деселерометром, можно представить зависимость замедления от времени в простейшем случае в виде трапеции на рисунке 2.16. В таком виде мы и будем искать решение задачи.

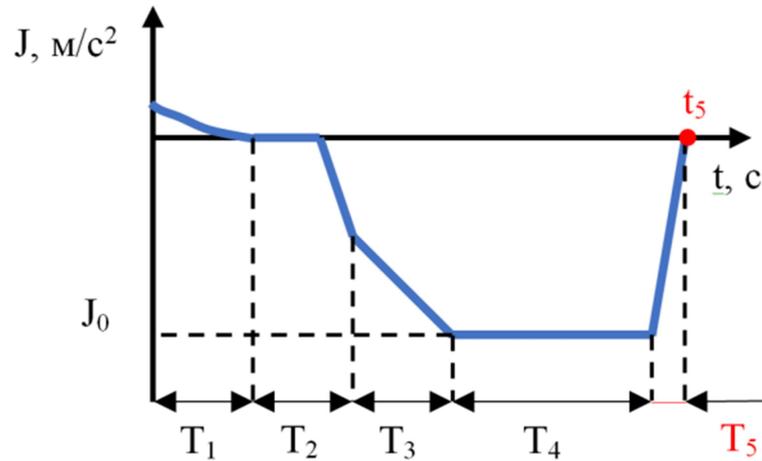


Рисунок 2.16 – График замедления $J(t)$ предложенный в исследовании. Характерные временные этапы: задержка действий водителя, активация работы тормозной системы, рост замедления, торможение с постоянным замедлением, сброс замедления (период от момента в который замедление перестает быть постоянным, до конца торможения)

Остановимся на рисунке 2.16 подробнее, в частности, характеризуем изображенные временные отрезки. Торможение можно разбить на 5 этапов, каждый со своей длительностью, обозначенной большой буквой T_i , где i - номер этапа. Момент времени, когда оканчивается j этап обозначен буквой t_j , следовательно верно:

$$t_j = \sum_{i=1}^j T_i, \quad (2.15)$$

Этапы торможения можно описать следующим образом:

1. Время реакции водителя, начинается при $t = 0$ и кончается при $t = t_1$, длительность равна T_1 ;
2. Время срабатывания тормозной системы, начинается при $t = t_1$ и кончается при $t = t_2$, длительность равна T_2 ;
3. Период нарастание замедления начинается при $t = t_2$ и кончается при $t = t_3$, длительность равна T_3 ;

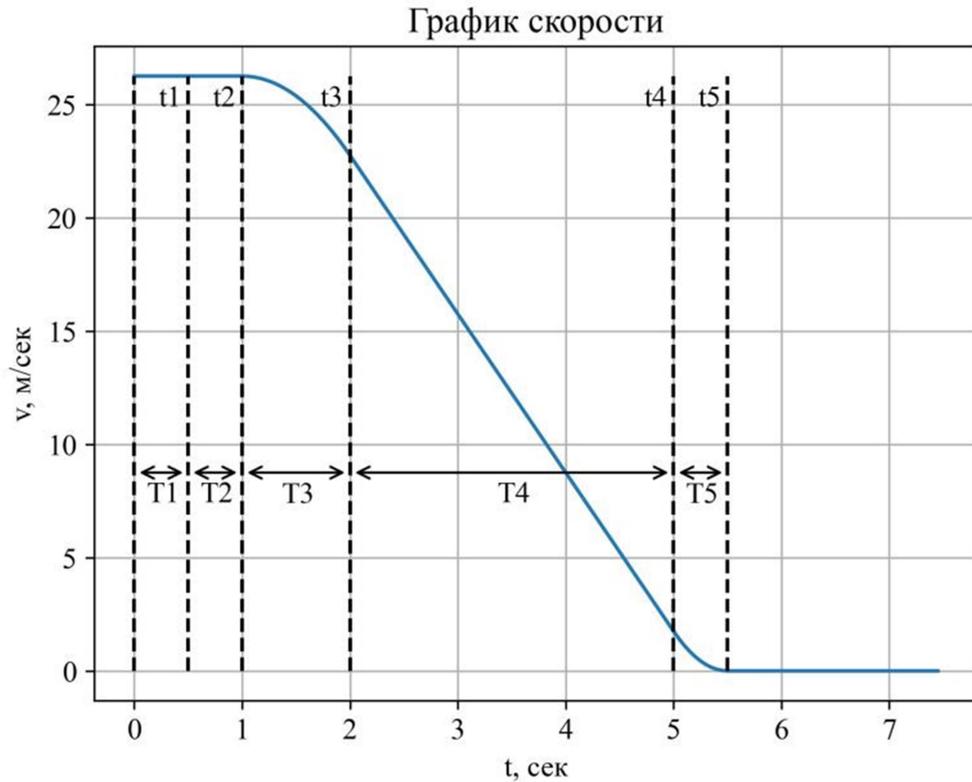


Рисунок 2.17 – Зависимость скорости от времени

Нарастание замедления характеризуется величиной $K_n = J/T_3$, являющейся тангенсом угла наклона первой боковой стороны трапеции на рисунок 2.16.

4. Период работы тормозной системы в установившемся режиме, начинается при $t = t_3$ и кончается при $t = t_4$, длительность равна T_4 ;

5. Время сброса замедления перед полной остановкой начинается при $t = t_4$ и кончается при $t = t_5$, длительность равна T_5 .

Сброс замедления характеризуется величиной $K_c = -J/T_5$, являющейся тангенсом угла наклона второй боковой стороны трапеции на рисунок 2.16.

Проводя интегрирование согласно уравнениям (2.12), например, $v(t)$ это площадь под графиком на рисунок 2.16 можно получить графики $v(t)$ и $s(t)$, представленные на рисунках 2.17 и 2.18.

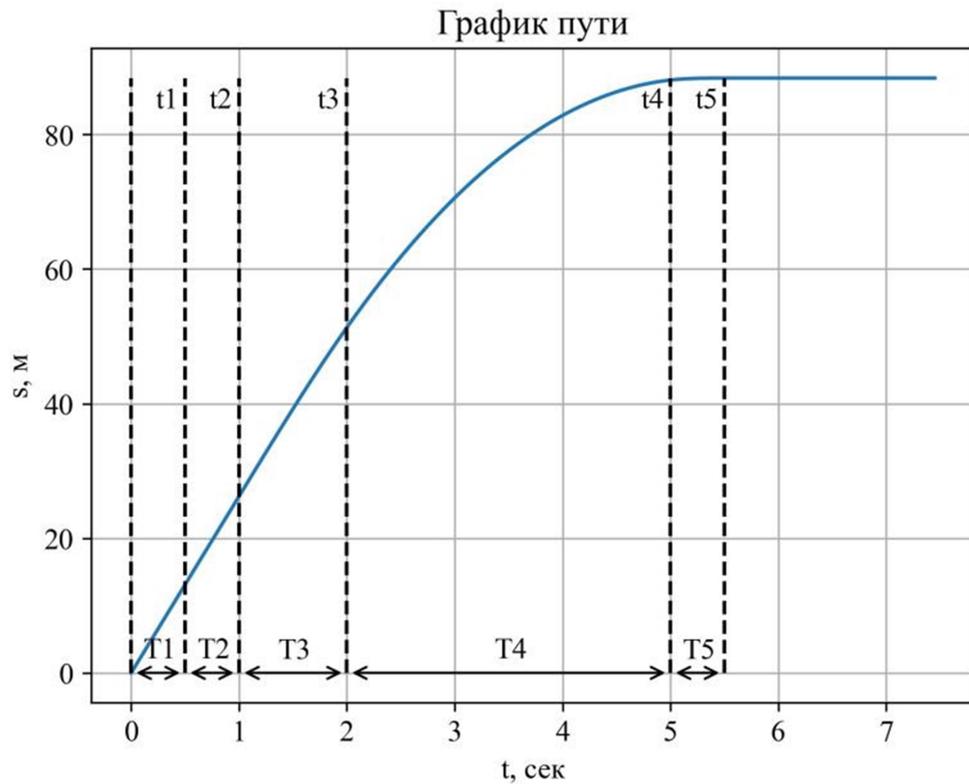


Рисунок 2.18 – Зависимость тормозного пути от времени

Интегрирование уравнения замедления. На каждом этапе интегрирования уравнений замедления мы переходим от ускорения (замедления) к скорости, а затем к пути, не забывая учитывать начальные условия на каждом этапе и зависимость каждой величины от времени.

Этап 1 и 2. $0 < t < t_2$

На этих этапах замедление отсутствует ($J(t) = 0$) и система движется с постоянной скоростью v_0 , что характерно для стадии движения, где не происходит активного торможения. В реальных ДТП данный этап может отражать инерционное движение транспортного средства до начала реакции водителя на препятствие.

Значение величин в начале этапа $t = 0$ равно:

- $J(0) = 0$;

- $v(0) = v_0$;

$$\bullet s(0) = 0.$$

Зависимость замедления выражается как:.

$$J(t) = 0 \quad (2.16)$$

Зависимость скорости выражается как:.

$$v(t) = v_0 \quad (2.17)$$

Зависимость пути выражается как:.

$$s(t) = v_0 t \quad (2.18)$$

Значение величин в конце этапа $t = t_2$:

$$\bullet J(t_2) = 0;$$

$$\bullet v(t_2) = v_0;$$

$$\bullet s(t_2) = v_0 t_2.$$

Этап 3. $t_2 < t < t_3$

Здесь начинается активное замедление, которое зависит от времени и описывается линейной функцией $J(t) = K_n(t - t_2)$. На данном этапе важно правильно подобрать коэффициент K_n , который определяет скорость нарастания замедления, например, если в ДТП участвовал автомобиль с антиблокировочной системой (ABS), торможение будет более плавным и контролируемым, а замедление не будет возрастать линейно, как в случае блокировки колес.

Значение величин в начале этапа $t = t_2$ равно:

$$\bullet J(t_2) = 0;$$

$$\bullet v(t_2) = v_0;$$

$$\bullet s(t_2) = v_0 t_2.$$

Зависимость замедления выражается как:

$$J(t) = K_H(t - t_2) \quad (2.19)$$

Зависимость скорости выражается как:

$$v(t) = v_0 + K_H \frac{(t-t_2)^2}{2} \quad (2.20)$$

Зависимость пути выражается как:

$$\begin{aligned} s(t) &= v_0 t_2 + v_0(t - t_2) + K_H \frac{(t - t_2)^3}{6} = \\ &= v_0 t + K_H \frac{(t-t_2)^3}{6} \end{aligned} \quad (2.21)$$

Значение величин в конце этапа $t = t_3$ определяется как:

- $J(t_3) = K_H(t_3 - t_2) = K_H T_3 = J_0$
- $v(t_3) = v_0 + K_H \frac{(t_3-t_2)^2}{2} = v_0 + K_H \frac{T_3^2}{2} = v_0 + J_0 \frac{T_3}{2}$
- $s(t_3) = v_0 t_3 + K_H \frac{(t_3-t_2)^3}{6} = v_0 t_3 + K_H \frac{T_3^3}{6} = v_0 t_3 + J_0 \frac{T_3^2}{6}$

Этап 4. $t_3 < t < t_4$

Здесь замедление стабилизируется на уровне J_0 . Это означает, что тормозная сила перестает возрастать и сохраняется на постоянном уровне. В том числе, это может означать момент, когда колеса полностью блокируются (при отсутствии ABS) или торможение продолжается равномерно.

Значение величин в начале этапа $t = t_3$ равно:

- $J(t_3) = J_0$
- $v(t_3) = v_0 + J_0 \frac{T_3}{2}$

$$\bullet s(t_3) = v_0 t_3 + J_0 \frac{T_3^2}{6}$$

Зависимость замедления выражается как:

$$J(t) = J_0 \quad (2.22)$$

Зависимость скорости выражается как:

$$v(t) = v_0 + J_0 \frac{T_3}{2} + J_0(t - t_3) \quad (2.23)$$

Зависимость пути выражается как:

$$\begin{aligned} s(t) &= v_0 t_3 + J_0 \frac{(T_3)^2}{6} + v_0(t - t_3) + J_0 \frac{T_3}{2}(t - t_3) + J_0 \frac{(t - t_3)^2}{2} = \\ &= v_0 t + J_0 \frac{(T_3)^2}{6} + J_0 \frac{T_3}{2}(t - t_3) + J_0 \frac{(t - t_3)^2}{2} \end{aligned} \quad (2.24)$$

Значение величин в конце этапа $t = t_4$ равно:

- $J(t_4) = J_0$
- $v(t_4) = v_0 + J_0 \frac{T_3}{2} + J_0(t_4 - t_3) = v_0 + J_0 \frac{T_3}{2} + J_0 T_4$
- $s(t_4) = v_0 t_4 + J_0 \frac{(T_3)^2}{6} + J_0 \frac{T_3}{2}(t_4 - t_3) + J_0 \frac{(t_4 - t_3)^2}{2} = v_0 t_4 +$
 $+ J_0 \frac{(T_3)^2}{6} + J_0 \frac{T_3 T_4}{2} + J_0 \frac{(T_4)^2}{2}$

Этап 5. $t_4 < t < t_5$

Это заключительная фаза торможения транспортного средства, где влияние оказывает изменение замедления, которое может либо ослабляться, либо оставаться постоянным. Скорость автомобиля на этом этапе продолжает уменьшаться, и в конце процесса автомобиль останавливается.

Значение величин в начале этапа $t = t_4$ равно:

$$\bullet J(t_4) = J_0$$

- $v(t_4) = v_0 + J_0 \frac{T_3}{2} + J_0 T_4$
- $s(t_4) = v_0 t_4 + J_0 \frac{(T_3)^2}{6} + J_0 \frac{T_3 T_4}{2} + J_0 \frac{(T_4)^2}{2}$

Зависимость замедления выражается как:

$$J(t) = J_0 + Kc(t - t_4) \quad (2.25)$$

Зависимость скорости выражается как:

$$v(t) = v_0 + J_0 \frac{T_3}{2} + J_0 T_4 + J_0(t - t_4) + Kc \frac{(t - t_4)^2}{2} \quad (2.26)$$

Зависимость пути выражается как:

$$\begin{aligned} s(t) &= v_0 t_4 + J_0 \frac{(T_3)^2}{6} + J_0 \frac{T_3 T_4}{2} + J_0 \frac{(T_4)^2}{2} + v_0(t - t_4) + J_0 \frac{T_3}{2}(t - t_4) + \\ &J_0 T_4(t - t_4) + J_0 \frac{(t - t_4)^2}{2} + Kc \frac{(t - t_4)^3}{6} = v_0 t + J_0 \frac{(T_3)^2}{6} + J_0 \frac{T_3 T_4}{2} + J_0 \frac{(T_4)^2}{2} + \\ &J_0 \frac{T_3}{2}(t - t_4) + J_0 T_4(t - t_4) + J_0 \frac{(t - t_4)^2}{2} + Kc \frac{(t - t_4)^3}{6} \end{aligned} \quad (2.27)$$

Значение величин в конце этапа $t = t_5$ равно:

- $J(t_5) = J_0 + Kc(t_5 - t_4) = J_0 + Kc(T_5) = J_0 - J_0 = 0$
- $v(t_5) = v_0 + J_0 \frac{T_3}{2} + J_0 T_4 + J_0(t_5 - t_4) + Kc \frac{(t_5 - t_4)^2}{2} = v_0 + J_0 \frac{T_3}{2} + J_0 T_4 + J_0 T_5 + Kc \frac{(T_5)^2}{2} = v_0 + J_0 \frac{T_3}{2} + J_0 T_4 + J_0 T_5 - J_0 \frac{T_5}{2} = v_0 + J_0 \frac{T_3}{2} + J_0 T_4 + J_0 \frac{T_5}{2}$
- $s(t_5) = v_0 t_5 + J_0 \frac{(T_3)^2}{6} + J_0 \frac{T_3 T_4}{2} + J_0 \frac{(T_4)^2}{2} + J_0 \frac{T_3}{2}(t_5 - t_4) + J_0 T_4(t_5 - t_4) + J_0 \frac{(t_5 - t_4)^2}{2} + Kc \frac{(t_5 - t_4)^3}{6} =$
 $= v_0 t_5 + J_0 \frac{(T_3)^2}{6} + J_0 \frac{T_3 T_4}{2} + J_0 \frac{(T_4)^2}{2} + J_0 \frac{T_3 T_5}{2} + J_0 T_4 T_5 + J_0 \frac{(T_5)^2}{2} + Kc \frac{(T_5)^3}{6}$
 $=$
 $= v_0 t_5 + J_0 \frac{(T_3)^2}{6} + J_0 \frac{T_3 T_4}{2} + J_0 \frac{(T_4)^2}{2} + J_0 \frac{T_3 T_5}{2} + J_0 T_4 T_5 + J_0 \frac{(T_5)^2}{2} - J_0 \frac{(T_5)^2}{6} =$

$$\begin{aligned}
&= v_0 t_5 + J_0 \frac{(T_3)^2}{6} + J_0 \frac{T_3 T_4}{2} + J_0 \frac{(T_4)^2}{2} + J_0 \frac{T_3 T_5}{2} + J_0 T_4 T_5 + J_0 \frac{(T_5)^2}{3} = \\
&= v_0 t_5 + J_0 \left[\frac{(T_3)^2}{6} + T_4 \left(\frac{T_3}{2} + T_5 \right) + \frac{(T_4)^2}{2} + \frac{T_3 T_5}{2} + \frac{(T_5)^2}{3} \right]
\end{aligned}$$

Подставляя в условие остановки для скорости значение $v(t_5)$ получим, что:

$$T_4 = -\frac{v_0}{J_0} - \frac{T_3 + T_5}{2} \quad (2.28)$$

Используя уравнение (2.27) в условии остановки (2.28) для пути получим:

$$S_0 = v_0 t_5 + J_0 \left[\frac{(T_3)^2}{6} + \left(-\frac{v_0}{J_0} - \frac{T_3 + T_5}{2} \right) \left(\frac{T_3}{2} + T_5 \right) + \frac{\left(-\frac{v_0}{J_0} - \frac{T_3 + T_5}{2} \right)^2}{2} + \frac{T_3 T_5}{2} + \frac{(T_5)^2}{3} \right] \quad (2.29)$$

Применительно в автотехнической экспертизе:

Формулой (2.29) можно пользоваться в судебной автотехнической экспертизе с учетом, того, что значения T_3 и J_0 уточняются для различных категорий ТС с помощью коэффициентов K_i и K_j (где $t_5=0$).

$$S_0 = v_0 t_5 + K_{J_0} J_0 \cdot \left[\frac{(K_{T_3} T_3)^2}{6} + \left(-\frac{v_0}{K_{J_0} J_0} - \frac{K_{T_3} T_3}{2} \right) \left(\frac{K_{T_3} T_3}{2} \right) + \frac{\left(-\frac{v_0}{K_{J_0} J_0} - \frac{K_{T_3} T_3}{2} \right)^2}{2} \right] \quad (2.30)$$

$$J_0 = g \left(\frac{(\varphi l_1 + K_j l_2 f) \cos \alpha}{K_j (l_1 + l_2) + l_3 - K_j f} + \sin \alpha \right) \quad (2.31)$$

Выше φ - коэффициент сцепления, f - коэффициент сопротивления качению, l_1 , l_2 , l_3 - расстояния от центра масс до колесных осей и уровня дороги, α - угол наклона дороги ($\alpha > 0$ для подъема и $\alpha < 0$ для спуска). Две зависимости для поиска коэффициентов K_j , K_i можно взять в виде формул 2.32–2.33.

$$K_{J_0} = \frac{J_0}{J_{уст}}, \quad (2.32)$$

$$K_{T_3} = \frac{T_{0з}}{T_3}, \quad (2.33)$$

где K_{J_0} – коэффициент J_0 , K_{T_3} – коэффициент для T_3 , $J_{уст}$ – известное значение замедления.

Полученная зависимость для экспериментальной оценки S_0 к уже используемым в автотехнической экспертизе.

$$S_0 = (T_1 + T_2 + 0,5K_{iT_3} T_3) \frac{v_0}{3,6} + \frac{v_0^2}{25,92 \cdot 0K_{J_0M_2}}, \quad (2.34)$$

$$v_0 = 1,8K_{jM_2} J_0 T_3 K_{T_3M_2} + \sqrt{25,92 J_0 K_{J_0M_2} S_4}, \quad (2.35)$$

Здесь 3,6 и 25,92 – переводные коэффициенты, чтобы значение скорости v_0 было в км/ч.

Вообще говоря, они имеют вид:

$$S_0 = (T_1 + T_2 + 0,5K_{T_3M_2} T_3) v_0 + \frac{v_0^2}{2J_0 K_{J_0M_2}}, \quad (2.36)$$

$$v_0 = \frac{1}{2} K_{J_0M_2} J_0 T_3 K_{T_3M_2} + \sqrt{2J_0 K_{J_0M_2} S_4}, \quad (2.37)$$

Причем коэффициенты $K_{T_3M_2}$ и $K_{J_0M_2}$ нужны эксперту для учета различных параметров торможения. Если мы уже знаем истинные значения J_0 и T_3 , то формулы запишутся в виде.

Новая формула в основе своей имеет идею выделить основные этапы замедления на основе данных эксперимента и выразить полный остановочный путь через параметры, которые можно определить по результату процесса торможения.

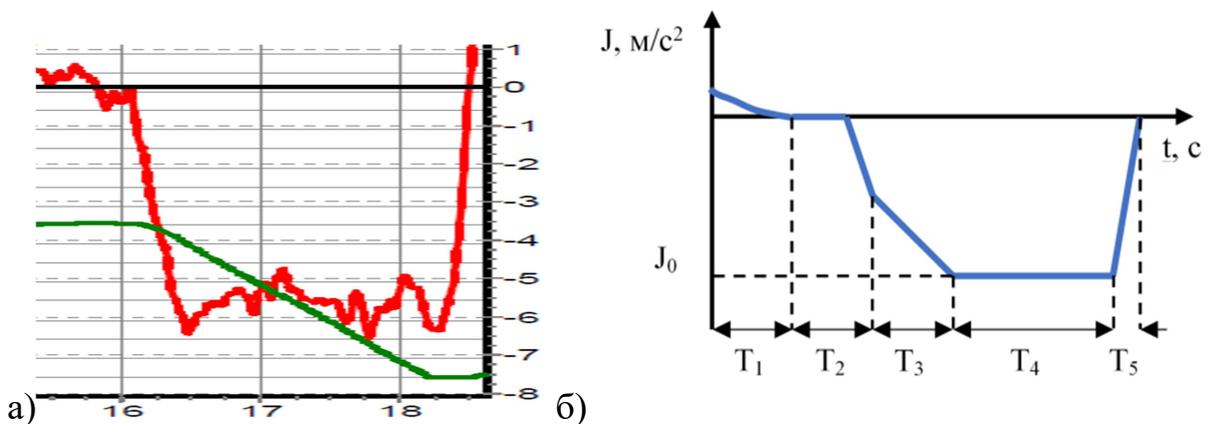


Рисунок 2.19 – Графики замедления а) экспериментальный – кривая красного цвета б) теоретический – график синего цвета

В итоге интегрирования профиля замедления впервые получена формула остановочного пути S_0 для транспортных средств категорий М2, N2, N3 (здесь J_0 взят со знаком «минус»):

$$S_0 = K_{J_0} J_0 \cdot \left[\frac{(K_{T_3} T_3)^2}{6} + \left(-\frac{v_0}{K_{J_0} J_0} - \frac{K_{T_3} T_3}{2} \right) \left(\frac{K_{T_3} T_3}{2} \right) + \frac{\left(-\frac{v_0}{K_{J_0} J_0} - \frac{K_{T_3} T_3}{2} \right)^2}{2} \right] \quad (2.38)$$

Формула для скорости получается решением квадратного уравнения относительно v_0 и выбор положительного корня. Из формулы (2.38) может быть получена формула (2.34) с учетом следующих допущений (далее J_0 взят со знаком «+»). Путь, пройденный за время $T_1 + T_2$ останется тем же: $v_0(T_1 + T_2)$. Путь, пройденный на этапе T_3 нужно упростить с квадратичной зависимости до линейной, то есть при торможении со скорости от v_0 до $v_0 - \frac{J_0 T_3}{2}$ пройден путь $(v_0 - \frac{J_0 T_3}{4})T_3$ и заменить выражение в скобках на $\frac{1}{2} v_0$.

Путь, пройденный на этапе T_4 нужно упростить, заменив в $\frac{\left(\frac{v_0 - T_3}{J_0} \right)^2}{2}$ выражение в скобках на $\frac{v_0}{J_0}$. Таким образом формула (2.38) примет вид формулы (2.34).

Если пытаться разобраться, почему формулы имеют различный вид, то можно сделать вывод, что при выводе формулы (2.34) для получения более простого и удобного вида выражения были использованы более грубые допущения, касающиеся этапа нарастания замедления. В новой формуле учтен более сложная зависимость накопления тормозного пути на этапе нарастания замедления, что может внести небольшое улучшение в точности оценки остановочного пути по начальной скорости ТС и, соответственно в обратной задаче – скорости, с которой двигалось транспортное средство, по следам его остановочного пути.

Выводы по главе 2

Проведен обзор практического применения инновационных технологий при сборе исходных данных для реконструкции ДТП. Сделан вывод, что использование беспилотных летательных аппаратов с системами лазерного сканирования, программного обеспечения для реконструкции дорожно-транспортных происшествий, а также последующее создание баз данных, способствует более точному определению причин ДТП, идентификации виновных и оценке степени травматизма. Практический опыт применения таких методов подтверждает высокую эффективность современных технологий при реконструкции и анализе сложных дорожных ситуаций.

Использование динамических моделей человека при реконструкции ДТП и оценке телесных повреждений показывает высокую эффективность и правдоподобность, о чем свидетельствуют акты медицинских экспертиз и расчеты ПО для ЭВМ.

Лазерное сканирование и фотосъемка с БПЛА могут значительно ускорить процесс фиксации места ДТП и сбора исходных данных, тем самым позволяя создавать детализированные геоинформационные модели и «облака» точек. Эти методы не только повышают точность анализа и моделирования ДТП, но и существенно сокращают временные затраты эксперта.

Машинное обучение и искусственный интеллект показывают высокую эффективность в прогнозировании и анализе ДТП, особенно при работе с большими объемами данных. Анализ последних исследований демонстрирует, что такие подходы могут превосходить традиционные статистические методы, особенно при решении более сложных задач таких, как классификация тяжести травм и выявление факторов, способствующих возникновению ДТП. Методы кластеризации, например, метод «k-средних» и «факторный анализ», помогают выявить скрытые закономерности и

ключевые факторы, влияющие на исход ДТП. Классификация методами машинного обучения позволяет обеспечить быстрое распознавание требующих человеческого внимания случаев. Эти методы, интегрированные с интеллектуальными системами распознавания, обеспечивают автоматический анализ данных и могут использоваться для разработки более эффективных мер по предотвращению ДТП.

Коэффициент сцепления дорожного покрытия является одним из критически важных параметров, влияющих на исход ДТП. Современные методы измерения этого показателя, в сочетании с технологиями программной обработки и анализа данных, значительно улучшают точность реконструкции дорожно-транспортных происшествий.

ГЛАВА 3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

3.1. Постановка экспериментального исследования установившегося замедления транспортных средств категории М2, N2, N3 при экстренном торможении

Основная суть научной работы заключалась в уточнении параметров движения транспортных средств категорий М2, N2, N3 при их торможении, совместно с этим достигалась практическая задача диссертационного исследования по формированию современной базы данных для выполнения автотехнических экспертиз. Основное отличие модельно-ориентированной реконструкции ДТП (МОР ДТП): 1. Модель – это неотъемлемый результат исследования; 2. Пространственно-следовая информация субъективно неизменяемая; 3. МОР включает все виды экспертных исследований, необходимых для комплексного и однозначного ответа на поставленные вопросы. 4. МОР подразумевает, помимо заключения эксперта, создание избыточных предложений по улучшению каждой подсистемы в системе реконструкции ДТП.

Экспериментальные исследования производились с транспортными средствами категорий М2, N2, N3 на сухом асфальтобетонном покрытии, на мокром асфальтобетонном покрытии и на сухой грунтовой дороге. Главной целью экспериментальных исследований было создание базы данных фактических значений установившегося замедления, времени нарастания замедления для транспортных средств категорий М2, N2, N3 при различных значениях коэффициента сцепления опорной поверхности.

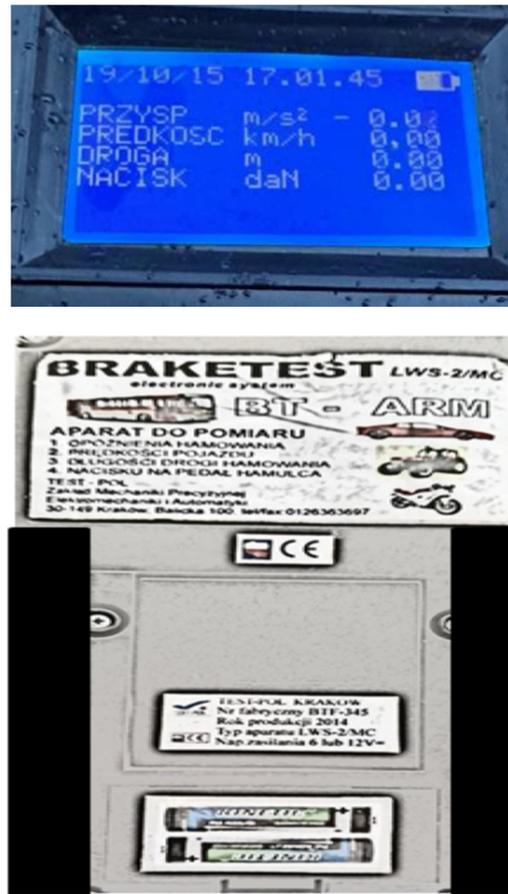


Рисунок 3.1 – Деселерометр «BRAKE TESTER LWS-2M»

Измерения проводились при помощи деселерометра «BRAKE TESTER LWS-2M». Основной датчик, фиксирующий замедление, крепился в горизонтальном положении по центру ветрового стекла внутри транспортного средства. Погрешность данного измерительного прибора не превышает 4%. Перед началом испытаний транспортное средство располагалось на ровной поверхности.

После установки датчик требует калибровки в диапазоне от -0,05 до -0,07 м/с² (данные по ускорению отображаются на дисплей прибора).

После каждого экспериментального исследования калибровка прибора повторяется. Экстренное торможение транспортного средства начиналось после достижения скорости ТС отметки 40 км/ч, также прибор создавал звуковое оповещение о необходимости начать торможение. Результат одного

эксперимента отображался на дисплей прибора, затем сохранялся в отдельную ячейку памяти.



Рисунок 3.2 – Место крепления датчика в исследуемом транспортном средстве

3.2. Методика проведения экспериментальных исследований

Главной целью экспериментальных исследований было создание базы данных актуализированных фактических значений установившегося замедления транспортных средств категорий М2, N2, N3 при различных значениях коэффициента сцепления опорной поверхности. В дальнейшем полученный набор экспериментальных данных позволил сформировать зависимости между установившимся замедлением, временем нарастания замедления от типа и состояния покрытия проезжей части. Исследования проводились на участке дорог в г. Санкт-Петербурге и Ленинградской области при соблюдении определенных условий, представленных на блок-схеме рисунок 3.3.

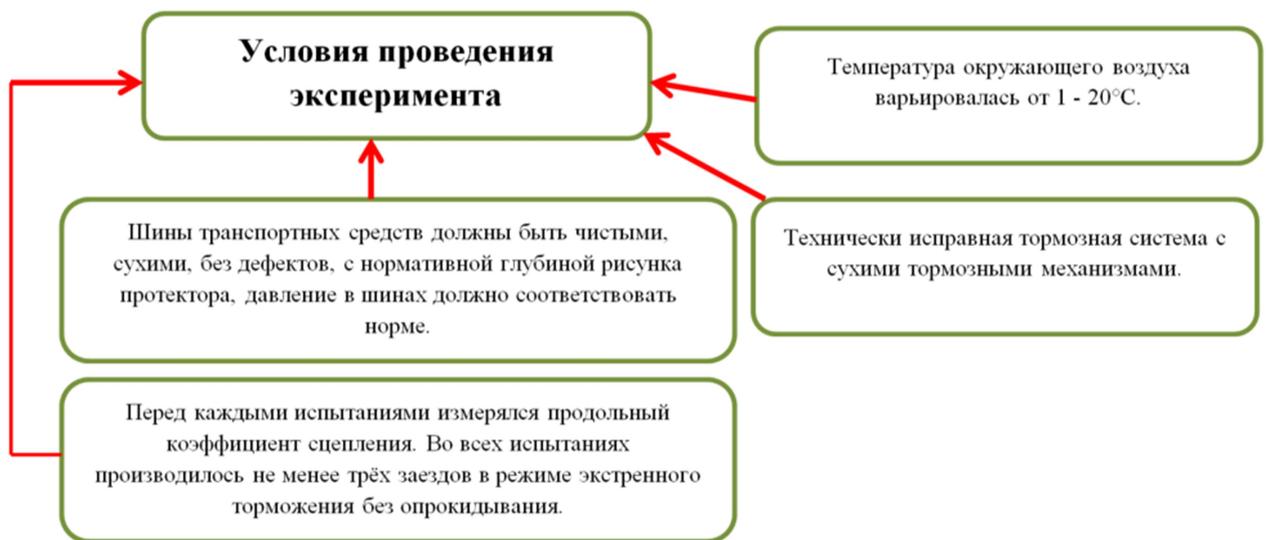


Рисунок 3.3 –Схема совокупных условий проведения экспериментальных исследований.

3.3. Результаты экспериментальных исследований установившегося замедления категорий М2, N2, N3

Основным результатом экспериментов было создание базы данных фактических значений установившегося замедления транспортных средств категорий М2, N2, N3 (Рис. 3.4) при различных значениях коэффициента

сцепления опорной поверхности. В данном исследовании полученный набор экспериментальных данных позволил сформировать зависимости между установившемся замедлением, временем нарастания замедления от типа и состояния покрытия проезжей части.



Рисунок 3.4 – Транспортные средства, используемые при проведении эксперимента: А) ТС марки «КАМАЗ-65115» Б) Автобус «MAXUS V90» В) Автобус «IVECO DAILY 50C15V» Г) ТС марки «Автоцистерна вакуумная 4671М3-40»

Экспериментальные исследования были проведены и дополнительно обработаны согласно методике обработки результатов измерений, типовой вид исходных данных представлен на рисунке 3.5.

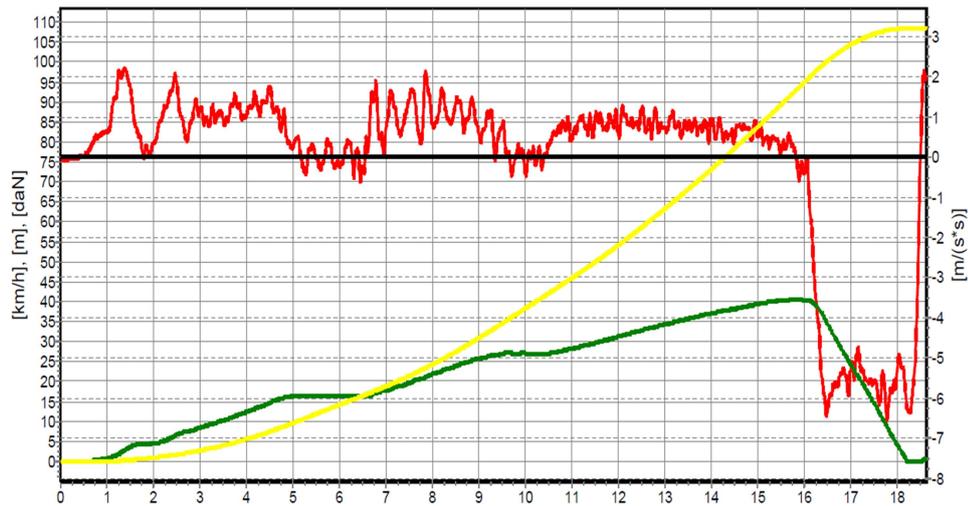


Рисунок 3.5 – Типовой отчет после эксперимента (Красная линия - замедление торможением, зеленая - скорость т/с, желтая - пройденный путь).

