

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

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

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Определение параметров движения транспортных средств с целью выявления
места столкновения на загородных трассах

23.04.01 – «Технология транспортных процессов»

23.04.01.02 – «Оценка соответствия и экспертиза безопасности на транспорте»

Научный руководитель	доцент, канд. техн. наук	Е.В. Фомин
Выпускник		А.С. Поляков
Рецензент	зам. директора ГПКК «КРЦЭ»	В.В. Чехунов

Красноярск 2021

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

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

**ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме магистерской диссертации**

Студенту: Полякову Андрею Сергеевичу
Группа: ФТ19-06М Направление (специальность) 23.04.01 «Технология транспортных процессов».

Тема выпускной квалификационной работы «Определение параметров движения транспортных средств с целью выявления места столкновения на загородных трассах».

Утверждена приказом по университету _____ г.

Руководитель ВКР: Е.В. Фомин, доцент кафедры «Транспорт», канд. техн. наук.

Перечень разделов ВКР:

1. Актуальность.
2. Изучение состояния вопроса.
3. Разработка математической модели для определения места столкновения при встречных столкновениях на загородных трассах Красноярского края.

4. Методики теоретических и экспериментальных исследований.

5. Результаты исследования.

Перечень графического материала: Приложение В «Презентационный материал».

Руководитель ВКР

Е.В. Фомин

Задание принял к исполнению

А.С. Поляков

РЕФЕРАТ

Магистерская диссертация по теме «Определение параметров движения транспортных средств с целью выявления места столкновения на загородных трассах» содержит 85 страниц текстового документа, 51 иллюстрация, 37 формул, 16 таблиц, 3 приложения, 35 использованных источника, 21 лист презентационного материала.

ТРАНСПОРТНОЕ СРЕДСТВО (ТС), ПАРАМЕТРЫ ДВИЖЕНИЯ, ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНОЕ ПРОИШЕСТВИЕ (ДТП), ВСТРЕЧНОЕ СТОЛКНОВЕНИЕ, ЭКСПЕРТИЗА ДТП, МОДЕЛИРОВАНИЕ ДТП.

В разделе «Актуальность» представлен анализ состояния дорожной сети Красноярского края, анализ состояния аварийности и мест концентрации ДТП на федеральных дорогах Красноярского края.

На основании данных анализа установлено, что встречные столкновения являются наиболее частым видом ДТП. Также выявлены основные виды встречных ДТП и особенности их расследования.

В основной части работы приведены «Методологические подходы к расследованию ДТП на загородных трассах».

Дана оценка текущему состоянию вопроса фиксации следов на месте происшествия при встречном столкновении, определение вероятного механизма ДТП при встречных столкновениях.

Проведен анализ факторов влияющих на определение параметров движения ТС и установлены основные вопросы, выносимые на экспертизу ДТП при встречных столкновениях на загородных трассах.

На основе анализа, определено, что ключевым подходом к расследованию встречных ДТП на загородных трассах является определение места столкновения ТС (стороны дороги).

В исследовательской части работы предложена методика повышения точности при расследовании встречных ДТП связанных со съездом ТС с проезжей части. Также предложен метод фиксации следов на месте ДТП с помощью применения фотограмметрии и фототриангуляции для создания 3д модели места ДТП, что повысит точность при создании схемы ДТП и определения параметров ТС.

Таким образом, при применении существующей методики, определения поперечного перемещения центра масс автомобиля после столкновения и предлагаемой, можно дать ответ на вопрос о месте столкновения ТС.

Проверка адекватности разработанной модели представлена натурным экспериментом и материалами компьютерного моделирования встречных ДТП на загородных трассах в программе моделирования ДТП «PC-Crash».

«Практические рекомендации по повышению точности при расследовании встречных ДТП на загородных трассах» заключаются в использовании новых подходов для определения параметров движения транспортных средств при ДТП. Разработанная методика позволит ответить на основной вопрос, выносимый на экспертизу ДТП, что повысит ее точность.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	5
1 Актуальность	6
1.1 Характеристика загородных дорог проходящих по территории Красноярского края и особенности организации дорожного движения на них.....	6
1.2 Характеристика и особенности организации дорожного движения на автомобильных дорогах общего пользования федерального значения проходящих по территории Красноярского края	8
1.3 Анализ аварийности на автомобильных дорогах федерального значения проходящих по территории Красноярского края.....	10
1.3.1 Выявления и анализ очагов аварийности по видам происшествий на федеральных трассах, проходящих по территории Красноярского края	14
1.4 Цели и задачи дальнейшего исследования.....	18
2 Изучение состояния вопроса.....	18
2.1 Особенности расследования и экспертизы встречных столкновений ТС	18
2.2 Особенности фиксации следов на месте происшествия при встречном столкновении	20
2.3 Вероятный механизм ДТП при встречных столкновениях	24
2.4 Основные вопросы, требующие экспертного исследования	28
2.5 Анализ факторов влияющих на определение параметров движения ТС и определения места их столкновения.....	29
2.6 Обзор и анализ методов определения места столкновения и параметров движения ТС	30
2.6.1 Расчет скорости движения ТС.....	30
2.6.2 Определение времени торможения, тормозного и остановочного пути.....	35
2.6.3 Определение места столкновения ТС.....	38
3 Разработка математической модели для определения места столкновения при встречных столкновениях на загородных трассах Красноярского края.....	45
3.1 Исходные данные для разрабатываемой математической модели	51
3.1.1 Координаты ТС после ДТП. Методика сбора исходных данных на месте ДТП с использованием современных методов фиксации следов	51
3.1.2 Технические характеристики ТС	63
3.1.3 Тип покрытия. Среда.....	64
4 Методики теоретических и экспериментальных исследований	67
4.1 Методика выполнения эксперимента с использованием разработанной математической модели	67
4.2 Методика выполнения натурального эксперимента.....	69

4.3 Методика выполнения эксперимента с использованием программного комплекса PC-Crash	72
5 Результаты исследований.....	76
5.1 Результаты теоретических и экспериментальных исследований	76
5.1.1 Результаты расчетного метода	76
5.1.2 Результаты натурного эксперимента.....	78
5.1.3 Результаты эксперимента с использованием программы PC-Crash ..	80
5.2 Общие выводы.....	82
Заключение	83
Список использованных источников	84
Приложение А. Схемы встречных столкновений на автомобильной дороге Р-255 «Сибирь» км 800 + 150.....	86
Приложение Б. Форма протокола испытания	87
Приложение В. Презентационный материал.....	88

ВВЕДЕНИЕ

На современном этапе развития российского общества одним из приоритетных направлений развития является обеспечение безопасности дорожного движения. Анализ статистических данных дает основания утверждать, что аварийность на автомобильном транспорте наносит огромный материальный и моральный ущерб как обществу в целом, так и отдельным гражданам. За последние 10 лет парк легковых автомобилей в России вырос на 37 % – с 31,8 млн. штук в начале 2009 года до 43,5 млн. штук к началу 2019 года. Несмотря на сложившуюся тенденцию повышения безопасности дорожного движения за последние несколько лет, уровень аварийности в целом по России остается высоким.

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

По определению дорожно-транспортные происшествия связаны с травматизмом людей и (или) получением материального ущерба. При ДТП на загородных трассах ущерб является максимальным в связи с повышением скорости движения ТС, это обуславливает необходимость достоверной реконструкции ДТП и выявлением виновных лиц.

В настоящее время при реконструкции ДТП экспертами применяются методики определения механизма ДТП и параметров движения ТС на основе физических расчетов и программных продуктов по моделированию. Каждый из этих подходов имеет свои проблемы и недостатки.

Целью работы является: оптимизация существующих методик определения параметров движения ТС для выявления места столкновения на загородных трассах.

Объект исследования: параметры движения ТС до столкновения, в момент удара и после него, траектории движения ТС, механизм ДТП, среда движения ТС после столкновения.

Предмет исследования: закономерности изменения параметров движения ТС до столкновения, в момент удара и после него.

Научная новизна: разработана методика определения места ДТП при встречном столкновении, связанном с большим разлетом ТС после удара.

Публикации: статья в журнале «Транспорт Урала» № 1, 2020 год, статья в журнале «Грузовик» № 8, 2020 год.

1 Актуальность

1.1 Характеристика загородных дорог проходящих по территории Красноярского края и особенности организации дорожного движения на них

Автомобильная дорога – объект транспортной инфраструктуры, предназначенный для движения транспортных средств и включающий в себя земельные участки в границах полосы отвода автомобильной дороги и расположенные на них или под ними конструктивные элементы и дорожные сооружения, являющиеся ее технологической частью, защитные дорожные сооружения, искусственные дорожные сооружения, производственные объекты, элементы обустройства автомобильных дорог.

Автомобильные дороги в зависимости от их значения подразделяются на:

- автомобильные дороги федерального значения;
- автомобильные дороги регионального или межмуниципального значения;
- автомобильные дороги местного значения;
- частные автомобильные дороги.

Автомобильные дороги в зависимости от вида разрешенного использования подразделяются на автомобильные дороги общего пользования и автомобильные дороги необщего пользования.

К автомобильным дорогам общего пользования относятся автомобильные дороги, предназначенные для движения транспортных средств неограниченного круга лиц.

Автомобильными дорогами общего пользования федерального значения являются автомобильные дороги:

- соединяющие столицу Российской Федерации - город Москву со столицами сопредельных государств, с административными центрами (столицами) субъектов Российской Федерации;

- включенные в перечень международных автомобильных дорог в соответствии с международными соглашениями Российской Федерации.

Автомобильными дорогами общего пользования федерального значения могут быть автомобильные дороги:

- соединяющие между собой административные центры (столицы) субъектов Российской Федерации;

- являющиеся подъездными дорогами, соединяющими автомобильные дороги общего пользования федерального значения, и имеющие международное значение крупнейшие транспортные, а также специальные объекты федерального значения;

- являющиеся подъездными дорогами, соединяющими административные центры субъектов Российской Федерации, не имеющие автомобильных дорог общего пользования, соединяющих соответствующий административный центр субъекта Российской Федерации со столицей Российской Федерации - городом

Москвой, и ближайшие морские порты, речные порты, аэропорты, железнодорожные станции [1].

Автомобильные дороги по условиям движения и доступа на них транспортных средств разделяют на три класса:

- автомагистраль;
- скоростная дорога;
- дорога обычного типа (не скоростная дорога) [2].

По состоянию на 01.01.2019 протяжённость автомобильных дорог общего пользования регионального или межмуниципального значения в Красноярском крае составляет 14197,8 км. Процент автомобильных дорог регионального значения, которые не соответствуют нормативным требованиям на 2018 год 64,9 % (314099,0 километра) [3].

По данным исследований дорожные условия являются косвенной причиной 70-75% ДТП [4].

Согласно постановлению Правительства Красноярского края в перечень автомобильных дорог общего пользования регионального или муниципального значения Красноярского края входит 989 дорог [5].

Протяженность региональной дорожной сети и сведения о доле протяженности дорог в Красноярском крае, не отвечающих нормативным требованиям также представлены в таблице 1.1 [3, 6, 7].

Таблица 1.1 – Протяженность региональной дорожной сети в Красноярском крае

Год								
2016			2017			2018		
общая	грунт.	% не соответст в. требовани ям	общая	грунт.	% не соответст в. требовани ям	общая	грунт.	% не соответств. требованиям
14165	656	30	14168	645	28	14197	616	27

На территории Красноярского края проходят 2 автомобильные дороги федерального значения:

- Сибирь (Р-255);
- Енисей (Р-257).

Автомобильные дороги федерального значения получают финансирования из федерального бюджета, за их сохранностью выделяют пристальное внимание, поэтому процент протяженности данных

автомобильных дорог, который соответствует нормативным требованиям выше, чем у региональных и межмуниципальных дорог.

Исходя из этого, существует тенденция увеличения скоростей движения на автомобильных дорогах федерального значения, что увеличивает тяжесть последствий при ДТП. Проблема актуальна и для дорог Красноярского края.

1.2 Характеристика и особенности организации дорожного движения на автомобильных дорогах общего пользования федерального значения проходящих по территории Красноярского края

Общая протяженность автомобильных дорог федерального значения на территории Красноярского края равна 1236 км. Схема расположения федеральных дорог проходящих по Красноярскому краю представлена на рисунке 1.1.

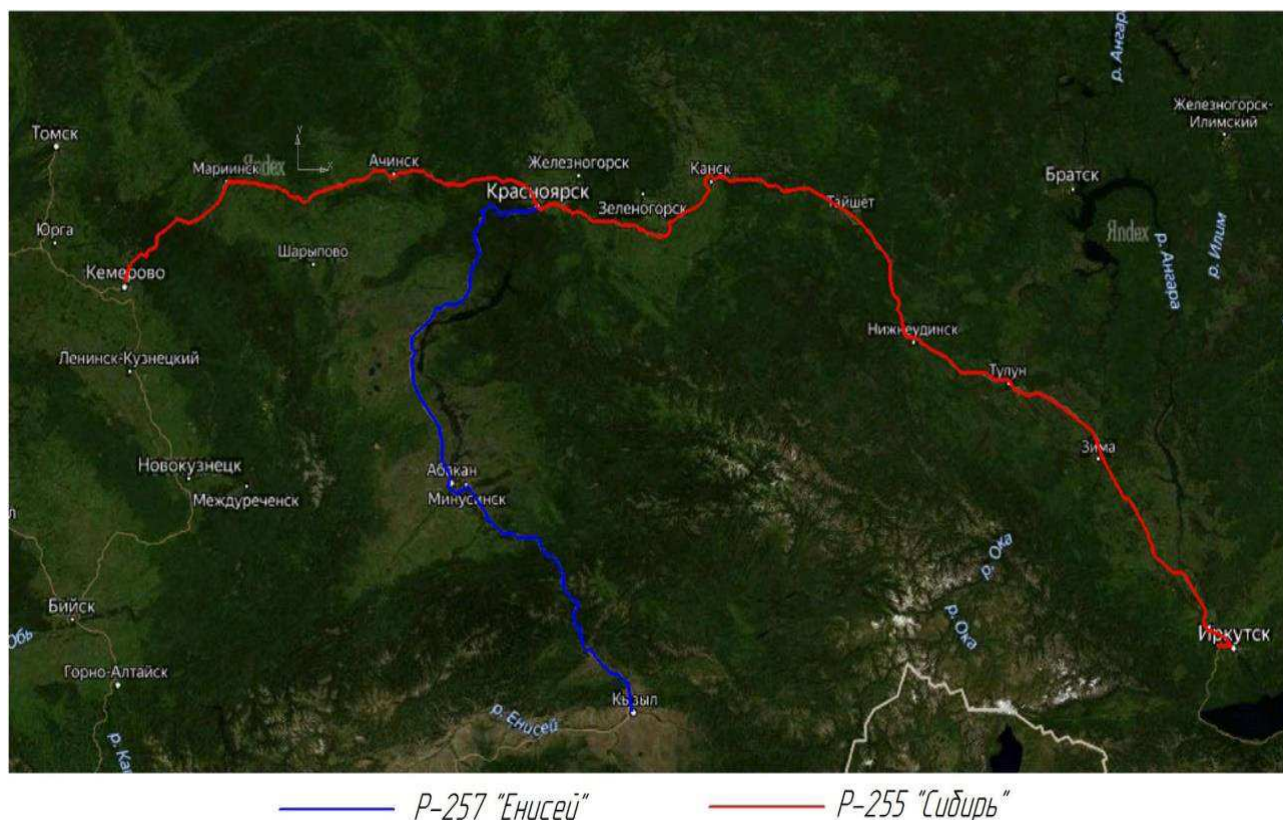


Рисунок 1.1 – Схема расположения федеральных дорог Красноярского края

Автомобильная дорога Р-255 относится к дороге федерального значения, обычного типа, имеет единую проезжую часть или с центральной разделительной полосой, доступ на которые возможен через пересечения и примыкания в разных и одном уровне. Содержание дороги, по ее ремонту и обслуживанию обеспечивает подведомственная «Росавтодору», организация ФКУ Упрдор «Енисей». В таблице 1.2 представлена характеристика трассы Р-255 «Сибирь» проходящей по территории Красноярского края.

Таблица 1.2 – Характеристика федеральной трассы Р-255 «Сибирь» на территории Красноярского края

Наименование	Ед. изм.	Р-255 (Сибирь)
Протяженность, Всего:		696
I категория	км.	26,4
II категория		361,18
III категория		308,4
Количество мостов	шт.	66
	п.м.	4515,09
Количество надземных пешеходных переходов	шт.	2
	п.м.	157
Количество труб	шт.	460
	п.м.	14972,45
Барьерное ограждение	км.	294,398
Линии электроосвещения	км.	22,643

В таблице 1.3 представлена характеристика трассы Р-257 «Енисей» проходящей по территории Красноярского края.

Таблица 1.3 – Характеристика федеральной трассы Р-257 «Енисей» на территории Красноярского края

Наименование	Ед. изм.	Р-257 (Енисей)
Протяженность, Всего:		540
I категория	км.	0
II категория		0
III категория		540
Количество мостов	шт.	17
	п.м.	1355,23
Количество надземных пешеходных переходов	шт.	1
	п.м.	90,44
Количество труб	шт.	224
	п.м.	6096,92
Барьерное ограждение	км.	67,035
Линии электроосвещения	км.	5,497

Из таблиц 1.2-1.3 видно, что 60% участков федеральных дорог Красноярского края относятся к 3-й категории дорог, 37% ко 2-й категории дорог и всего 3% к дорогам 1-й категории. Усугубляет ситуацию значительное количество водоотводных труб, при капитальном ремонте дороги это требует финансовых затрат, строительства обходов для движения транспортных средств и ограничивает планировочные решения.

1.3 Анализ аварийности на автомобильных дорогах федерального значения проходящих по территории Красноярского края

По данным, предоставленным Управлением ОГИБДД России «Красноярское» на участках федеральных трасс Р-255 «Сибирь» и Р-257 «Енисей» проходящих по территории Красноярского края, за 4 года в период с 2015 по 2018 гг. произошло 1585 ДТП в которых погибло 492 человека (таблица 1.4-1.5).

Таблица 1.4 – Статистика ДТП на федеральной трассе Р-255 «Сибирь» проходящей по территории Красноярского края за 2015-2018 г.г.

Год	Р-255 на территории Красноярского края (540-1170 км)		
	ДТП	Погибло	Ранено
2015	284	117	444
2016	239	87	361
2017	256	83	419
2018	251	80	347

Таблица 1.5 – Статистика ДТП на федеральной трассе Р-257 «Енисей» проходящей по территории Красноярского края за 2015-2018 г.г.

Год	Р-257 на территории Красноярского края (15-445 км)		
	ДТП	Погибло	Ранено
2015	142	53	208
2016	140	25	361
2017	138	23	220
2018	135	24	228

Из таблиц 1.4, 1.5 можно сделать вывод о том, что на федеральных трассах Красноярского края присутствует тенденция снижения числа ДТП и числа погибших. Распределение ДТП, погибших и раненых по федеральным трассам Красноярского края за 4 года, представлено на рисунке 1.2.