В таблице 3.1 показаны результаты экспериментальных исследований по фиксации значений замедления для разных категорий ТС.

Таблица 3.1 –

Полученные экспериментальные значения замедления для колесных самоходных машин

№	Категория	J_{31} , m/c^2	J_{32} , m/c^2	J_{33} , m/c^2	J_{34} , m/c^2	J_{35} , m/c^2	$J_{\text{ср}}$, m/c^2	Абсолютная погрешность, m/c^2	Относительная погрешность, %
1	HANNO TD 1304 (4,58 т) / N2	6,28	6,09	5,27	7,62	6,17	6,29	1,33	21
2	HANNO TD 1004 (4,2 т)/N2	7,96	9,08	7,13	7,42	7,54	7,83	1,25	16
3	HANNO TD354 (1,45 т) / N1	10,54	9,93	10,88	9,68	10,14	10,23	0,65	6

Таблица 3.2 –
Уточненные значения установившегося замедления ТС категории М2

Автобус MAXUS V90															
Тип покрытия	Сухой асфальтобетон						Влажный асфальтобетон			Сухое грунтовое покрытие					
№ эксперимента	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$J_{эис}, м/с^2$	6,49	7,13	7,49	6,66	7,09	7,52	6,26	6,95	7,02	6,16	6,29	6,92	5,69	6,05	6,53
Автобус IVECO DAILY 50C15V															
№ эксперимента	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$J_{эис}, м/с^2$	6,98	7,49	7,71	6,60	7,25	7,76	6,73	7,16	7,59	6,41	6,54	7,13	5,85	6,03	6,45
Автобус ГАЗ NEXT А65R52-080															
№ эксперимента	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$J_{эис}, м/с^2$	7,02	7,16	7,73	6,77	7,13	7,42	6,11	6,52	6,79	5,24	5,50	5,65	4,64	4,84	5,29

Таблица 3.3 –
Уточненные значения установившегося замедления ТС категории N2

Эвакуатор КАМАЗ-4308															
Тип покрытия	Сухой асфальтобетон						Влажный асфальт			Сухой грунт					
№ эксперимента	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$J_{эис}, м/с^2$	7,18	7,56	7,94	7,08	7,38	7,82	5,77	6,27	6,71	4,78	5,14	5,39	4,40	4,55	4,95

Таблица 3.4 –
Уточненные значения установившегося замедления ТС категории N3

КАМАЗ-65115															
Тип покрытия	Сухой асфальтобетон						Влажный асфальт			Сухой грунт					
№ эксперимента	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$J_{эис}, м/с^2$	6,51	6,93	7,14	6,54	6,81	7,15	5,56	6,04	6,16	5,13	5,4	5,65	4,85	5,21	5,57
КАМАЗ-65115 с полной массой загрузки															
№ эксперимента	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$J_{эис}, м/с^2$	6,66	6,87	7,21	6,27	6,57	6,83	4,93	5,3	5,83	4,46	4,9	5,24	4,18	4,59	4,79

Продолжение таблицы 3.4 – Уточненные значения установившегося замедления ТС категории N3

Тип покрытия	Сухой асфальтобетон					Влажный асфальт					Сухой грунт				
HONGYAN GENLVON 390															
№ эксперимента	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$J_{э\text{ис}}, \text{м/с}^2$	5,91	6,49	6,88	6,01	6,57	7,16	5,44	5,79	5,96	4,89	5,26	5,68	4,71	4,81	5
Грузовое бортовое 67066С шасси КАМАЗ-65115-50															
№ эксперимента	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$J_{э\text{ис}}, \text{м/с}^2$	7,35	7,73	7,92	7,14	7,44	7,97	5,86	5,92	6,22	5	5,38	5,6	4,1	4,23	4,48
FAW															
№ эксперимента	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$J_{э\text{ис}}, \text{м/с}^2$	7,72	7,87	8,02	7,74	8,06	8,3	6,61	7,34	8	6,66	6,87	7,35	5,16	5,43	5,46
FAW с полной массой загрузки															
№ эксперимента	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$J_{э\text{ис}}, \text{м/с}^2$	6,43	6,74	7,25	6,05	6,26	6,82	5,11	5,61	5,95	4,34	4,69	4,74	3,02	3,15	3,21

Экспериментальные значения среднего времени нарастания замедления ТС T_3 представлены в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Экспериментальные значения среднего времени нарастания замедления ТС

№	Наименование	Тип покрытия
		Сухой асфальтобетон
	КСМ	Время нарастания замедления, T_3 , с
1	HANNO TD1304 категория N2	0,37
2	HANNO TD354 категория N1	0,18
3	HANNO TD 1004 категория N2	0,23

Продолжение таблицы 3.5 – Экспериментальные значения среднего времени нарастания замедления ТС

№	Наименование	Тип покрытия
Мокрый асфальтобетон		
4	HANNO TD 1304	0,33
5	HANNO TD354	0,18
6	HANNO TD 1004	0,19
Сухой грунт		
7	HANNO TD 1304	0,27
8	HANNO TD354	0,18
9	HANNO TD 1004	0,13
	Категория N2	Сухой асфальтобетон
10	КАМАЗ-4308	0,23
Мокрый асфальтобетон		
11	КАМАЗ-4308	0,19
Сухой грунт		
12	КАМАЗ-4308	0,14
	Категория M2	Сухой асфальтобетон
13	IVECO DAILY 50C15V	0,45
14	ГАЗ NEXT A65R52-080	0,18
15	MAXUS V90	0,28
Мокрый асфальтобетон		
16	IVECO DAILY 50C15V	0,41
17	ГАЗ NEXT A65R52-080	0,14
18	MAXUS V90	0,24
Сухой грунт		
19	IVECO DAILY 50C15V	0,3
20	ГАЗ NEXT A65R52-080	0,18
21	MAXUS V90	0,18
№	Наименование	Тип покрытия
		Сухой асфальтобетон
	Категория N3	Время нарастания замедления, ТЗ, с
22	FAW J6 (8×4)	0,31
23	FAW J6 (8×4) с 100% загрузкой	0,35
24	КАМАЗ-65115	0,28
25	КАМАЗ УРД-2Н	0,58
26	HONGYAN GENLVON 390	0,26
27	Грузовое бортовое 67066С шасси КАМАЗ-65115-50	0,38

Окончание таблицы 3.5 – Экспериментальные значения среднего времени нарастания замедления ТС

№	Наименование	Время нарастания замедления, ТЗ, с
Мокрый асфальтобетон		
28	FAW J6 (8×4)	0,27
29	FAW J6 (8×4) с 100% загрузкой	0,31
30	КАМАЗ-65115	0,24
31	КАМАЗ УРД-2Н	0,58
32	HONGYAN GENLVON 390	0,22
33	Грузовое бортовое 67066С шасси КАМАЗ-65115-50	0,34
Сухой грунт		
34	FAW J6 (8×4)	0,21
35	FAW J6 (8×4) с 100% загрузкой	0,26
36	КАМАЗ-65115	0,18
37	КАМАЗ УРД-2Н	0,53
38	HONGYAN GENLVON 390	0,16
39	Грузовое бортовое 67066С шасси КАМАЗ-65115-50	0,28

Для более точной аппроксимации экспериментальных зависимостей были взяты уравнения регрессии второй и третьей степени. При помощи метода наименьших квадратов были получены полиномиальные аппроксимации. Зависимость установившегося замедления и времени нарастания замедления от типа и состояния поверхности представлены ниже. В качестве иллюстрации приведены примеры типовых графиков.

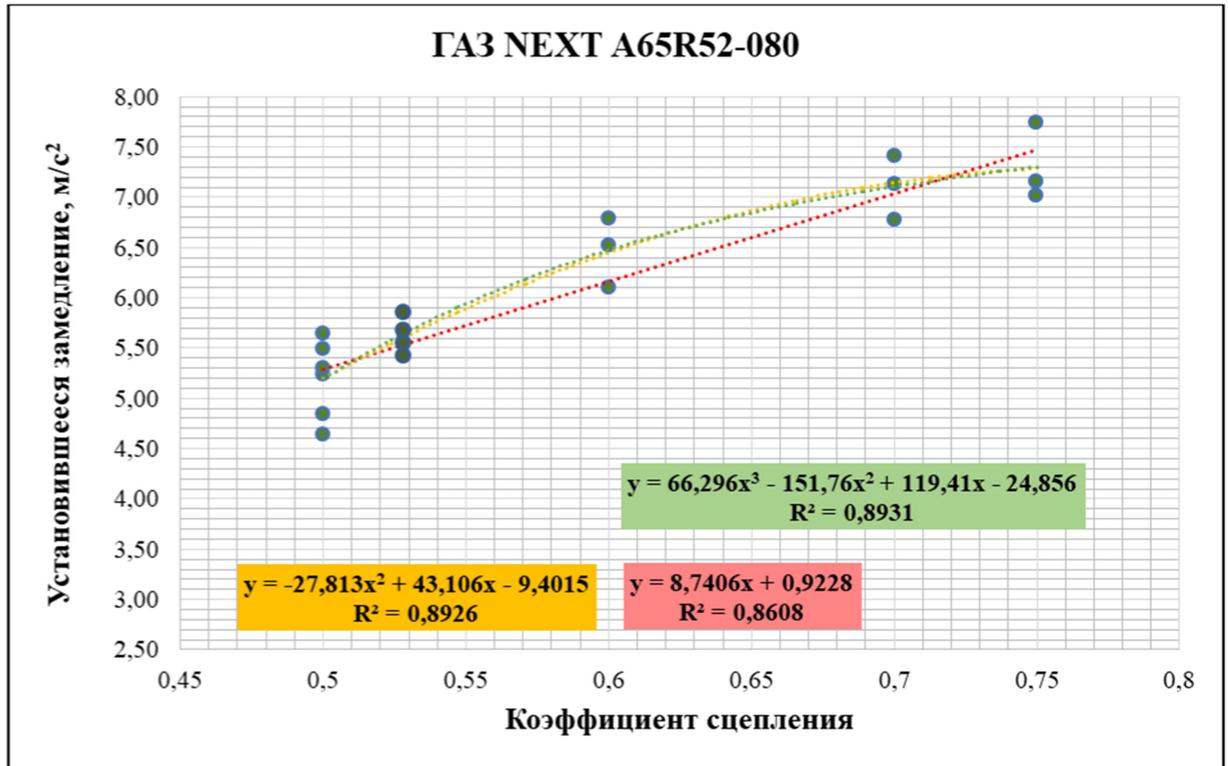


Рисунок 3.6 – Зависимость установившегося замедления от типа покрытия
категория ТС М2

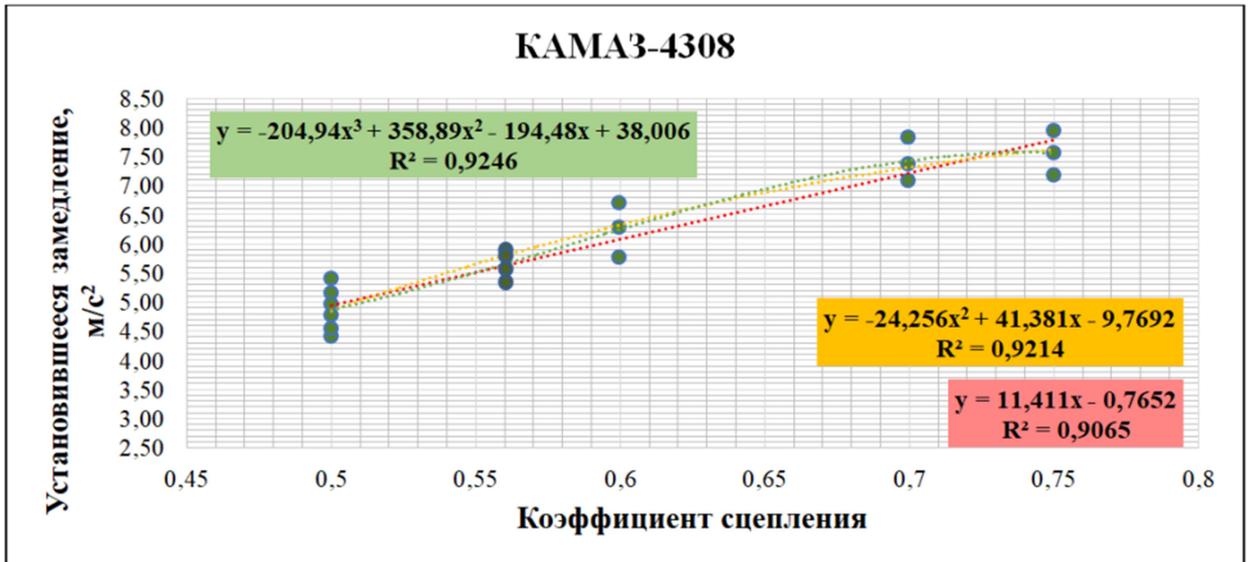


Рисунок 3.7 – Зависимость установившегося замедления от типа покрытия
категория ТС N2

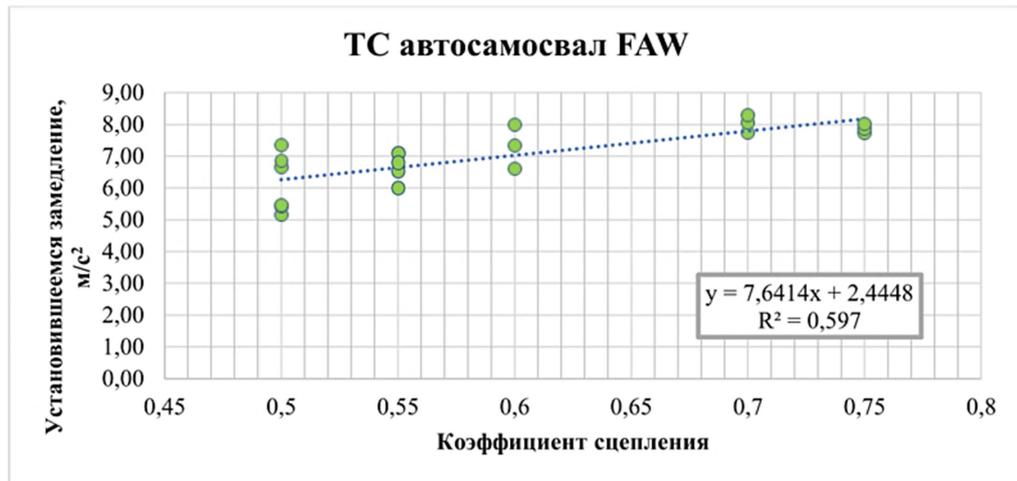


Рисунок 3.8 – Зависимость установившегося замедления от типа покрытия категория ТС N3

Для дополнительной верификации результатов была проведена статистическая проверка получившихся полиномов с использованием методов, описанных в главе 2. Результаты можно видеть в таблице 3.6. Исходя из них, можно судить об адекватности выбранной модели.

Таблица 3.6 – Значение коэффициентов аппроксимации

№	Марка ТС	Линейная		Квадратичная		Кубическая	
		R ²	Среднее отклонение аппроксимации	R ²	Среднее отклонение аппроксимации	R ²	Среднее отклонение аппроксимации
1	MAXUS V90	0,5026	0,0482	0,512	0,0475	0,5152	0,04817
2	IVECO DAILY 50C15V	0,5859	0,04485	0,6282	0,0443	0,63	0,0448
3	ГАЗ NEXT A65R52-080	0,9123	0,04049	0,9132	0,0396	0,9233	0,0405
4	КАМАЗ-4308	0,9171	0,04639	0,9205	0,0457	0,9386	0,0464
5	КАМАЗ-65115	0,8304	0,04199	0,8505	0,04	0,869	0,042
6	КАМАЗ-65115 с полной массой загрузки	0,8659	0,05584	0,9064	0,0491	0,9071	0,0558
7	КАМАЗ УРД-2Н	0,8736	0,0643	0,9125	0,0524	0,9277	0,0643
8	HONGYAN GENLVON 390	0,7637	0,0465	0,7637	0,0465	0,7787	0,0465

Окончание таблицы 3.6 – Значение коэффициентов аппроксимации

№	Марка ТС	Линейная		Квадратичная		Кубическая	
		R ²	Среднее отклонение аппроксимации	R ²	Среднее отклонение аппроксимации	R ²	Среднее отклонение аппроксимации
9	Грузовое бортовое 67066С шасси КАМАЗ-65115-50	0,9505	0,0379	0,9512	0,0388	0,9515	0,0379
10	Автоцистерна вакуумная 4671МЗ-40	0,5606	0,04633	0,6148	0,0434	0,6155	0,0463
11	FAW	0,7872	0,059	0,8764	0,0357	0,8813	0,059
12	FAW с полной массой загрузки	0,9432	0,05645	0,9567	0,0426	0,9584	0,0565

По результатам исследования получены следующие математические зависимости:

– ТС марки «MAXUS V90»

$$\text{зависимость } J_0(\varphi): J_0 = 10,749 \varphi \text{ г}, \quad (3.1)$$

– ТС марки «IVECO DAILY 50C15V»

$$\text{зависимость } J_0(\varphi): J_0 = 11,129 \varphi \text{ г}, \quad (3.2)$$

– ТС марки «ГАЗ NEXT А65R52-080»

$$\text{зависимость } J_0(\varphi): J_0 = 10,212\varphi \text{ г}, \quad (3.3)$$

– ТС марки «КАМАЗ-4308»

$$\text{зависимость } J_0(\varphi): J_0 = 10,19 \varphi \text{ г}, \quad (3.4)$$

– ТС марки «КАМАЗ-65115»

$$\text{зависимость } J_0(\varphi): J_0 = 9,8208 \varphi \text{ г}, \quad (3.5)$$

$$\text{– ТС марки «КАМАЗ УРД-2Н» зависимость } J_0(\varphi): J_0 = 10,597\varphi \text{ г}, \quad (3.6)$$

$$\text{– ТС марки «HONGYAN GENLVON 390» зависимость } J_0(\varphi): J_0 = 9,3721 \varphi \text{ г}, \quad (3.7)$$

$$\text{– ТС марки «Грузовое бортовое 67066С шасси КАМАЗ-65115-50» зависимость } J_0(\varphi): J_0 = 10,149 \varphi, \quad (3.8)$$

– ТС марки «Автоцистерна вакуумная 4671МЗ-40» зависимость $J_0(\varphi)$:
 $J_0 = 10,844 \varphi g,$ (3.9)

– ТС марки «FAW»
 зависимость $J_0(\varphi)$: $J_0 = 11,54 \varphi g.$ (3.10)

Физическая модель замедления с учетом уточняющего технического коэффициента записывается в следующем виде:

$$J = \frac{\varphi g}{K_j} \quad (3.11)$$

Имея экспериментальные данные об установленном замедлении при различных значениях коэффициента сцепления на дорогах, возможно произвести оценку уточняющего коэффициент. После выполнения линейной регрессии на основе экспериментальных данных, коэффициент эффективности торможения для указанных категорий транспортных средств составляет следующие значения:

$$J(\varphi, K_j) = g \frac{\varphi}{K_j} \quad (3.12)$$

$$M2: \quad K_j = 0.92 \quad (3.13)$$

$$N2: \quad K_j = 0.96 \quad (3.14)$$

$$N3: \quad K_j = 0.98 \quad (3.15)$$

Созданы параметрические уравнения для ТС категорий М2, N2, N3. Общие уравнения для ТС категорий М2, N2, N3 представлены следующие:

$$J(\varphi, K_j) = \left[\begin{array}{l} (232.08 - 6819.33K_j + 3591.67K_j^2)\varphi^2 + \\ +(-4767.61 + 10044.17K_j - 5283.33K_j^2)\varphi + \\ +(1716.61 - 3608.92K_j - 1895.83K_j^2) \end{array} \right] \varphi g \quad (3.16)$$

$$M2: \quad K_j = 0.92; \quad (3.17)$$

$$N2: \quad K_j = 0.96; \quad (3.18)$$

$$N3: \quad K_j = 0.98. \quad (3.19)$$

3.4 Алгоритм применения метода автотехнической экспертизы дорожно-транспортных происшествий с участием ТС категорий М2, N2, N3 и способ их реализации

Работа кода программы кратко может быть представлена в виде блок-схемы, составленной по ГОСТ 19.701-90 [101], на рисунке 3.9.

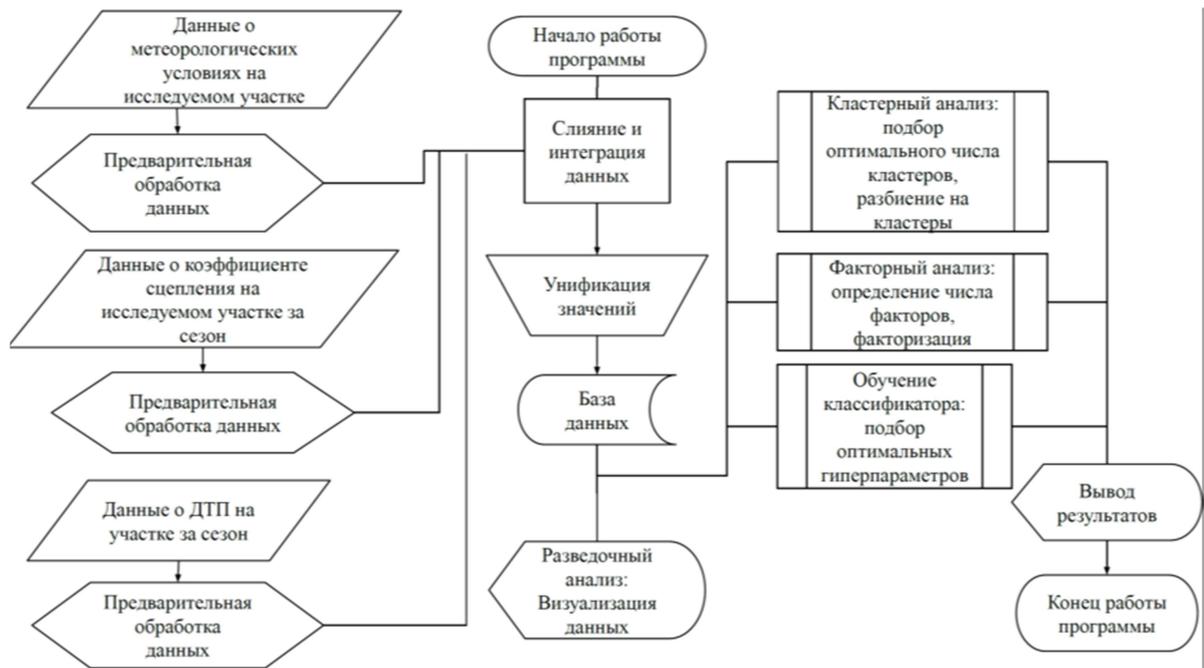


Рисунок 3.9 – Блок-схема алгоритма программы ЭВМ с программными модулями алгоритмов «искусственного интеллекта»: «Аналитический комплекс для статистического анализа, визуализации и кластеризации дорожно-транспортных происшествий»

В соответствии с тематикой работы, мотивацией этой части исследования было определить, существует ли сильная статистическая взаимосвязь между ДТП и коэффициентом сцепления участка а/д, на которой оно произошло.

Результатом данной работы является алгоритм программы для ЭВМ (рисунок 3.9), позволяющим решать различные статистические задачи совместно с новыми алгоритмами машинного обучения. В первую очередь

она агрегирует параметры, в рамках которых было реализовано событие ДТП (рисунок 3.10-3.13).

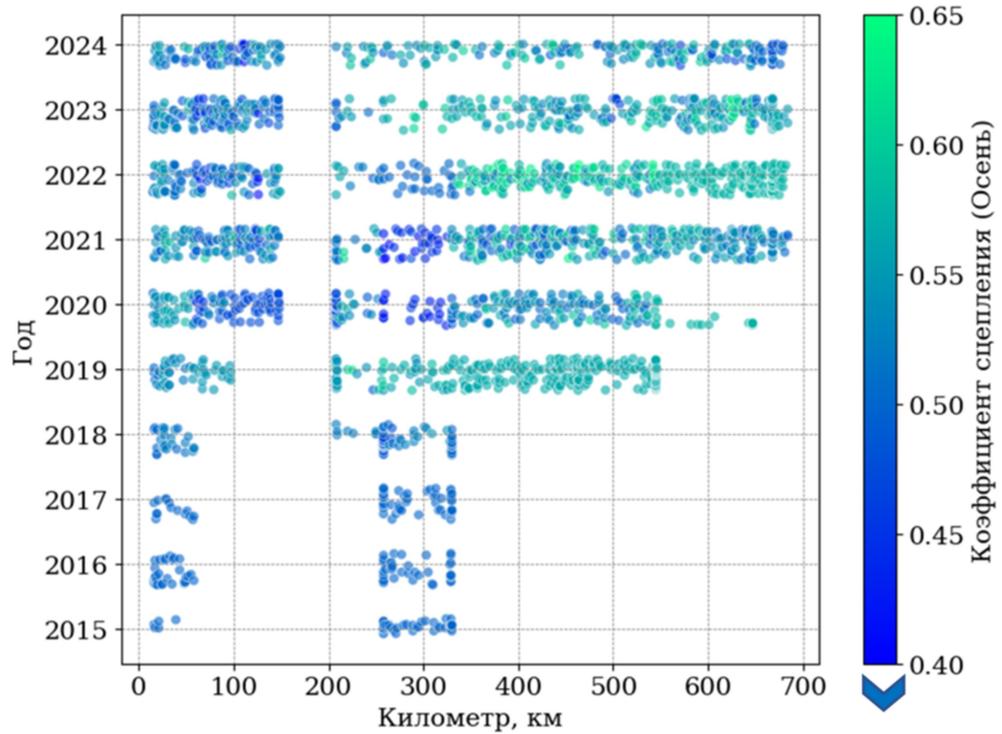


Рисунок 3.10 – Данные по ДТП и коэффициенту сцепления на а/д М-11. (Осенне-зимний сезон).

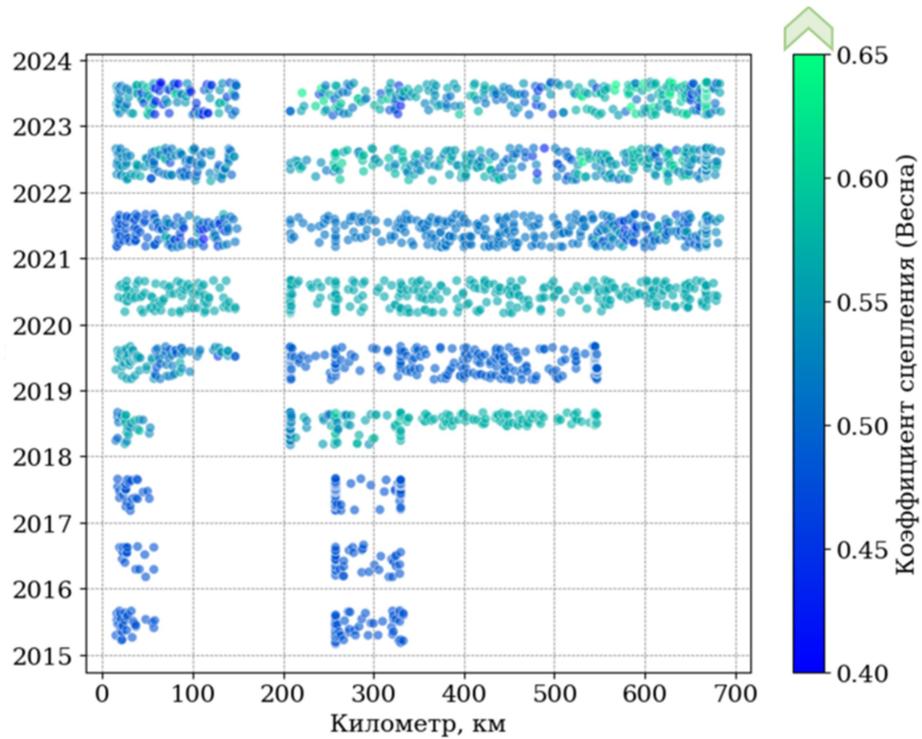


Рисунок 3.11 – Данные по ДТП и коэффициенту сцепления на а/д М-11. (Весенне-летний сезон).

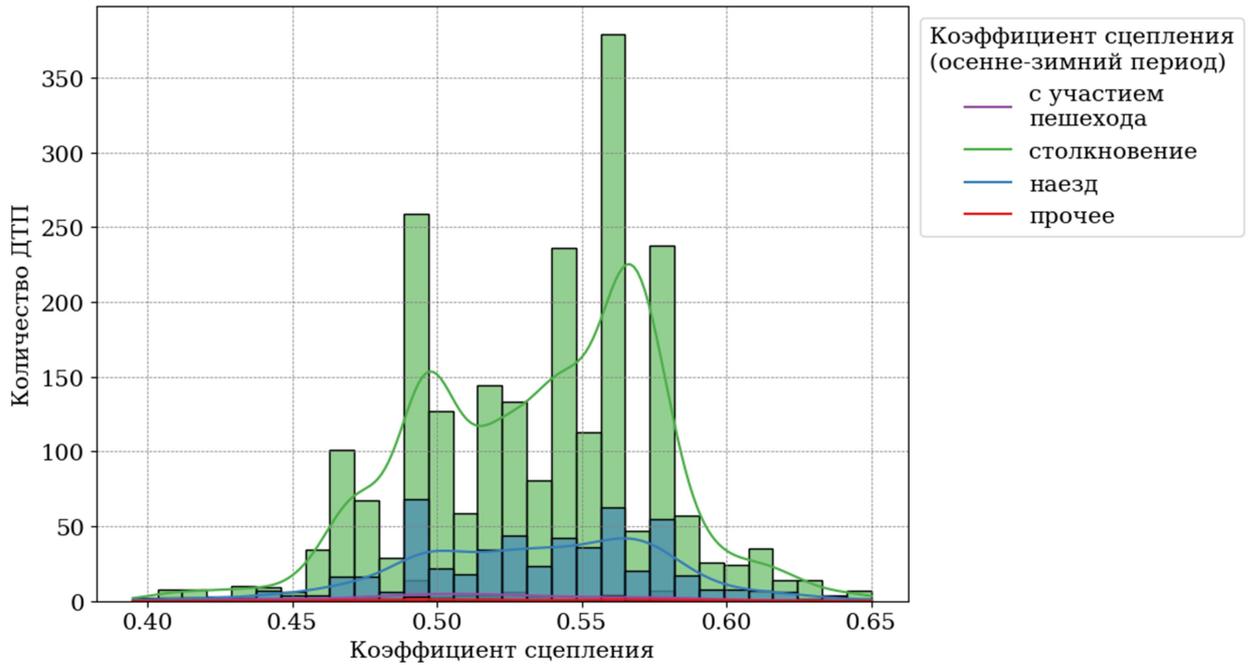


Рисунок 3.12 – Данные по ДТП и коэффициенту сцепления на а/д М-11. (Осенне-зимний сезон).

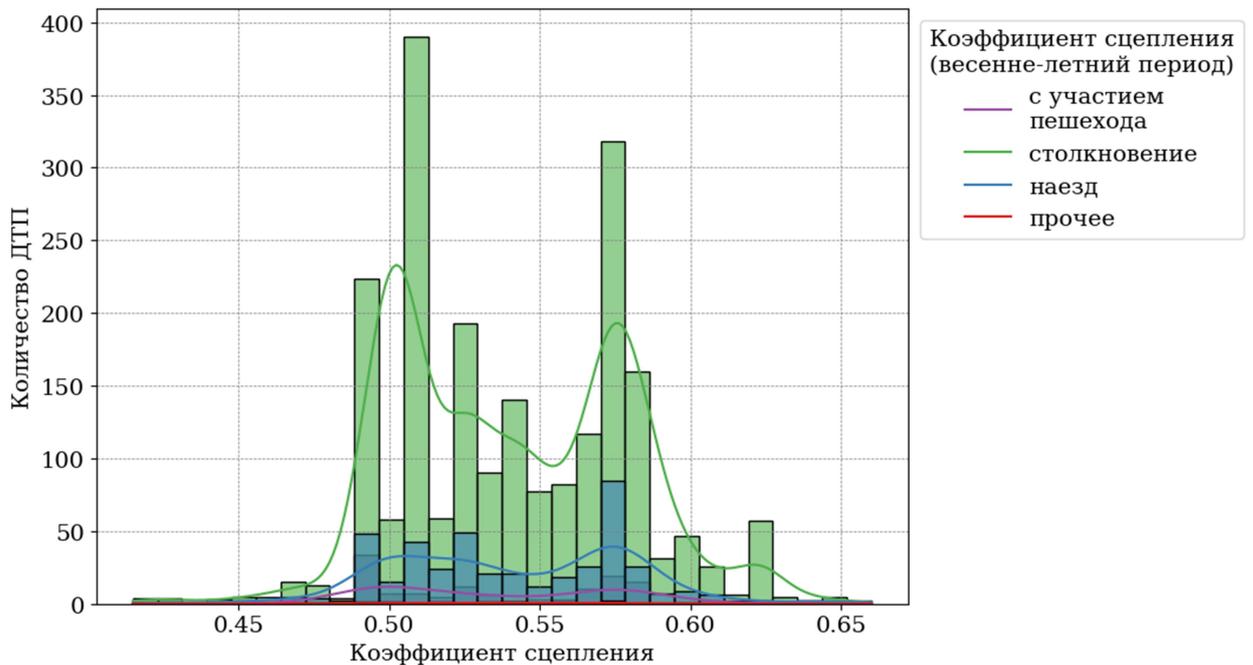


Рисунок 3.13 – Данные по ДТП и коэффициенту сцепления на а/д М-11. (Весенне-летний сезон).

Для наглядности усовершенствованный метод представляет собой целостную и единую информационную систему, представленную на рисунке 3.14. Далее

в работе представлено описание структуры, функционала и описание расчетно-аналитических процедур метода автотехнической экспертизы.

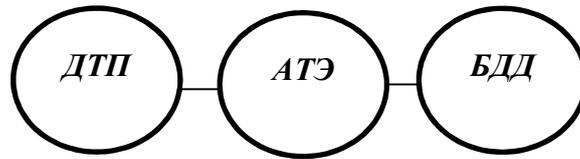


Рисунок 3.14 – Структура информационной системы ДТЭ – АТЭ – БДД с внешними воздействиями на систему, где ДТЭ – ДТЭ с участием ТС категорий М2, N2, N3.

Суть функционального метода заключается в описании сложной многоуровневой системы, требующей последовательного и комплексного анализа. На данном этапе происходит описание структуры модели и её составляющих, в том числе и внешних воздействий через функциональные уравнения. Свойства подсистемы и её характеристики тесно зависят от внешних факторов, влияющих на них (рисунок 3.15). Функциональная модель существует в условиях неопределенности, требует постоянной обратной связи между функцией входа и выхода.