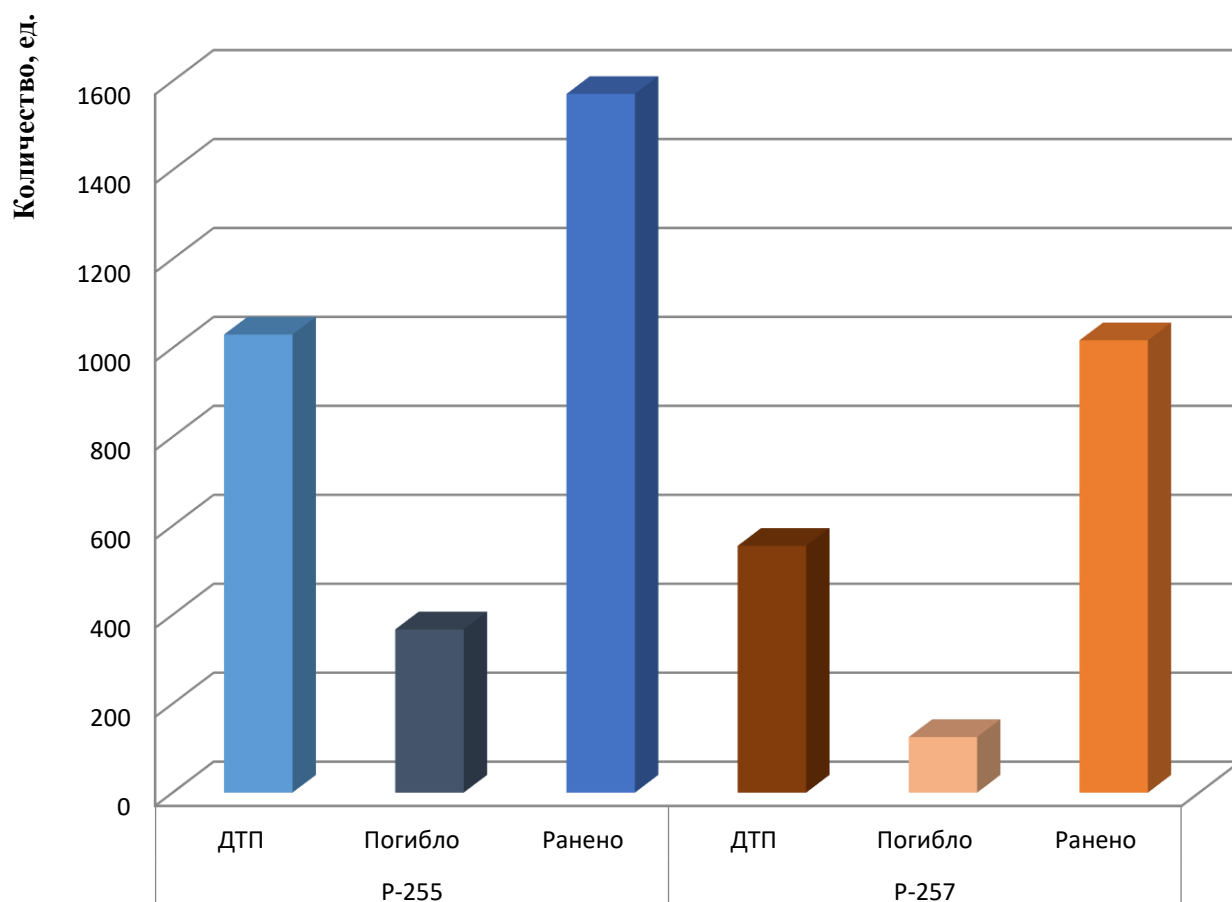


Рисунок 1.2 – Распределение ДТП, погибших и раненых по федеральным трассам Красноярского края с 2015 по 2018 года

Из рисунка 1.2 видно, что показатели аварийности на трассе P-255 «Сибирь» выше, чем на P-257 «Енисей».

Таким образом, в данной работе будут производиться исследования на примере автомобильной дороги общего пользования федерального значения P-255 «Сибирь».

В соответствии с методикой оценки безопасности движения на автомобильных дорогах, разработанной «РОСАВТОДОР», одними из важнейших показателей являются: показатель относительной тяжести последствий ДТП на рассматриваемом участке дороги, который рассчитывают по формуле 1.1 и показатель тяжести последствий ДТП, рассчитывают по формуле 1.2 [8].

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

где $Z_{\text{п}}$ – количество погибших на 1 млн. авт. – км;
 N – среднегодовая суточная интенсивность движения, авт./сут.;
 T – расчетный период времени, лет;

p – количество погибших в ДТП за расчетный времени T , чел.;
 L – протяженность участка дороги, км.

$$m_2 = \frac{n_{п}}{n_{п}+n_{р}} \cdot 100, \quad (1.2)$$

где $n_{п}$ – количество погибших в n ДТП, чел.;

$n_{р}$ – количество раненых в n ДТП, чел.

Подставляя значения за 2018 год из таблицы 1.1 для Красноярского края и 1.2 для федеральной трассы Р-255 в формулу 1.2, получим значение равное 18,73.

Показатель тяжести последствий близкий к 20 является критическим при оценке безопасности дорожного движения на загородных трассах.

На рисунке 1.3 представлено Распределение количества ДТП по видам за 2016 – 2018 гг. на трассе Р-255.

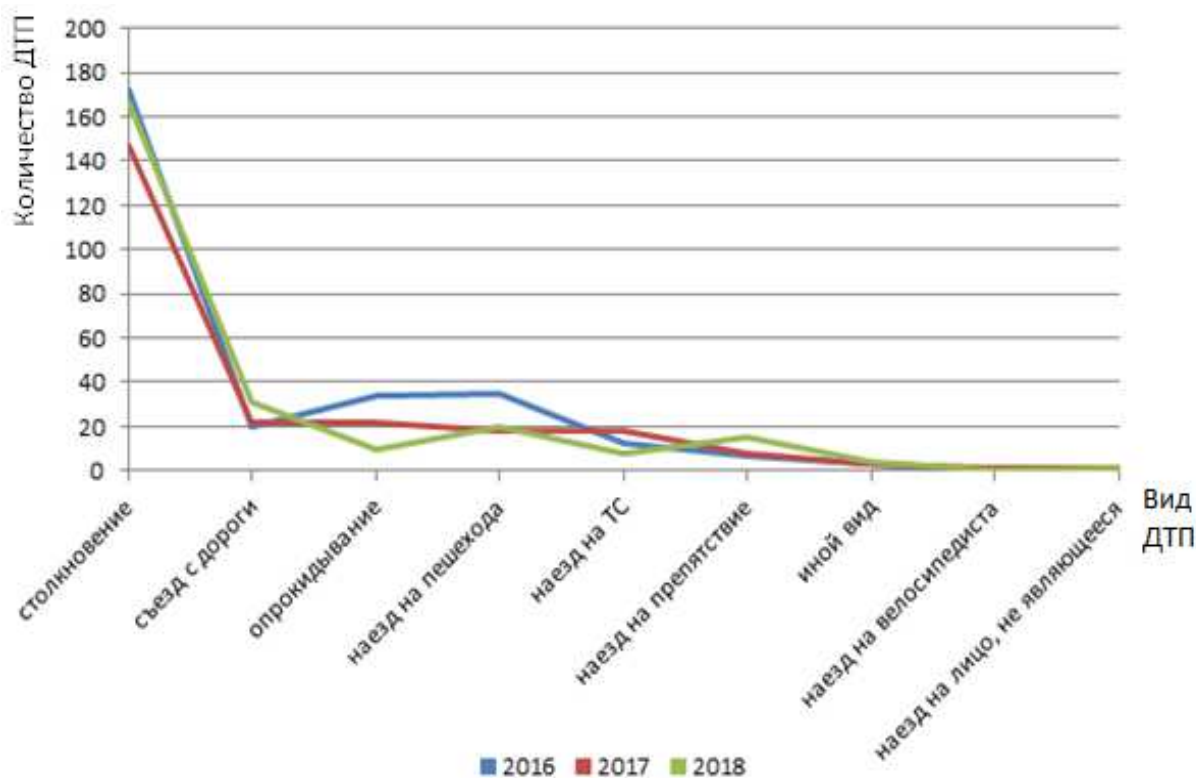


Рисунок 1.3 – Распределение количества ДТП по видам за 2016 – 2018 гг. на трассе Р-255

На федеральной трассе Р-255 преобладающим видом ДТП являются столкновения. Столкновения самый опасный вид ДТП, поэтому, необходим более детальный анализ видов столкновений. На рисунке 1.4 отобразим в процентом соотношении распределение видов столкновений на федеральной трассе Р-255 Сибирь.

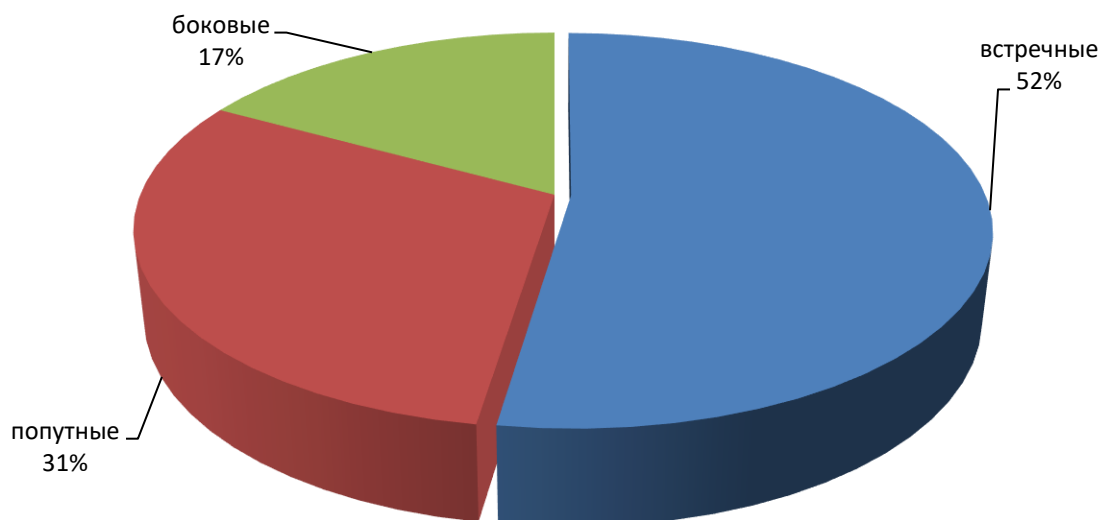


Рисунок 1.4 – Распределение видов столкновений на федеральной трассе Р-255 Сибирь

Из рисунка 1.4 видно, что более 50% столкновений – встречные, данные показатели в очередной раз доказывают актуальность проблемы. Распределение погибших по видам столкновений представленное на рисунке 1.5 говорит о том, что наибольшей тяжестью последствий характеризуются встречные столкновения.

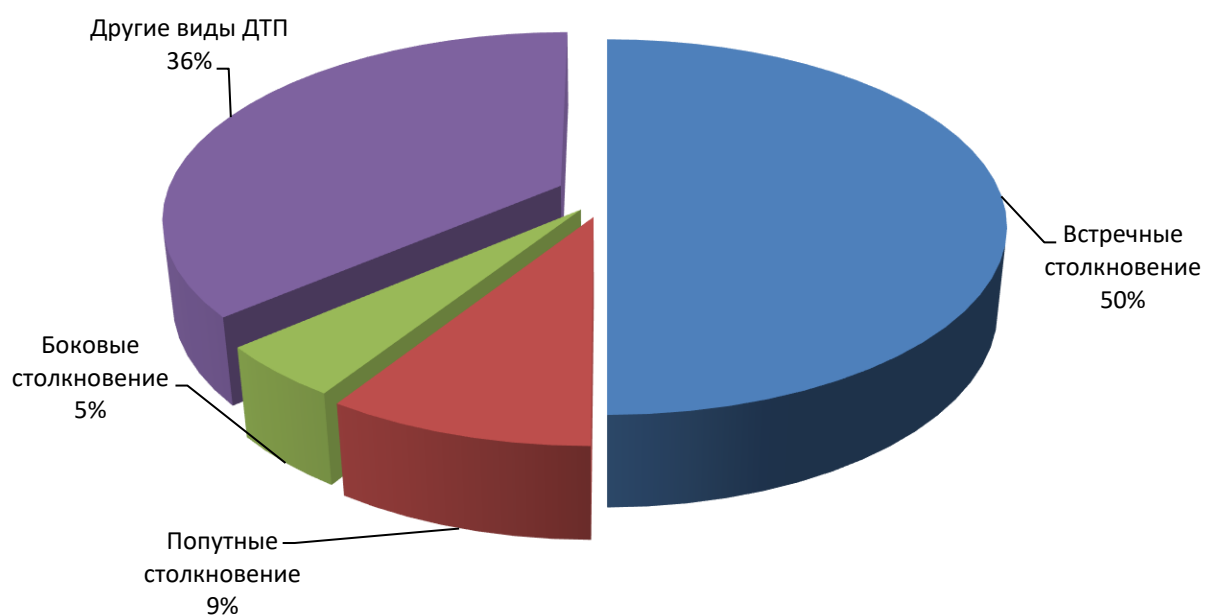


Рисунок 1.5 – Распределение погибших по видам ДТП на федеральной трассе Р-255 Сибирь

Так как лобовые столкновения наиболее распространенный вид ДТП, необходимо вычислить удельные показатели погибших на трассе, для полного видения ситуации. В таблице 1.6 представлены удельные показатели распределения погибших по видам столкновений на 100 ДТП, на трассе Р-255.

Таблица 1.6 – Распределение погибших по видам столкновений на 100 ДТП, на трассе Р-255

Вид столкновения	Количество погибших на 100 ДТП
Встречные	59,5
Попутные	18,6
Боковые	16,6

Из таблицы 1.6 видно, что наибольшее число погибших на 100 ДТП при встречных столкновениях.

1.3.1 Выявления и анализ очагов аварийности по видам происшествий на федеральных трассах, проходящих по территории Красноярского края

Организация работы по выявлению и устранению мест концентрации ДТП (аварийно-опасные участки дорог) является существенным резервом повышения сокращения аварийности на дорогах.

Ранее в исследованиях была разработана методика проведения аудита безопасности дорожного движения, поэтому очаги аварийности в данной работе будут выявляться согласно рекомендациям по проведению аудита безопасности дорожного движения.

К аварийно-опасным участкам относятся следующие участки дороги:

- участки, ДТП на которых, в случае возникновения, характеризуются высокой тяжестью последствий;
- участки, на которых совершается большое количество ДТП с материальным ущербом;
- участки, на которых неблагоприятное сочетание дорожных условий или складывающиеся под их влиянием режимы движения транспортных средств могут служить источником повышенного риска совершения ДТП [9].

В соответствии с рекомендациями по выявлению мест концентрации ДТП на автомобильных дорогах, были выявлены аварийно-опасные участки федеральной трассы Р-255 (таблица 1.7).

Таблица 1.7 – Аварийно-опасные участки федеральной трассы Р-255

Номер километра	ДТП 2015	ДТП 2016	ДТП 2017	ДТП 2018	Вид ДТП	План дороги
770	2	5	3	0	Столкновения	Горизонтальный участок
795	2	6	1	1	Столкновения	Горизонтальный участок
796	6	0	2	1	Столкновения	Горизонтальный участок
797	2	2	4	0	Столкновения	Горизонтальный участок
808	4	4	3	2	Столкновения	Горизонтальный участок
843	3	0	1	0	Наезд на пешехода	Горизонтальный участок
844	1	6	1	0	Наезд на пешехода	Горизонтальный участок
908	1	1	5	2	Столкновения	Затяжной поворот

Далее проведем топографический анализ ДТП наиболее аварийного участка федеральной трассы Р-255, 808 км.

Следует отметить, что в 2019 году на данном участке произошло 1 ДТП, в 2020 также 1, в 2021 – 0, эта тенденция снижения числа ДТП связана с текущей реконструкцией участка. Однако, за 5 месяцев 2021 года уже зафиксировано 3 ДТП в которых 1 человек погиб и 4 ранены на 810 км автомобильной дороги Р-255. Новый аварийно-опасный участок находится в непосредственной близости с прежним и имеет идентичные эксплуатационные характеристики трассы. В данной работе эти показатели являются не предметом исследования, а результатом предыдущих работ, которые в данной ВКР имеют значение только в части актуальности исследования (примера) и не влияют на результат работы, поэтому при анализе статистики будет использована выборка ДТП по 808 км автомобильной дороги Р-255.

При выполнении топографического анализа ДТП в рамках аудита БДД рекомендуется использовать графический способ выявления наиболее аварийных участков дороги, используя метод «скользящее окно», которое перемещается по всей протяженности дороги (рисунок 1.6). Если в «окно» попадает участок с определенным количеством ДТП, то он определяется как место концентрации ДТП.

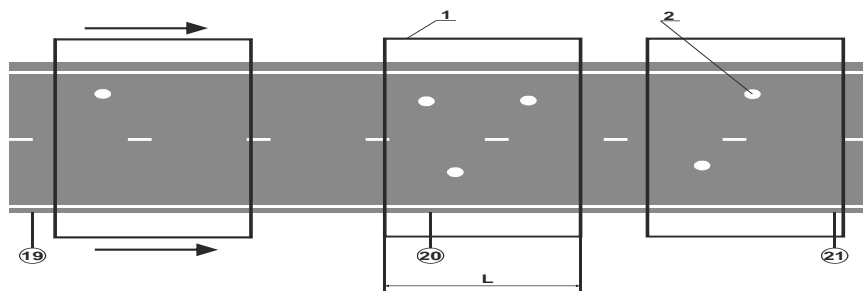


Рисунок 1.6 – «Скользящее окно» для выявления мест концентрации ДТП

При топографическом анализе аварийности рекомендуется использовать метод «скользящего окна», когда участок анализа находится в диапазоне 100-600 м.

Анализируя карточки ГИБДД, на месте концентрации ДТП федеральной трассы Р-255 808 км из 13 ДТП, 8 произошли на км 808+150, 5 на км 808+50, поэтому метод «скользящего окна» применим для данного участка. На рисунке 1.7 представлен топографический анализ ДТП.

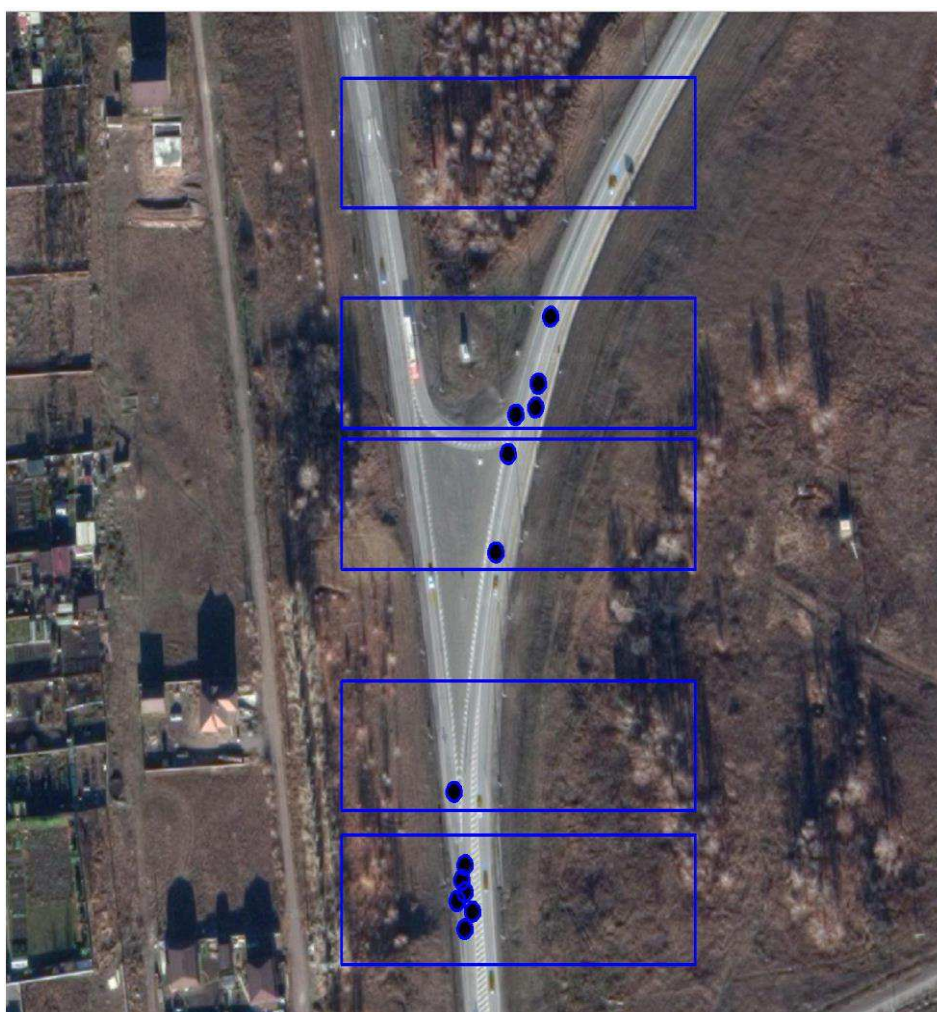


Рисунок 1.7 – Топографический анализ ДТП аварийно-опасного участка федеральной трассы Р-255, 808 км

Из рисунка 1.7 видно, что на данном аварийно-опасном участке, выявлено 2 места с повышенной концентрацией ДТП.

Анализируя карточки ДТП на данном участке, выявлено, что из 13 ДТП за 4 года с 2015 по 2018 гг. 8 – встречные столкновения. Распределение видов столкновений на участке федеральной трассы Р-255, 808 км представлено на рисунке 1.8



Рисунок 1.8 – Распределение видов столкновений на участке федеральной трассы Р-255, 808 км

1.4 Цели и задачи дальнейшего исследования

Установлено, что на автомобильных дорогах общего пользования федерального значения, проходящих по территории Красноярского края, преобладает тенденция повышения безопасности дорожного движения, однако общий уровень аварийности на данный момент высокий. Из анализа ДТП следует, что на загородных трассах Красноярского края преобладающим видом ДТП являются столкновения, среди столкновений – встречные (61%).

На основании вышесказанного в данной магистерской диссертации будут проводиться исследования, целью которых является повышение точности проведения экспертизы ДТП при встречных столкновениях.

Задачами данной работы являются:

- провести обзор существующих методик определения места столкновения при встречных ДТП;
- разработать методику, позволяющую определить место столкновения ТС с учетом особенностей и параметров проезжей части;
- экспериментально провести проверку адекватности предлагаемой методики.