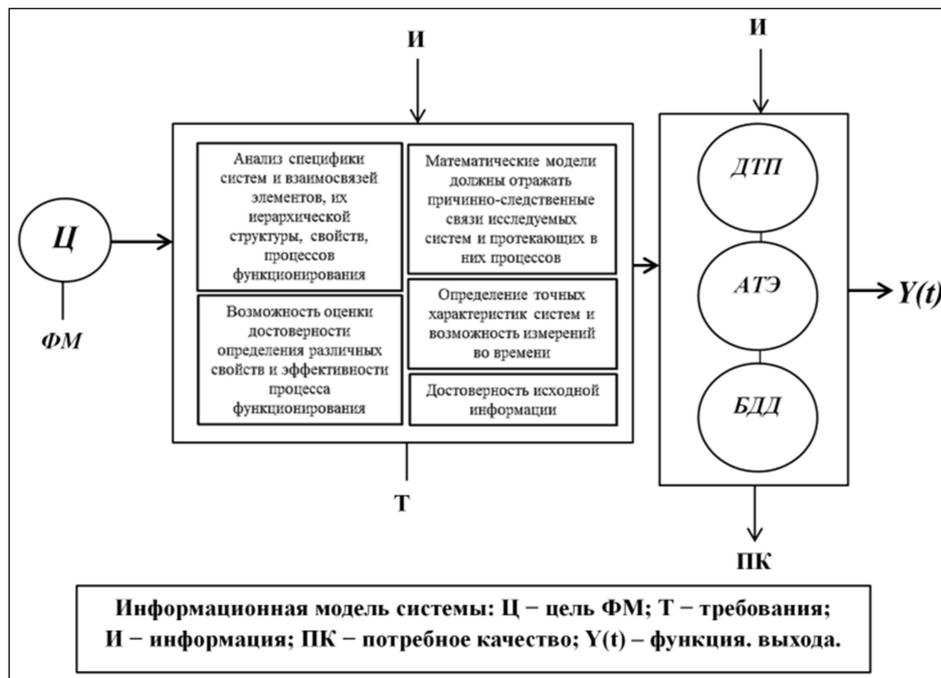


Рисунок 3.15 – Информационная модель с требуемыми функциями.

Характеристики и свойства подсистемы находятся в непосредственной зависимости от внешних факторов, оказывающих влияние на них (см. рисунок 3.15). При этом функциональная модель находится в условиях неопределенности и нуждается в постоянной обратной связи между входными и выходными функциями.

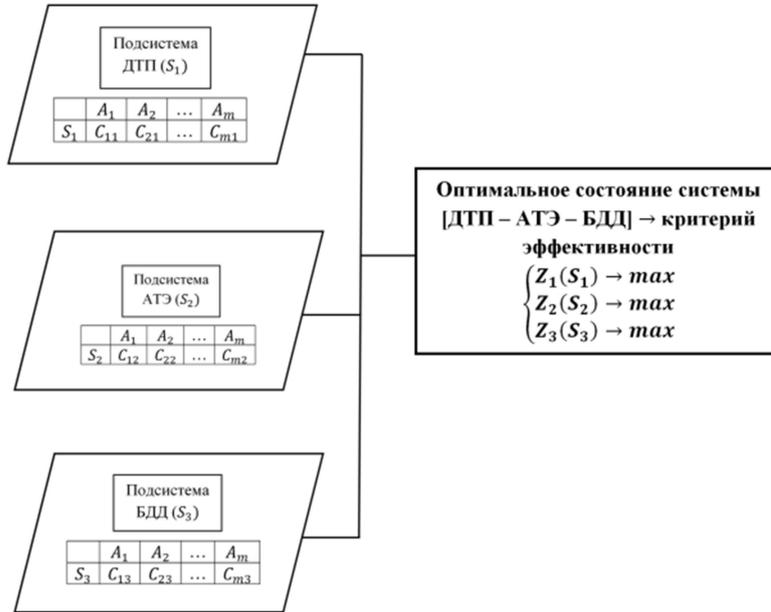


Рисунок 3.16 – Декомпозиция иерархии многоуровневой системной модели [ДТП – АТЭ – БДД] → «критерий эффективности».

Таблица 3.7 – Формирование исходных данных. Оценка значимости данных.

[ДТП – АТЭ – БДД]	Статистические данные, отражающие эффективность системы			
	Формализованные параметры [1..m]			
ДТП с категорией ТС M2, N2, N3 [1..n]	1	2	...	m
1	$\alpha_{11} \beta_{11}$	$\alpha_{12} \beta_{12}$...	$\alpha_{1m} \beta_{1m}$
2	$\alpha_{21} \beta_{21}$	$\alpha_{22} \beta_{22}$...	$\alpha_{2m} \beta_{2m}$
...
n	$\alpha_{n1} \beta_{n1}$	$\alpha_{n2} \beta_{n2}$...	$\alpha_{nm} \beta_{nm}$
Критерий эффективности	max	max	...	max

Матрица эффективности состояний по показателям качества (выбор наиболее лучшего варианта решения) для данной информационной системы примет вид:

$$\|\delta_{ij}\| = \begin{pmatrix} \alpha_{11} \beta_{11} & \alpha_{12} \beta_{12} & \dots & \alpha_{1m} \beta_{1m} \\ \alpha_{21} \beta_{21} & \alpha_{22} \beta_{22} & \dots & \alpha_{2m} \beta_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \alpha_{n1} \beta_{n1} & \alpha_{n2} \beta_{n2} & \dots & \alpha_{nm} \beta_{nm} \end{pmatrix}, \quad (3.20)$$

Формулой (3.21) пользуются для i -задачи оптимизации для n -варианта случаев. Определяются возможные комбинации состояний системы ДТП-АТЭ-БДД. Задача решается путем проведения линейного программирования с определением эффективности каждого решения.

$$\left\{ \begin{array}{l} D_i = \sum_{j=1}^n \delta_{ij} \alpha_j \rightarrow \max, \\ \sum_{j=1}^n \alpha_j = 1; 0 \leq A_j \leq 1, c_j \geq c_{j+1}, j = \overline{1, n-1} \end{array} \right., \quad (3.21)$$

Производится вывод математического решения, где k -случай для $\delta_{ij} = \max_j \delta_{ij}$ при:

$$\alpha_j = \begin{cases} \frac{1}{k}, & \text{если } j \leq k, \\ 0, & \text{если } j > k \end{cases}, \quad (3.22)$$

Данное аналитическое решение является базой для принятия решений о распределении ресурсов системы при планировании мероприятий повышении эффективности проведения ДТЭ, а также оценки влияния этих мероприятий. Реализация данных расчетно-аналитических процедур позволяет обеспечить оценку производства экспертиз по критерию эффективности. Далее проводится синтез (агрегирование данных) подсистем для получения объединенных элементов с эмерджентными (новыми) свойствами (рисунки 3.17-3.18).

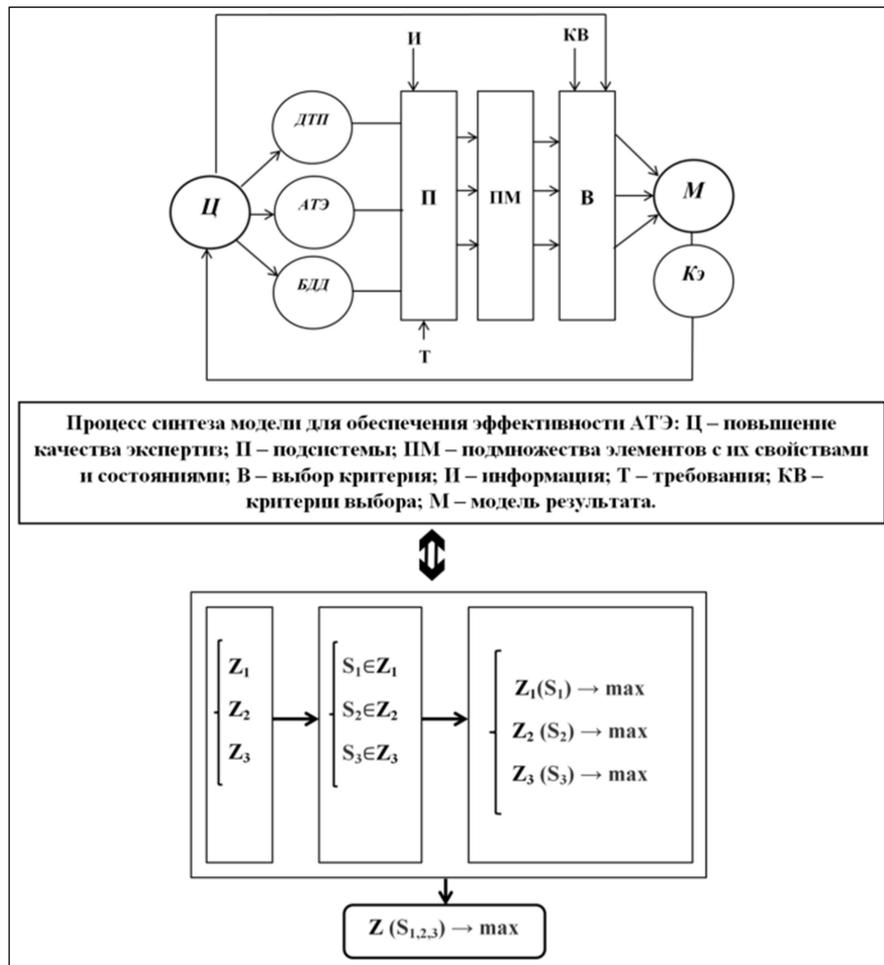


Рисунок 3.17 – Синтез моделей информационной системы (ИС).

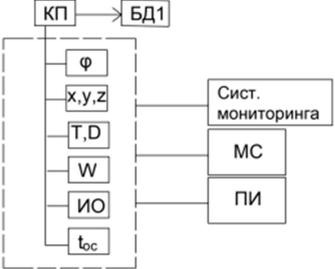


Рисунок 3.18 – ИС [ДТП-АТЭ-БДД]

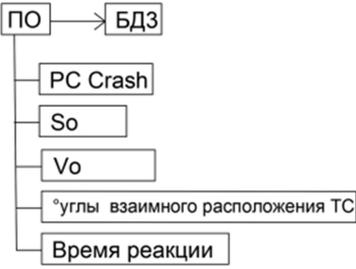
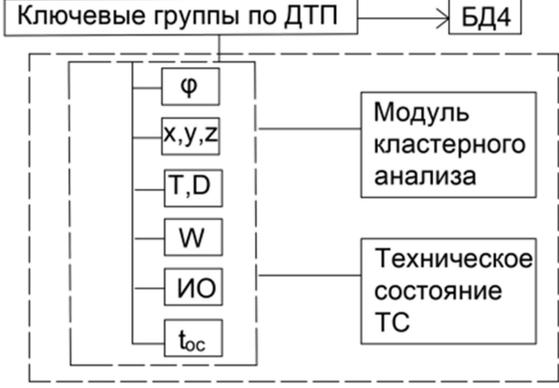
Представлено детальное описание внедрения усовершенствованного метода (рисунок 3.19) в алгоритм реализации процесса исследования и оценки эффективности автотехнической экспертизы (АТЭ) в системе безопасности дорожного движения (БДД), который отражен на рисунке 3.20.

Дополнительно, в таблице 3.8 приведено описание расчетно-аналитических операций АТЭ, включающее основные методики обработки данных, алгоритмы вычислений и способы их интеграции в общий процесс экспертизы.

Таблица 3.8 – Описание созданной модели использования метода АТЭ

№ Этапа	Наименование процесса	Описание аналитического процесса
1	Анализ последовательности действия расчетно-аналитического алгоритма метода	1.1. Определение ограничений в информационной системе БДД. 1.2. Утверждение метода управляющих действий для созданных этапов. 1.3. Постановке концептуальных целей для получения результата.
2	Актуализация базы данных о дорожной инфраструктуре.  <p>В базу данных вносятся ключевые показатели, такие, как коэффициент сцепления с дорогой, географическое местоположение участка, время и дата измерений, уровень освещенности, сила ветра, интенсивность осадков и температура окружающей среды. Эти параметры собираются в режиме реального времени или плановых измерений с использованием автоматизированных систем мониторинга, метеорологических станций и полевых обследований.</p>	На данном этапе проводится сбор и обновление данных о параметрах дорожной инфраструктуры и условий эксплуатации.
3	Актуализация базы данных о ДТП.  <p>База данных пополняется сведениями о месте и времени каждого ДТП. В числе собранных данных учитываются параметры, связанные с техническим состоянием транспортных средств: коэффициент эффективности замедления, состояние тормозной системы, износ шин, а также соответствие транспортных средств установленным стандартам безопасности.</p>	На данном этапе осуществляется сбор, систематизация и обновление информации о дорожно-транспортных происшествиях.

Продолжение таблицы 3.8 – Описание созданной модели использования метода АТЭ

№ Этапа	Наименование процесса	Описание аналитического процесса
4	<p>Реконструкция отдельных ДТП в ходе экспертиз.</p>  <p>Этот процесс включает моделирование дорожной ситуации на момент ДТП с учетом всех доступных данных. Для реконструкции используются специализированные программные комплексы, позволяющие воспроизвести динамику ДТП на основе физических законов и данных о столкновении. Важным элементом экспертизы является анализ следов торможения, углов столкновения, скорости транспортных средств перед ДТП и времени реакции водителей.</p>	<p>На данном этапе проводится детальная реконструкция отдельных дорожно-транспортных происшествий для установления их причин и обстоятельств.</p>
5	<p>Кластерный анализ.</p>  <p>Данный вид анализа разделяет ДТП по характерным признакам. Методы кластерного анализа включают как классические алгоритмы (например, метод «k-средних»), так и более сложные подходы, такие, как иерархическая кластеризация или использование машинного обучения для выявления скрытых закономерностей. Результатом анализа становятся группы ДТП, объединенные общими признаками, что облегчает изучение факторов риска и концентрации ДТП в определенных условиях. Цель этапа — выделить ключевые группы происшествий и выявить их взаимосвязь с особенностями дорожной инфраструктуры, внешних условий и поведения УДД. Позволяет определить основные проблемные точки для достижения эффективности АТЭ и улучшения БДД.</p>	<p>На данном этапе выполняется кластерный анализ массива данных о ДТП.</p>

Окончание таблицы 3.8 – Описание созданной модели использования метода АТЭ

№ Этапа	Наименование процесса	Описание аналитического процесса
6	 <p>Факторный анализ.</p> <p>Суть этого этапа заключается в выявлении скрытых факторов, которые существенно влияют на вероятность возникновения дорожно-транспортных происшествий. В процессе факторного анализа используются статистические методы, такие как метод главных компонент или анализ основных факторов, которые позволяют свести большое количество переменных (например, состояние дорожного покрытия, погодные условия, технические характеристики транспортных средств и др.) к нескольким ключевым факторам, влияющим на безопасность. Этот анализ помогает выявить наиболее значимые и независимые факторы, оказывающие решающее влияние на аварийность.</p>	<p>На этапе факторного анализа проводится исследование взаимосвязей между различными переменными, влияющими на безопасность дорожного движения.</p>
7	 <p>Задача классификации заключается в обучении модели на основе уже имеющихся данных о произошедших в прошлом ДТП. В рамках работы модели решается задача классификации с использованием таких алгоритмов «ИИ», как деревья решений, логистическая регрессия, случайный лес, нейронная сеть. Алгоритм обучается на примерах ДТП, чтобы выявить закономерности и важнейшие факторы, определяющие степень ущерба.</p>	<p>На данном этапе используется метод машинного обучения для прогнозирования возможного ущерба от дорожно-транспортных происшествий в зависимости от места их возникновения.</p>
8	<p>Разработка рекомендаций по улучшению включает в себя набор мероприятий, направленных на снижение или устранение факторов, способствующих увеличению риска дорожно-транспортных происшествий. Эти рекомендации представляют собой комплекс действий, ориентированных на минимизацию угроз, связанных с безопасностью на дорогах. Процесс включает в себя как корректировку инфраструктуры (например, улучшение освещенности, ремонт и обновление дорожного покрытия, установка дополнительных знаков и сигнализаций технических средств организации дорожного движения), так и оптимизацию схем движения, повышение качества технического обслуживания транспортных средств и внедрение современных систем контроля.</p>	<p>На данном этапе проводится анализ всех предыдущих этапов и на основе полученных данных разрабатываются рекомендации по улучшению эффективности АТЭ и общей безопасности дорожного движения.</p>

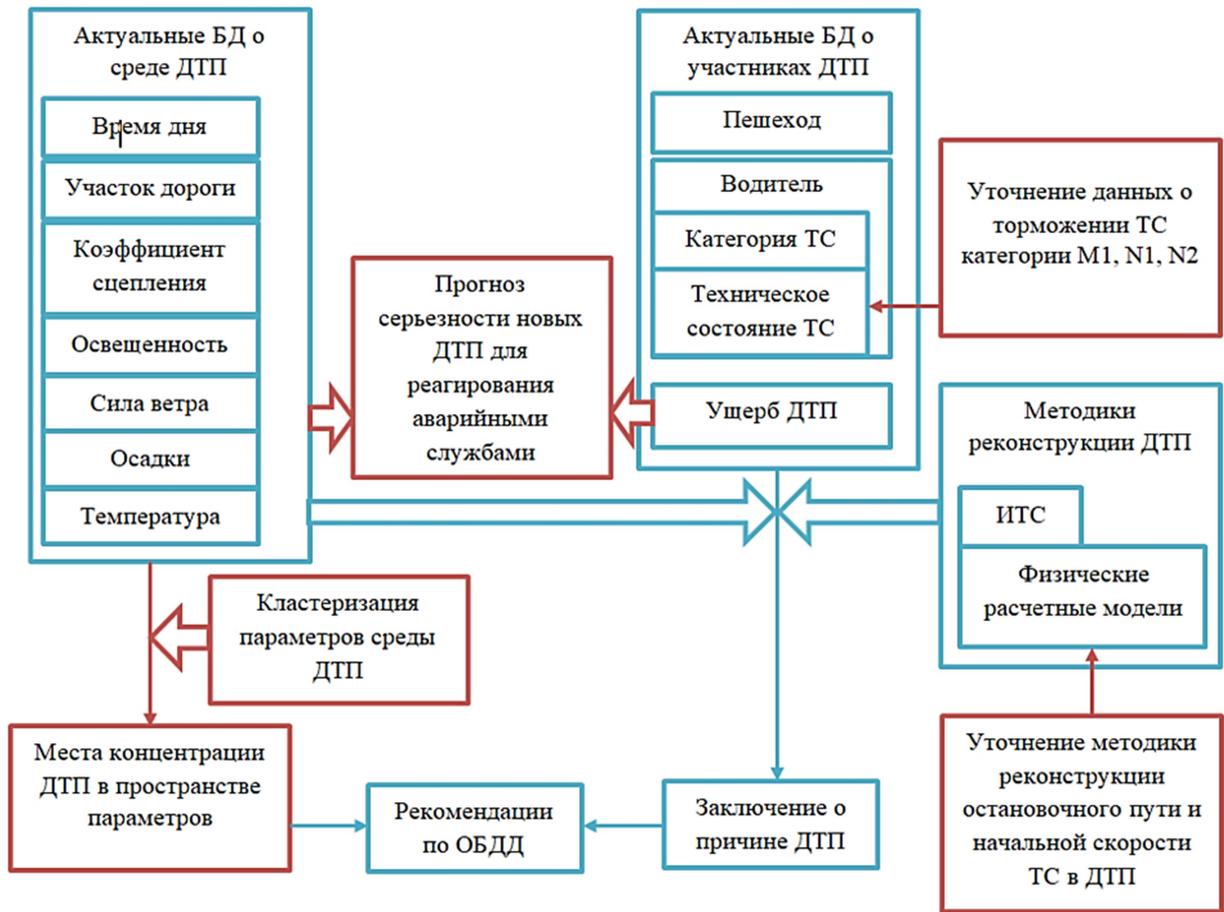


Рисунок 3.19 – Схема расчетно-аналитических процедур метода автотехнической экспертизы дорожно-транспортных происшествий с участием ТС категорий М2, N2, N3 и способ их реализации, создание предложений по улучшению системы производства дорожно-транспортных экспертиз в РФ.

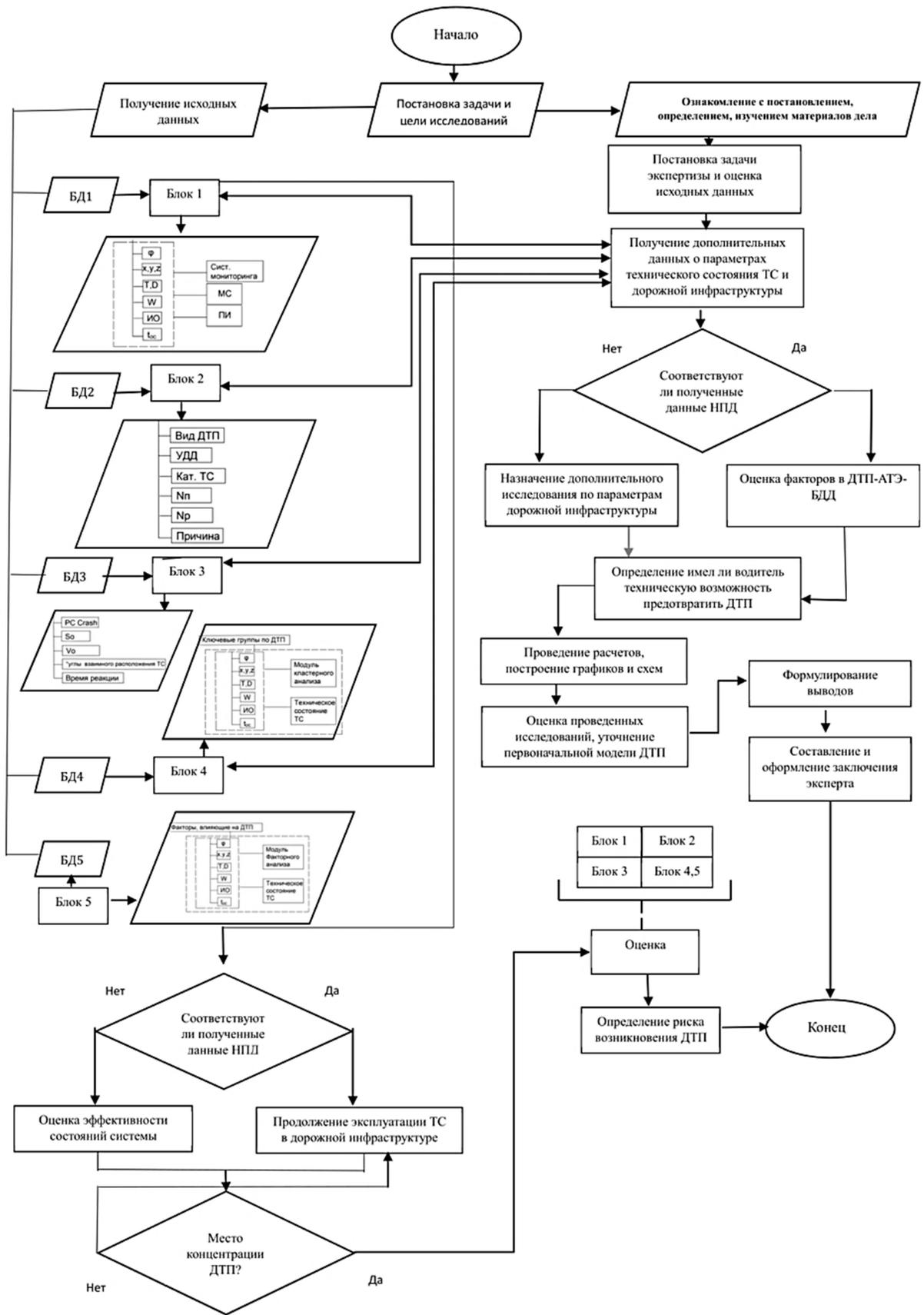


Рисунок 3.20 – Алгоритм реализации процесса исследования и оценки эффективности АТЭ в системе БДД.

Выводы по главе 3

В рамках модельно-ориентированной реконструкции дорожно-транспортных происшествий были представлены и обоснованы ключевые экспериментальные зависимости. Разработаны научные подходы к применению расчетно-аналитических процедур в методе автотехнической экспертизы ДТП, в которых участвуют транспортные средства категорий М2, N2 и N3. Также предложены способы реализации этих подходов, равно как и рекомендации по совершенствованию системы проведения дорожно-транспортных экспертиз в Российской Федерации, с точки зрения актуализации нормативно-технической базы.

Полученные данные свидетельствуют о различиях в поведении транспортных средств при экстренном торможении на сухом асфальтобетонном покрытии, мокром асфальтобетонном покрытии и сухой грунтовой дороге. Эти различия необходимо учитывать при моделировании ДТП. Результаты экспериментальных исследований необходимо использовать в практической деятельности при проведении экспертных заключений. Разработанные модели повышают точность экспертных выводов и обеспечивают качественное повышение уровня безопасности дорожного движения.

ГЛАВА 4. ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОГО МЕТОДА

4.1. Практическое применение экспериментальных и теоретических исследований

Снижение смертности на улично-дорожной сети или на скоростных автотрассах является фундаментальной государственной задачей. ДТП с участием пешеходов являются основными чрезвычайными ситуациями на дорогах и требуют создания превентивных мер по их снижению. Современные средства организации дорожного движения, такие как подсистемы интеллектуальной транспортной системы направлены именно на повышение уровня безопасности дорожного движения на автодорогах.

В данной части диссертационного исследования приведены примеры оценки нормативно-технической возможности водителя предотвратить ДТП.

На прямолинейном участке дороги происходит наезд ТС категории N3 на пешехода на пешеходном переходе со светофорным регулированием. Объективной возможности применить экстренное торможения в этом случае недостаточно.

Наличие технической возможности у водителя избежать наезда на пешехода может быть выражено следующим неравенством (4.1):

$$S_0 < S_y, \quad (4.1)$$

где S_0 – остановочный путь ТС в данной ДТС, м; S_y – удаление ТС от места наезда на пешехода в момент возникновения опасности для движения.

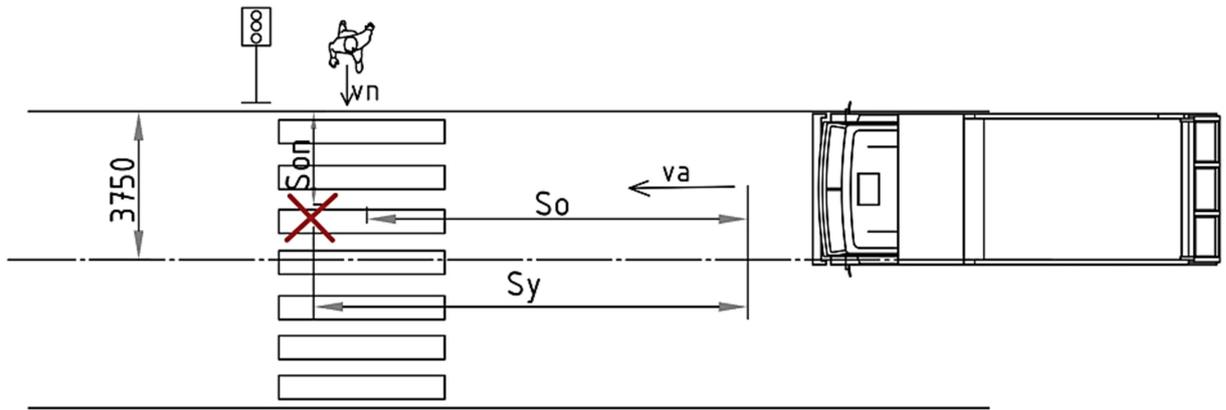


Рисунок 4.1 – Схема наезда на пешехода при отсутствии следов торможения ТС категории N3 на проезжей части

Остановочный путь ТС по уточненной формуле для категории N3:

$$S_0 = (T_1 + T_2 + 0,5K_{iN_3}T_3) \frac{v_0}{3,6} + \frac{v_0^2}{25,92J_0K_{jN_3}}, \quad (4.2)$$

Удаление ТС от места наезда на пешехода в момент возникновения опасности для движения формулы (4.3-4.4):

$$S_y = \frac{S_{оп} \cdot v_a}{v_{п}}, \quad (4.3)$$

где $S_{оп}$ – расстояние, которое преодолел пешеход в зоне опасности; $v_{п}$ – скорость движения пешехода в данной ДТС.

$$S_y = \frac{S_{оп} \cdot (1,8K_{iN_3}T_3 jK_{jN_3} + \sqrt{25,92JK_{jN_3}(S_{ю} - Б)})}{v_{п}}, \quad (4.4)$$

где $S_{ю}$ – длина следов тормозного юза, [м]; Б – база ТС, [м].

Установление причины ДТП является сложной задачей, проблема возникновения критических ситуаций носит комплексный характер, включая вопросы технического состояния ТС, психофизиологического состояния водителей и других участников дорожного движения, эксплуатационных показателей дорожной инфраструктуры.

Решение задачи повышения уровня БДД конкретного участка дорожной сети требует комплексного использования современных достижений науки и производства [93]. Тщательного анализа тенденций, методологий организации дорожного движения, факторов, позволяющих

снижать количество ДТП, и урон для участников дорожного движения, а также окружающей среды.

Фундаментально экспертный анализ ДТП – это научное исследование причинной связи между выявленной неисправностью транспортного средства, несоблюдения ПДД РФ и самим дорожно-транспортным происшествием. Нерабочая ситуация (ДТП) – это индикатор сбоя системы УДД–а/д-ТС-ВС. Каждое дорожно-транспортное происшествие индивидуально, но имеются некоторые общие характерные параметры. Качественный анализ нацелен на выявление причин возникновения происшествий, и на его основе разрабатываются предложения, способствующие предупреждению и профилактике нерабочих ситуаций на дорогах Российской Федерации [91].

Таблица 4.1 –

Расчет остановочного пути на прямолинейном участке дороги для транспортного средства категории N3

№	Параметр	Обозначение параметра	Единица измерения	Расчетное значение
1	Время реакции водителя	T_1	с	0,8
2	Время запаздывания срабатывания рабочей тормозной системы	T_2	с	0,1
3	Время нарастания замедления ТС	T_3	с	0,6
4	Скорость движения ТС	U_a	км/ч	70
5	Расчетное замедление ТС	J	м/с ²	6,2
6	Экспериментальное замедление ТС	J_b	м/с ²	6,81
7	Остановочный путь ТС по расчетному замедлению	S_1	м	53,82±0,10
8	Остановочный путь ТС по экспериментальному замедлению	S_2	м	51,05±0,05
9	Разница остановочных путей	$\Delta = S_1 - S_2$	м	2,77±0,05

В данном случае $S_y = 15$ м. $S_o > S_y$, следовательно, водитель ТС КАМАЗ-65115 не имел технической возможности избежать наезда на пешехода (различие остановочных путей составляет 2,77 метра).

Сравнение расчетных значений для категорий ТС N2, N3, M2

№	Кат-я ТС	Модель ТС	Показатели движения ТС	Метод применяемый в экспертной практике	Предлагаемый (усовершенствованный) метод	Δ, %
1	M2	ГАЗ NEXT A65R52-080	Скорость ТС	20,60	21,30	3,30
			Остановочный путь	56,00	59,00	5,10
			Удаление ТС от места наезда на пешехода	14,50	14,88	2,50
2	N2	КАМАЗ-4308	Скорость ТС	18,70	16,48	11,76
			Остановочный путь	52,07	45,16	13,27
			Удаление ТС от места наезда на пешехода	13,43	12,74	5,13
3	N3	КАМАЗ-65115	Скорость ТС	19,40	20,6	5,80
			Остановочный путь	53,63	55,88	3,80
			Удаление ТС от места наезда на пешехода	13,79	14,51	4,90

4.2. Прикладной характер созданного программного обеспечения для аналитики больших массивов эксплуатационных данных автомобильных дорог и анализа опасности дорожно-транспортных происшествий

Применение современных программных методов может помочь в задаче выявления и предотвращения аварийных ситуаций. Одним из важных и эффективных алгоритмов машинного обучения для анализа дорожно-транспортных происшествий является классификация [82, 87]. На основании подобных технологий «искусственного интеллекта» возможно реализовать эффективную систему мониторинга чрезвычайных ситуаций на автомобильном транспорте [32, 41, 88].

Рассмотрим массив данных по автодороге КАД вокруг г. Санкт-Петербург, состоящий из следующих данных по дорожно-транспортному происшествию: километр автодороги, температура, сила осадков, направление ветра, день недели, время суток, тип транспортного средства, типа происшествия и наличие погибших и пострадавших. Предположим, что

в автоматизированную систему поступила информация об инциденте [23], и мы хотим выяснить, есть ли необходимость в немедленном вызове машины скорой помощи для пострадавших. Этому соответствует задача классификации, где меткой является наличие пострадавших или погибших. Подобный алгоритм машинного обучения благодаря своей точности и скорости реагирования мог бы служить в рамках большой системы обработки данных об инцидентах [86].

Настройка гиперпараметров представляет собой ключевой этап в построении моделей, который включает в себя выбор значений параметров, определяющих архитектуру модели и сам процесс обучения. В отличие от параметров, которые модель определяет во время обучения, гиперпараметры задаются до начала обучения и оказывают значительное влияние на итоговые результаты. Этот процесс особенно важен для сложных моделей таких, как «нейронные сети» или «ансамбли деревьев», которые имеют множество гиперпараметров, определяющих количество слоев/деревьев, количество узлов в слоях, скорость и другие аспекты обучения.

В рамках данной работы был использован метод поиска по сетке гиперпараметров (Grid Search) для различных моделей для максимизации метрики «F1-score». Этот метод заключается в переборе всех возможных комбинаций гиперпараметров и выборе наилучшего набора по результатам кросс-валидации. Для данной работы использовалась кросс-валидация с числом подмножеств (складок) равным 4.

В таблице 4.3 приведено сравнение различных алгоритмов машинного обучения по метрикам машинного обучения, описанным во второй главе, для определения наличия пострадавших при описанных входных данных. По полученным данным можно сделать вывод, что ансамблевые алгоритмы такие, как «дерево решений» и «XGBoost» справляются с задачей лучше всего. Поэтому можно рекомендовать их использование в дальнейшей экспертной работе компьютерных систем. Нейросеть в данном случае

показала не лучший результат, что свидетельствует скорее о необходимости дополнительного изучения для использования данного инструмента.

Таблица 4.3

Сравнение различных классификаторов для задачи

Качественная и количественная оценка алгоритмов программы				
Метрики качества моделей ИИ	«Accuracy»	«Precision»	«Recall»	«F1-score»
«Логистическая регрессия»	0,65	0,08	0,47	0,13
«Дерево решений»	0,91	0,19	0,19	0,19
«Случайный лес»	0,93	0,33	0,22	0,26
«K-случайных соседей»	0,94	0,57	0,06	0,10
«Байес»	0,94	0,50	0,01	0,03
«XGBoost»	0,94	0,42	0,18	0,25
«Нейросеть»	0,93	0,18	0,04	0,07

Одним из наглядных показателей качества модели служит ROC-кривая (Receiver Operating Characteristic) — это график, который показывает, насколько хорошо модель справляется с классификацией, учитывая разные пороги принятия решения. Она отображает соотношение между долей истинноположительных случаев (True Positive Rate) и долей ложноположительных (False Positive Rate).

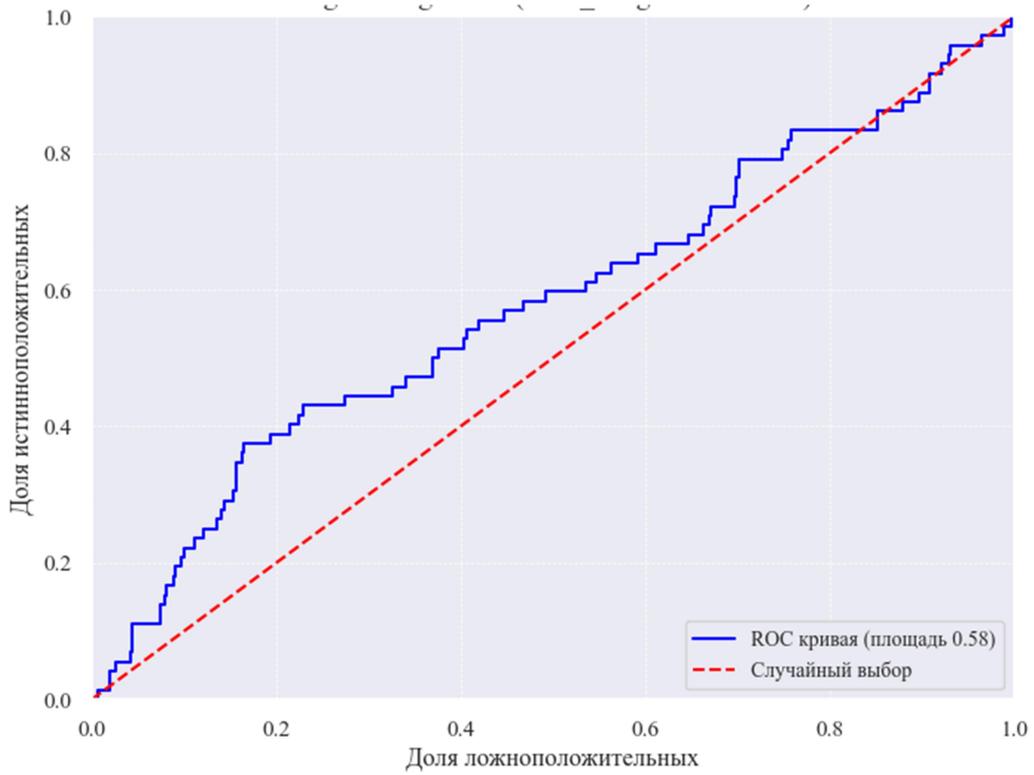


Рисунок 4.2 – ROC кривая для алгоритма «логистической кривой»

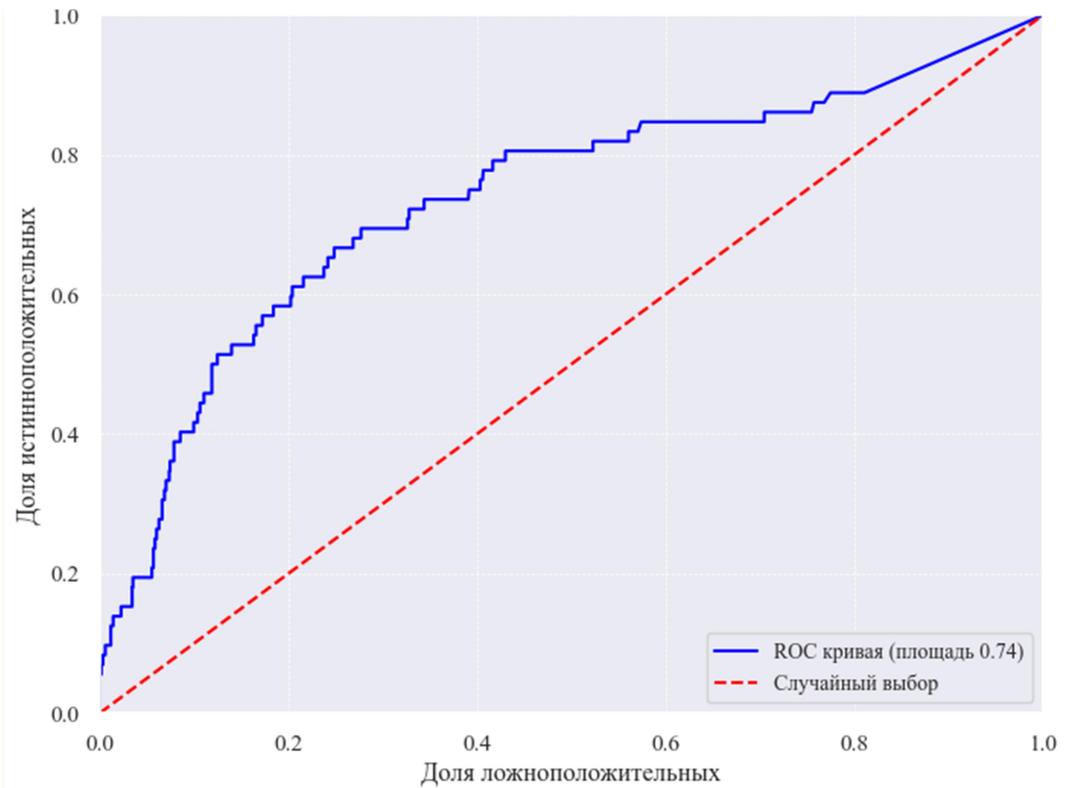


Рисунок 4.3 – ROC кривая для алгоритма «случайного леса»

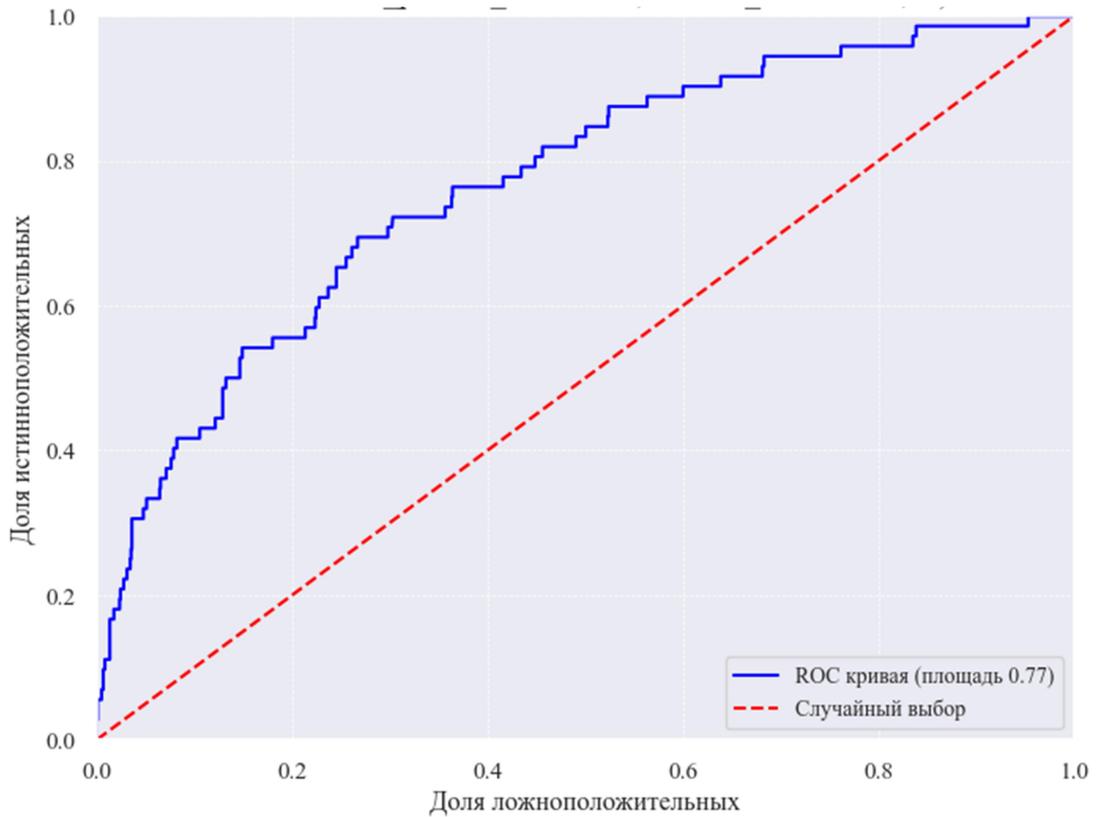


Рисунок 4.4 – ROC кривая для алгоритма «XGBoost»

На графиках 4.3, 4.4 и 4.5 изображены ROC-кривые для моделей «логистической кривой», «случайного леса» и «XGBoost». Площадь под кривой (AUC) показывает, насколько хорошо модель отличает положительные примеры от отрицательных. Значение AUC для логистической регрессии в 0.58 означает, что модель лишь чуть лучше случайного выбора, где AUC равен 0. Это говорит о том, что модель плохо справляется с задачей различения классов, возможно, из-за достаточно сложных зависимостей в данных, которые простая линейная модель не может уловить. У «случайного леса» AUC равна 0.74, а у «XGBoost» — 0.77. Это означает, что «XGBoost» лучше всего справляется с задачей классификации из рассмотренных алгоритмов.

Несмотря на высокие результаты ансамблевых методов таких, как «случайный лес» и «XGBoost», дальнейшая оптимизация моделей и их валидация на новых данных остаются ключевыми для повышения точности и надежности системы. Дополнительные аналитические сведения, полученные

от информационных систем, могли бы значительно улучшить качество классификацию. Важно также учитывать возможность интеграции алгоритмов машинного обучения с данными в реальном времени, что позволит оперативно реагировать на инциденты и минимизировать время прибытия экстренных служб. В будущем такие системы могут стать основой для интеллектуальных транспортных решений, направленных на повышение безопасности на дорогах и снижение последствий дорожно-транспортных происшествий.

4.2.1 Результаты созданной вычислительной программы

В результате применения программного комплекса была осуществлена оценка влияния дорожных параметров на возникновение дорожно-транспортных ситуаций с использованием современных методов статистики и машинного обучения, таких как кластерный анализ. На основе полученных результатов предложены научные подходы по снижению риска дорожно-транспортных происшествий на исследованных скоростных автомобильных дорогах. Результаты обработки массива алгоритм «ИИ» методом Ллойда представлен на рисунках 4.5- 4.7 (с использованием коэффициента «силуэт» для выбора оптимального числа кластеров).

Использование кластерного анализа позволяет обнаружить близкие по заданному набору признаков группы в данных, которые было бы весьма трудно обнаружить при ручном анализе массивов большого размера. Анализ содержания этих групп экспертом может привести к обнаружению неочевидных закономерностей, требующих внимание и принятия мер. Факторный анализ позволяет выявить наиболее важные для данного набора характеристики, позволяя отсеять малозначимые признаки и сфокусироваться на основных факторах, влияющих на возникновение ДТП. Например, если погода во все дни в оцениваемом множестве была солнечная, то данный признак не даст никакой дополнительной информации. Корреляционный анализ позволяет подтвердить или опровергнуть наличие корреляций между признаками.

Классификация - является инструментом предсказания, это алгоритм, который обучается на данных, чтобы распознавать и классифицировать объекты или события. Обученный на массиве по информации о ДТП, включающих информацию о тяжести последнего, классификатор может предсказывать тяжесть ДТП по новым данным. К примеру, по поступившим

данным о погоде, километре дороги, его качестве, скорости движения, классификатор может предупредить о потенциально тяжелом ДТП.

Результаты анализа для автодороги М-11 Нева

Сцепление участка с ДТП на а/д М-11

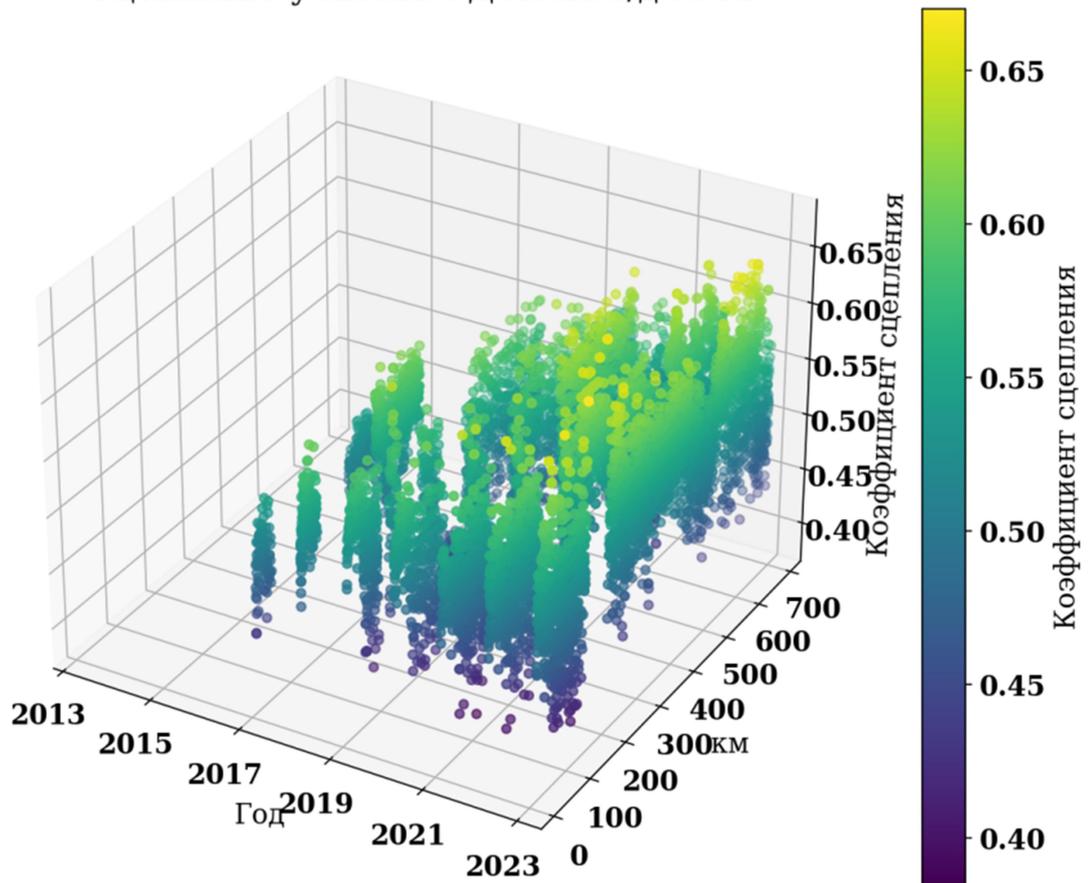


Рисунок 4.5 – Срез параметров статистики ДТП, связанный с коэффициентом сцепления, на а/д М-11 «Нева»

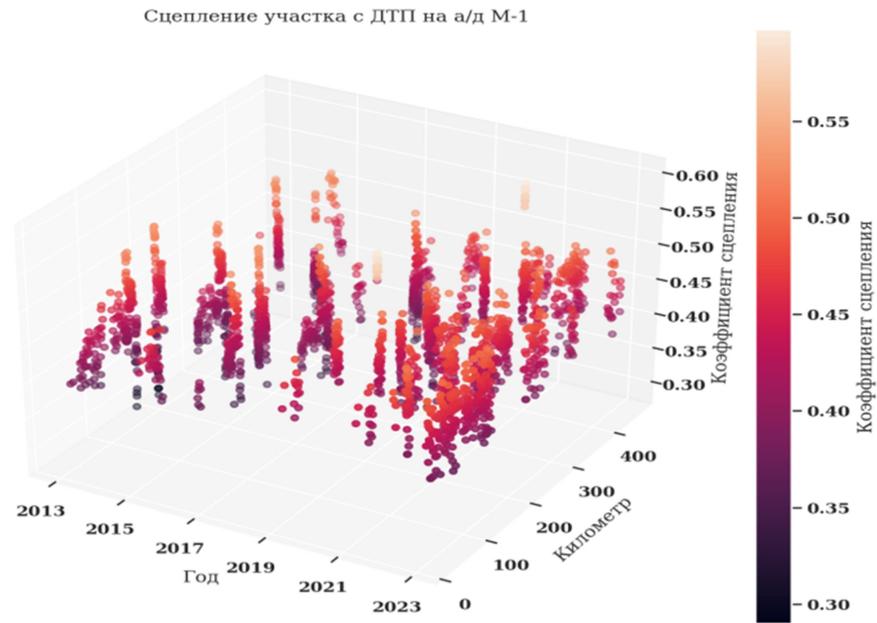


Рисунок 4.6 – Срез параметров статистики ДТП, связанный с коэффициентом сцепления, на а/д М-1 «Беларусь»

На рисунках 4.5 - 4.6 каждая точка — это год, километр и сцепление для определенного дорожно-транспортного происшествия.

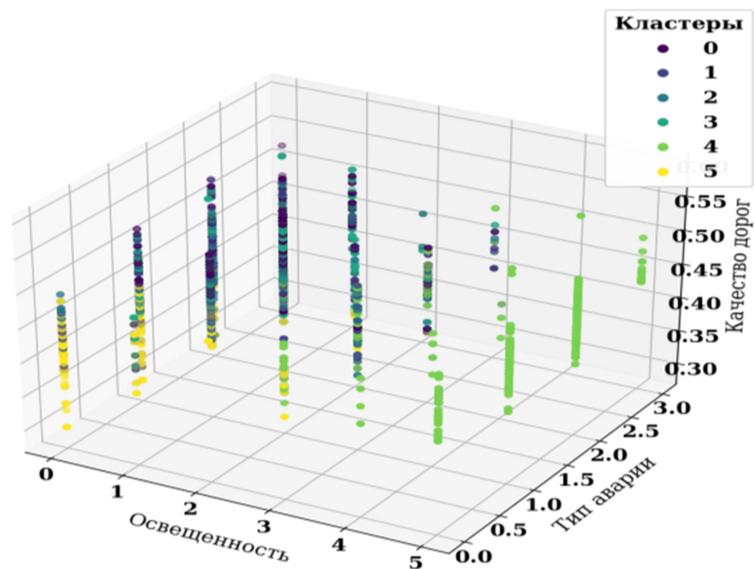


Рисунок 4.7 – Кластерный анализ ДТП на а/д М-1 (освещенность участка, тип ДТП, значение коэффициента сцепления).

Результатом кластеризации являются группы (кластеры), полученные в результате работы ПО для ЭВМ. На рисунке 4.7 три значения диаграммы – лишь часть из рассматриваемых параметров ДТП: освещенность, тип аварии и качество автодороги. Кластер 0 – столкновения при около нулевой температуре, кластер 1 и 3 – ДТП с участием пешеходов в городской агломерации с неблагоприятными погодными условиями, 5 – ДТП в местах, где нет искусственного освещения. Каждому кластеру соответствуют десятки ДТП, позволяющие создать предложения по улучшения автодороги на конкретном участке движения, тем самым повысить уровень БДД.

Результаты анализа для автодороги КАД г. Санкт-Петербург

Для начала проведем разведочный анализ данных, наиболее ценные замечания можно сделать, взглянув на графики 4.8 и 4.9. Из них очевидно, что значительная доля ДТП происходит в пятницу, последний рабочий день. Возможно, усталость, спешка и снижение концентрации внимания водителей в конце рабочей недели являются факторами, способствующими увеличению числа ДТП в пятницу, что требует усиление контроля и надзора за соблюдением правил дорожного движения в пятницу.

В основном эти ДТП представляют собой столкновения и наезды на препятствия. Вероятно, несоблюдение дистанции и скоростного режима являются основными причинами этих ДТС. Поэтому можно рассмотреть установку дополнительных дорожных знаков, ограничивающих скорость, особенно в местах повышенной аварийности, а также установки интеллектуальных систем автоматического контроля скорости и предупреждения о столкновениях.

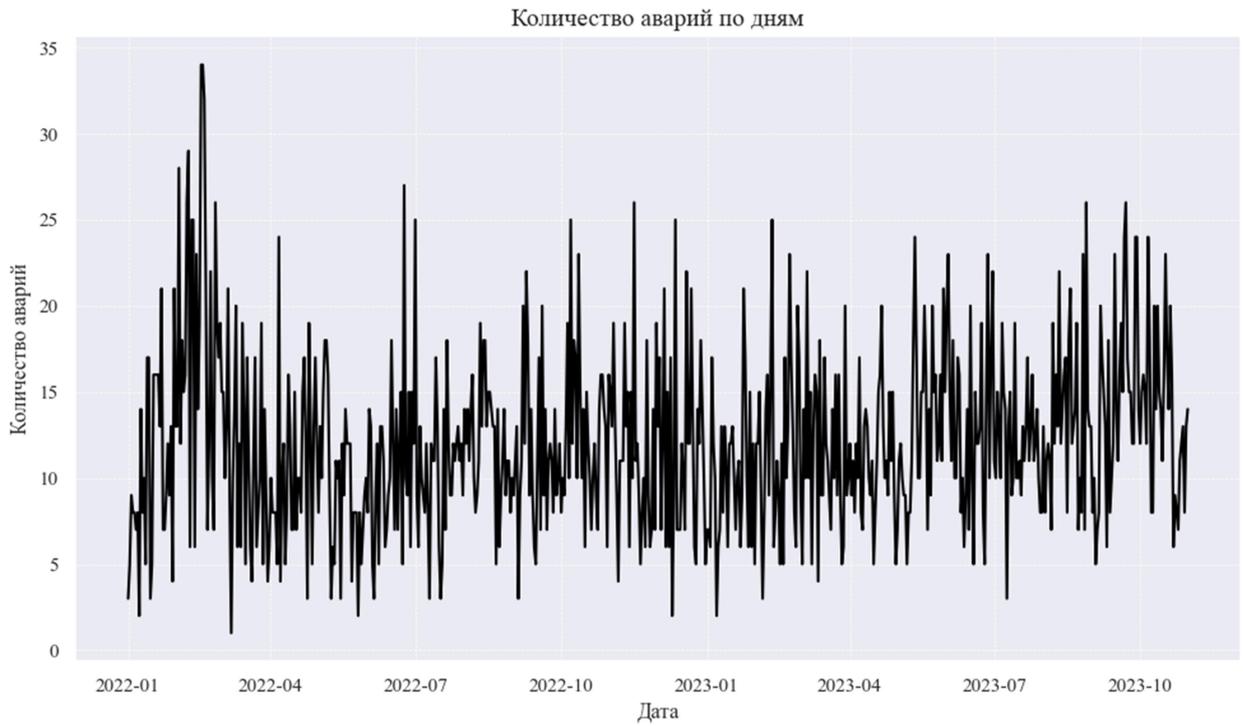


Рисунок 4.8 – Количество ДТП по дням на трассе КАД г. Санкт-Петербург

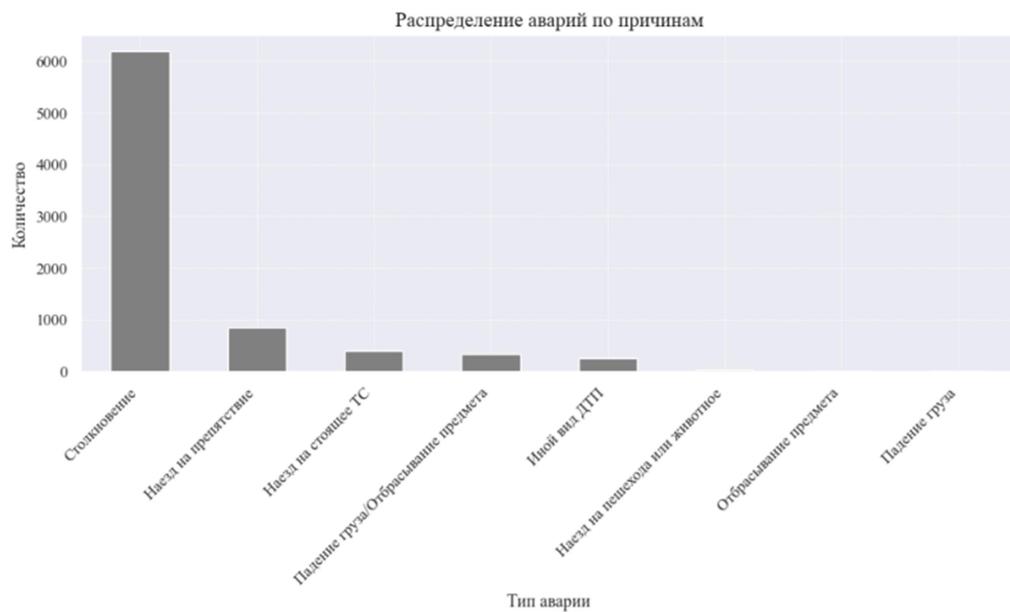


Рисунок 4.9 – Количество ДТП по типам на трассе КАД г. Санкт-Петербург

Проведем факторный анализ, применив алгоритм из предыдущей главы, получим таблицу 4.4. В результате можно видеть четыре основных

факторов риска ДТП: километр дороги (ее состояние), погодный фактор (температура, сила осадков и направление ветра), временной фактор (день недели и время суток) и тип столкновения. Алгоритм по набору параметров ДТП позволяет определить вероятность и объем ущерба здоровью пострадавшему, объем разрушенной дорожной инфраструктуры на месте ДТС. Знак определяет прямую или обратную корреляцию. Сила корреляции определяется значением модуля от 0 до 1: ближе к 0 – слабая связь, ближе к 1 – сильная связь. В таблице 1 представлен результат факторного анализа для конкретного массива статистики ДТП: в группе факторов 1 - влияет температура и осадки совместно, в группе факторов 2 - сцепление и освещенность совместно с привязкой к километру дороги, в группе факторов 3 - влияет только тип аварии, ветер и километр автотрассы.

Таблица 4.4 – Значимые группы параметров набора данных по а/д КАД

Группа № 1	Группа № 2	Группа № 3	Группа № 4	Признак для групп (а/д КАД)
0,50	-0,07	0,01	0,01	Километр
-0,20	-0,28	-0,02	-0,01	Температура
0,22	-0,11	-0,02	0,09	Направление ветра
0,53	0,12	-0,01	0,01	Осадки
0,00	-0,05	-0,19	0,03	День недели
-0,07	-0,07	-0,03	-0,15	Тип аварии
0,01	-0,02	-0,18	-0,06	Время суток

Таким образом, комплексный подход, учитывающий состояние дорожной инфраструктуры, погодные условия, временные факторы и особенности поведения водителей, может способствовать снижению возникновения дорожно-транспортных происшествий на автодорогах.

В результате проведения кластеризации получим оптимальное число кластеров – 8 и график на рисунках 4.10 и 4.11, где каждая точка определения километром дороги, температурой и наличием нарушения ПДД.

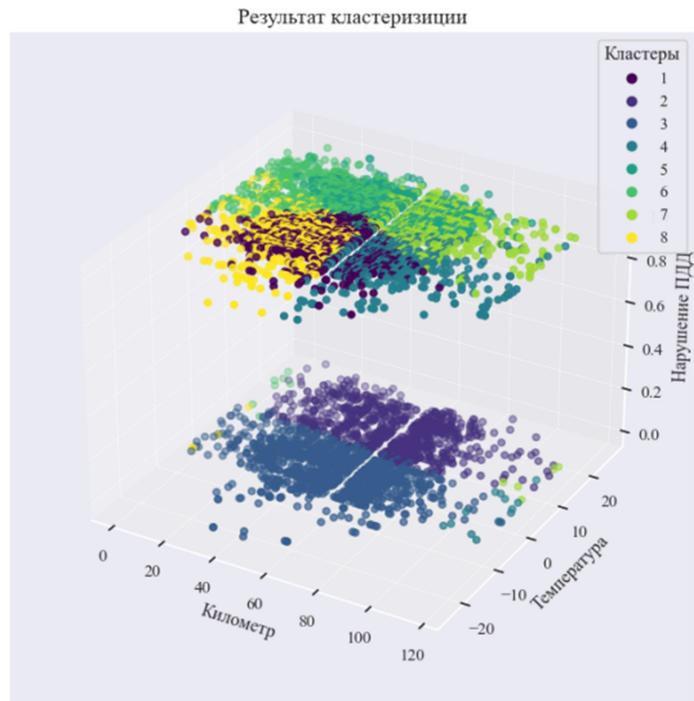


Рисунок 4.10 – Кластеризация ДТП по типам на трассе КАД г. Санкт-Петербург

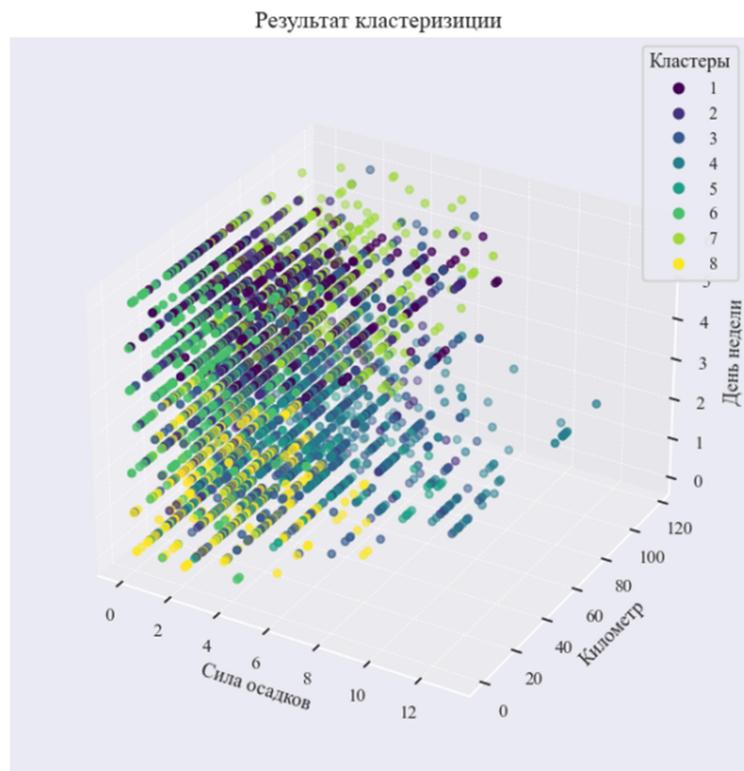


Рисунок 4.11 – Кластеризация ДТП по типам на трассе КАД г. Санкт-Петербург

Исходя из данного анализа ДТП, можно разделить на восемь кластеров (типов), кластеры 1, 4 и 8 характеризуются около нулевой температурой и нарушением ПДД, но происходили в разные дни недели и при разных погодных условиях. Кластеры 2 и 3 представляют собой происшествия без нарушения правил дорожного движения, произошедшими при теплой и при холодной погоде. При этом кластер 3 характеризуются более серьезными осадками, что могло послужить причиной опасной дорожно-транспортной ситуации. Наконец, кластер 6 представляет собой характерные нарушения, совершенные в пятницу, а кластер 5 – в остальные рабочие дни. Кластер номер 7 представляет собой нарушения в выходные дни на характерных сегментах дороги, вызванным регулярными поездками автомобилистов за город. Проведенная аналитика позволяет выявить наиболее приоритетные направления для предотвращения дорожно-транспортных происшествий.

4.3. Примеры проведения автотехнических экспертиз по усовершенствованному методу

И С С Л Е Д О В А Н И Е № 1

Из объяснений водителя а/м марки «X», г.р.з. XXXXX, ГР. ААААА в материале проверки:

Начало цитаты: «... Двигаясь во второй полосе у моего а/м вышла из строя коробка передач. Двигаться не имел возможности. Остановился и включил аварийную сигнализацию. Т.к. был интенсивный поток движения а/м убрать из полосы не мог. ...» конец цитаты.

В протоколе судебного заседания по гражданскому делу, начало цитаты:

«... Третье лицо на вопрос пр.истца: машина вышла из строя, включил аварийку попробывал машину увести с дороги, не получилось. Я собрался выставить спец.знак, но не успел, всё это заняло у меня 10 минут. ...» конец цитаты.

Из объяснений водителя а/м марки «Z», г.р.з. ZZZZZ, ГР. БББББ:

Начало цитаты: «... 21.04.21 около 11 ч вечера ехал груженный лесом в Светогорск не доезжая доезжая отворотки проспект Шафировский до начала сужения дороги на второй полосе стоял самосвал переди меня ехал рефрижератор который доехал почти в плотную до самосвала так как знак

авар остановки не был установлен сделать маневр вправо у меня не было возможности отгормозиться Я въехал ему ...» конец цитаты.

На схеме к протоколу осмотра места ДТП в материале проверки оба ТС, участвующие в ДТП зафиксированы во второй полосе для движения. Место контакта ТС со слов водителей зафиксировано во второй полосе для движения на отметке 8,0 м от правого силового ограждения. Ширина правой обочины относительно направления движения ТС составляет 3,0 м, первой и второй полос составляет 4,0 м.

В материале проверки: пасмурно; освещение – искусственное, неограниченное; покрытие асфальтобетонное; состояние покрытия – сухое.

Анализируя предварительно изложенное, с технической точки зрения необходимо отметить следующее: 21.04.2021 г. около 22.00 водитель ГР. ААААА, управляя а/м марки «Х», г.р.з. ХХХХХ, двигался по 43 км а/д КАД в Красногвардейском районе г. Санкт-Петербурга, по второй полосе. При этом возникала техническая неисправность коробки передач, что привело к вынужденной остановке а/м марки «Х», г.р.з. ХХХХХ во второй полосе для движения. Далее имело место следующая последовательность действий водителя ГР. ААААА:

1. Включил аварийную световую сигнализацию;
2. Попытался, но безуспешно, освободить проезжую часть;
3. Имел намерение выставить знак аварийной остановки, но слов водителя ГР. ААААА не успел;
4. Все указанные действия происходили в течение 10 минут (см. выше, со слов водителя ГР. ААААА), то есть, с технической точки зрения, с момента вынужденной остановки а/м марки «Х», г.р.з. ХХХХХ, до момента наезда а/м марки «Z», г.р.з. ZZZZZ прошло не менее 10 минут (см. выше). При этом знак аварийной остановки сзади а/м марки «Х», г.р.з. ХХХХХ водителем ГР. ААААА выставлен не был.
5. Непосредственно перед наездом на прицеп марки «Y», г.р.з. YYYYY, а/м марки «Х», г.р.з. ХХХХХ, водитель а/м марки «Z», г.р.з. ZZZZZ, ГР. БББББ, применил экстренное торможение.

В свою очередь, не выставление знака аварийной остановки в экспертной практике, следует рассматривать как создание (наличие) опасности для движения (нерабочей ситуации) для других участников, при возникновении которой, продолжение движения может привести к ДТП.

Все перечисленные выше действия водителя ГР. ААААА, с технической точки зрения следует расценивать как преднамеренными и в частности тот факт, что раньше, чем имело место намерение водителем ГР. ААААА выставить знак аварийной остановки, им была предпринята попытка освободить проезжую дорожку, что не могло не отразиться на развитии данной ДТП, с точки зрения потери времени на установку знака аварийной остановки и своевременного обнаружения а/м марки «Х», г.р.з. ХХХХХ на проезжей части дороги другими участниками движения.

Кроме того, с технической точки зрения для того, чтобы водитель ГР.

ААААА обошел, как минимум, два раза по периметру вокруг а/м марки «Х», г.р.з. ХХХХХ необходимо в данной ДТС время, порядка $T = 104$ с:

$$T = (3,6 \times \Pi / V_{\Pi}) \times 2 = (3,6 \times 21,6 \text{ м} / 2,9 \text{ км/ч}) \times 2 = 54 \text{ с};$$

где Π – периметр а/м марки «Х», г.р.з. ХХХХХ,
 $\Pi = (8,3\text{м} + 8,3\text{м} + 2,5\text{м} + 2,5\text{м}) = 41,6 \text{ м};$

V_{Π} – минимальная скорость движения в темпе медленного шага ГР. ААААА (мужчина 1977 г.р.), $V_{\Pi} = 2,9 \text{ км/ч}.$

Следовательно, в данной ДТС у водителя ГР. ААААА оставалось время порядка $546 \text{ с} = (600 \text{ с} - 54 \text{ с}) = 9,1$ минуты на то, чтобы согласно требованиям пп.1.3, 1.5, 7.1, 7.2, 16,2 ПДД РФ (см. ниже) включить аварийную световую сигнализацию, незамедлительно выйти из технически исправного и укомплектованного ТС, достать, находящегося в доступном месте знак аварийной остановки и установить его согласно требованиям ПДД РФ.