2 Изучение состояния вопроса

2.1 Особенности расследования и экспертизы встречных столкновений ТС

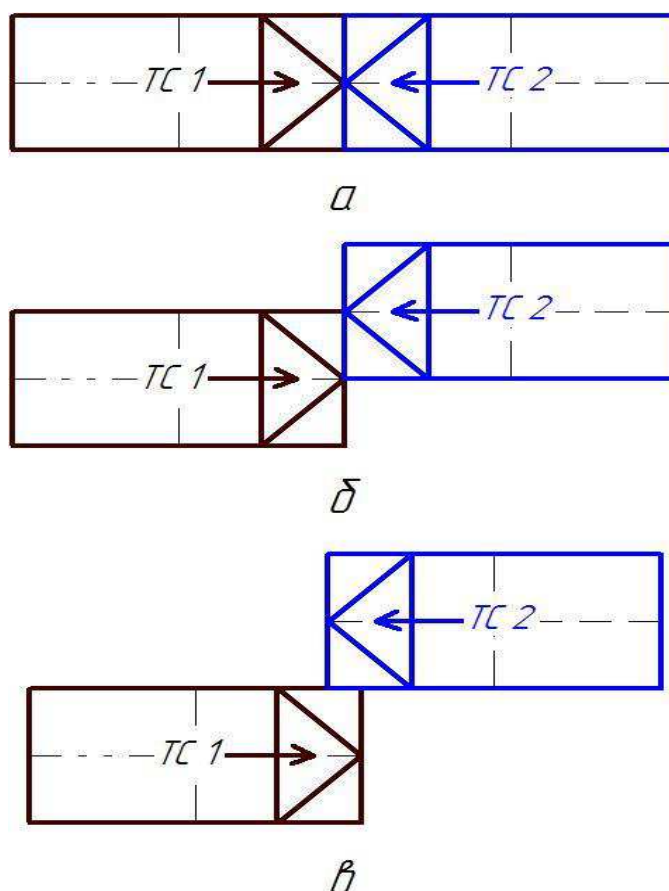
Столкновения являются наиболее опасным видом ДТП, их разделяют на:

- встречные;
- попутные;
- перекрестные.

Как было выяснено ранее встречные столкновения характеризуются наибольшей тяжестью последствий ДТП и их расследование является актуальной темой на данный момент.

С точки зрения экспертизы ДТП встречное столкновение – столкновение транспортных средств, у которых в момент удара угол между векторами скоростей этих автомобилей равен 180 градусов.

В зависимости от степени перекрытия передней части транспортных средств встречные прямые столкновения разделяют на: центральные (векторы скоростей центров масс на одной линии), касательные, внецентральные [10]. Схемы встречных столкновений по степени перекрытия представлены на рисунках 2.1.



(а – центральное, б – внецентральное, в – касательное)

Рисунок 2.1 – Схемы встречных столкновений по степени перекрытия

Встречное столкновение характеризуется большим количеством осколков и внушительными расстояниями между ТС в их конечном положении. Если веса и скорости автомобилей различные, автомобиль, масса которого меньше или меньше его скорость, будет отброшен на большее расстояние от места удара.

Среди видов встречных столкновений по степени перекрытия преобладают внецентральные ДТП со степенью перекрытия около 40% [11]. Схема внецентрального встречного столкновения представлена на рисунке 2.2.

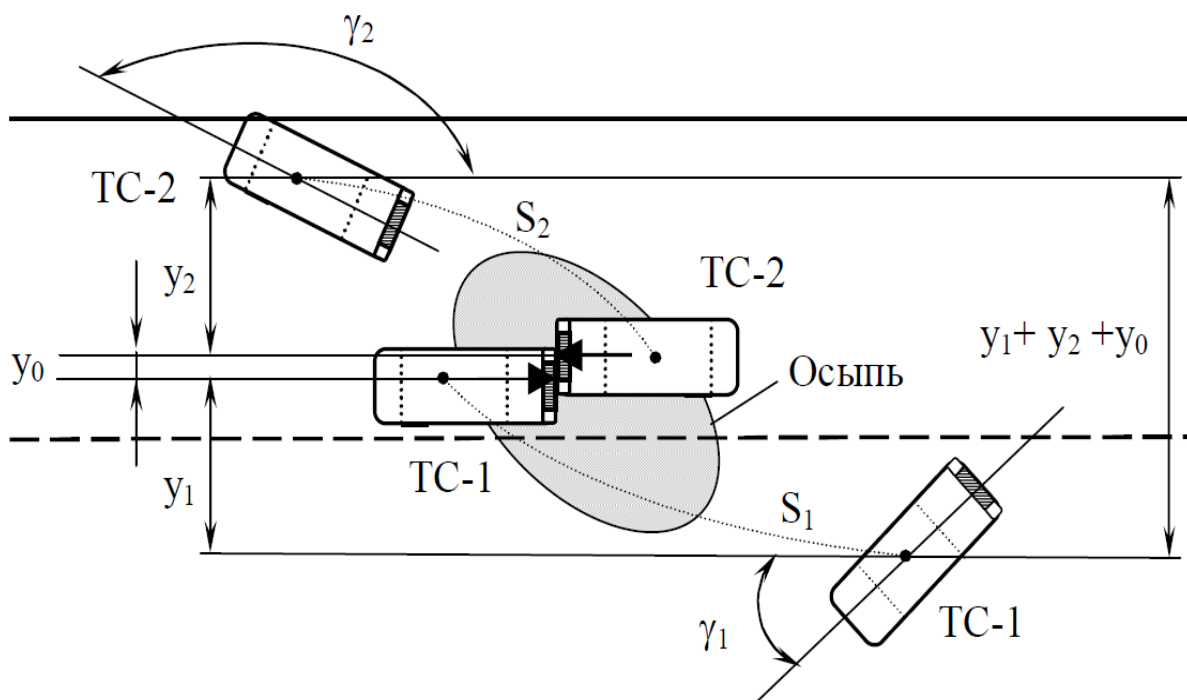


Рисунок 2.2 – Схема расположения ТС при встречном внецентральной столкновении

При встречном внецентральной столкновении на большой скорости ТС совершают перемещение с разворотом по первоначальному направлению с отклонением центра масс на сторону своего движения.

Исходными данными для проведения экспертного исследования, в порядке убывания значимости, являются следующие параметры, зафиксированные на месте ДТП:

- координаты следов шин ТС на подходе к месту столкновения, резкое изменение направления следов, следы бокового скольжения шин при развороте ТС;
- расположение осыпи земли, осколков, стекол и пластмасс, пятен масла, тосола; следы от деталей, груза;
- размеры и характер повреждений ТС;
- координаты расположения ТС на проезжей части после ДТП.

Наибольшую информацию дают следы шин ТС на поверхности дороги. Так, если на месте ДТП были зафиксированы следы торможения ТС-1 до столкновения, то по их обрыву и началу бокового скольжения можно вполне достоверно найти положение этого ТС в момент столкновения, а ТС-2 на масштабной схеме разместить в контакте с ТС-1 с учетом повреждений передней части. При этом нельзя стыковать поврежденные машины с целью определения угла между ними, так как зоны смятия образуются в сложном процессе взаимодействия ТС с разворотом относительно друг друга на большой угол до рассоединения.

Если ТС входили в зону контакта без торможения, то из-за вероятного заклинивания передних колес при ударе и развороте ТС на проезжей части обязательно должны оставаться следы шин. В ночное время при плохом освещении они малозаметны, особенно на обледенелой дороге. Осадки в виде дождя и снега, а главным образом, проходящие по зоне столкновения многочисленные ТС до приезда сотрудников ГИБДД уничтожают эти следы. Одновременно измельчаются и растаскиваются шинами осколки, земля и др. В результате в зоне осколков и осыпи, часто без качественного описания и фиксирования этой зоны на схеме ДТП наносят точки столкновения по показаниям участников [10].

2.2 Особенности фиксации следов на месте происшествия при встречном столкновении

До начала фиксации следов на месте происшествия необходимо определить границы зоны осмотра, которые должны включать участок дороги со следами, образовавшимися при ДТП, а также объекты, которые могли оказать влияние на процесс развития ДТП:

- объекты, ограничивающие обзорность для участников ДТП (здания, дорожные сооружения, заборы, зеленые насаждения, стоящие транспортные средства и т.п.);
- препятствия, которые могли вынуждать участников ДТП изменить скорость и направление движения (ограждения, стоящий транспорт, дефекты дороги и т.п.);
- технические средства регулирования движения (разметка, светофоры, дорожные знаки).

Следует указывать не только дорожные знаки, установленные в границах зоны осмотра, но и знаки, находящиеся за ее пределами, действие которых распространяется на участок дороги, где непосредственно произошло ДТП.

Специфика дорожно-транспортного происшествия определяет тактику его проведения. В первую очередь следует зафиксировать следы и объекты, которые могут быть уничтожены либо видоизменены проезжающим транспортом из-за атмосферных и метеорологических условий или по другим причинам. Затем фиксируются все остальные следы (повреждения на транспортных средствах и объектах окружающей обстановки; геометрические

элементы дороги и их размеры; расположение дорожных знаков, разметки, ограждений).

Применение в ходе осмотра фотосъемки позволяет значительно полнее и качественнее провести фиксирование следовой информации, содержащейся на месте происшествия, а также намного сократить время, необходимое для ознакомления с условиями места происшествия и их изучения лицами, непосредственно не принимавшими участие в осмотре.

Фиксация следов и объектов на месте ДТП с помощью фотосъемки проводится по правилам криминалистической судебной криминалистической масштабной фотосъемки. Методические рекомендации «Осмотр места ДТП», подготовленные Следственным департаментом МВД России совместно с ФГКУ «ЭКЦ МВД России» и ГУОБДД МВД России [12].

При фиксации следов на дороге необходимо следующее.

- использовать при съемке мерный объект или любой иной предмет с известным размером;

- фиксировать параметры участка дороги, на котором произошло ДТП, а при наличии повреждений на проезжей части или предметов на ней проводить их отдельную фотосъемку относительно элементов дороги;

- делать фотографии мест расположений транспортных средств, а также поверхностей под ними. Во многих случаях (даже когда идет снег или дождь) под автомобилями остаются участки следов их перемещений, по которым можно определить направление движения транспортных средств на конечном этапе. Необходимо уделить внимание осмотру колес транспортных средств и их повреждениям;

- фиксировать начало и окончание следов колес или частей транспортных средств, их конфигурацию, в том числе места изломов или сдвига (при их наличии);

- проводить фотофиксацию характера следа:

- 1) следы качения образуются в результате качения колеса в свободном (ведомом) или тяговом (ведущем) режиме при отсутствии проскальзывания колеса относительно опорной поверхности в продольном и поперечном направлениях, когда рисунок протектора шины отображается на следовоспринимающей поверхности без видимого искажения. На снегу и почве они представляют собой объемные отпечатки рисунка протектора шины; на асфальтобетонном покрытии — поверхностные следы наслоения;

- 2) следы торможения образуются в результате скольжения колеса в продольном направлении при торможении ТС. На асфальтированных покрытиях это смазанная в продольном направлении темная полоса, а на фунтовых — разрыхленная борозда.