Дальнейшее исследование проводится с учетом выше изложенного.

На разрешение эксперта поставлены следующие вопросы:

1. Мог ли водитель Гр. БББББ предотвратить столкновение с транспортным средством под управлением гр. ААААА и какие действия он должен был для этого предпринять?
2. Мог ли водитель Гр. ААААА предотвратить столкновение с транспортным средством под управлением Гр. БББББ и какие действия он должен был для этого предпринять?

Поскольку в представленных на экспертизу материалах гражданского дела и в частности на схеме к протоколу осмотра места ДТП в материале проверки зафиксированы видимые тормозные следы а/м марки «Z», г.р.з. ZZZZZ, то для объективного исследования по поставленным судом в рамках данной экспертизы вопросам необходимо определить скорость движения а/м марки «Z», г.р.з. ZZZZZ перед началом торможения.

Скорость движения а/м марки «Z», г.р.з. ZZZZZ составляла не менее:
 $V_{\text{в}} = 55,6 \text{ км/ч};$

$$\begin{aligned} V_{\text{в}} &= 1,8 \cdot t_3 \cdot j + \sqrt{26 \cdot j \cdot S_{\text{T}}} = \\ &= 1,8 \cdot 0,6 \cdot 5,9 + \sqrt{26 \cdot 5,9 \cdot 22,0} = 64,46 \quad \text{км/ч} \end{aligned}$$

По уточненному методу:

$$\begin{aligned} V_{\text{в}} &= 1,8 \cdot t_3 \cdot j + \sqrt{26 \cdot j \cdot S_{\text{T}}} = \\ &= 1,8 \cdot 0,28 \cdot 6,81 + \sqrt{26 \cdot 6,81 \cdot 22,0} = 65,84 \quad \text{км/ч} \end{aligned}$$

где: S_{T} – длина следов торможения от колес прицепа а/м марки «Z», г.р.з. ZZZZZ, (см. схему к протоколу осмотра места ДТП в материале проверки);

Скорость движения а/м марки «Z», г.р.з. ZZZZZ в данной ДТС, перед началом торможения, была не менее $V_B = 55,6$ км/ч. Дальнейшее исследование по поставленным вопросам проводится с учетом вышеизложенного.

По второму вопросу:

В данной дорожно-транспортной ситуации (ДТС), водитель а/м марки А/м марки «X», г.р.з. XXXXX, ГР. ААААА, должен был действовать в соответствии с требованиями пп.1.3, 1.5, 7.1, 7.2, 12.6, 16.2 ПДД РФ.

Предотвращение исследуемого ДТП (наезд а/м марки «Z», г.р.з. ZZZZZ, на, а/м марки «X», г.р.з. XXXXX) зависело не от наличия или отсутствия у водителя а/м марки «X», г.р.з. XXXXX, ГР. ААААА, технической возможности избежать данное ДТП, а от его объективных действий, то есть от своевременного выполнения им требований пп.1.3, 1.5, 7.2, 16.2 ПДД РФ. Водитель гр. ААААА, управляя а/м марки «X», г.р.з. XXXXX, двигался по 43 км а/д КАД в Красногвардейском районе г. Санкт-Петербурга, по второй полосе. При этом возникла техническая неисправность коробки передач, что привело к вынужденной остановке а/м марки «X», г.р.з. XXXXX во второй полосе для движения. Далее имело место следующая последовательность действий водителя ГР. ААААА:

1. Включил аварийную световую сигнализацию;
2. Попытался, но безуспешно, освободить проезжую часть;
3. Имел намерение выставить знак аварийной остановки, но слов водителя ГР. ААААА не успел;
4. Все указанные действия происходили в течение 10 мин (см. выше, со слов водителя ГР. ААААА), то есть, с технической точки зрения, с момента вынужденной остановки а/м марки «X», г.р.з. XXXXX, до момента наезда а/м марки «Z», г.р.з. ZZZZZ прошло не менее 10 мин (см. выше). При этом знак аварийной остановки сзади а/м марки «X», г.р.з. XXXXX водителем ГР. ААААА выставлен не был.
5. Непосредственно перед наездом а/м марки «X», г.р.з. XXXXX, водитель а/м марки «Z», г.р.з. ZZZZZ, ГР. БББББ, применил экстренное торможение.

По первому вопросу:

В данной ДТС, водитель а/м марки «Z», г.р.з. ZZZZZ, ГР. БББББ, должен был действовать с момента возникновения опасности для движения в соответствии с требованиями п.10.1ч.2 ПДД РФ.

Условие наличия технической возможности предотвратить ДТП:

$$S_0 < S_y,$$

где: S_0 – остановочный путь а/м марки «Z», г.р.з. ZZZZZ в данной ДТС при экстренном торможении;

S_y – удаление а/м марки «Z», г.р.з. ZZZZZ от места наезда в момент возникновения опасности для движения - момент применения торможения водителем ГР. БББББ с учетом его времени реакции и срабатывания тормозного привода автопоезда.

Определим экстренный тормозной путь а/м марки «Z»:

$$\begin{aligned} S_o &= (t_1 + t_2 + 0,5 \cdot t_3) \frac{V_e}{3,6} + \frac{V_e^2}{26 \cdot j} = \\ &= (1,2 + 0,2 + 0,5 \cdot 0,6) \frac{64,46}{3,6} + \frac{64,46^2}{26 \cdot 5,9} = \mathbf{57,52 \text{ м}} \end{aligned}$$

По уточненной формуле:

$$\begin{aligned} S_o &= (t_1 + t_2 + 0,5 \cdot t_3) \frac{V_e}{3,6} + \frac{V_e^2}{26 \cdot j} = \\ &= (1,2 + 0,2 + 0,5 \cdot 0,28) \frac{65,84}{3,6} + \frac{65,84^2}{26 \cdot 6,81} = \mathbf{52,65 \text{ м}} \end{aligned}$$

Определим, удаление а/м марки «Z», г.р.з. ZZZZZ, г/н Н183ХЕ178, от места наезда (зафиксированного на схеме в момент возникновения опасности для движения - момент применения торможения водителем ГР. БББББ с учетом его времени реакции и срабатывания тормозного привода автопоезда $S_y = 45,0 \text{ м}$:

$$\begin{aligned} S_y &= (t_1 + t_2 + 0,5 \cdot t_3) \cdot \frac{V_B}{3,6} + S_T + (L_2 - L_{nc}) - (L_2 - L_{zc}) = \\ &= (1,2 + 0,2 + 0,5 \cdot 0,6) \frac{64,46}{3,6} + 22,0 + (6 - 1,6) - (6 - 1,7) = \mathbf{61,14 \text{ м}} \end{aligned}$$

По новой формуле:

$$\begin{aligned} S_y &= (t_1 + t_2 + 0,5 \cdot t_3) \cdot \frac{V_B}{3,6} + S_T + (L_2 - L_{nc}) - (L_2 - L_{zc}) = \\ &= (1,2 + 0,2 + 0,5 \cdot 0,28) \frac{65,84}{3,6} + 22,0 + (6 - 1,6) - (6 - 1,7) = \mathbf{58,86 \text{ м}} \end{aligned}$$

где: t_1, t_2 – (см. выше);

t_3, V_ϕ, S_T – (см. выше);

L_2, L_{nc}, L_{zc} – соответственно, габаритная длина, передний и задний свесы автопоезда (а/м марки «Z», г.р.з. ZZZZZ), $L_2 = 6 \text{ м}$, $L_{nc} = 1,6 \text{ м}$, $L_{zc} = 1,7 \text{ м}$.

Таким образом, имеем: $S_o = 57,52 \text{ м} < S_y = 61,14 \text{ м}$, а это значит, что в данной ДТС, при заданных исходных данных, водитель а/м марки «Z», г.р.з.

ZZZZZ, ГР. БББББ имел технической возможности предотвратить данное ДТП.

В Ы В О Д Ы

(в рамках представленных на исследование материалов):

1. В данной ДТС, водитель а/м марки «Z», г.р.з. ZZZZZ, ГР. БББББ, должен был действовать с момента возникновения опасности для движения в соответствии с требованиями п.10.1ч.2 ПДД РФ (см. выше).

В данной ДТС, при заданных исходных данных, водитель а/м марки «Z», г.р.з. ZZZZZ, ГР. БББББ имел техническую возможность предотвратить данное ДТП (наезд а/м марки «Z», г.р.з. ZZZZZ, на а/м марки «X», г.р.з. XXXXX).

2. В данной ДТС, водитель а/м марки А/м марки «X», г.р.з. XXXXX, ГР. ААААА, должен был действовать в соответствии с требованиями пп.1.3, 1.5, 7.1, 7.2, 12.6, 16.2 ПДД РФ (см. выше).

В данной ДТС, водитель а/м марки «X», г.р.з. XXXXX, ГР. ААААА, имел объективную возможность предотвратить исследуемое ДТП, своевременно выполнив требования пп.1.3, 1.5, 7.2, 16.2 ПДД РФ (см. выше).

И С С Л Е Д О В А Н И Е № 2

Согласно объяснениям водителя а/м марки «X», г.р.з. «XXXXXXXXXX» (см. материал проверки по факту ДТП):

Начало цитаты: «... Я, водитель, с водительским стажем с 2005 года 16.04.2005г. сегодня 13.07.2021 га первом часу управления, около 18:50, управлял технически исправной «X», принадлежащей гр. БББББ, г.р.з. «XXXXXXXXXX», двигался по улице Оборонной от ул. Тверской в сторону улицы Московской в условиях дневного освещения, состояние проезжей части сухая со скоростью около 2 км/ч в левой полосе движения, на автомашине были включены габаритные и ходовые огни и левый поворот. В автомашине был пассажир ВВВВВ, Заднее левое пассажирское сидение, был пристегнут ремнем, светофор горел желтый Перед происшествием совершал маневр поворот налево под желтый свет светофора. Второго участника ДТП увидел за 5 метров совершил резкое торможение. Нет, пострадавших нету. Со схемой ДТП согласен, претензий к сотрудникам ОГИБДД не имею. Автомобиль застрахован «Согласие» Виновным себя не считаю, виновным считаю второго участника. Написано мной собственноручно. ...» конец цитаты.

Согласно протоколу судебного заседания):

Начало цитаты: «... На вопрос суда ответчик:

- Я ехал со стороны «Ленты» по ул. Оборонной и поворачивал на ул. Московскую. Я включил поворотник налево и ехал на улицу Московскую
- На тот момент там было двухстороннее движение, без указательной стрелки. Там был просто светофор
- Я остановился, так как был зеленый свет и я ждал, когда проедет попутное движение. Потом увидел, что загорается желтый сигнал светофора, увидел, как остановилась белая машина и на мигающий желтый я совершил поворот налево. Машину я не видел, скорее всего она ехала с большой скоростью, ее не было видно вообще
- Я увидел автомобиль в 5 метров от себя и резко затормозил
- Тормозного пути от «У» я не видел
- Я только тронулся, моя скорость была 5 км/ч
- Я выехал на перекресток и ждал, когда проедет встречное движение
- Я увидел желтый свет, увидел белую машину, которая остановилась и начал поворачивать
- Я заканчивал маневр поворота
- Я не знаю какая скорость была у «У»

На вопрос представителя ответчика ответчик:

- Перекресток разделен «островками» и ограждением
- Я выехал уже на перекресток
- На встречную я не выезжал, я жал, когда проедут встречные автомобили
- Я начал движение, когда замигал желтый сигнал светофора
- На встречную полосу я не выезжал ...» конец цитаты.

Согласно постановлению № от 13.07.2021 г. (л.15 материала проверки по факту ДТП) водитель а/м марки «Х», г.р.з. «XXXXXXXXXX», гр. ААААА, управлял ТС будучи не вписанным в страховой полис ОСАГО, то есть с нарушением требования п.2.1.1 ПДД РФ.

Согласно объяснениям водителя а/м марки «У», г.р.з. «YYYYYYYYYY», ГР. ГГГГГ (см. материал проверки по факту ДТП):

Начало цитаты: «... Я водитель с водительским стажем 19 лет (получил водительское удостоверение 1997 г.) сегодня 13 июля 2021 на первом часу управления машиной, около 18 ч. 50 мин, управляя технически исправной машиной «У» принадлежащей мне (гр. ГГГГГ), государственный

номер УУУУУУУУУУ , двигался по Онежской улице в сторону Оборонной ул. в условиях дневного освещения , состояние проезжей части сухое , со скоростью около 40 км/ч в левой полосе движения , на автомашине были включены ЛЭО оптика , дневные ходовые огни) . В автомашине были пассажиры ДДДДД ... и ЕЕЕЕЕ ... сидели на переднем пассажирском и заднем левом пассажирском пристегнутыми ремнем безопасности . Подъезжая к перекрестку на завершающий зеленый свет (перекресток с Московской ул.) в левой полосе передо мной выскочил «Х» совершающий левый поворот со встречного направления , с которым я столкнулся . «Х» выскочил неожиданно , экстренное торможение совершить не успел , чтобы не совершать столкновение с попутным и сзади идущим ТС.

Видео регистратор в моей машине отсутствует .

Пострадавшие отсутствуют

Со схемой ДТП согласен, претензий к сотрудникам ОГИБДД не имею .

Автомобиль застрахован в ИНГОССТРАХ г. Москва ул. Пятницкая д 12 стр 2

В данном происшествии виновным считаю второго участника , т.к он не убедился в отсутствие встречных ТС и начал совершать поворот налево .

Написано мной собственноручно» конец цитаты.

Согласно справке по ДТП, регистрационный номер ЧЧЧЧ в материале проверки по факту ДТП имело место в 18:49 в г. Санкт-Петербурге, г. Колпино, Колпинский р-н, пересечение улиц Оборонная ул. и Московская ул., освещение дневное, видимость неограниченная, покрытие асфальтобетонное сухое.

Место столкновения ТС, зафиксированное на схеме места ДТП в материале проверки по факту ДТП расположено на отметке 5,1 м от условного левого края, на перекрестке на отметке порядка 4,1 м от условного правого края проезжей части ул. Оборонной относительно направления движения а/м марки «У», г.р.з. «УУУУУУУУУУ».

По четвертому вопросу:

В отношении объяснений и пояснений в суде л.д.130 водителя а/м марки «Х», г.р.з. «ХХХХХХХХХХ», ААААА, необходимо отметить, что согласно объяснениям и пояснениям в суде водителя ААААА столкновение ТС имело место на желтый сигнал светофора, что не противоречит, объяснениям водителя а/м марки «У», г.р.з. «УУУУУУУУУУ», ГР. ГГГГГ Согласно объяснениям водителя а/м марки «У», г.р.з. «УУУУУУУУУУ», ГР. ГГГГГ, он подъезжал к перекрестку за «завершающий» зеленый сигнал светофора. Это, с технической точки зрения, может означать что перекресток водитель а/м марки «У», г.р.з. «УУУУУУУУУУ», ГГГГГ, согласно режиму регулирования

СО «Оборонная ул. – Московская ул.» л.д.119 (направление 1 и 2) мог проезжать как на зеленый мигающий для него сигнал светофора, время мигания которого составляет 3 сек (см. схему режима регулирования СО «Оборонная ул. – Московская ул.» л.д.119 (направление 1 и 2)), так и на желтый сигнал светофора, время включения которого также составляет 3 сек (см. схему режима регулирования СО «Оборонная ул. – Московская ул.» л.д.119 (направление 1 и 2)). Общим в этой ситуации остается то, что в любом случае согласно объяснениям участников ДТП и режиму регулирования СО «Оборонная ул. – Московская ул.» л.д.119 (направление 1 и 2) а/м марки «У», г.р.з. «УУУУУУУУУУ», ГГГГГ, пересекал перекресток ул. Оборонной и ул. Московской не по красному сигналу светофора.

Более точно установить, на какой сигнал светофора выехал на перекресток а/м марки «У», г.р.з. «УУУУУУУУУУ», под управлением водителя ГР. ГГГГГ, не представляется возможным, так как схема режима регулирования СО «Оборонная ул. – Московская ул.» л.д.119 (направление 1 и 2) дает возможность установить время работы каждого сигнала светофора, не давая возможности привязаться к времени совершения ДТП, то есть не возможно только по одной схеме режима работы светофоров установить положение а/м марки «У», г.р.з. «УУУУУУУУУУ».

Согласно п.б.2 ПДД РФ (см. ниже) и схеме режима регулирования СО «Оборонная ул. – Московская ул.» л.д.119 (направление 1 и 2), с технической точки, при работе светофорного поста в основном режиме, когда перекресток является регулируемым светофором, а не нерегулируемым, когда светофорный пост работает в режиме желтого мигающего сигнала светофора, мигание желтого сигнала светофора технически исправного светофорного поста невозможно. В представленных на исследование материалах дела и материалах проверки по факту ДТП отсутствует какая-либо информация о неисправности светофорного поста на момент ДТП или его оформления. Таким образом, в рамках данного заключения принимаем, что согласно объяснениям водителя ААААА в материале проверки по факту ДТП (см. выше) столкновение произошло на желтый сигнал светофора.

Согласно схеме режима регулирования СО «Оборонная ул. – Московская ул.» л.д.119, направления движения 1 и 2, по которым осуществляли движения ТС, участвующие в ДТП, имеют синхронные режимы работы светофора. Время работы зеленого мигающего сигнала светофора 3 сек. и желтого также 3 сек., что, с технической точки зрения, может означать, что объяснения водителей по факту исследуемого ДТП могут соответствовать режимам работы светофора направлений 1 и 2.

Таким образом, учитывая формулировку поставленного вопроса и имеющиеся исходные данные, версии обоих водителей – участников рассматриваемого ДТП в целом не противоречат друг другу и состоятельны.

Дальнейшее исследование по поставленным вопросам будет производиться с учетом вышеизложенного.

По первому вопросу:

В данной дорожно-транспортной ситуации (ДТС), согласно формулировке поставленного вопроса, с учетом схемы места ДТП, режима работы светофорного поста, объяснений участников ДТП, а также других материалов, представленных на исследование, водитель а/м марки «Х», г.р.з. «XXXXXXXXXX», ААААА, должен был действовать в соответствии с требованиями пп.1.3, 1.5, 2.1.1, 8.1, 13.4 ПДД РФ.

В данной ДТС, согласно формулировке поставленного вопроса, с учетом схемы места ДТП, режима работы светофорного поста, объяснений участников ДТП, а также других материалов, представленных на исследование, водитель а/м марки «У», г.р.з. «УУУУУУУУУУ», ГГГГГ, в случае движения по перекрестку по желтому для него сигналу светофора, когда для остановки ТС перед перекрестком в местах, обозначенных п.6.13 ПДД ему согласно п.6.14 ПДД не пришлось бы применить экстренное торможение.

В данной ДТС, согласно формулировке поставленного вопроса, с учетом схемы места ДТП, режима работы светофорного поста, объяснений участников ДТП, а также других материалов, представленных на исследование, водитель а/м марки «У», г.р.з. «УУУУУУУУУУ», ГГГГГ, в случае движения по перекрестку по зеленому мигающему сигналу светофора или по желтому для него сигналу светофора, когда для остановки ТС перед перекрестком в местах, обозначенных п.6.13 ПДД ему согласно п.6.14.

По второму и третьему вопросам:

Столкновение ТС на перекрестке со слов водителя ААААА имело место при желтом сигнале светофора. На перекресток водитель ААААА выехал на разрешающий движение зеленый сигнал светофора (см. выше).

Следовательно, с учетом вышеизложенного, в данной ДТС, действия водителя а/м марки «Х», г.р.з. «XXXXXXXXXX», ААААА, не соответствовали требованиям пп.1.3, 1.5, 2.1.1 (1), 8.1, 13.4 ПДД РФ (см. выше), а это значит, что он имел объективную возможность предотвратить исследуемое ДТП (столкновение а/м марки «Х», г.р.з. «XXXXXXXXXX» и а/м марки «У», г.р.з. «УУУУУУУУУУ»), своевременно выполнив требования пп.1.3, 1.5, 8.1, 13.4 ПДД РФ (см. выше).

В отношении водителя а/м марки «У», г.р.з. «УУУУУУУУУУ», ГР. ГГГГГ исследование по поставленным вопросам выглядит следующим образом:

1. В том случае, если водитель а/м марки «У», г.р.з. «УУУУУУУУУУ», ГГГГГ, осуществлял движение по перекрестку по желтому для него сигналу светофора, когда для остановки ТС перед перекрестком в местах, обозначенных п.6.13 ПДД ему согласно п.6.14 ПДД не пришлось бы применить экстренное торможение.

2. В том случае, если водитель а/м марки «У», г.р.з.

«YYYYYYYYY», ГГГГ, осуществлял движение по перекрестку по зеленому мигающему сигналу светофора или по желтому для него сигналу светофора, когда для остановки ТС перед перекрестком в местах, обозначенных п.6.13 ПДД ему согласно п.6.14 ПДД пришлось бы применить экстренное торможение, для установления соответствия или несоответствия действий водителя ГР. ГГГГ требованиям п.10.1ч.2 ПДД РФ с момента возникновения опасности для движения (обнаружение в своей полосе движения а/м марки «X», г.р.з. «XXXXXXXXXX») необходимо произвести расчет технической возможности у водителя ГР. ГГГГ предотвратить рассматриваемое ДТП.

Условие наличия технической возможности:

$$S_0 < S_y,$$

где: S_0 – остановочный путь а/м марки «Y», г.р.з. «YYYYYYYYY», при экстренном торможении в данной ДТС;

S_y – удаление а/м марки «Y», г.р.з. «YYYYYYYYY», от места столкновения в момент возникновения опасности для движения, а именно с момента возобновления движения а/м марки «X», г.р.з. «XXXXXXXXXX», от середины перекрестка (см. ниже).

Определим, оценочно, остановочный путь а/м марки «Y», г.р.з. «YYYYYYYYY», в данной ДТС, при экстренном торможении, который составляет порядка $S_0 \approx 23,3$ м:

$$\begin{aligned} S_0 &= (t_1 + t_2 + 0,5 \cdot t_3) \frac{V_B}{3,6} + \frac{V_B^2}{26 \cdot j} = \\ &= (1,0 + 0,1 + 0,5 \cdot 0,35) \frac{40}{3,6} + \frac{40^2}{26 \cdot 5,9} \approx 24,6 \quad \text{м} \end{aligned}$$

По новой формуле:

$$\begin{aligned} S_0 &= (t_1 + t_2 + 0,5 \cdot t_3) \frac{V_B}{3,6} + \frac{V_B^2}{26 \cdot j} = \\ &= (1,0 + 0,1 + 0,5 \cdot 0,28) \frac{40}{3,6} + \frac{40^2}{26 \cdot 6,82} \approx 21,38 \quad \text{м} \end{aligned}$$

Удаление ТС от места столкновения порядка $S_y \approx (66,0-26,4)$ м:

$$S_y = \frac{V_B \cdot S_{оп}}{V_M} = \frac{40 \cdot 3,3}{(2,0 - 5,0)} = (66,0 - 26,4) \quad \text{м}$$

где V_B – (см. выше);

$S_{оп}$ – расстояние, которое преодолел а/м марки «X», г.р.з. «XXXXXXXXXX» в зоне опасности для движения (от середины перекрестка до места столкновения, зафиксированного на схеме

места ДТП в материале проверки), согласно схеме места ДТП, $S_{оп} = \sqrt{1,6^2 + 2,9^2} = 3,3$ м, $\sqrt{\quad}$ – операция извлечения квадратного корня;

V_M – скорость движения а/м марки «Х», г.р.з. «XXXXXXXXXX», в данной ДТС, оценочно, порядка: $V_M = (2,0-5,0)$ км/ч (со слов водителя ААААА), (см. выше).

Таким образом, сравнивая полученные расчетные значения, получаем:

$$S_0 \approx 23,3 \text{ м} < S_y \approx (66,0-26,4) \text{ м},$$

а это значит, что в том случае, если водитель а/м марки «У», г.р.з. «YYYYYYYYY», ГГГГГ, осуществлял движение по перекрестку по зеленому мигающему сигналу светофора или по желтому для него сигналу светофора, когда для остановки ТС перед перекрестком в местах, обозначенных п.6.13 ПДД ему согласно п.6.14 ПДД.

Водитель а/м марки «У», г.р.з. «YYYYYYYYY», ГГГГГ, осуществлял движение по перекрестку по зеленому мигающему сигналу светофора или по желтому для него сигналу светофора, когда для остановки ТС перед перекрестком в местах, обозначенных п.6.13 ПДД ему согласно п.6.14 ПДД пришлось бы применить экстренное торможение с момента возникновения опасности для движения (см. выше).

Водитель а/м марки «У», г.р.з. «YYYYYYYYY», ГГГГГ, в случае движения по перекрестку по желтому для него сигналу светофора, когда для остановки ТС перед перекрестком в местах, обозначенных п.6.13 ПДД ему согласно п.6.14 ПДД не пришлось бы применить экстренное торможение, с технической точки зрения, причиной данного ДТП явилось невыполнение водителем а/м марки «Х», г.р.з. «XXXXXXXXXX», ААААА, требований пп.1.3, 1.5, 8.1, 13.4 ПДД РФ (см. выше), а также невыполнение водителем а/м марки «У», г.р.з. «YYYYYYYYY», ГГГГГ, требований пп.1.3, 1.5, 6.2, 6.13 ПДД РФ (см. выше).

Таким образом, в данной ДТС, если водитель а/м марки «У», г.р.з. «YYYYYYYYY», ГГГГГ, осуществлял движение по перекрестку по зеленому мигающему сигналу светофора или по желтому для него сигналу светофора, когда для остановки ТС перед перекрестком в местах, обозначенных п.6.13 ПДД ему согласно п.6.14 ПДД пришлось бы применить экстренное торможение, с технической точки зрения, причиной данного ДТП явилось невыполнение водителем а/м марки «Х», г.р.з. «XXXXXXXXXX», ААААА, требований пп.1.3, 1.5, 8.1, 13.4 ПДД РФ (см. выше), а также с момента возникновения опасности для движения (см. выше) невыполнение водителем а/м марки «У», г.р.з. «YYYYYYYYY», ГГГГГ, требований пп.10.1ч.2 ПДД РФ (см. выше).

В Ы В О Д Ы

(в рамках представленных на исследование материалов)

1. В данной ДТС водитель а/м марки «Х», г.р.з. «XXXXXXXXXX», ААААА, должен был действовать в соответствии с требованиями пп.1.3, 1.5, 2.1.1 (1), 8.1, 13.4 ПДД РФ (см. выше).

В данной ДТС, согласно формулировке поставленного вопроса, с учетом схемы места ДТП, режима работы светофорного поста, объяснений участников ДТП, а также других материалов, представленных на исследование, водитель а/м марки «У», г.р.з. «YYYYYYYYYY», ГГГГГ, в случае движения по перекрестку по желтому для него сигналу светофора, когда для остановки ТС перед перекрестком в местах, обозначенных п.6.13 ПДД ему согласно п.6.14 ПДД не пришлось бы применить экстренное торможение, должен был действовать в соответствии с требованиями пп.1.3, 1.5, 6.2, 6.13 ПДД РФ (см. выше).

В данной ДТС, согласно формулировке поставленного вопроса, с учетом схемы места ДТП, режима работы светофорного поста, объяснений участников ДТП, а также других материалов, представленных на исследование, водитель а/м марки «У», г.р.з. «YYYYYYYYYY», ГГГГГ, в случае движения по перекрестку по зеленому мигающему сигналу светофора или по желтому для него сигналу светофора, когда для остановки ТС перед перекрестком в местах, обозначенных п.6.13 ПДД ему согласно п.6.14 ПДД пришлось бы применить полную остановку ТС, с момента возникновения опасности для движения должен был действовать в соответствии с требованиями п.10.1ч.2 ПДД РФ (см. выше).

2. В данной ДТС, действия водителя а/м марки «Х», г.р.з. «XXXXXXXXXX», ААААА, не соответствовали требованиям пп.1.3, 1.5, 2.1.1 (1), 8.1, 13.4 ПДД РФ (см. выше).

В том случае, если водитель а/м марки «У», г.р.з. «YYYYYYYYYY», ГГГГГ, осуществлял движение по перекрестку по желтому для него сигналу светофора, когда для остановки ТС перед перекрестком в местах, обозначенных п.6.13 ПДД ему согласно п.6.14 ПДД не пришлось бы применить экстренное торможение, то его действия в данной ДТС не соответствуют требованиям пп.1.3, 1.5, 6.2, 6.13 ПДД РФ.

В данной ДТС, в том случае, если водитель а/м марки «У», г.р.з. «YYYYYYYYYY», ГГГГГ, осуществлял движение по перекрестку по зеленому мигающему сигналу светофора или по желтому для него сигналу светофора, когда для остановки ТС перед перекрестком в местах, обозначенных п.6.13 ПДД ему согласно п.6.14 ПДД пришлось бы применить экстренное торможение с момента возникновения опасности для движения (см. выше).

3. В данной ДТС, если водитель а/м марки «У», г.р.з. «УУУУУУУУУУ», ГГГГГ, в случае движения по перекрестку по желтому для него сигналу светофора, когда для остановки ТС перед перекрёстком в местах, обозначенных п.6.13 ПДД ему согласно п.6.14 ПДД не пришлось бы применить экстренное торможение, с технической точки зрения, причиной данного ДТП явилось невыполнение водителем а/м марки «Х», г.р.з. «ХХХХХХХХХХ», ААААА, требований пп.1.3, 1.5, 8.1, 13.4 ПДД РФ (см. выше), а также невыполнение водителем водитель а/м марки «У», г.р.з. «УУУУУУУУУУ», ГГГГГ, требований пп.1.3, 1.5, 6.2, 6.13 ПДД РФ (см. выше).

В данной ДТС, если водитель а/м марки «У», г.р.з. «УУУУУУУУУУ», ГГГГГ, осуществлял движение по перекрестку по зеленому мигающему сигналу светофора или по желтому для него сигналу светофора, когда для остановки ТС перед перекрёстком в местах, обозначенных п.6.13 ПДД ему согласно п.6.14 ПДД пришлось бы применить экстренное торможение, с технической точки зрения, причиной данного ДТП явилось невыполнение водителем а/м марки «Х», г.р.з. «ХХХХХХХХХХ», ААААА, требований пп.1.3, 1.5, 8.1, 13.4 ПДД РФ (см. выше), а также с момента возникновения опасности для движения (см. выше) невыполнение водителем водитель а/м марки «У», г.р.з. «УУУУУУУУУУ», ГГГГГ, требований пп.10.1ч.2 ПДД РФ (см. выше).

4. Учитывая формулировку поставленного вопроса и имеющиеся исходные данные, версии обоих водителей – участников рассматриваемого ДТП в целом не противоречат друг другу и состоятельны.

И С С Л Е Д О В А Н И Е № 3

Обстоятельства дела и вопросы, поставленные на разрешение эксперта, изложены в Определении о назначении судебной автотехнической экспертизы, а также в представленных материалах гражданского дела по исковому заявлению Гр. ААААА ООО «БББББ» о возмещении ущерба, в том числе на флеш носителе видеозапись ДТП; фотографии с осмотра ТС «Х» г.р.з. ХХХХХ, а также фотографии с дополнительного осмотра; фотографии а/м марки «Z» г.р.н. ZZZZZ.

Из копий объяснений водителя а/м марки «Х», г.р.з. ХХХХХ, ГР. ААААА:

Начало цитаты: «Я, гр. ААААА, водитель с водит. стажем 23 года, сегодня, на 3-м часу управления, около 10 часов 10 мин, управляя технически исправным а/м «Х», г/н ХХХХХ, принадлежащем гр. ААААА следовал по а/д А-114 Вологда-Тихвин Р21 Кола в направлении г. Тихвина, в условиях дневного освещения, состояния проезжей части – мокрое, присыпанное

снегом, обработано песком. На моем а/м были включены: фары ближнего света, противотуманные фары. Пассажиров в машине не было. На дороге разметка 1.1. Второй участник ДТП с места ДТП скрылся, не остановившись. Пострадавших при ДТП нет. В данном ДТП считаю себя не виноватым, т.к. правил дорожного движения не нарушал и предпринял все меры для избежания выезда на встречную полосу движения. Со схемой ДТП согласен, поняты присутствовали, претензий к сотрудникам ОГИБДД не имею. ...» конец цитаты. Объяснения водителя ГР. ААААА подтверждаются копиями объяснений шести свидетелей л.д.190-195.

Из протокола судебного заседания начало цитаты: «... Слово для дачи объяснений предоставляется третьему лицу:

- Тот день я помню приблизительно. Шел я первой машиной, за мной гр. ВВВВВ. Сотрудники ГИБДД ехали сзади. Со мной касания не было. «Х» шарахнулся от меня. Касания не было. Гр. ВВВВВ бы увидел касание. С гр. ВВВВВ мы не обсуждали, потому что нечего было обсуждать. Цвет «Х» не помню, темная. Звуков удара, соприкосновения не слышал.

Представитель ответчика третьему лицу: Какова проезжая часть?

Третье лицо: В моем направлении одна полоса, с другой стороны – 2 полосы – основная и обгонная.

Иных вопросов нет. ...» конец цитаты.

На копии схемы места ДТП зафиксирован участок дороги с двухсторонним движением, по одной полосе в каждом направлении. Общая ширина проезжей части составляет 10,0 м. В конечном положении а/м марки «Х», г.р.н. ХХХХХ, зафиксирован за пределами дорожного полотна дороги на отметке 57 м от силового ограждения, ограничивающего правый край дорожного участка относительно направления движения а/м марки «Х», г.р.н. ХХХХХ. В районе нахождения а/м марки «Х», г.р.н. ХХХХХ, в конечном положении на копии схемы места ДТП зафиксированы повреждения силового ограждения протяженностью 26 м, ограничивающего правый край дорожного участка относительно направления движения а/м марки «Х», г.р.н. ХХХХХ.

Направление движения а/м марки «Х», г.р.н. ХХХХХ на копии схемы ДТП в сторону г. Тихвина. Направление движения а/м марки «Z», г.р.н. ZZZZZ с установленным на нем грузе в направлении г. Вологда, то есть во встречном по отношению к направлению движения а/м марки «Х», г.р.н. ХХХХХ, направлении.

На обратной стороне копии схемы места ДТП л.д.173 зафиксированы следующие повреждения а/м марки «Х», г.р.н. ХХХХХ: заднее левое крыло, задний левый фонарь, переднее левое крыло; передний бампер, оба передних колеса.

Со слов Гр. ААААА (см. л.д. 174 Ходатайство от 18.01.2021 г.) в результате рассматриваемого ДТП на а/м марки «Х», г.р.н. ХХХХХ были и другие повреждения: правое крыло; правая противотуманная фара; правый датчик парктроника; правая и левая боковые шторки безопасности; обшивка

потолка.