Они могут быть прямолинейными и несколько дугообразными. Элементы рисунка протектора противодействуют поступательному движению ТС, поэтому их отображения оказываются вытянутыми в направлении его движения. В данном следе можно различить продольные канавки рисунка

протектора; структуру отображений поперечных элементов рисунка протектора различить нельзя;

3) следы бокового скольжения образуются при скольжении колес в боковом направлении и могут возникать при заносе ТС, движении в повороте, столкновении. Чаще всего эти следы располагаются дугообразно, причем расстояние между следами шин левых и правых колес изменяется; также может иметь место их взаимное пересечение;

4) следы перемещения на спущенном колесе располагаются прямолинейно или дугообразно; при этом на поверхности проезжей части дороги образуется след с неровными краями и неравномерным наслоением резины.

- фиксировать расположение осыпи грязи на проезжей части, которое необходимо для установления места столкновения автомобилей. При этом следует, используя осветительное оборудование, произвести осмотр и сфотографировать арки колес и элементы подвески, с которых могло произойти осыпание фунта.

Достаточно часто осыпь может образовываться не с места наибольшей деформации кузова ТС, а там, где этот грунт находился (арки колес, элементы подвески, днище автомобиля и т.д.). Например, столкновение двух автомобилей произошло передними частями, а осыпь образовалась из задней арки ТС. Это обстоятельство существенно меняет информацию о реальном расположении места столкновения;

- фиксировать размеры осыпей осколков и фрагментов пластмассовых деталей так, чтобы можно было провести их соотнесение с шириной дороги или полосой движения;

- отображать расположение отделившихся деталей ТС относительно элементов проезжей части.

На время производства осмотра места происшествия из зоны ДТП необходимо убрать людей и ТС, не участвовавшие в нем. Движение по участку проезжей части на момент фотофиксации прекращается.

В том случае, если осмотр производится в темное время суток, для подсветки может быть использовано освещение автомобиля выездной группы; при этом он должен располагаться так, чтобы не закрывать собой объекты вещной обстановки.

При осмотре транспортных средств все повреждения автомобиля необходимо разделить на зоны. Эти зоны могут быть выбраны исходя из места их расположения, характера повреждений, направления. Такое разделение позволит в дальнейшем установить порядок образования зон повреждений и затем соотнести их с этапами механизма ДТП. Тем более важно производить такое разделение, когда в ДТП участвовало несколько транспортных средств. Фотографии транспортных средств делают с использованием мерного объекта. При этом на обзорных фотографиях мерный объект должен быть полностью виден [12].

При осмотре транспортных средств необходимо соблюдать следующие правила.

Фиксировать общий вид автомобиля (т.е. виды автомобиля со всех сторон); при этом фотографии должны быть сделаны так, чтобы было понятно расположение зон повреждений (рисунок 2.3, а-г).

Фиксировать расположение зон повреждений автомобиля относительно опорной поверхности.



а



б



в



г

Рисунок 2.3 – Общий вид фиксации повреждений ТС

Сделать снимки повреждений в этих зонах и определить их характер и направление образования. В некоторых случаях для установления направления образования повреждений следует производить макросъемку [12].

При осмотре транспортных средств необходимо учитывать, что в соответствии с Техническим регламентом «О безопасности колесных транспортных средств» грузовые автомобили и автобусы, осуществляющие коммерческие перевозки грузов и пассажиров, должны быть оборудованы тахографами. Тахографами оборудуются также автомобили и автобусы, принадлежащие иностранным перевозчикам и осуществляющие международные перевозки пассажиров и грузов. Кроме того, ТС могут быть оборудованы и иными техническими средствами (Глонасс, видеорегистраторы), которые содержат необходимые сведения о происшествии.

2.3 Вероятный механизм ДТП при встречных столкновениях

Для ответа на вопросы поставленные эксперту при расследовании ДТП необходимо точно определить механизм дорожно-транспортного происшествия.

Механизм дорожно-транспортного происшествия – это процесс сближения транспортного средства с местом возникновения аварийной ситуации (местом наезда, столкновения, опрокидывания и т.п.) с момента возникновения гласной остановки и процесс развития аварийной ситуации до момента, когда наступление вредных последствий прекращается [13].

При расследовании встречных столкновений оптимальным является метод определения механизма ДТП «по времени и положению участников».

Общая последовательность развития дорожной ситуации во времени в виде смены дорожной обстановки характерными фазами ДТП представлена на рисунке 2.4.

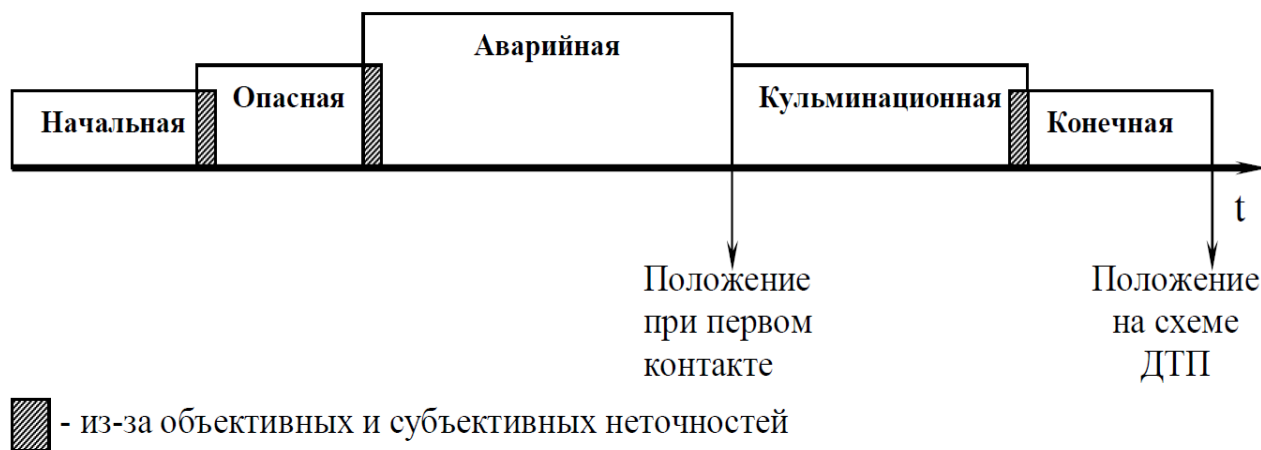


Рисунок 2.4 – Развитие дорожно-транспортной ситуации во времени

Начальная фаза характеризуется параметрами движения транспортных средств участников: скорость по времени, положение на дороге, наличие ТС попутных впереди, сзади, в соседних рядах, видимость, обзорность, траектория; параметрами и состоянием проезжей части; наличием средств регулирования движением и др.

Опасная фаза (обстановка) возникает в момент объективной опасности для дальнейшего движения. При встречных столкновениях на загородных трассах момент возникновения опасной ситуации появляется при выезде на полосу встречного движения одного из транспортных средств (смещение встречного ТС к осевой линии дороги). В опасной фазе участники ДТП при своевременном принятии мер еще располагают технической возможностью предотвратить ДТП (рисунок 2.5).



Рисунок 2.5 – Схема расположения ТС в момент возникновения опасной обстановки

Аварийная фаза (обстановка) начинается с момента, когда уже нет технической возможности предотвратить ДТП и оно становится неизбежным. Эта фаза может совпадать с опасной и заменять ее, т.е. в какой-то начальной обстановке внезапными действиями одного из участников ДТП или появлением невидимого до этого препятствия создается сразу аварийная обстановка. Обстоятельства создания аварийной обстановки обычно формируют главную причину ДТП. Так, при встречных столкновениях аварийная обстановка может быть создана, выполнением маневра обгона когда водитель не сумел выбрать необходимый интервал до встречного ТС, либо при совершении обгона водитель обгоняемого ТС увеличил скорость и тем самым водитель обгоняющего ТС не имел возможности своевременно вернуться на свою полосу движения.

Аварийная ситуация при встречных столкновениях однозначно заканчивается моментом первого контакта транспортных средств. Это общий момент для конфликтующих участников ДТП, от которого можно в едином масштабе времени рассчитывать их взаимное положение до этого момента и после него. Поэтому определение взаимного положения участников ДТП относительно друг друга и координат проезжей части дороги является важнейшей задачей, без решения которой достоверно или хотя бы приближенно невозможно определить взаимное положение участников в характерные моменты времени, в частности, в момент объективной опасности, например пересечения осевой линии дороги и т.п. (рисунок 2.6).

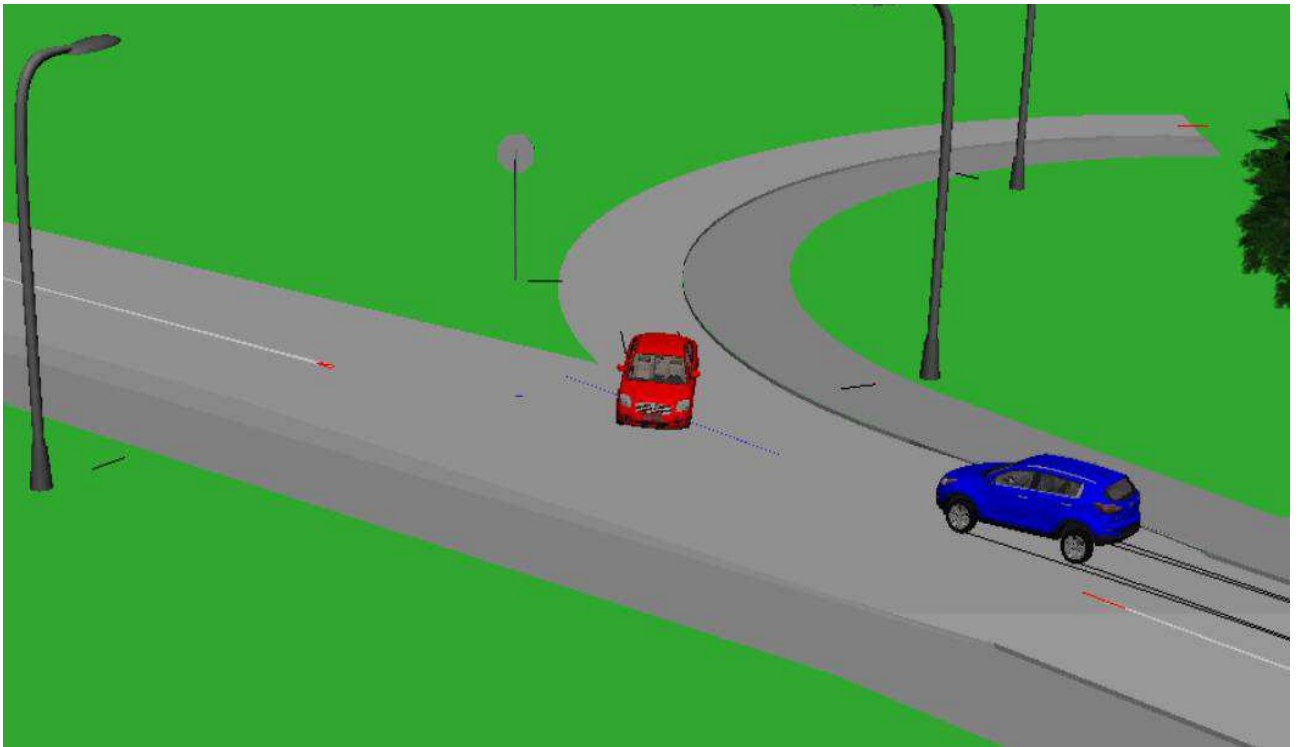


Рисунок 2.6 – Схема расположения ТС в момент возникновения аварийной обстановки

Кульминационная фаза начинается от первого контакта конфликтующих участников движения и продолжается до их расхождения. При этом возникают взаимные повреждения ТС, деформации и разрушения, получают травмы водители и пассажиры, то есть наступают тяжелые последствия (рисунок 2.7).

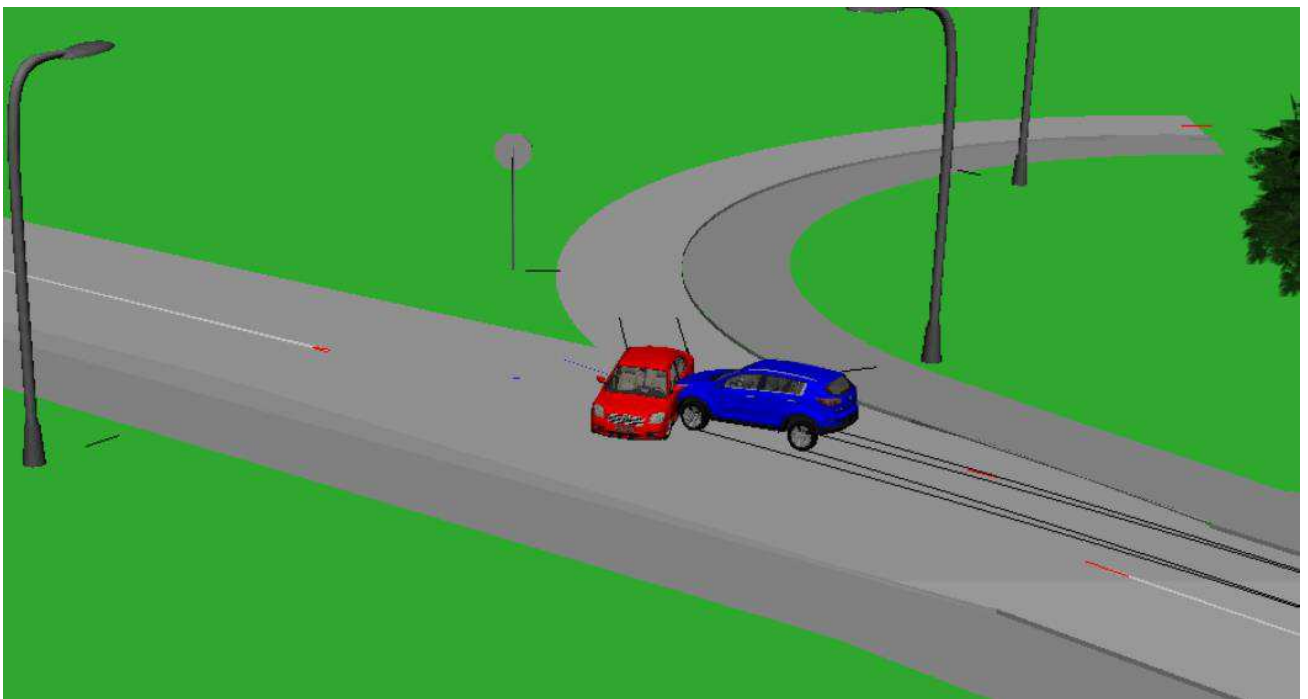


Рисунок 2.7 – Схема расположения ТС в кульминационной фазе столкновения

Конечная фаза ДТП начинается с разделения столкнувшихся транспортных средств. Она продолжается до полной остановки ТС. В процессе этой фазы могут произойти другие столкновения, наезды и опрокидывание в кювет (рисунок 2.8).

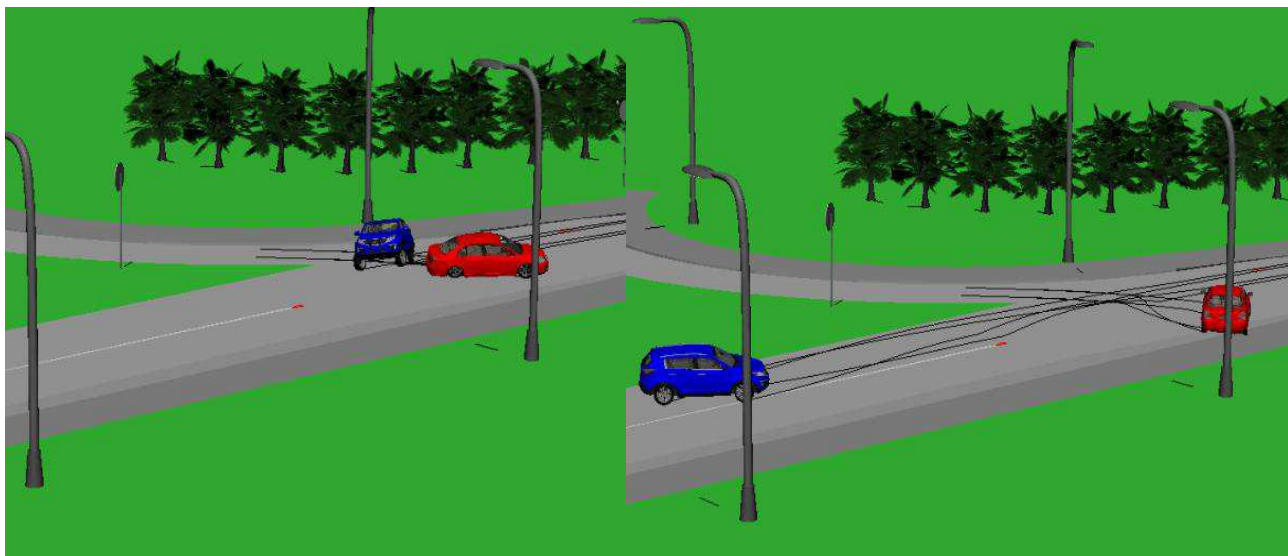


Рисунок 2.8 – Схема расположения ТС в конечной фазе столкновения

В конце такой неоднозначной по времени и механизму конечной фазы участники ДТП остаются в неподвижном состоянии, фиксируются на схемах и в протоколах осмотра места ДТП. Этим положениям уделяется много внимания при осмотре места ДТП и часто не прилагают должных усилий для выявления и фиксирования каких-либо признаков именно места первого контакта – этого важнейшего местоположения для дальнейшего объективного расследования ДТП [10].

Взаимодействие ТС при столкновении определяется возникающими в процессе контактирования силами. В зависимости от конфигурации контактировавших частей они возникают на различных участках в разные моменты времени, изменяясь по величине в процессе продвижения ТС относительно друг друга.

Под воздействием сил происходит взаимное внедрение и общая деформация корпусов ТС, изменяются скорость поступательного движения и его направление, возникает разворот ТС относительно центров тяжести. Силы взаимодействия определяются возникающим при ударе замедлением, которое, в свою очередь, зависит от расстояния, на которое ТС продвигаются относительно друг друга в процессе гашения скорости этими силами (в процессе взаимного внедрения).

Чем более жесткими и прочными частями контактировали ТС при столкновении, тем меньше (при прочих равных условиях) будет глубина взаимного внедрения, тем больше замедление из-за снижения времени падения скорости в процессе взаимного контактирования.

Механизм ДТП при встречных столкновениях наиболее разнообразен по сравнению с другими видами ДТП из-за высоких скоростей в момент контакта транспортных средств, однако прослеживаются общие закономерности протекания встречных столкновений в зависимости от вида удара.

При блокирующем эксцентричном встречном столкновении на ТС действуют силы взаимодействия, в результате чего происходит разворот ТС в направлении возникшего инерционного момента – тем более резкий, чем больше эксцентричность удара. При этом, если столкновение продольное, центр тяжести ТС смещается от линии удара и ТС к моменту выхода из контакта приобретает новое направление движения. После столкновения ТС расходятся под некоторым углом друг к другу, если между ними не произошло сцепления, одновременно разворачиваясь в направлении действовавшего инерционного момента.

При продольном скользящем столкновении равнодействующая импульсов сил взаимодействия может существенно отклоняться от продольного направления в результате «расклинивания» ТС, когда происходит взаимное отбрасывание контактировавших участков в поперечном направлении. При этом ТС также расходятся в противоположные стороны от продольного направления, но отбрасывание контактировавших участков вызывает разворот ТС в обратном направлении, если равнодействующая векторов импульсов сил взаимодействия проходит впереди центра тяжести ТС, или в том же направлении, если она проходит сзади.

Влияние вида ТС на его разворот в процессе столкновения связано с массой ТС и его габаритами: чем больше масса и габариты (и, следовательно, момент инерции относительно центра тяжести), тем меньше угол разворота ТС к моменту выхода его из контакта с другим ТС.

Взаимодействие ТС в процессе столкновения – вторая стадия механизма столкновения ТС, являющаяся связующим звеном между тем, что произошло до и после него.

Для следственных органов основное значение имеет установление того, что произошло до столкновения, т.е. на первой стадии механизма столкновения, поскольку это дает возможность оценить действия водителя. В то же время наибольшее число следов и других признаков происшествия, как правило, остается после столкновения.