Анализируя вышеизложенное, а также имеющиеся в материалах дела на флеш носителе; фотографии с осмотра «Х» г.р.з. ХХХХХ, а также фотографии с дополнительного осмотра в электронном виде на CD-R; фотографии а/м марки «Z» г.р.н. ZZZZZ, с перевозимым на нем грузе в электронном виде на CD-R в конверте, прикрепленным на обложке в конце дела с внутренней стороны, необходимо дать следующие комментарии эксперта:

1. В результате неоднократного обозрения видеозаписи на флеш носителе видеозапись ДТП – файл, в момент, когда продольные оси а/м марки «Z» г.р.н. ZZZZZ, и а/м марки «Х», г.р.н. ХХХХХ, примерно были параллельно друг другу, этот момент, с технической точки зрения, обусловлен гарантированной видимостью водителем а/м марки «Х», г.р.н. ХХХХХ, ГР. ААААА, приближающегося во встречном направлении а/м марки «Z» г.р.н. ZZZZZ, вместе с перспективой своей полосы. Данный момент соответствует времени на видеозаписи 0:01:13 сек. При этом на видеозаписи четко видно, что передняя левая и левая части перевозимого груза значительно выступают в полосу движения а/м марки «Х», г.р.н. ХХХХХ. Значительно означает, что визуально вышеуказанный перевозимый груз частично выступает в полосу движения а/м марки «Х», г.р.н. ХХХХХ, на глубину, оценочно (органолептическим методом), не менее 1/3 от ее ширины. Далее, в момент встречного разъезда время на видеозаписи составляет 0:01:14 сек вышеуказанный перевозимый груз частично также находится в полосе движения а/м марки «Х», г.р.н. ХХХХХ. С технической точки зрения, расположение а/м марки «Х», г.р.н. ХХХХХ, в своей полосе движения при выходе из левого закругления дороги ближе к осевой линии горизонтальной дорожной разметки – линии 1.1, разделяющей транспортные потоки противоположных направлений и частичное нахождение вышеуказанного груза в полосе движения а/м марки «Х», г.р.н. ХХХХХ, с технической точки зрения, не позволяют в данной конкретной ситуации осуществить безопасный встречный разъезд а/м марки «Z» г.р.н. ZZZZZ, и а/м марки «Х», г.р.н. ХХХХХ, без контакта а/м марки «Х», г.р.н. ХХХХХ и левой частью груза, перевозимого а/м марки «Z» г.р.н. ZZZZZ, так как их перекрытие очевидно. Время с момента возможного обнаружения водителем а/м марки «Х», г.р.н. ХХХХХ, ГР. ААААА, в своей полосе движения движущегося во встречном направлении левой части груза, перевозимого на п/прицепе г.р.н. VVVVV до момента встречного разъезда ТС составляет на основании представленной видеозаписи (см. выше, а также ниже приложение 1) не более 1,0 с (0:01:14 с - 0:01:13 с = 1,0 с, см. выше). Время реакции водителя а/м марки «Х», г.р.н. ХХХХХ, составляет 1,2 с.

2. Учитывая фотографии с осмотра ТС «X» г.р.з. ХХХХХ, а также фотографии с дополнительного осмотра в электронном виде на CD-R; фотографии а/м марки «Z» г.р.н. ZZZZZ, с перевозимым на нем грузе в электронном виде на CD-R в конверте, прикрепленным на обложке в конце дела с внутренней стороны, однозначно, с технической точки зрения, установить факт контакта или его отсутствие между а/м марки «X», г.р.н. ХХХХХ, и перевозимым грузом не представляется возможным по причине невозможности установления, с технической точки зрения, экспертным путем времени и природы образования следов, покрытых слоем грязи на перевозимом с левой его стороны (фотографии а/м марки «Z» г.р.н. ZZZZZ, с перевозимым на нем грузе в электронном виде на CD-R в конверте, прикрепленным на обложке в конце дела с внутренней стороны).
3. Независимо от того, имел или не имел место контакт между а/м марки «X», г.р.н. ХХХХХ, и перевозимым грузом, в полосе движения а/м марки «X», г.р.н. ХХХХХ, ГР. ААААА, была создана опасность для движения, и на основании п.10.1ч.2 ПДД РФ необходимо производить расчет наличия у водителя ГР. ААААА технической возможности предотвратить контакт или возможный контакт (см. ниже пояснения) с вышеуказанным перевозимым грузом в случае «прямолинейного» или, точнее, по траектории соответствующей своей полосе движения без применения маневра по объезду возникшего в полосе препятствия. При этом независимо от того, имел или не имел место контакт между а/м марки «X», г.р.н. ХХХХХ, и перевозимым грузом в сложившейся ситуации, водитель а/м марки «Z» г.р.н. ZZZZZ, является участником рассматриваемого ДТП с точки зрения ПДД РФ.
4. Оценка объяснений свидетелей выходит за пределы компетенции судебного эксперта, так как для этого необходима юридическая оценка всех материалов имеющегося дела в том числе и данного заключения, что в данном случае является прерогативой суда.
5. В представленных на исследование материалах отсутствуют прямая информация о фамилии водителя а/м марки «Z» г.р.н. ZZZZZ, на момент ДТП есть информация о присутствии в судебном заседании третьего лица. Поэтому фамилия водителя а/м марки «Z» г.р.н. ZZZZZ, при дальнейшем исследовании указываться не будет. Для исключения данного обстоятельства достаточно юридической оценки суда.

Таким образом, дальнейшее исследование по поставленному судом вопросу проводится с учетом вышеизложенного.

На разрешение эксперта поставлен следующий вопрос:

1. Кто из участников дорожно-транспортного происшествия 24 декабря 2020 года имел возможность предотвратить столкновение и какие действия он должен был для этого предпринять?

И С С Л Е Д О В А Н И Е

(п о п о с т а в л е н н о м у с у д о м в о п р о с у) :

В данной дорожно-транспортной ситуации (ДТС), водитель а/м марки «Z» г.р.н. ZZZZZ, должен был действовать в соответствии с требованиями пп.1.3, 1.5, 2.5, 23.2, 23.5 ПДД РФ. Необходимо отметить, что в данной ДТС, для водителя а/м марки «X», г.р.н. XXXXX, ГР. ААААА, во время встречного разъезда с а/м марки «Z» г.р.н. ZZZZZ, была создана еще одна опасность для движения, выразившаяся в потере курсовой устойчивости (управляемости) а/м марки «X», г.р.н. XXXXX. Предотвращение исследуемого ДТП (контакт или предполагаемый контакт, а/м марки «X», г.р.н. XXXXX, и перевозимого груза, в полосе движения а/м марки «X», г.р.н. XXXXX, а также последующий съезд за пределы дорожного полотна а/м марки «X», г.р.н. XXXXX). Гр. ААААА имел объективную возможность предотвратить исследуемое ДТП (контакт или предполагаемый контакт, разъяснение см. ниже, а/м марки «X», г.р.н. XXXXX, и перевозимого груза, в полосе движения а/м марки «X», г.р.н. XXXXX, а также последующий съезд за пределы дорожного полотна а/м марки «X», г.р.н. XXXXX), своевременно выполнив требования ПДД РФ.

Наличие у водителя а/м марки «X», г.р.н. XXXXX, ГР. ААААА, технической возможности предотвратить рассматриваемое ДТП (контакт или предполагаемый контакт, разъяснение см. ниже, а/м марки «X», г.р.н. XXXXX, и перевозимого груза, в полосе движения а/м марки «X»):

$$T_0 < T_{оп},$$

где: $T_{оп}$ – время нахождения в зоне опасности водителя а/м марки «X», г.р.н. XXXXX, ГР. ААААА, перевозимого груза) принимаем в расчете порядка $T_{оп} = 1,0$ с (см. выше).

Необходимо пояснить, что в данном конкретном случае под словом «контакт» следует понимать ситуацию, что контакт при разъезде ТС имел место быть (со слов водителя ГР. ААААА, см. выше) и под словами «предполагаемый контакт» следует понимать ситуацию, когда водитель двигался бы по своей полосе без выполнения маневра по объезду возникшего препятствия.

Определим остановочное время а/м марки «X», г.р.н. XXXXX, в данной ДТС при экстренном торможении, которые составляют порядка: $T_0 = 10,08$ с:

$$T_0 = t_1 + t_2 + 0,5 \cdot t_3 + \frac{V_{л}}{3,6 \cdot j} =$$

$$= 1,2 + 0,1 + 0,5 \cdot 0,6 + \frac{90}{3,6 \cdot 5,9} = 10,08 \text{ с}$$

По новой формуле:

$$T_0 = t_1 + t_2 + 0,5 \cdot t_3 + \frac{V_{л}}{3,6 \cdot j} =$$

$$= 1,2 + 0,1 + 0,5 \cdot 0,28 + \frac{90}{3,6 \cdot 6,82} = 5,11 \text{ с}$$

Таким образом, имеем:

$$T_0 = 10,08 \text{ с} > T_{оп} = 1,0 \text{ с},$$

а это значит, что в данной ДТС, водитель а/м марки «X», г.р.н. ХХХХХ, не имел технической возможности предотвратить данное ДТП (контакт или предполагаемый контакт а/м марки «X», г.р.н. ХХХХХ, и перевозимого груза, в полосе движения а/м марки «X», г.р.н. ХХХХХ) в случае движения по своей полосе без выполнения маневра по объезду возникшего препятствия.

Следовательно, в данной ДТС, действия водителя а/м марки «X», г.р.н. ХХХХХ, ГР. ААААА, с момента возникновения опасности для движения (обнаружение движения во встречном направлении в его полосе движения левой части груза) не противоречили требованиям п.10.1ч.2 ПДД РФ (см. выше).

В Ы В О Д Ы

(в рамках представленных на исследование материалов):

3. В данной ДТС, водитель а/м марки «Z» г.р.н. ZZZZZ, имел объективную возможность предотвратить исследуемое ДТП (контакт или предполагаемый контакт, см. выше разъяснения, а/м марки «X», г.р.н. ХХХХХ, и перевозимого груза, в полосе движения а/м марки «X», г.р.н. ХХХХХ, а также последующий съезд за пределы дорожного полотна а/м марки «X», г.р.н. ХХХХХ), своевременно выполнив требования пп.1.3, 1.5, 23.2, 23.5 ПДД РФ (см. выше).

В данной ДТС, действия водителя а/м марки «Z» г.р.н. ZZZZZ, не соответствовали требованиям пп.1.3, 1.5, 2.5, 23.2, 23.5 ПДД РФ (см. выше)

В данной ДТС, действия водителя а/м марки «X», г.р.н. ХХХХХ, ГР. ААААА, с момента возникновения опасности для движения (обнаружение движения во встречном направлении в его полосе движения левой части груза) не противоречили требованиям п.10.1ч.2 ПДД РФ (см. выше).

Выводы по главе 4

Теоретическая значимость данной работы заключается в создании алгоритма для применения расчетно-аналитических процедур в методе автотехнической экспертизы ДТП, в которых участвуют транспортные средства категорий М2, N2 и N3. Также разработаны предложения по совершенствованию системы производства дорожно-транспортных экспертиз в Российской Федерации, в частности уточненный метод автотехнической экспертизы и внедрение алгоритмов "ИИ". В дополнение к этому был представлен новый усовершенствованный метод реконструкции ДТП с участием указанных категорий транспортных средств.

Практическая значимость исследования заключается в анализе процесса торможения транспортных средств и оценке технических возможностей водителя для предотвращения дорожно-транспортных происшествий. Кроме того, важным элементом работы эксперта является создание надежной и достоверной базы данных значений замедления для транспортных средств категорий М2, N2 и N3, основанной на установившемся времени нарастания замедления. Рассмотренные практические примеры подтверждают повышение точности расчетов при проведении автотехнических экспертиз, следовательно, и качества экспертных исследований. Результаты вычислительной программы наглядно описывают прикладной характер разработанной программы для ЭВМ. Её использование, изучение массивов накопленной эксплуатационной информации перспективное направление для создания предложений по улучшению эффективности проведения экспертиз и повышения уровня безопасности дорожного движения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключение необходимо отметить, что проведенное в диссертационной работе исследование имеет следующие выводы и результаты:

1. Рассмотренные закономерности развития дорожно-транспортной ситуации с участием ТС категорий М2, N2, N3 показывают стабильно высокий уровень ДТП. Использование разработанного алгоритма аналитического комплекса позволяет повысить производительность труда за счет снижения временных затрат на 24% и 19% при использовании. Программное обеспечение для ЭВМ позволяет автоматически производить анализ ДТП, формируя тенденции развития ДТС с участием ТС категорий М2, N2, N3.

2. Полученные результаты экспериментальных исследований влияния сцепления на характеристики торможения транспортных средств категорий М2, N2, N3 позволяют повысить точность расчетов в экспертных заключениях на 12%. Созданные математические модели, а также полученная в результате диссертационного исследования актуализированная база данных значений установившегося замедления, времени нарастания замедления для ТС категорий М2, N2, N3 и коэффициента сцепления дорожного покрытия играют одну из ключевых ролей в реконструкции ДТП и повышают качество производства экспертиз на 16%.

3. Усовершенствованный метод реконструкции ДТП с участием транспортных средств категорий М2, N2, N3 за счет введения корректирующих коэффициентов для уточнения действующих значений установившегося замедления и времени нарастания замедления, а также определения по-новому времени накопления тормозного пути (учета времени сброса замедления), улучшает существующие методы анализа ДТП, адаптируя их к реальным условиям. Количество выполненных экспертиз и категоричности выводов по ним по определению технической возможности

водителя транспортного средства избежать ДТП, а также проведения расчетов по определению скорости движения транспортных средств качественно повышены за счет изменения результатов экспертных заключений на 8%.

4. Произведен анализ сложной информационной системы (ДТП-АТЭ-БДД). Разработанный алгоритм метода автотехнической экспертизы дорожно-транспортных происшествий с участием ТС категорий М2, N2, N3 является рабочим инструментом в деятельности эксперта по анализу ДТП. Созданный метод позволяет сформулировать предложения по обеспечению эффективности АТЭ и системы БДД в решении задач по критерию качества экспертиз, распределения ресурсов в сложных открытых системах.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

- АТС – автотранспортное средство
 - а/д – автодорога
 - БДД – безопасность дорожного движения
 - ВАДС – система «Водитель-Автомобиль-Дорога-Среда»
 - ВАТС – высокоавтоматизированные транспортные средства
 - ВС – внешняя среда
 - ВОЗ – Всемирная организация здравоохранения
 - ДД – дорожное движение
 - ДТП – дорожно-транспортное происшествие
 - ДТС – дорожно-транспортная ситуация
 - ИБДД – Институт безопасности дорожного движения
 - ИТС – интеллектуальная транспортная система
 - ОБДД – организация безопасности дорожного движения
 - ОДД – организация дорожного движения
 - ПДД – правила дорожного движения
 - РФ – Российская Федерация
 - ТС – транспортное средство
 - УДД – участник дорожного движения
 - УДС – улично-дорожные сети
 - ФЦП – федеральная целевая программа
 - ЭВМ – электронно-вычислительная машина

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Евтюков, С. А. Экспертиза ДТП: методы и технологии : научное издание / С. А. Евтюков, Я. В. Васильев ; С.-Петербур. гос. архитектур. - строит. ун-т. – Санкт-Петербург, 2012. – 310 с.
2. Евтюков, С. С. IT-технологии в автодорожной экспертизе : монография / С. С. Евтюков, Е. В. Куракина, Н. В. Перевалов. – Санкт-Петербург : Петрополис, 2019. – 132 с.
3. Arun A. Washington S. Transferability of multivariate extreme value models for safety assessment by applying artificial intelligence-based video analytics / A. Arun, M. M. Haque, A. Bhaskar // Accident Analysis & Prevention. – 2022. – Vol. 170., –P. 106644.
4. Reconstruction of a real-world car-to-pedestrian collision using geomatics techniques and numerical simulations / J. Wang, Z. Li, B. F. Ying, D. Zou, Y. Chen // Journal of Forensic and Legal Medicine. – 2022. – Vol. 91., – P. 102433.
5. Евтюков, С. А. Исследование подсистемы выявления инцидентов интеллектуальной транспортной системы / С. А. Евтюков, Б. В. Лукашов // Вестник гражданских инженеров. – 2022. – № 1(90). – С. 136-142.
6. Евтюков, С. А. Метод оценки наличия технической возможности у водителя транспортного средства избежать ДТП с применением современных информационных и телематических технологий / С. А. Евтюков, Б. В. Лукашов // Мир транспорта и технологических машин. – 2022. – № 2(77). – С. 54-60.
7. Евтюков, С. А. Справочник по экспертизе ДТП : справочное издание / С. А. Евтюков, Я. В. Васильев. – Санкт-Петербург : Петрополис, 2015. – 512 с.
8. Евтюков, С. А. Расследование и экспертиза дорожно-транспортных происшествий / С. А. Евтюков, Я. В. Васильев. – Санкт-Петербург : ДНК, 2005. – 288 с.

9. Евтюков, С. А. Судебная автотехническая экспертиза дорожно-транспортных происшествий / С. А. Евтюков, В. А. Пучкин. – Санкт-Петербург : Петрополис, 2017. – 416 с.
10. Fu C. Multivariate Bayesian hierarchical modeling of the non-stationary traffic conflict extremes for crash estimation / C. Fu, T. Sayed, L. Zheng // *Analytic Methods in Accident Research*, – 2020. Vol. 28., – P. 100135.
11. A communications oriented perspective on traffic management systems for smart cities: Challenges and innovative approaches / S. Djahel, R. Doolan, G. M. Muntean, J. Murphy // *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, – 2015. – Vol. 17. №. 1. – P. 125–151.
12. Евтюков, С. А. Судебная автотехническая экспертиза. Теория и практика : научное издание. Т. 1 / С. А. Евтюков, Я. В. Васильев. – Санкт-Петербург : Петрополис, 2018. – 244 с.
13. Надёжность и эффективность эксплуатации транспортно-технологических машин / С. В. Репин, С. А. Евтюков, А. В. Зазыкин, К. В. Рулис. – Санкт-Петербург : Петрополис, 2016. – 404 с.
14. Costa C. Finite element reconstruction of a vehicle-to-pedestrian impact / C. Costa, J. Aira, B. Koya, [et al] // *Traffic Injury Prevention*, – 2020. – Vol. 21 (Suppl 1). – P. S145–S147.
15. Дорожно-транспортная аварийность в Российской Федерации за 6 месяцев 2023 года: информационно-аналитический обзор. – Москва : ФКУ НЦ БДД МВД России, 2023. – 34 с.
16. Транспорт в России. 2022 : стат. сб. Т. 65 / редкол. : И. Н. Шаповал (пред.) и др. – Москва : Госкомстат России, 2022. – 101 с.
17. Comparison of statistical and machine-learning models on road traffic accident severity classification / P. Infante [et al] // *Computers*, – 2022. – Vol. 11. – P. 80.
18. Obasi I. C. Evaluating the effectiveness of machine learning techniques in forecasting the severity of traffic accidents / I. C. Obasi, C. Benson // *Heliyon*, – 2023. – Vol. 9, № 8., – P. 18812

19. Çelik A. Predicting traffic accident severity using machine learning techniques / A. Çelik, O. Sevli. // Türk Doğa ve Fen Dergisi. 2022. Vol. 11. Pp. 79–83.
20. Chen C. Analysis and forecast of traffic accident big data // ITM Web of Conferences, – 2017. – Vol. 12., – P. 04029
21. Статистический анализ данных ДТП в прикладных задачах / Б. В. Лукашов, С. А. Евтюков, Р. В. Лукашов, С. А. Павлов // Мир транспорта и технологических машин. – 2024. – № 2-2(85). – С. 42-51.
22. Анализ факторов, отражающих поведение водителей в сложной дорожной обстановке / В. А. Зеликов, Ю. В. Струков, Г. Н. Климова [и др.] // Воронежский научно-технический Вестник. – 2024. – Т. 3, № 3(49). – С. 41-52
23. Geron A. Hands-on Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow. 2nd ed. – O'Reilly Media, 2019. 851 p.
24. Lloyd S. P. Least squares quantization in PCM // IEEE Transactions on Information Theory. 1982. Vol. 28. Pp. 129–137.
25. Rousseeuw P. J. Silhouettes: A graphical aid to the interpretation and validation of cluster analysis // Journal of Computational and Applied Mathematics. 1987. Vol. 20. Pp. 53–65.
26. Waskom M. L. Seaborn: statistical data visualization // Journal of Open Source Software. 2021. Vol. 6. No. 60 Pp. 3021-3025.
27. Конончук, Э. В. Модели машинного обучения для оценки вероятности появления ДТП и его серьезности / Э. В. Конончук, Т. В. Ермоленко, Т. О. Шишунов // Проблемы искусственного интеллекта. – 2022. – № 1(24). – С. 4-12.
28. Кузьменко, Е. А. Анализ данных для прогнозирования вероятности дорожно-транспортных происшествий с участием пешеходов / Е. А. Кузьменко, Д. С. Донченко, В. О. Рагозин // Инженерный вестник Дона. – 2020. – № 6(66). – С. 10.
29. Донченко, Д. С. Прогнозирование степени тяжести последствий ДТП с использованием методов машинного обучения / Д. С. Донченко, Н. П.

Садовникова, Д. С. Парыгин // Вестник Воронежского института высоких технологий. – 2019. – № 4(31). – С. 176-180.

30. Луценко, Е. В. Адаптивная семантическая информационная модель прогнозирования рисков совершения ДТП / Е. В. Луценко, В. Е. Коржаков // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки. – 2008. – № 4. – С. 55-59.

31. Волошин, Г. Я. Анализ дорожно-транспортных происшествий : научное издание / Г. Я. Волошин, В. П. Мартынов, А. Г. Романов. – Москва : Транспорт, 1987. – 240 с.

32. Давыдовский, А. Г. Системный анализ и математическое моделирование дорожно-транспортных происшествий в мегаполисе / А. Г. Давыдовский, А. М. Линник // Системный анализ и прикладная информатика. – 2019. – № 1. – С. 4-8.

33. Danner, M. Technische Analyse von Verkehrsunfällen / Danner M., J. Halm. – München : Eurotax (International) AG, 1994. – 256 с.

34. Дорожно-транспортная аварийность в Российской Федерации в 2023 году. Информационно-аналитический обзор. М.: ФКУ «НЦ БДД МВД России», 2024. – 154 с.

35. Состояние и тенденции безопасности дорожного движения в Российской Федерации в 2011–2020 годах : аналитический обзор / К.С. Баканов, С.Н. Антонов, П.В. Ляхов [и др.] ; под общей редакцией Д.В. Митрошина. – Москва : НЦ БДД МВД России, 2022. – 368 с.

36. Гордеева, А. Д. Обеспечение безопасности дорожного движения на международном уровне и в Российской Федерации / А. Д. Гордеева, П. В. Ляхов // Научный вестник Орловского юридического института МВД России имени В.В. Лукьянова. – 2022. – № 4(93). – С. 29-39.

37. United Nations Economic Commission for Europe. Statistics of Road Traffic Accidents in Europe and North America. Volume LVII. – Geneva: United Nations, 2023. – 350 p.

38. Евтюков, С. С. Методология оценки и повышения эффективности дорожно-транспортных экспертиз : дис. ... д-ра техн. наук : 05.22.10 - Эксплуатация автомобильного транспорта / Евтюков Станислав Сергеевич ; Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. - Санкт-Петербург, 2020. – 400 с.

39. Куракина, Е. В. Методология обеспечения безопасности дорожного движения по критерию "нулевой смертности" в дорожно-транспортных происшествиях : дис. ... д-ра техн. наук : 05.22.10 - Эксплуатация автомобильного транспорта / Куракина Елена Владимировна ; Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. – Санкт-Петербург, 2022. – 420 с.

40. Глушневский, И. С. Метод оценки влияния характеристик шин на замедление транспортных средств категории М1 : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.10 - Эксплуатация автомобильного транспорта / Глушневский Илья Сергеевич ; Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. – Санкт-Петербург, 2022. – 180 с.

41. Брылев, И. С. Реконструкция ДТП по параметрам процесса торможения двухколесных механических транспортных средств : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.10 - Эксплуатация автомобильного транспорта / Брылев Илья Сергеевич ; Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. – Санкт-Петербург, 2015. – 220 с.

42. Королев, О. А. Автоматизированная информационно-управляющая система мониторинга и передачи видеoinформации о чрезвычайных ситуациях на автомобильном транспорте : дис. ... канд. техн. наук : 05.26.02 - Безопасность в чрезвычайных ситуациях (транспорт) / Королев Олег Александрович ; Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы МЧС России. – Санкт-Петербург, 2022. – 190 с.

43. Евтюков, С. С. Определение силовых факторов взаимодействия колесного транспортного средства с абсолютно жестким пороговым

препятствием при реконструкции ДТП / С. С. Евтюков // Вестник гражданских инженеров. – 2014. – № 2(43). – С. 118-123.

44. Добромиров, В. Н. Современные технологии первичного осмотра места дорожно-транспортного происшествия / В. Н. Добромиров, С. С. Евтюков, Е. В. Голов // Вестник гражданских инженеров. – 2017. – № 2(61). – С. 232-239.

45. Гладушевский, И. С. Метод расчета тормозного пути, учитывающий изменение коэффициента сцепления колеса с дорогой в зависимости от скорости / И. С. Гладушевский, С. С. Евтюков // Вестник гражданских инженеров. – 2018. – № 6(71). – С. 175-179.

46. Гладушевский, И. С. Методика расчета тормозного пути на сухом асфальтобетонном покрытии при движении на шипованных шинах / И. С. Гладушевский, С. С. Евтюков // Вестник гражданских инженеров. – 2019. – № 2(73). – С. 142-146.

47. Евтюков, С. С. К вопросу определения расстояния до объекта по фотографическим снимкам при реконструкции ДТП / С. С. Евтюков, С. А. Евтюков, И. В. Ворожейкин // Мир транспорта и технологических машин. – 2020. – № 2(69). – С. 63-68.

48. Евтюков, С. С. Влияние параметров дороги на определение скорости движения при экспертном исследовании ДТП / С. С. Евтюков, Е. В. Куракина // Вестник гражданских инженеров. – 2014. – № 1(42). – С. 103-108.

49. Куракина, Е. В. Исследование сцепных характеристик дорожного покрытия при автотехнической экспертизе ДТП / Е. В. Куракина, С. С. Евтюков // Вестник гражданских инженеров. – 2015. – № 5(52). – С. 216-223.

50. Vapnik, V. N. The Nature of Statistical Learning Theory. – New York: Springer-Verlag, 1995. – 188 p.

51. Breiman, L. Random Forests // Machine Learning, – 2001. – Vol. 45, No. 1. – P. 5–32.

52. Cover, T. Nearest Neighbor Pattern Classification / T. Cover, P. Hart // IEEE Transactions on Information Theory. – 1967. – Vol. 13, No. 1. – P. 21–27.
53. Rish, I. An Empirical Study of the Naive Bayes Classifier // IJCAI 2001 Workshop on Empirical Methods in Artificial Intelligence, – 2001. – Vol. 3, No. 22. – P. 41–46.
54. Hosmer, D. W. Applied Logistic Regression / D. W. Hosmer, S. Lemeshow // New York: Wiley, 2000. – 392 p.
55. Gradient-Based Learning Applied to Document Recognition / Y. LeCun, L. Bottou, Y. Bengio, P. Haffner // Proceedings of the IEEE. – 1998. – Vol. 86, No. 11. – P. 2278–2324.
56. Classification and Regression Trees / L. Breiman, J. H. Friedman, R. A. Olshen, C. J. Stone. – Belmont: Wadsworth & Brooks/Cole Advanced Books & Software. – 1984. – 368 p.
57. Chen, T. XGBoost: A Scalable Tree Boosting System / T. Chen, C. Guestrin // Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (KDD '16), – 2016. – P. 785–794.
58. Флах, П. Машинное обучение. Наука и искусство построения алгоритмов, которые извлекают знания из данных : пер. с англ. / П. Флах. – Москва : ДМК Пресс, 2015. – 399 с.
59. Рашка, С. Python и машинное обучение. – Санкт-Петербург: Питер, 2017. – 464 с.
60. Traffic Barriers under Vehicular Impact: From Computer Simulation to Design Guidelines / M. Ulker, M. Rahman, R. Zhen, A. Mirmiran // Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering, – 2008. – Vol. 23. – P. 465–480.
61. Dziewulski, P. The impact of forming processes on road barrier strength / P. Dziewulski, S. Stanislawek // AIP Conference Proceedings, – 2019. – Vol. 2078. – P. 020003.
62. Experimental and Numerical Investigation on Deflection and Behavior of Portable Construction Barrier Subjected to Vehicle Impacts / C. Fang [et al] // Engineering Structures, – 2021. – Vol. 235. – P. 112071

63. Surendran, P. N. Impact Analysis and Structural Optimization of Crash Barriers / P. N. Surendran, K. R. Satheesh Kumar // International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology, – 2022. – Vol. 21–26, P. 21-26

64. Погода в мире : сайт / Расписание погоды. – Санкт-Петербург. – URL: <https://rp5.ru/> (дата обращения: 01.01.2023).

65. Официальный сайт ГИБДД МВД России : официальный сайт / ГИБДД МВД России. – URL: <http://stat.gibdd.ru/> (дата обращения: 01.01.2023).

66. Федеральные целевые программы России : официальный сайт / Департамент государственных целевых программ и капитальных вложений Минэкономразвития России. – Москва. – URL: <https://fcp.economy.gov.ru/cgi-bin/cis/fcp.cgi/Fcp/Title/> (дата обращения: 01.01.2023).

67. Обзор населения мира : сайт / World Population Review. – URL: <https://worldpopulationreview.com/country-rankings/road-deaths-by-country> (дата обращения: 01.01.2023).

68. Махонин, В. Л. Совершенствование дорожно-транспортной экспертизы на основе исследования неконтролируемого перемещения автомобиля при дорожно-транспортном происшествии: дис. ... канд. техн. наук : 2.9.5 - Эксплуатация автомобильного транспорта / Махонин Виталий Леонидович ; Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева. – Орел, – 2024, – 169 с.

69. Евтюков, С. А. Параметры, влияющие на сцепные качества покрытий автодорог / С. А. Евтюков, С. С. Евтюков // Вестник Тувинского государственного университета. №3 Технические и физико-математические науки. – 2013. – № 3(18). – С. 75-82.

70. Голов, Е. В. Повышение точности расчета скорости движения в момент ДТП при столкновениях с неполным перекрытием части кузова автомобиля / Е. В. Голов // Вестник Сибирского государственного

автомобильно-дорожного университета. – 2021. – Т. 18, № 3(79). – С. 306-316.

71. Евтюков, С. А. Экспертиза ДТП с использованием БПЛА, комплексов выявления инцидентов и систем лазерного сканирования / С. А. Евтюков, Е. В. Куракина, Б. В. Лукашов // Грузовик. – 2024. – № 1. – С. 30-33.

72. Куракина, Е. В. Безопасное поведение водителей автотранспортных средств с целью снижения ДТП (на примере Санкт-Петербурга и Ленинградской области) // Вестник Тувинского государственного университета. Социальные и гуманитарные науки, – 2014. – № 1. – С. 148-155.

73. Морозов, Д. Ю. Проектирование интеллектуальных транспортных систем / Д. Ю. Морозов, Р. Ф. Халилев // Вестник евразийской науки, – 2014. – № 4 (23). – С. 1-10.

74. Жанказиев, С. В. Тенденции развития автономных интеллектуальных транспортных систем в России / С. В. Жанказиев, А. И. Воробьев, Д. Ю. Морозов // Транспорт Российской Федерации. – 2016. – № 5(66). – С. 26-28.

75. Предложения по стратегии развития технологий искусственного интеллекта в транспортной отрасли России / С. М. Егоршев, И. Г. Малыгин, В. И. Комашинский, М. Ю. Аванесов // Информация и космос. – 2020. – № 2. – С. 56-61.

76. Боровской, А. Е. Внедрение интеллектуальных транспортных систем в рамках национальных программ повышения безопасности дорожного движения / А. Е. Боровской, И. А. Новиков, А. Г. Шевцова // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. – 2013. – № 61-62. – С. 279-283.

77. Архипов, Д. А. Разработка моделей для предсказания аварийных ситуаций и их предотвращения / Д. А. Архипов // Вестник науки. – 2024. – Т. 1, № 6(75). – С. 1381-1388.

78. Мосин, К. К. Использование методов автоматизированного машинного обучения для классификации дорожно-транспортных происшествий / К. К. Мосин, В. Э. Ковалевский, Н. А. Жукова // Интеллектуальные технологии на транспорте. – 2023. – № 2(34). – С. 15-26.

79. Кузнецов, В. В. Адекватность применения методики математического моделирования в целях разработки программ, направленных на повышение уровня безопасности движения на региональных автодорогах на территории Московской области / В. В. Кузнецов, Д. С. Горбатенко, О. М. Порташников // Вестник Воронежского института МВД России. – 2018. – № 4. – С. 64-70.

80. Kurakina, E., Forecasting of road accident in the DVRE system / E. Kurakina, S. Evtiukov, J. Rajczyk // Transportation Research Procedia, – 2018. – Vol. 36. – P. 380-385.

81. Байэтт, Р. Расследование дорожно-транспортных происшествий [Текст] / Байэтт Р., Уоттс Р. ; пер.с англ. А.А. Шалатова ; [предисл. В.И. Жулева]. – Москва : Транспорт, 1983. - 288 с.

82. Жанказиев, С. В. Концепция создания интеллектуальной транспортной системы на автомобильных дорогах федерального значения / С. В. Жанказиев, В. М. Власов, А. М. Иванов. – Москва, 2010. – 83 с.

83. Малыгин, И. Г. Классификация изображений чрезвычайных ситуаций на автомобильном транспорте по статистическим и амплитудным свойствам / И. Г. Малыгин, О. А. Королев // Научно-аналитический журнал "Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России". – 2021. – № 1. – С. 125-134.

84. Малыгин, И. Г. Применение автоматизированной информационно-управляющей системы мониторинга чрезвычайных ситуаций на автомобильном транспорте / И. Г. Малыгин, О. А. Королев //

Научно-аналитический журнал "Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России". – 2021. – № 3. – С. 1-12.

85. Gillespie, T. D. Fundamentals of Vehicle Dynamics. – Warrendale: Society of Automotive Engineers, Inc. 1992. – 520 p.

86. Румшинский, Л.З. Математическая обработка результатов эксперимента. – Москва : Наука, 1971. – 192 с.

87. Работнов, Ю. Н. Механика деформируемого твердого тела: учебное пособие для студентов механико-математических и физических специальностей университетов. – Изд. 3-е. – Москва : URSS, 2018. – 711 с.

88. Постановление Правительства РФ от 23.10.1993 N 1090 (ред. от 19.04.2024) "О Правилах дорожного движения" (вместе с "Основными положениями по допуску транспортных средств к эксплуатации и обязанности должностных лиц по обеспечению безопасности дорожного движения") // КонсультантПлюс : сайт. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_2709/ (дата обращения: 01.11.2024.).

89. Евтюков, С. А. Безопасность и правила движения на автотранспорте: учеб. пособие / С. А. Евтюков, А. Е. Щербаков; под ред. С. А. Евтюкова. – Санкт-Петербург : СПбГАСУ, 1993. – 168 с.

90. Евтюков, С. А., Дорожно-транспортные происшествия : расследование, реконструкция, экспертиза : учебно-практическое пособие / С. А. Евтюков, Я. В. Васильев. - СПб. : ДНК, 2008. - 390 с.

91. Иларионов, В. А. Экспертиза дорожно-транспортных происшествий: учебник для вузов. – Москва : Транспорт, 1989. – 255 с.

92. Евтюков, С. А. Реконструкция и экспертиза ДТП в примерах : монография / С. А. Евтюков, Я. В. Васильев. - СПб. : Петрополис, 2012. - 324 с. с.

93. Евтюков, С. А. Справочник по экспертизе ДТП : справочное издание / С. А. Евтюков, Я. В. Васильев. – Санкт-Петербург : Петрополис, 2020. – 516 с.

94. Баданина, Н. Д. Кластеризация водителей по степени опасности вождения с использованием алгоритмов машинного обучения / Н. Д. Баданина, В. А. Судаков // Моделирование и анализ данных. – 2022. – Т. 12, № 1. – С. 5-15.

95. Гнидина, А. И. Анализ факторов, влияющих на количество дорожно-транспортных происшествий в центральном федеральном округе / А. И. Гнидина, Е. П. Казакова // Экономика и социум. – 2014. – № 4-2(13). – С. 510-514.

96. ГОСТ Р 52051-2003. Механические транспортные средства и прицепы. Классификация и определения : государственный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Постановлением Госстандарта России от 7 мая 2003 г. № 139-ст : введен впервые : дата введения 2004-01-01 / разработан "Всероссийский научно-исследовательский институт стандартизации и сертификации в машиностроении". - Москва : Изд-во стандартов, 2003..

97. ГОСТ 19.701-90. Единая система программной документации. Схемы алгоритмов, программ данных и систем. Условные обозначения и правила : государственный стандарт Союза ССР ГОСТ 19.701-90 (ИСО 5807-85) : взамен ГОСТ 19.002-80 : взамен ГОСТ 19.003-80 : введен 01.01.92 / Государственный комитет СССР по управлению качеством продукции и стандартам. - Москва : Изд-во стандартов, 1991 г. - 26 с.

98. Pearson, K. Mathematical Contributions to the Theory of Evolution. III. Regression, Heredity, and Panmixia // Philosophical Transactions of the Royal Society of London. A, – 1896. – Vol. 187. – P. 253-318.

99. Jain, A. K. Statistical Pattern Recognition: A Review / A. K. Jain, R. P. W. Duin, J. Mao // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, – 2000. – Vol. 22, № 1. – P. 4-37.
100. Spearman, C. "General Intelligence," Objectively Determined and Measured // The American Journal of Psychology, – 1904. – Vol. 15, № 2. – P. 201-292.
101. Stone, M. Cross-Validatory Choice and Assessment of Statistical Predictions // Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological), – 1974. – Vol. 36, № 2. – P. 111-133.
102. Pearson, K. Experimental studies with their statistical estimations // Questions of Statistics, – 1895. – № 1. – P. 68-79.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Приложение А:

Для наглядности показана часть массива «Аварийность на автодороге М-1
«Беларусь» с 2013 по 2023г.»

№ п/п	Дата ДТП	Время ДТП	Место ДТП	км а/д	Населенный пункт	Населенный пункт	Вид ДТП	Материальный ущерб	Причина	Освещение
1	02.01.2013	15:20	М-1 "Беларусь"	км 230+270	на Минск	вне населенного пункта	Наезд на пешехода		наезд на пешехода	
2	02.01.2013	18:05	М-1 "Беларусь"	км 185+630	на Минск	вне населенного пункта	Столкновение		несоблюдение дистанции	
3	05.01.2013	19:00	М-1 "Беларусь"	км 32+000	Обратное	Вне населенного пункта.	Столкновение		Несоблюдение ПДД, выезд на встречную полосу	
4	12.01.2013	08:00	М-1 "Беларусь"	км 49+650	Прямое	Вне населенного пункта.	Столкновение	Нет.	Нарушение ПДД.	
5	12.01.2013	20:15	М-1 "Беларусь"	км 28+650	Прямое	Вне населенного пункта.	Столкновение	Участок реконструкции.	нарушение ПДД.	
6	13.01.2013	07:30	М-1 "Беларусь"	км 28+004	прямое	Вне населенного пункта	Наезд на препятствие	Повреждена световая опора	Водитель не справился с управлением	
7	14.01.2013	09:00	М-1 "Беларусь"	км 66+000	в Москву	вне населенного пункта	Столкновение	нет	нарушение ПДД	
8	15.01.2013	07:45	М-1 "Беларусь"	км 111+850	в Москву	вне населенного пункта	Столкновение	повреждено 8 (восемь) п.м бруса.	нарушение ПДД	

9	15.01.2013	15:55	М-1 "Беларусь"	км 25+000	в область	Одинцово	Наезд на пешехо да		нарушени е ПДД	
10	16.01.2013	10:20	М-1 "Беларусь"	км 63+300	прямое	вне населённог о пункта	Столкн овение	нет.	Нарушени е ПДД.	
11	16.01.2013	11:00	М-1 "Беларусь"	км 148+850	прямое		Столкн овение		Выезд на встречную полосу движения	
12	17.01.2013	13:30	М-1 "Беларусь"	км 349+418	прямое	вне населенног о пункта	Столкн овение	нет	Выезд на встречную полосу	
13	17.01.2013	21:58	М-1 "Беларусь"	км 65+200	прямое	Вне населенног о пункта	Столкн овение	нет	Нарушени е ПДД	
14	18.01.2013	13:30	М-1 "Беларусь"	км 68+050	в Москву	вне населенног о пункта	Столкн овение	нет	нарушени е ПДД	
15	20.01.2013	15:30	М-1 "Беларусь"	км 398+000	на Москву	в не населенног о пункта.	Наезд на препят ствие	повреждена световая опора.	нарушени е правил ДД.	
16	20.01.2013	22:10	М-1 "Беларусь"	км 107+980	Прямое	Вне населенног о пункта.	Столкн овение	Нет.	Нарушени е ПДД водителем а/м Ниссан.	
17	21.01.2013	12:37	М-1 "Беларусь"	км 70+000	прямое	Вне населенног о пункта	Столкн овение	Нет	Нарушени е ПДД	
18	21.01.2013	14:50	М-1 "Беларусь"	км 26+380	прямое	вне населенног о пункта	Столкн овение	Нет	Нарушени е ПДД	
19	22.01.2013	22:30	М-1 "Беларусь"	км 60+000	в область	вне населенног о пункте	Столкн овение	нет	нарушени е ПДД	

20	23.01.2013	08:30	М-1 "Беларусь"	км 28+000	в Москву	вне населенног о пункта	Столкн овение	нет	нарушени е ПДД	
21	23.01.2013	10:00	М-1 "Беларусь"	км 381+157	на Москву	Вне населенног о пункта	Иной вид ДТП	брус- 4м,матер. ущерб мтз- 82	не справился с управлени ем	
22	23.01.2013	18:40	М-1 "Беларусь"	км 200+973	на Минск	вне населенног о пункта	Столкн овение	нет	несоблюд ение дистанции	
23	25.01.2013	00:20	М-1 "Беларусь"	км 19+200	Прямое	Вне населённог о пункта.	Наезд на препят ствие	Барьерное ограждение 5 м.	Нарушени е ПДД.	
24	25.01.2013	02:25	М-1 "Беларусь"	км 238+000	Прямое	Вне населенног о пункта	Столкн овение	Нет	Выезд на встречную полосу	
25	26.01.2013	22:05	М-1 "Беларусь"	км 167+140	на Минск	вне населенног о пункта	Столкн овение	нет	несоблюд ение дистанции	
26	29.01.2013	08:25	М-1 "Беларусь"	км 219+000	прямое	Вне населенног о пункта	Столкн овение	Нет	Несоблюд ение дистанции	
27	29.01.2013	16:40	М-1 "Беларусь"	км 55+800	в область	Вне населенног о пункта	Столкн овение	нет	Нарушени е ПДД	
28	31.01.2013	10:00	М-1 "Беларусь"	км 369+000	на Москву	вне населенног о пункта	Столкн овение	нет	не справился с управлени ем	
29	01.02.2013	14:00	М-1 "Беларусь"	км 183+500	Обратное.	Вне населенног о пункта.	Столкн овение	Нет.	Сон за рулем.	
30	01.02.2013	21:15	М-1 "Беларусь"	км 229+000	Прямое	Вне населенног о пункта.	Наезд на стояще е ТС	Нет.	Невнимат ельность водителя ВАЗ-2109.	
31	05.02.2013	02:30	М-1 "Беларусь"	км 42+000	в Москву	вне населенног о пункта	Наезд на стояще е ТС	нет	нарушени е пдд	

32	05.02.2013	07:45	М-1 "Беларусь"	км 61+210	Обратное	Вне населённого пункта.	Наезд на пешех ода	Нет.	Нарушени е ПДД.	
----	------------	-------	-------------------	-----------	----------	-------------------------------	-----------------------------	------	--------------------	--

Приложение Б:

Для наглядности показана часть массива «Аварийность на автодороге М-11 «Нева» с 2013 по 2023 г.».

№ п/п	Дата ДТП	Время ДТП	Место ДТП	км а/д	Населенный пункт	НП	Вид ДТП	Материальный ущерб	Причина	Освещение
1	01.12.2014	07:00	М-11 "Нева"	км 258+340	обратное	вне населенного пункта	Наезд на препятствие	веха сигнальная 16 штук	водитель рено логан не справился с управлением	
2	03.12.2014	10:00	М-11 "Нева"	км 258+000	обратное	вне населённого пункта	Наезд на препятствие	стойка-20 шт.,компенсаторы-20,балка-76м.,световозвращ.эл.-8шт.	водитель Фредлайн ер не справился с управлением	
3	03.12.2014	19:00	М-11 "Нева"	км 271+850	обратное	вне населенного пункта	Столкновение	МБО 20п.м., секции 6шт., стойки 5шт., компенсаторы 5шт., светоотражающие элементы 5шт., болты в сборе 60шт.	водитель Мерседес Аtego не предоставил преимущество в движении	
4	06.12.2014	12:50	М-11 "Нева"	км 258+000	ПН	Вне НП	Опрокидывание	Повреждено: МБО-12 п.м., секция-2шт., стойки-5шт., компенсаторы-5 шт., светоотражающие элементы-2шт.	несправился с управлением	
5	07.12.2014	11:00	М-11 "Нева"	км 258+500	ОН	Вне НП	Наезд на препятствие	Повреждено:веха сигнальная 31 шт. делинеатор 5 шт.	Нарушение ПДД	
6	18.12.2014	05:35	М-11 "Нева"	км 330+300	пн	вне населённого пункта	Наезд на препятствие	ограждение бетонное-6шт.,флажки светоотражающие КД-6-3шт.	вод. Рено не справился с управлением	
7	18.12.2014	08:50	М-11 "Нева"	км 258+000	он	вне нп	Опрокидывание	секция балки-13 шт.,стойки-11шт.,компенсаторы-12шт.,катафоты-8шт.,сигнальная веха-5 шт.,делиниатор-3 шт.	не справился с управлением	
8	18.12.2014	12:20	М-11 "Нева"	км 289+100	пн	вне населённого пункта	Столкновение	МБО-18п.м.,стойки-2шт., компенсатор-2шт.,катафот-3шт.	не справился с управлением	

9	18.12.2014	17:10	М-11 "Нева"	км 311+840	пн	вне населенного пункта	Наезд на стоящее ТС		нарушение ПДД	
10	21.12.2014	21:00	М-11 "Нева"	км 269+975	пн	Вне нп	Наезд на препятствие	Повреждено: МБО-198 п.м., секция-балка 33 шт., стойки 23 шт., компенсаторы 17 шт., световозвращающие элементы 26 шт., стойка дорожного знака 1 шт.	Нарушение ПДД.	
11	27.12.2014	02:08	М-11 "Нева"	км 258+000	прямое	ВНЕ НАСЕЛЕННОГО ПУНКТА	Столкновение		непредоставление преимуществ	
12	28.12.2014	12:50	М-11 "Нева"	км 258+000	пн	вне нп	Наезд на препятствие	МБО-2 мп, светоотражающий эл.-1шт.	не справился с управлением	
13	31.12.2014	09:30	М-11 "Нева"	км 258+000	пн	вне нп	Столкновение	МБО-2 м.п.	не справился с управлением	
14	31.12.2014	14:00	М-11 "Нева"	км 329+000	пн	вне нп	Наезд на препятствие	МБО-60 м.п.; стоек МБО-30шт.; стойка дор.знака-1шт.; табличка дор.знака - 1шт., компенсатор-30 шт.	нарушение правил обгона л/а Киа-рио г.н.О725У Т-77	
15	04.01.2015	00:15	М-11 "Нева"	км 21+200	пн	вне нп	Столкновение	Бордюрный камень 1шт., Дорожный знак 1 шт	Нарушение правил ПДД	
16	04.01.2015	08:30	М-11 "Нева"	км 272+300	Прямое	вне населенного пункта	Наезд на препятствие	Балка МБО-3 шт., светоотражатель КД-5 - 1шт., стойка МБО-1шт., компенсатор-4шт.	наезд на МБО	
17	04.01.2015	10:00	М-11 "Нева"	км 317+400	прямое	вне населенного пункта	Столкновение	балки МБО-4 шт., компенсаторы-4 шт., светоотражатель КД-5 - 1шт.	водитель а/м Шевроле-лачетти при совершении обгона не справился с управлением	

									ем совершил наезд на МБО, в последствии столкнулся с а/м Сеат-Лион и грузовой а/м Вольво	
18	04.01.2015	16:30	М-11 "Нева"	км 266+950	обратное	вне населенного пункта	Столкновение	Балка МБО-6шт., компенсатор-4шт., светоотражатель КД-5 - 1шт.	водитель а/м Пежо-308 не справился с управлением	
19	05.01.2015	04:45	М-11 "Нева"	км 323+150	прямое	вне населенного пункта	Наезд на препятствие	МБО- секции-2 шт., компенсаторы- 3шт., светоотражатели КД-5 - 1шт.	водитель не справился с управлением автомашины	
20	05.01.2015	05:25	М-11 "Нева"	км 17+000	он	Вне НП.	Столкновение	Задняя правая фара, задний правый подкрылок, задний бампер, брызговик	Нарушение ПДД.	
21	06.01.2015	11:30	М-11 "Нева"	км 258+000	пн	Вне НП.	Столкновение	Повреждено: делиниатор-5шт.	Нарушение ПДД.	
22	08.01.2015	17:55	М-11 "Нева"	км 295+700	НП	вне населённого пункта	Столкновение		несоблюдение ПДД водителем Мерседес Актрос	
23	10.01.2015	12:30	М-11 "Нева"	км 293+950	обратное	вне населенного пункта	Наезд на препятствие	МБО-1 секция длиной 6 м, компенсатор-2 шт.	водитель автомашины не справился с управлением	
24	13.01.2015	17:30	М-11 "Нева"	км 316+150	прямое	Вне населенного пункта	Наезд на препятствие	МБО- 48 м., компенсаторы-10 шт., стойки МБО-10шт., катафот КД-5 1шт.	водитель автомашины не справился с управлением	
25	19.01.2015	09:00	М-11 "Нева"	км 258+400	ОН	вне населённого пункта	Наезд на препятствие	48 м. МБО	неустановлено	
26	19.01.2015	10:00	М-11 "Нева"	км 259+700	ПН	вне Н.П.	Наезд на препятствие	18 м. МБО	неустановлена	

27	19.01.2015	11:00	М-11 "Нева"	км 261+400	ПН	вне НП	Наезд на препятствие	24 м. МБО	неустановлена	
28	19.01.2015	11:30	М-11 "Нева"	км 264+300	ОН	вне НП	Наезд на препятствие	12 м. МБО	неустановлена	
29	19.01.2015	12:00	М-11 "Нева"	км 279+100	ОН	вне НП	Наезд на препятствие	72 м. МБО	неустановлена	
30	19.01.2015	12:30	М-11 "Нева"	км 289+200	ПН	вне НП	Наезд на препятствие	12 м. МБО	неустановлена	
31	19.01.2015	13:00	М-11 "Нева"	км 329+520	ПН	вне НП	Наезд на препятствие	12 м. МБО	неустановлена	
32	19.01.2015	13:30	М-11 "Нева"	км 329+600	ОН	вне НП	Наезд на препятствие	12 м. МБО	неустановлена	

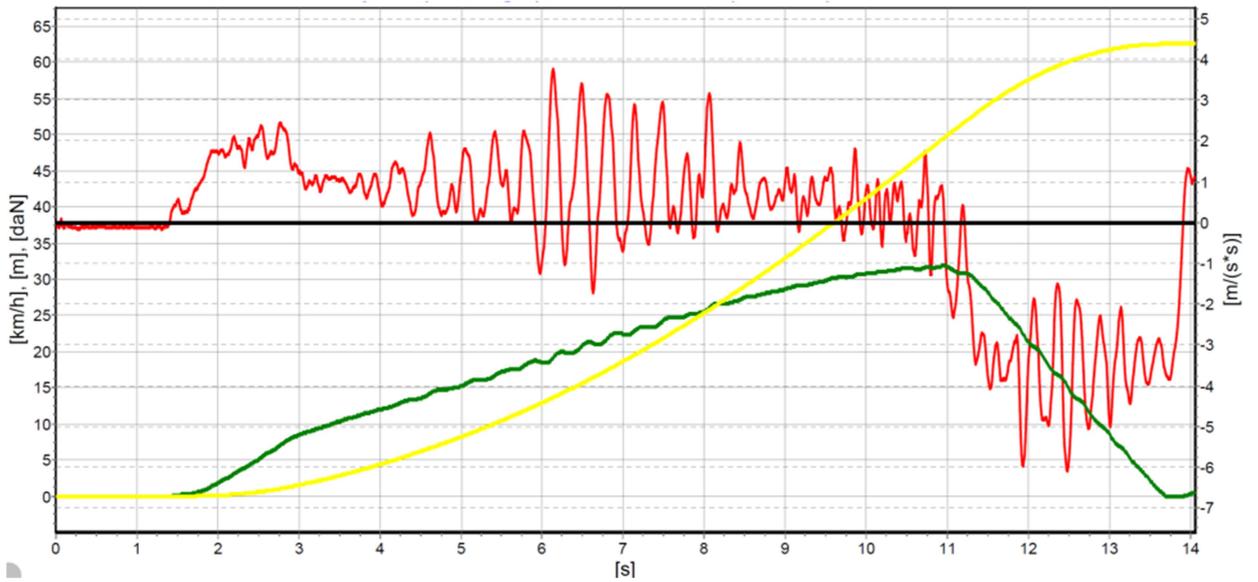
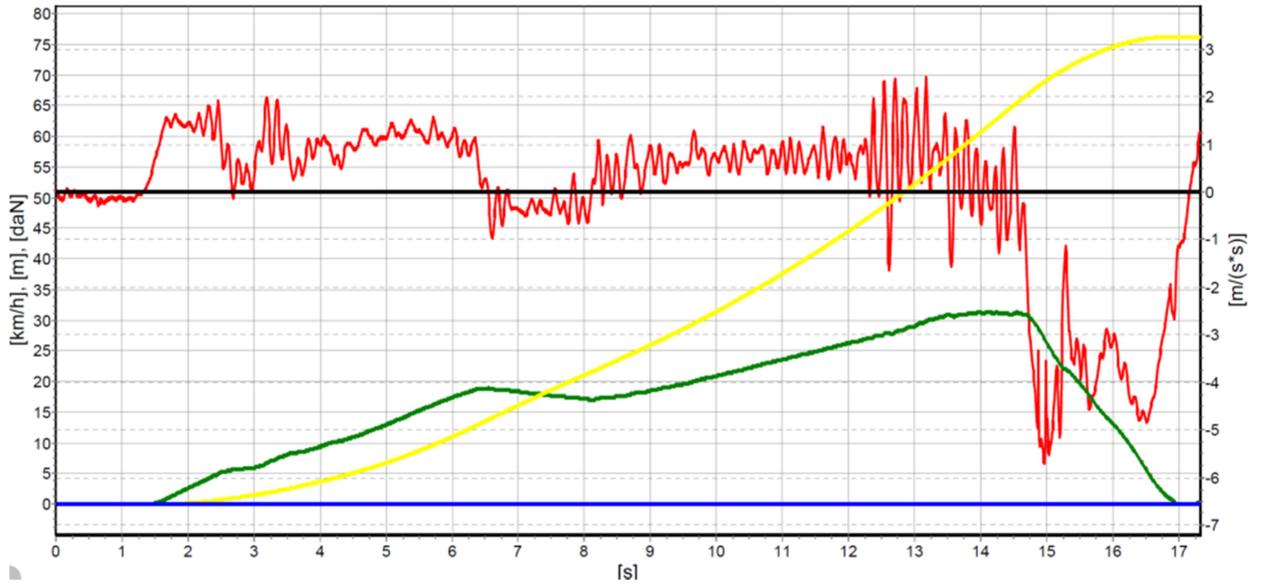
Приложение В:

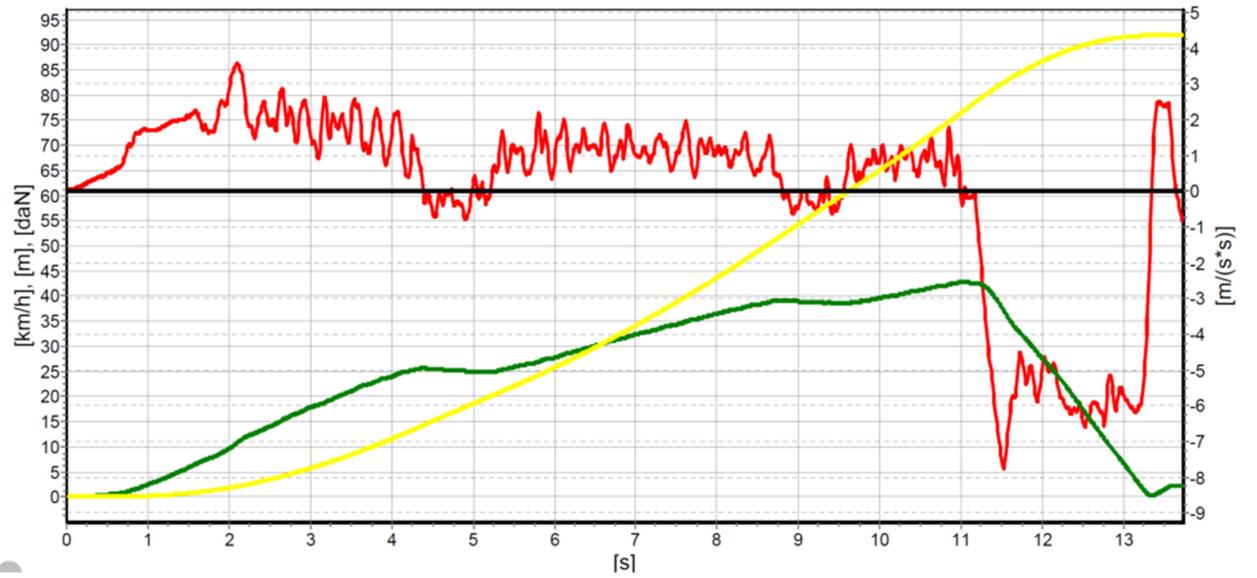
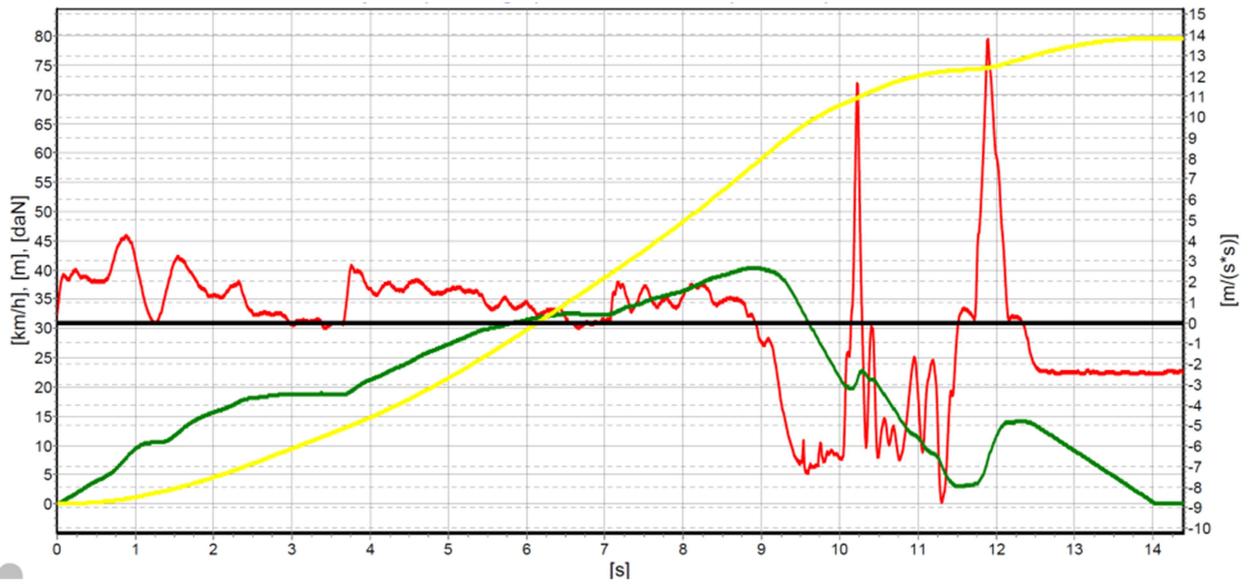
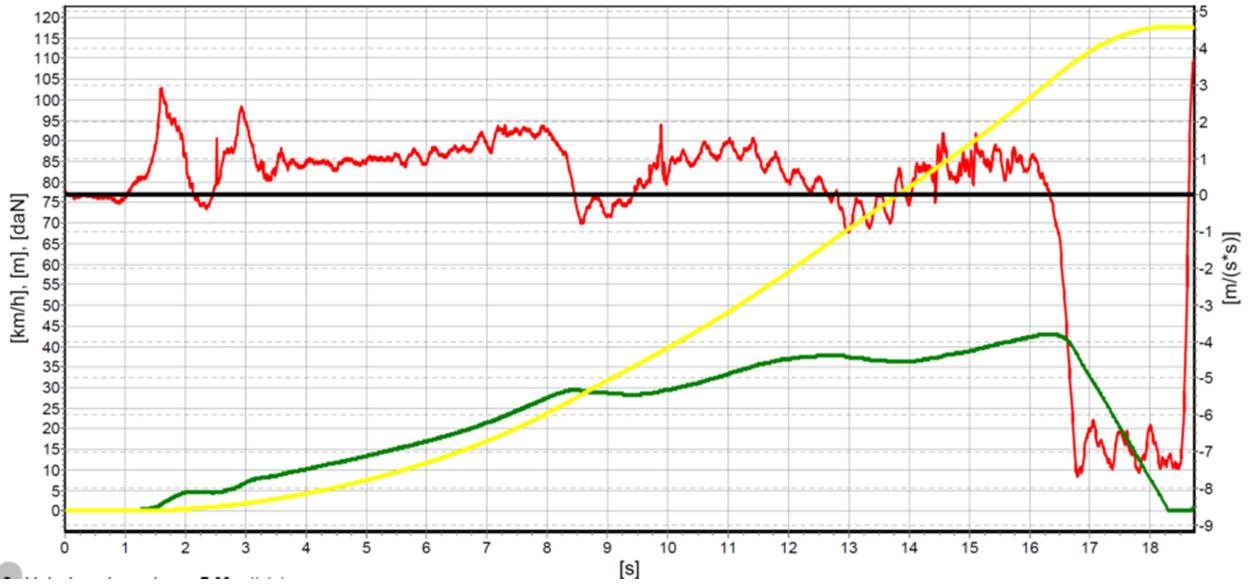
Для наглядности показана часть массива данных статистика ДТП по
автодороге КАД вокруг г. Санкт-Петербург

№	Дата	Время	Вид ДТП	Место	Километр	Метр	Погибло	Погибло детей	Ранено	Ранено детей	Непосредственные нарушения ПДД	Сопутствующие нарушения ПДД
0	2022-01-01	01:35:00	Отбрасывание предмета (отсоединение колеса)	Ленинградская область, Всеволожский район	30	150	0	0	0	0	Нарушение правил расположения ТС на проезжей части;	Не нарушал ПДД;
1	2022-01-01	05:50:00	Столкновение	Санкт-Петербург, Красногвардейский	35	800	0	0	0	0	Не нарушал ПДД;	Не нарушал ПДД;
2	2022-01-01	18:50:00	Наезд на пешехода	Санкт-Петербург, Московский	70	881	0	0	1	0	Не нарушал ПДД;	Не нарушал ПДД;
3	2022-01-02	00:20:00	Столкновение	Санкт-Петербург, Красногвардейский	32	70	0	0	0	0	Нарушение правил расположения ТС на проезжей части;	Оставление места ДТП;
4	2022-01-02	03:30:00	Столкновение	Санкт-Петербург, Пушкинский	62	600	0	0	0	0	Не нарушал ПДД;	Не нарушал ПДД;
5	2022-01-02	12:20:00	Столкновение	Ленинградская область, Всеволожский район	23	700	0	0	0	0	Несоответствие скорости конкретным условиям движения;	Не нарушал ПДД;
6	2022-01-02	13:55:00	Столкновение	Ленинградская область, Всеволожский район	25	300	0	0	0	0	Не нарушал ПДД;	Не нарушал ПДД;
7	2022-01-02	20:05:00	Столкновение	Санкт-Петербург, Московский	69	0	0	0	0	0	Не нарушал ПДД;	Не нарушал ПДД;
10	2022-01-03	13:30:00	Столкновение	Санкт-Петербург, Выборгский	19	500	0	0	0	0	Не нарушал ПДД;	Не нарушал ПДД;
11	2022-01-03	14:15:00	Наезд на препятствие	Санкт-Петербург, Красногвардейский	39	0	0	0	0	0	Несоответствие скорости конкретным условиям движения;	Не нарушал ПДД;
12	2022-01-03	15:50:00	Столкновение	Санкт-Петербург, Московский	66	800	0	0	0	0		
13	2022-01-03	16:30:00	Наезд на препятствие	Санкт-Петербург, Петродворцовый	118	500	0	0	0	0	Не нарушал ПДД;	Не нарушал ПДД;
14	2022-01-03	17:15:00	Столкновение	Санкт-Петербург, Фрунзенский	61	0	0	0	0	0	Неправильный выбор дистанции;	Не нарушал ПДД;
15	2022-01-03	21:13:00	Столкновение	Ленинградская область, Ломоносовский район	106	150	0	0	0	0	Несоблюдение бокового интервала;	Не нарушал ПДД;
16	2022-01-03	23:00:00	Наезд на препятствие	Санкт-Петербург, Красногвардейский	35	0	0	0	0	0	Несоответствие скорости конкретным условиям движения;	Не нарушал ПДД;
17	2022-01-04	12:37:00	Столкновение	Санкт-Петербург, Кронштадтский	127	300	0	0	1	0	Не нарушал ПДД;	Не нарушал ПДД;
18	2022-01-04	13:06:00	Столкновение	Санкт-Петербург, Курортный	0	800	0	0	0	0	Не нарушал ПДД;	Не нарушал ПДД;
19	2022-01-04	17:05:00	Столкновение	Ленинградская область, Всеволожский район	22	200	0	0	0	0	Не нарушал ПДД;	Не нарушал ПДД;
20	2022-01-04	17:08:00	Столкновение	Ленинградская область, Всеволожский район	51	50	0	0	0	0	Не нарушал ПДД;	Не нарушал ПДД;
21	2022-01-04	19:00:00	Столкновение	Санкт-Петербург, Московский	71	200	0	0	0	0	Не нарушал ПДД;	Не нарушал ПДД;
22	2022-01-04	22:00:00	Наезд на препятствие	Санкт-Петербург, Выборгский	14	0	0	0	0	0	Несоответствие скорости конкретным условиям движения;	Не нарушал ПДД;
23	2022-01-04	23:58:00	Столкновение	Ленинградская область, Всеволожский район	56	800	0	0	0	0	Не нарушал ПДД;	Не нарушал ПДД;
24	2022-01-05	00:20:00	Наезд на препятствие	Ленинградская область, Всеволожский район	28	300	0	0	0	0	Несоответствие скорости конкретным условиям движения;	Не нарушал ПДД;
25	2022-01-05	00:40:00	Столкновение	Санкт-Петербург, Красногвардейский	37	200	0	0	0	0	Не нарушал ПДД;	Не нарушал ПДД;
26	2022-01-05	02:00:00	Наезд на препятствие	Ленинградская область, Всеволожский район	49	700	0	0	0	0	Несоответствие скорости конкретным условиям движения;	Не нарушал ПДД;
27	2022-01-05	13:08:00	Иной вид ДТП	Ленинградская область, Всеволожский район	26	700	0	0	0	0	Несоответствие скорости конкретным условиям движения;	Не нарушал ПДД;
28	2022-01-05	20:00:00	Столкновение	Санкт-Петербург, Красносельский	79	750	0	0	0	0	Нарушение правил перестроения;	Не нарушал ПДД;
29	2022-01-05	23:30:00	Иной вид ДТП	Санкт-Петербург, Курортный	6	500	0	0	0	0	Не нарушал ПДД;	Не нарушал ПДД;

Приложение Г:

Графики торможения транспортных средств категорий М2, N2, N3. Из-за избытка графического материала представлены наиболее важные диаграммы.





Приложение Д:

Для анализа массивов данных «big data» по ДТП была написана программа для ЭВМ. Вид и код программы представлен следующий.

```

[6] df_accidents = pd.read_csv('M-1 13-23 ДТП - ктн.csv', sep=';').dropna(how='all') # удалить nan ряды
df_accidents = df_accidents.drop(['Место ДТП', 'населенный пункт'], axis=1)

df_road_quality = pd.read_csv('Сцепление M-1.csv', sep = ';', decimal = ',').dropna(how='all') # удалить nan ряды и заменить запятые

```

Рисунок – Ячейка загрузки предобработки данных для M-1

Операции с данными производятся средствами библиотеки pandas. Изначально создаются две структуры с данными о ДТП и состоянии дороги.

```
df_accidents = pd.read_csv('M-1 13-23 ДТП — ктн.csv',
sep=';').dropna(how='all')
```

```
df_road_quality = pd.read_csv('Сцепление M-1.csv', sep = ';', decimal =
','').dropna(how='all')
```

Данные были дополнены информацией о погодных условиях в местности рядом с автодорогой.

```
df_weather_Moscow = pd.read_csv('weather
Moscow.csv').dropna(how='all').drop(['Local time in Domodedovo (airport)'],
axis=1).rename(columns={'W1':'WW'})
```

```
df_weather_Moscow['DD'] = df_weather_Moscow['DD'].map(wind_dict)
```

```
df_weather_Moscow['WW'] = df_weather_Moscow['WW'].map(fall_dict)
```

```
df_weather_Moscow['city'] = 'Domodedovo'
```

```
df_weather_Moscow.info()
```

```
df_weather_Grabtsevo = pd.read_csv('weather
Grabtsevo.csv').dropna(how='all').drop(['Local time in Kaluga / Grabtsevo
(airport)'], axis=1)
```

```
df_weather_Grabtsevo['DD'] = df_weather_Grabtsevo['DD'].map(wind_dict)
```

```
df_weather_Grabtsevo['WW'] = df_weather_Grabtsevo['WW'].map(fall_dict)
```

```
df_weather_Grabtsevo['city'] = 'Grabtsevo'
```

```
df_weather_Vitebsk = pd.read_csv('weather
Vitebsk.csv').dropna(how='all').drop(['Local time in Vitebsk (airport)'], axis=1)
```

```
df_weather_Vitebsk['DD'] = df_weather_Vitebsk['DD'].map(wind_dict)
```

```
df_weather_Vitebsk['WW'] = df_weather_Vitebsk['WW'].map(fall_dict)
```

```
df_weather_Vitebsk['city'] = 'Vitebsk'
```

```
df_weather
```

```
pd.concat([df_weather_Moscow,df_weather_Vitebsk,df_weather_Grabtsevo])
```

```
df_weather['datetime'] = pd.to_datetime(df_weather['datetime'])
```

```
df_weather.head()
```

При этом требуется заранее провести ранжирование погодных условий по степени влияния.

```
fall_dict = {
```

```
    'Light snow': 2,
```

```
    'Light snow, rain': 3,
```

```
    'Light drizzle': 1,
```

```
    'Light rain': 1,
```

```
<...>
```

```
    'Heavy shower(s), rain': 4,
```

```
    'Light thunderstorm, rain, hail': 5,
```

```
    'Rain, mist': 2,
```

```
    'Light snow grains': 2,
```

```
    np.nan: 0
```

```
}
```

Далее проводится предобработка данных (преобразование типов, унификация значений).

```
df_accidents.columns
```

```
df_accidents['datetime'] = pd.to_datetime(df_accidents['Дата  
ДТП']+' '+df_accidents['Время ДТП'], format = '%d.%m.%Y/%H:%M')
```

```
df_accidents['km'] = df_accidents['  
а/д'].str.extract(r'(\d+)\|+(\d+)').apply(lambda x: float(''.join(x)), axis=1)
```

Код в унификация атрибута направления.

```
# df = pd.DataFrame(df_accidents['направление'].unique(), columns=["Value"])
```

```

# df['mapping'] = np.nan
# df.to_csv('list.csv', index=False)

directions_records = pd.read_csv('direction_mapping.csv',
sep=',').to_dict(orient='records')

directions_dict = dict((record['Value'], record['mapping']) for record in
directions_records)

df_accidents['direction'] = df_accidents['направление'].map(directions_dict)

df_accidents

```

Код унификации атрибута освещения.

```

light_dict = {
}

```

Код унификации атрибута тип ДТП.

```

df_accidents['Вид ДТП'].unique()

crash_dict = {
}

```

Описанная численная маркировка применяется к данным.

```

df_accidents['light'] = df_accidents['Освещение'].map(light_dict)
df_accidents['acc_type'] = df_accidents['Вид ДТП'].map(crash_dict)
df_accidents = df_accidents.dropna(axis=0, subset=['Вид ДТП'])
df_accidents["year"] = df_accidents.datetime.dt.year

```

В зависимости от местности автодороги каждое ДТП соединяется с погодными условиями в этот момент времени.

```

def map_values(x):
    if x <= 110:
        return "Domodedovo"
    elif x <= 300:
        return "Grabtsevo"
    else:
        return "Vitebsk"

```

```

df_accidents["weather_type"] = df_accidents["km"].apply(map_values)
df_accidents['datetime_rounded'] = df_accidents['datetime'].dt.floor(freq='3H')
df_accidents.head()

accidents_wthr = df_accidents.merge(df_weather, left_on=['datetime_rounded'],
right_on=['datetime'],how='left').dropna(subset='city')

accidents_wthr.head()

accidents = accidents_wthr[['year','km','direction','light','acc_type','T','WW','DD']]
accidents["km_int"] = accidents.km.map(int)

accidents = accidents.reset_index()

```

Обработка массива качества дорог.

```

column_mapping = {'Год' : 'year', 'Начало участка, км': 'km', '1 (пн)' : 'direct1',
'2 (пн)' : 'direct2', '3 (пн)' : 'direct3', '4 (пн)' : 'direct4', '5 (он)' : 'reverse1', '6 (он)'
: 'reverse2', '7 (он)' : 'reverse3', '8 (он)' : 'reverse4'}

road_quality = df_road_quality[['Год', 'Начало участка, км', '1 (пн)', '2 (пн)', '3
(пн)', '4 (пн)', '5 (он)', '6 (он)', '7 (он)', '8
(он)']].rename(columns=column_mapping)

road_quality['direct'] = road_quality[['direct1', 'direct2', 'direct3',
'direct4']].mean(axis=1)

road_quality['reverse'] = road_quality[['reverse1', 'reverse2', 'reverse3',
'reverse4']].mean(axis=1)

```

Обработанные массивы данных могут быть объединены в новую структуру. Таким образом, мы будем иметь доступ ко всем ДТП и информации о сопутствующих факторах (расположения, освещения, погодных условий, типа ДТП).

```

road_quality_m = pd.melt(road_quality, id_vars=['year', 'km'],
value_vars=['direct', 'reverse'],

var_name='direction', value_name='quality')

road_quality_m["direction"] =
road_quality_m["direction"].map({"direct":1,"reverse":-1})

road_quality_m.km = road_quality.km.astype(float)

road_quality_m["km_int"] = road_quality.km.map(int)

```

```
road_quality_m =
road_quality_m.groupby(["year", "km_int", "direction"]).mean()[["quality"]].reset
_index()
```

```
road_quality_m["km_int"] = road_quality.km.map(int)
```

```
road_quality_m.head()
```

Исследовательский анализ данных начинается с иллюстрации статистических данных. Эти графики могут представлять распределения ДТП во времени и по протяженности автодороги.

```
road_quality['year'].plot(kind='hist', title='Распределение ДТП во времени на
a/d M-1', ec='k')
```

```
plt.xlabel('Год')
```

```
plt.ylabel('Частота ДТП')
```

```
plt.xticks(ticks = [i for i in range(2013, 2024)])
```

```
plt.gca().spines[['top', 'right']].set_visible(False)
```

```
plt.grid()
```

```
road_quality['km'].plot(kind='hist', title='Распределение ДТП по
протяженности на a/d M-1', ec='k')
```

```
plt.xlabel('км')
```

```
plt.ylabel('Частота ДТП')
```

```
plt.gca().spines[['top', 'right']].set_visible(False)
```

```
plt.grid()
```

```
road_quality.plot(kind='scatter', x='year', y='km', s=32, alpha=.8,
title='Распределение ДТП на a/d M-1')
```

```
plt.xticks(ticks = [i for i in range(2013, 2024)])
```

```
plt.xlabel('Год')
```

```
plt.ylabel('км')
```

```
plt.gca().spines[['top', 'right']].set_visible(False)
```

```
accidents.describe()
```

```
accidents['km'].plot(kind='hist', bins=20, title='Километр')
```

```
plt.gca().spines[['top', 'right']].set_visible(False)
```

Массив дополняется данными о коэффициенте сцепления дороги на участке, на котором произошло ДТП.

```
accidents_with_quality =
accidents.merge(road_quality_m,left_on=['km_int','year','direction'],right_on=['k
m_int','year','direction'],how='left')
```

```
accidents_with_quality = accidents_with_quality.sort_values(by=['year',
'km']).ffill().bfill()
```

```
accidents_with_quality
```

```
# Pie Charts
```

```
plt.figure(figsize=(4, 4))
```

```
sns.countplot(x='acc_type', data=accidents_with_quality)
```

```
plt.title('Incident Type Distribution')
```

```
plt.show()
```

```
plt.figure(figsize=(4, 4))
```

```
sns.countplot(x='quality', data=accidents_with_quality)
```

```
plt.title('Road Conditions Distribution')
```

```
plt.show()
```

```
plt.figure(figsize=(4, 4))
```

```
sns.boxplot(x='acc_type', y='T', data=accidents_with_quality)
```

```
plt.title('Temperature vs. Incident Type')
```

```
plt.show()
```

```
plt.figure(figsize=(4, 4))
```

```
sns.boxplot(x='acc_type', y='DD', data=accidents_with_quality)
```

```
plt.title('Wind Speed vs. Incident Type')
```

```
plt.show()
```

```
plt.figure(figsize=(4, 4))
```

```
sns.boxplot(x='acc_type', y='km_int', data=accidents_with_quality)
```

```
plt.title('km of Road vs. Incident Type')
```

```
plt.show()
```

```

plt.figure(figsize=(4, 4))
sns.violinplot(x='acc_type', y='quality', data=accidents_with_quality)
plt.title('Quality of Road vs. Incident Type')
plt.show()

plt.figure(figsize=(4, 4))
sns.violinplot(x='acc_type', y='light', data=accidents_with_quality)
plt.title('Light Conditions vs. Incident Type')
plt.show()

plt.figure(figsize=(4, 4))
sns.violinplot(x='acc_type', y='WW', data=accidents_with_quality)
plt.title('Rain vs. Incident Type')
plt.show()

from mpl_toolkits.mplot3d import Axes3D
fig = plt.figure()
fig = plt.figure(figsize = (12, 8), dpi=80)
ax = fig.add_subplot(111, projection='3d')
pnt3d = ax.scatter3D(road_quality_m.year, road_quality_m.km_int,
road_quality_m.quality,c=road_quality_m.quality)
cbar=plt.colorbar(pnt3d)
cbar.set_label("Коэффициент сцепления")
fig.set_facecolor('white')
plt.title('Сцепление участка с ДТП на а/д М-1')
ax.set_facecolor('white')
plt.xticks(np.arange(2013, 2024, 2))
ax.set_xlabel('Год')
ax.set_ylabel('км')
ax.set_zlabel('Коэффициент сцепления')
plt.show()

```

```

from mpl_toolkits.mplot3d import Axes3D
fig = plt.figure()
fig = plt.figure(figsize = (12, 8), dpi=80)
ax = fig.add_subplot(111, projection='3d')
pnt3d = ax.scatter3D(road_quality_m['year'], road_quality_m['km_int'],
road_quality_m.quality,c=road_quality_m.quality)
cbar=plt.colorbar(pnt3d)
cbar.set_label("Коэффициент сцепления")
fig.set_facecolor('white')
plt.title('Сцепление участка с ДТП на а/д М-1')
ax.set_facecolor('white')
plt.xticks(np.arange(2013, 2024, 2))
ax.set_xlabel('Год')
ax.set_ylabel('км')
ax.set_zlabel('Коэффициент сцепления')
plt.show()
from mpl_toolkits.mplot3d import Axes3D
fig = plt.figure()
fig = plt.figure(figsize = (12, 8), dpi=80)
ax = fig.add_subplot(111, projection='3d')
pnt3d = ax.scatter3D(road_quality_m['year'], road_quality_m['km_int'],
road_quality_m.quality,c=road_quality_m.quality)
cbar=plt.colorbar(pnt3d)
cbar.set_label("Коэффициент сцепления")
fig.set_facecolor('white')
plt.title('Сцепление участка с ДТП на а/д М-1')
ax.set_facecolor('white')
plt.xticks(np.arange(2013, 2024, 2))

```

```
ax.set_xlabel('Год')
```

```
ax.set_ylabel('км')
```

```
ax.set_zlabel('Коэффициент сцепления')
```

```
plt.show()
```

Общие результаты выполнения программы можно видеть на рисунке.



Рисунок – Вывод графиков в результате выполнения программы

Также в рамках программного анализа проверяется коэффициент корреляции Пирсона, указывающий на взаимосвязь двух статистических величин.

```

from scipy.stats import pearsonr
pearsonr(accidents_with_quality.acc_type,accidents_with_quality.quality)
pearsonr(accidents_with_quality.acc_type,accidents_with_quality.km_int)
pearsonr(accidents_with_quality.acc_type,accidents_with_quality.light)
pearsonr(accidents_with_quality.acc_type,accidents_with_quality.WW)
pearsonr(accidents_with_quality.acc_type,accidents_with_quality.DD)
accidents_with_quality.columns

```

Далее проводится кластерный анализ методами машинного обучения и оценка его качества:

```

from sklearn.cluster import KMeans, AgglomerativeClustering # Импортируем
KMeans и агломеративную кластеризацию

from sklearn.preprocessing import StandardScaler # Импортируем
StandardScaler для стандартизации данных

from sklearn.metrics import silhouette_score # Импортируем функцию для
вычисления коэффициента силуэтамascaler = StandardScaler()

CLUSTER_FACTORS = ["quality", "light", "T", "WW", "DD", "km_int", "acc_type"]
acc_direct = accidents_with_quality[CLUSTER_FACTORS]

scaled_data =
scaler.fit_transform(accidents_with_quality[CLUSTER_FACTORS])
accidents_with_quality[CLUSTER_FACTORS].describe()

accidents_with_quality

silhouette_scores = []

cluster_range = range(2, 12) # Try cluster numbers from 2 to 10

for n_clusters in cluster_range :

    kmeans = KMeans(n_clusters=n_clusters, random_state=42,n_init='auto')
    cluster_labels = kmeans.fit_predict(scaled_data)
    agg = AgglomerativeClustering(n_clusters=n_clusters)
    cluster_labels = agg.fit_predict(scaled_data)
    silhouette_avg = silhouette_score(scaled_data, cluster_labels)
    silhouette_scores.append(silhouette_avg)

```

```

plt.plot(cluster_range, silhouette_scores, marker='o')
plt.xlabel('Число кластеров')
plt.ylabel('Коэффициент силуэт')
plt.show()
skvvk = []
for k in range(1, 20):
    kmeans_routine = KMeans(n_clusters=k, n_init='auto').fit(scaled_data)
    skvvk.append(kmeans_routine.inertia_)
plt.plot(range(1, 20), skvvk)
plt.xlabel('Число кластеров')
plt.ylabel('Сумма квадратов внутри кластеров')
plt.show()
clusters = KMeans(n_clusters=6, random_state=42,
n_init='auto').fit_predict(scaled_data) # optimal number of
clustersacc_direct['cluster'] = clusters
plt.scatter(acc_direct['light'], acc_direct.quality, c=acc_direct['cluster'],
map='viridis')
plt.xlabel('Освещенность')
plt.ylabel('Качество дорог')
plt.show()
from mpl_toolkits.mplot3d import Axes3D
fig = plt.figure(figsize = (8,8))
ax = fig.add_subplot(111, projection='3d')
# Scatter plot
scatter = ax.scatter(acc_direct['light'], acc_direct['acc_type'], acc_direct.quality,
c=acc_direct['cluster'], cmap='viridis')
# Add labels and title
ax.set_xlabel('Освещенность')
ax.set_ylabel('Тип аварии')

```

```

ax.set_xlabel('Качество дорог')
ax.set_title('Результат кластеризации')
ax.set_box_aspect(aspect=None, zoom=0.9)
# Add legend
legend1 = ax.legend(*scatter.legend_elements(), title='Кластеры')
ax.add_artist(legend1)
plt.show()
acc_direct.groupby('cluster').mean().style.background_gradient()
acc_direct.groupby('cluster').mean().to_latex()
acc_direct.groupby('cluster').count()
dic = {
    'quality': 'к-т сцепления',
    'light': 'освещенность',
    'T': 'температура',
    'DD': 'Ветер',
    'WW': 'Осадки',
    'acc_type': 'Тип ДТП'
}
sns.heatmap(accidents_with_quality.rename(columns=dic)[CLUSTER_FACTORS].corr())

```

Проведение факторного анализа может быть реализовано следующим кодом:

```

from sklearn.decomposition import FactorAnalysis

fa = FactorAnalysis(n_components=len(CLUSTER_FACTORS)-1,
rotation='varimax')

fa_factors = fa.fit_transform(scaled_data)
factor_weights = fa.components_
print(CLUSTER_FACTORS)
print(factor_weights)

```

scaled_data

В частности, используются алгоритмы машинного обучения для решения задач в области искусственного интеллекта. Ниже представлен фрагмент кода, сопоставляющие различные подходы машинного обучения в задаче классификации типов дорожно-транспортных происшествий на анализируемом наборе данных.

```

from sklearn.model_selection import GridSearchCV, train_test_split # Импорт
для поиска гиперпараметров и разделения данных

from sklearn.ensemble import RandomForestClassifier # Случайный лес

from sklearn.neighbors import KNeighborsClassifier # K-ближайшие соседи

from sklearn.svm import SVC # Метод опорных векторов

from sklearn.naive_bayes import GaussianNB # Наивный байесовский
классификатор

from sklearn.linear_model import LogisticRegression # Логистическая
регрессия

from sklearn.tree import DecisionTreeClassifier # Дерево решений

# Загрузка данных

X = scaled_data[:, :-1] # Матрица признаков

y = accidents_with_quality.acc_type # Целевая переменная

# Разделение на обучающее и тестовое множества

X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y, test_size=0.25,
random_state=42)

# Определение испытываемых классификаторов

tested_models = {
    "Decision Tree": DecisionTreeClassifier(),
    "Random Forest": RandomForestClassifier(),
    "Logistic Regression": LogisticRegression(),          "Decision Tree":
DecisionTreeClassifier(),
    "Random Forest": RandomForestClassifier(),
    "K-Nearest Neighbors": KNeighborsClassifier(),
    "Support Vector Machine": SVC(),

```

```

    "Naive Bayes": GaussianNB()
}
# Определение сеток параметров для подбора
param_grids = {
    "Logistic Regression": {'C': [0.1, 1, 10]},
    "Decision Tree": {'max_depth': [None, 5, 10, 20]},
    "Random Forest": {'n_estimators': [10, 50, 100], 'max_depth': [None, 5, 10,
20]},
    "K-Nearest Neighbors": KNeighborsClassifier(),
    "Support Vector Machine": SVC(),
    "Naive Bayes": GaussianNB()
}
# Сетка параметров для подбора
grid_for_search = {
    "Logistic Regression": {'C': [0.1, 1, 10]},
    "Decision Tree": {'max_depth': [None, 5, 10, 20]},
    "Random Forest": {'n_estimators': [10, 50, 100], 'max_depth': [None, 5, 10,
20]},
    "K-Nearest Neighbors": {'n_neighbors': [3, 5, 10]},
    "Support Vector Machine": {'C': [0.1, 1, 10], 'kernel': ['linear', 'rbf']},
    "Naive Bayes": {}
}
new_predictions = []
# Подбор параметров для моделей
for name, model in tested_models.items():
    print(f"Finding best parameters for {name}")
    grid_search = GridSearchCV(model, grid_for_search[name], cv=4,
scoring='f1_weighted')
    grid_search.fit(X_train, y_train)

```

```

print("Best parameters:", grid_search.best_params_)
best_model = grid_search.best_estimator_
# Проведение алгоритма на тестовом наборе
y_pred = best_model.predict(X_test)
new_predictions.append(y_pred)
# Оценка качества классификации для каждой модели
print(f"Отчет по результатам для {name}:")# Определение моделей и их прогнозов
from sklearn.metrics import accuracy_score, precision_score, recall_score,
f1_score
models = ["Logistic Regression", "Decision Tree", "Random Forest", "K-Nearest
Neighbors", "Support Vector Machine", "Naive Bayes"]
# Вычисление метрик для каждой модели
accuracy_scores = [accuracy_score(y_test, y_pred) for y_pred in predictions]
precision_scores = [precision_score(y_test, y_pred, average='weighted') for
y_pred in predictions]
recall_scores = [recall_score(y_test, y_pred, average='weighted') for y_pred in
predictions]
f1_scores = [f1_score(y_test, y_pred, average='weighted') for y_pred in
predictions]
# Создание DataFrame для отображения результатов
results_df = pd.DataFrame({
    "Model": models,
    "Accuracy": accuracy_scores,
    "Precision": precision_scores,
    "Recall": recall_scores,
    "F1 Score": f1_scores
})

```

Приложение Е:

АКТЫ ВНЕДРЕНИЯ

Акт внедрения от компании ООО «ПИТЕРДОРНИИ»

Общество с ограниченной ответственностью «ПитерДорНИИ»

Юр. адрес: 198316, г. Санкт-Петербург, г. Петергоф, пр-кт Санкт-Петербургский, д. 60, лит. Ф, офис № 309.
 Почтовый адрес: 198316, г. Санкт-Петербург, г. Петергоф, пр-кт Санкт-Петербургский, д. 60, лит. Ф, офис № 309.
 Телефон: (812) 244-46-69
 E-mail: info@pitdor.ru

ОГРН 107741378600
 ИНН 7806069306 КПП 780701061
 р/сч 4070281070600091248
 С/сч 3010181000000000920
 КАРН 044030920 / ОГРН 1090847011713 от 22.01.10
 «ПРОМСВЯБАНК» г. Санкт-Петербург
 к/сч 301011000000000920
 БИК 040502026

14.10.2024г.
 №71_25/а

УТВЕРЖДАЮ
 Генеральный директор
 ООО «ПИТЕРДОРНИИ»
 Е.В. Андреев

АКТ

внедрения результатов диссертационной работы аспиранта автомобильно-дорожного факультета ФГБОУ ВО Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета

Лукашова Богдана Витальевна

Настоящий акт подтверждает, что предложенные аспирантом автомобильно-дорожного факультета ФГБОУ ВО Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета Лукашова Б.В. результаты научных исследований приняты к использованию в производственном процессе организации в области обеспечения дорожной безопасности автотранспортного комплекса, а также диагностике эксплуатационного состояния автомобильных дорог и контролю качества проведенных работ по их содержанию и ремонту.

Основные положения данной работы использовались при проведении строительного контроля на следующих проектах федерального значения государственных заказчиков:

- Услуги по осуществлению строительного контроля при выполнении подрядных работ на Объекте: «Ремонт автомобильной дороги М-4 «Дон»

Москва - Воронеж - Ростов-на-Дону - Краснодар - Новороссийск на участке км 840+000 - км 850+000, Ростовская область

- Оказание услуг по осуществлению строительного контроля при проведении работ на объекте: «Строительство скоростной автомобильной дороги Москва - Санкт-Петербург на участке км 58 - км 684 (с последующей эксплуатацией на платной основе), 3 этап км 149 - км 208»

- Оказание услуг по осуществлению строительного контроля при выполнении комплекса работ и услуг по объектам: «Строительство скоростной автомобильной дороги Казань - Екатеринбург на участке Дорткома - Агит», 2 этап км 140 - км 232, Пермский край, «Строительство скоростной автомобильной дороги Казань - Екатеринбург на участке Дорткома - Агит», 3 этап км 232 - км 275, Свердловская область

- Строительный контроль по объекту: «Строительство и реконструкция участка автомобильной дороги М-7 «Волга» от Москвы через Владимир, Нижний Новгород, Казань до Уфы Реконструкция автомобильной дороги М-7 «Волга» Москва - Владимир - Нижний Новгород - Казань - Уфа, включая к городу Пермь на участке км 450+000 - км 459+000, Пермский край»

Настоящее исследование в области безопасности движения имеет комплексный подход с учетом технического состояния автомобилей, дорожной сети, организации движения автомобилей при оперативном управлении и контроле объектов строительства, полученные выводы и теоретические модели способствовали разработке мероприятий по снижению аварийности на строящихся и реконструирующихся автомобильных дорогах, мостах и путепроводах.

Производительность труда за счет использования ПО для ЭВМ с алгоритмами машинного обучения повышена на 19% при решении задач оптимизации дорожного движения и снижения аварийности.

Генеральный директор
 ООО «ПИТЕРДОРНИИ»

Галкин А.С.

Акт внедрения от компании ООО ДСК «Зеленый Град»

Общество с ограниченной ответственностью Дорожно-строительная компания «Зеленый Град» (ООО ДСК «Зеленый Град»)

Юридический и почтовый адрес: 198216, Санкт-Петербург, пр-кт Ленинский, д.140, лит. Е
 тел. (812) 499-77-30
 e-mail: office@zsk-green-city.ru

С/П-ПЕТЕРБУРГ (С/ПН) Ф-П ПАО «ПРОМСВЯБАНК»
 р/сч 4070281070600091248
 к/сч 3010181000000000920
 КАРН 044030920 / ОГРН 7809501001
 ИНН 7811453607 / ОГРН 11090847011713 от 22.01.10

№к.№ _____ от _____

УТВЕРЖДАЮ
 Генеральный директор
 ООО ДСК «Зеленый Град»
 Кусачев С.И.
 14.10.2024г.

АКТ

внедрения результатов диссертационного исследования аспиранта Лукашова Богдана Витальевна, выполняемого на кафедре ИГТМ автомобильно-дорожного факультета Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета на тему

«СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА АВТОТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ С УЧАСТИЕМ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ КАТЕГОРИЙ М2, N2, N3»

Настоящий акт составлен о том, что полученные результаты научных исследований аспиранта ФГБОУ ВО СПбГАСУ Лукашова Богдана Витальевна используются при планировании, а также организации дорожных работ на скоростных платных автодорогах Государственной Компании Российские автомобильные дороги (ГК Автодор).

Результаты диссертационной работы «СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА АВТОТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ С УЧАСТИЕМ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ КАТЕГОРИЙ М2, N2, N3», а также научные исследования аспиранта в сфере организации дорожного движения и создания предложение по улучшению системы БДД использовались при реализации следующих крупных инфраструктурных проектах:

Заказчик	Наименование объекта	Описание договора
Государственная компания «Российские автомобильные дороги» 127006, г. Москва, Стрелков бульвар, дом 9	«Выполнение мероприятий по оптимизации БДД на сети автомобильных дорог Государственной компании «Автодор». Установка транзитных и пешеходных ограждений, установка технических средств организации дорожного движения»	Договор ДЭ/БДД/2023-2521 от 29.11.2023 г. Установка транзитных и пешеходных ограждений, установка опор и дорожных знаков
Государственная компания «Российские автомобильные дороги» 127006, г. Москва, Стрелков бульвар, дом 9	«Выполнение мероприятий по оптимизации БДД на сети автомобильных дорог Государственной компании «Автодор». Установка транзитных и пешеходных ограждений, установка технических средств организации дорожного движения»	Договор ДЭ/БДД/2023-708 от 07.04.2023 г. Установка транзитных и пешеходных ограждений, установка опор и дорожных знаков
Государственная компания «Российские автомобильные дороги» 127006, г. Москва, Стрелков бульвар, дом 9	«Выполнение мероприятий по оптимизации БДД на сети автомобильных дорог Государственной компании «Автодор». Установка транзитных и пешеходных ограждений, установка технических средств организации дорожного движения»	Договор ДЭ/БДД/2022-1076 от 05.07.2022 г. Установка транзитных и пешеходных ограждений, установка опор и дорожных знаков
Государственная компания «Российские автомобильные дороги» 127006, г. Москва, Стрелков бульвар, дом 9	«Выполнение мероприятий по оптимизации БДД на сети автомобильных дорог Государственной компании «Автодор». Установка транзитных и пешеходных ограждений, установка технических средств организации дорожного движения»	Договор ДЭ/БДД/2021-1877 от 21.10.2021 г. Установка транзитных и пешеходных ограждений, установка опор и дорожных знаков

Производительность труда за счет снижения временных затрат повышена на 24% при реализации проектов по организации дорожного движения с использованием программы для анализа ДТП аспиранта Лукашова Б.В.

Начальник ПТО
 ООО ДСК «Зеленый Град»

Кудашева Н.М.

Акт внедрения от института безопасности дорожного движения Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное
Образовательное учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет»
(СПбГАСУ)
ИНСТИТУТ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ



Санкт-Петербург, 190020, ул. Курляндская, д. 2/5, тел. 8-952-384-59-00,
8 (812) 251-92-08, 2519208@mail.ru

№ 211/2024/007
от «21» 11 2024 г.

АКТ

внедрения результатов диссертационной работы на тему:
«Совершенствование метода автотехнической экспертизы дорожно-транспортных происшествий с участием транспортных средств категорий М2, N2, N3»

аспиранта Лукашова Богдана Витальевича

При проведении диссертационного исследования на тему «Совершенствование метода автотехнической экспертизы дорожно-транспортных происшествий с участием транспортных средств категорий М2, N2, N3» аспирантом автомобильно-дорожного факультета Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета Лукашовым Богданом Витальевичем была выполнена научная работа, направленная на совершенствование метода реконструкции ДТП, учитывающего составные параметры, связанные с процессом торможения ТС категорий М2, N2, N3.

Новизна исследования обусловлена следующими положениями:

1. Выявлены тенденции развития дорожно-транспортной ситуации с участием ТС категорий М2, N2, N3 РФ на основе теории статистического анализа и математического моделирования с применением нового алгоритма аналитического комплекса.

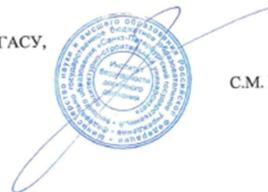
2. Впервые определены зависимости установившегося замедления ТС категорий М2, N2, N3 и коэффициента сцепления дорожного покрытия в границах модельно-ориентированной реконструкции ДТП.

3. Впервые создан усовершенствованный расчетный метод реконструкции ДТП с участием ТС категорий М2, N2, N3 путем повышения точности оценки параметров движения транспортных средств и качества заключений ДТЭ.

4. Разработан алгоритм применения расчетно-аналитических процедур метода автотехнической экспертизы дорожно-транспортных происшествий с участием ТС категорий М2, N2, N3, и способ их реализации, созданы предложения по повышению качества производства ДТЭ.

Следовательно, полученные результаты экспериментальных исследований по определению установившегося замедления, времени нарастания замедления ТС категорий М2, N2, N3 на различных дорожных покрытиях являются современной базой данных при проведении автотехнических экспертиз, позволяющие снизить погрешность при расчетах в экспертных заключениях и повысить точность расчетов на 16%.

Главный эксперт ИБДД СПбГАСУ,
доктор технических наук,
профессор кафедры НГТМ



С.М. Грушецкий

Акт внедрения от ОГИБДД УМВД России по Кировскому району г. Санкт-Петербурга

УТВЕРЖДАЮ
Отдел Госавтоинспекции УМВД России
по Кировскому району
г. Санкт-Петербурга
Козырев С.В.
17.11.2024

АКТ

внедрения результатов диссертационной работы аспиранта
ФГБОУ ВО Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета
Лукашова Богдана Витальевича

При выполнении диссертационной работы на тему «Совершенствование метода автотехнической экспертизы дорожно-транспортных происшествий с участием транспортных средств категорий М2, N2, N3» аспирантом автомобильно-дорожного факультета Санкт-Петербургского архитектурно-строительного университета Лукашовым Богданом Витальевичем (научный руководитель - доктор технических наук, профессор Еглюков Сергей Аркадьевич) выполнен комплексный анализ всех видов экспертиз по дорожно-транспортным происшествиям (ДТП) на территории Кировского района г. Санкт-Петербурга, выявлены аварийные участки и даны рекомендации направленные по уменьшению количества ДТП, в том числе и с тяжкими последствиями. Полученные результаты экспериментальных исследований по определению установившегося замедления, времени нарастания замедления ТС категорий М2, N2, N3 на различных дорожных покрытиях являются современной базой данных при проведении автотехнических экспертиз, позволяющие повысить точность расчетов в экспертных заключениях на 12%. Практическая работа аспиранта Лукашова Б.В. в районе, с использованием его научных разработок, описанных в диссертации, позволила выявить слабые места в организации безопасности дорожного движения и разработать алгоритм по их устранению; повысить уровень и качество работы специалистов в области безопасности дорожного движения и экспертов-автотехников в районе.

Комиссия в составе: Беспалов М.Г. - старший инспектор по исполнению административного законодательства отдела Госавтоинспекции УМВД России по Кировскому району г. Санкт-Петербурга, Давилин А.В. - инспектор по исполнению административного законодательства отдела Госавтоинспекции УМВД России по Кировскому району г. Санкт-

Петербурга, Сытина М.И. - инспектор по исполнению административного законодательства отдела Госавтоинспекции УМВД России по Кировскому району г. Санкт-Петербурга, Александров А.В. - инспектор по исполнению административного законодательства отдела Госавтоинспекции УМВД России по Кировскому району г. Санкт-Петербурга, подтверждают настоящим актом применение результатов диссертационной работы «Совершенствование метода автотехнической экспертизы дорожно-транспортных происшествий с участием транспортных средств категорий М2, N2, N3» аспиранта Лукашова Б.В., направленное на уменьшение сроков выполнения автотехнических экспертиз, повышения их качества, и уменьшения тяжелых дорожно-транспортных происшествий на автомобильных дорогах Кировского района Санкт-Петербурга.

Результаты оценки приведенного метода расчета по сравнению с общепринятыми методами показывают высокие количественные показатели, значительно снижая погрешность и неточности при расчетах и выводах автотехнических экспертов. Количество выполненных экспертиз и выводы по ним по определению технической возможности водителя транспортного средства избежать ДТП, а также проведения расчетов по определению скорости движения транспортных средств до момента столкновения качественно повышены за счет изменения результатов экспертных заключений на 8%.

Использование научно-методической базы расчетно-аналитического, информационного и программного обеспечения в области реконструкции ДТП, в т.ч. методов формирования набора первичной информации о месте ДТП, диссертационного исследования аспиранта Лукашова Б.В. рекомендовано для работы экспертов-автотехников и инспекторов по исполнению административного законодательства отдела Госавтоинспекции УМВД России по Кировскому району г. Санкт-Петербурга.

Председатель комиссии
Беспалов М.Г.
Члены комиссии
Давилин А.В.
Сытина М.И.
Александров А.В.

Акт внедрения в учебный процесс в ФГБОУ ВО "Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет"



МИНОБНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет»
(СПбГАСУ)
ул. 2-я Красноармейская, д. 4, Санкт-Петербург, 190005

19.11.24 № 08.32.124/АО

[Акт внедрения материалов диссертации]
в учебный процесс СПбГАСУ



«УТВЕРЖДАЮ»
Проректор по образовательной
деятельности
ФГБОУ ВО СПбГАСУ
Михайлов С.В.

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

материалов, содержащихся в диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук «Совершенствование метода автотехнической экспертизы дорожно-транспортных происшествий с участием транспортных средств категорий М2, N2, N3» Лукашова Богдана Витальевича в учебный процесс Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета

Комиссия в составе:

Председателя: кандидата технических наук, доцента Зызыкина А.В. – декана автомобильно-дорожного факультета.

Членов комиссии:

доктора технических наук, профессора Евтюкова С.С. – заведующего кафедрой транспортных систем и дорожно-мостового строительства;
доктора технических наук, доцента Куракиной Е.В. – заведующего кафедрой наземных транспортно-технологических машин;
кандидата технических наук, доцента Черныява И.О. – заведующего кафедрой технической эксплуатации транспортных средств.

Настоящим подтверждает внедрение материалов, содержащихся в диссертации, на соискание ученой степени кандидата технических наук «Совершенствование метода автотехнической экспертизы дорожно-транспортных происшествий с участием транспортных средств категорий М2, N2, N3» аспиранта кафедры наземных транспортно-технологических машин Лукашова Богдана Витальевича (научный руководитель: доктор технических наук, профессор Евтюков С.А.) в учебный процесс выпускающей кафедры наземных транспортно-технологических машин автомобильно-дорожного факультета для обучающихся по специальности 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические

средства» и аспирантов по научной специальности 2.9.5 «Эксплуатация автомобильного транспорта».

Результаты диссертации Лукашова Богдана Витальевича нашли теоретическое и практическое применение в учебном процессе по следующим дисциплинам учебного плана по специальности:

23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства»:

- Б1.О.31 Диагностика, инструментальный контроль и экспертиза наземных транспортно-технологических машин.

2.9.5 «Эксплуатация автомобильного транспорта»:

- Б1.В.01 Эксплуатация автомобильного транспорта.

Внедрение результатов диссертации Лукашова Богдана Витальевича обсуждено на заседании учебно-методической комиссии автомобильно-дорожного факультета Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета «28» ноября 2024 г., протокол № 2.

Основные положения диссертации (совершенствование метода автотехнической экспертизы дорожно-транспортных происшествий с участием транспортных средств категорий М2, N2, N3) для экспертной деятельности в области безопасности дорожного движения изложены в следующих печатных трудах автора:

1. Лукашов, Б. В. Исследование подсистемы выявления инцидентов интеллектуальной транспортной системы / С. А. Евтюков, Б. В. Лукашов // Вестник гражданских инженеров. – 2022. – № 1(90). – С. 136-142.
2. Лукашов, Б. В. Метод оценки наличия технической возможности у водителя транспортного средства избежать ДТП с применением современных информационных и телематических технологий / С. А. Евтюков, Б. В. Лукашов // Мир транспорта и технологических машин. – 2022. – № 2(77). – С. 54-60.
3. Лукашов, Б. В. Экспертиза ДТП с использованием БПЛА, комплексов выявления инцидентов и систем лазерного сканирования / С. А. Евтюков, Е. В. Куракина, Б. В. Лукашов // Грузовик. – 2024. – № 1. – С. 30-33.

Председатель комиссии:
Декан АДФ, к.т.н., доцент

Зызыкин А.В.

Члены комиссии:
Заведующий кафедрой ТСидМС,
д.т.н., профессор

Евтюков С. С.

Заведующий кафедрой НГТМ,
д.т.н., доцент

Куракина Е.В.

Заведующий кафедрой ТЭТС,
к.т.н., доцент

Черныяв И.О.

Приложение Ж:

Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ -
Аналитический комплекс для статистического анализа, визуализации и
кластеризации дорожно-транспортных происшествий