2.4 Основные вопросы, требующие экспертного исследования

При расследовании ДТП можно выделить круг вопросов, которые требуют экспертного исследования. Основные вопросы при проведении экспертизы ДТП связаны:

- с техническим состоянием транспортных средств (причины и время возникновения неисправностей, возможность своевременного их обнаружения, влияние неисправностей на работу механизмов и движение транспортного средства);

- с установлением механизма происшествия (определение скорости, времени, характера движения транспортных средств, расстояний, преодолеваемых транспортными средствами и пешеходами, определение их местонахождения в различные моменты времени, установление причинной связи между отдельными обстоятельствами дорожно-транспортного происшествия и т. п.);

- с установлением технической возможности предотвращения происшествия (определение момента возникновения опасности для движения, остановочного пути, безопасной дистанции, безопасных приемов управления и т. п.);

- с выяснением соответствия или несоответствия действий участников движения требованиям Правил движения и других нормативных актов (установление действий, не соответствующих требованиям нормативных актов, и причинной связи между этими действиями и происшествием, решение вопроса о том, как должны были действовать участники движения, и т. п.) [13].

Главным вопросом при расследовании встречных столкновений является вопрос о расположении ТС в момент столкновения друг относительно друга и элементов проезжей части, а также угла их взаимного расположения т.е. определение координат вероятного места столкновения автомобилей.

2.5 Анализ факторов влияющих на определение параметров движения ТС и определения места их столкновения

В целом, на достоверность реконструкции механизма ДТП и определение параметров движения ТС влияет множество факторов, связанных, в первую очередь, со сбором исходных данных и их полноты.

Под параметрами движения транспортных средств, имеющими значения при расследовании встречных столкновений понимаются: скорость движения ТС перед началом торможения, скорость движения ТС в момент столкновения, скорость ТС после столкновения, тормозной путь ТС, расстояние удаления ТС для условий наезда (столкновения), замедление ТС, время торможения (тормозное время) ТС, угол движения ТС относительно друг друга.

В современной практике проведения автотехнической экспертизы параметры движения транспортных средств определяют расчетным путем. Также, такие параметры как скорость движения ТС можно определить из показаний свидетелей и субъективных признаков.

Для принятия верного экспертного решения при экспертизе необходимо правильно определить место столкновения ТС.

Возможность решения вопроса о месте столкновения ТС экспертным путем и точность, с которой можно определить местоположение каждого ТС на дороге в момент столкновения, зависят от того, какими исходными данными об обстоятельствах происшествия располагает эксперт и насколько точно определено это место.

Для определения или уточнения расположения ТС в момент их столкновения эксперту нужны такие объективные данные:

- про следы, оставленные ТС на месте происшествия, об их характере, расположение, протяженность;

- про следы (трассы), оставленные отброшенными при столкновении объектами:

- 1) частями ТС, отделившихся при ударе;

- 2) грузом, который выпал и т.д.;

- про расположение участков скопления мелких частиц, которые отделились от ТС: земли, грязь, осколки стекла, участки разбрызгивания жидкостей;

- про расположение после столкновения ТС и объектов, отброшенных при столкновении;

- про повреждение ТС.

В большинстве случаев эксперт располагает только некоторыми из перечисленных данных.

Необходимо отметить, что, насколько добросовестно бы не фиксировалась обстановка на месте происшествия лицами, которые не имеют опыта проведения автотехнических экспертиз (или не знают методики экспертного исследования), все же упущений не избежать, и они часто являются причиной невозможности определения места столкновения. Поэтому очень важно, чтобы осмотр места происшествия проводился с участием специалиста.

2.6 Обзор и анализ методов определения места столкновения и параметров движения ТС

2.6.1 Расчет скорости движения ТС

Среди параметров движения ТС, определенных выше, наиболее значимыми являются скорости ТС перед началом торможения, в момент столкновения и после столкновения. В данной работе будут рассмотрены методы определения скоростей движения ТС для встречных столкновений.

Расчет скорости движения ТС по следам юза и закону сохранения количества движения.

В общей практике скорость ТС перед началом торможения определяют по следам юза.

В рекомендациях для экспертов и в экспертной практике начальную скорость ТС находят по следам скольжения шин до полной остановки (формулы 2.1 – 2.3):

$$V_0 = 0,5 \cdot \varphi \cdot j \cdot t_3 + \sqrt{2 \cdot \varphi \cdot j \cdot S_{ю}}, \quad (2.1)$$

где V_0 – скорость движения ТС в момент принятия решения о торможении м/с;

t_3 – время нарастания замедления до установившегося, с;

j – установившееся замедление, м/с²;

$S_{ю}$ – следы торможения, м;

φ – коэффициент сцепления шин с дорогой, м.

Берут значения $S_{ю}$ по наибольшей длине следов скольжения шин задних или передних колес. Если автомобиль с места ДТП был убран, то возникает вопрос о возможном исключении из общей длины следов размера базы автомобиля ($S' = S_{ю} - L$). Если при торможении имел место резкий и вполне определенный переход на значительном расстоянии с одной характеристики сцепления на другую (выход на обочину, на обледенелый участок с чистого асфальтобетона или наоборот), то это учитывают следующим образом:

$$V_0 = 0,5 \cdot t_3 + \sqrt{2 \cdot \varphi_1 \cdot j \cdot S_1 + 2 \cdot \varphi_2 \cdot j \cdot S_2}, \quad (2.2)$$

При небольших значениях общего пути $S_1 + S_2$ требуется детальный расчет с учетом нахождения на этих участках каждой оси ТС.

Если при торможении имело место столкновение, наезд на препятствие, то вначале следует определить скорость ТС в момент первого контакта V_c предварительным расчетным анализом сложного процесса взаимодействия ТС, а затем уже начальную скорость:

$$V_0 = 0,5 \cdot \varphi \cdot j \cdot t_3 + \sqrt{(2 \cdot \varphi \cdot j \cdot S + V_c^2)}, \quad (2.3)$$

Когда в процессе торможения ТС двигалось с заносом и вращением продольной оси, то значение S в первом приближении можно взять по пути центра масс ТС.

Данный метод не учитывает множество факторов, влияющих на значение установившегося замедления, время его нарастания и на конечный результат в целом, а именно: наличие АБС, тип тормозной системы, промежуточную степень нагрузки, состояние дорожного покрытия (не ограничиваясь состоянием «мокрый-сухой» асфальт).

Преимуществом данного метода является простота и низкие затраты времен на проведение расчетов.

Так как при использовании данного метода учитываются только потери кинетической энергии ТС на участке торможения, необходимо понимать, что при встречных столкновениях, полученная скорость ТС вычисляемая по данному методу, является частью общей скорости перед началом торможения.

Исключением могут являться только встречные касательные столкновения с небольшим перекрытием, в таких случаях ТС могут проследовать без разворотов от места столкновения на достаточно большое расстояние и остановиться торможением.

Соответственно, для того чтобы определить полную скорость ТС перед началом торможения, необходимо определить скорость ТС в момент столкновения и после него.

По затратам энергии на трение шин по дороге при перемещении ТС в конечное положение можно найти их остаточную скорость после столкновения. Принимаем во внимание, что при повороте продольной плоскости шины под углом более $5-7^\circ$ к направлению движения даже на сухом асфальтобетоне шиной создается предельная реакция, поэтому практически с самого начала расхождения ТС их шины реализуют полное сцепление с дорогой. Кинетическая энергия затрачивается на поступательное и вращательное движение ТС со скольжением его шин (формула 2.4):

$$mV_{\Pi}^2/2 = m \cdot g \cdot \varphi_x \cdot S + 2m \cdot g \cdot \varphi_y \cdot a \cdot b \cdot \gamma/L, \quad (2.4)$$

где φ_x и φ_y – значения реализуемого сцепления в продольном и боковом направлениях;

a и b – координаты центра масс ТС;

γ – угол разворота продольной оси;

S – перемещение центра масс ТС.

В связи с недостатком исходных данных по параметрам ТС и с места ДТП необходимо вести подобные расчеты с допущениями по оригинальным методикам. Поэтому в практике используют изложенную методику определения скорости по приведенному в формуле 2.4 энергетическому балансу. Но при этом необходимо рассмотреть вопрос о соотношении φ_x и φ_y в общей реализации сцепления (формула 2.5):

$$\varphi^2 = \varphi_x^2 + \varphi_y^2, \quad (2.5)$$

Учитываем, что с самого начала расхождения ТС из-за их разворота шинами реализуется полное сцепление, а скорость перемещения центра масс от некоторого значения снижается до нуля. Скорость разворота продольной оси ТС начинает возрастать от нуля и затем снижается до нуля. Темп изменения γ зависит от величины разворачивающего момента, возникающего в процессе контактирования, массы и базы ТС, координат a и b центра масс ТС, а также равномерности сцепления по ширине дороги и степени заклинивания (разворота) левого переднего колеса. Реактивный момент от сил сцепления возрастает и достигает по результатам исследований максимума при развороте ТС на угол γ около 90° . На этом разворот в условиях высокого сцепления обычно завершается и может продолжиться лишь в случае выхода задних колес ТС на обочину с меньшим уровнем сцепления или при большом смещении центра масс ТС к задней оси. При низком сцеплении и большом разворачивающем моменте разворот ТС обычно продолжается в течение всего процесса перемещения центра масс и его скорость может достичь максимума

непосредственно перед остановкой центра масс. Возрастает и общий угол γ разворота, но из-за более высокого уровня пути перемещения центра масс затраты энергии на разворот ТС вокруг центра масс при низком сцеплении получаются относительно малыми по сравнению с затратами энергии на перемещение центра масс. С учетом указанного выше в энергетическом балансе значения φ_x и φ_y можно принимать равными и причем оба на уровне $\varphi = \varphi_y$. В условиях высокого сцепления из-за разного характера перераспределения реакций между колесами значения φ_y целесообразно принимать на уровне $\varphi_y = 0,8 \varphi$, а в условиях низкого сцепления $\varphi_y = \varphi$. Тогда из энергетического баланса скорость каждого ТС после столкновения определится по выражению (формула 2.6):

$$V_{\Pi} = \sqrt{2 \cdot g \cdot \varphi_y (S + 2 \cdot a \cdot b \cdot \frac{\gamma}{L}) \gamma}, \quad (2.6)$$

Далее, при большом перекрытии в процессе столкновения, центры масс обоих ТС смещаются в одном направлении с разворотом к обочинам. Тогда после расчетного определения скоростей ТС после столкновения можно найти их скорости в момент столкновения, задаваясь скоростью одного из ТС по закону сохранения количества движения (формула 2.7):

$$\overline{m_1 \cdot V_{1c}} + (-\overline{m_2 \cdot V_{2c}}) = \overline{m_1 \cdot V_1} + \overline{m_2 \cdot V_2}, \quad (2.7)$$

где m_1 – масса ТС 1, кг;
 V_{1c} – скорость ТС 1 после столкновения м/с;
 m_2 – масса ТС 2, кг;
 V_{2c} – скорость ТС 2 после столкновения м/с;
 V_1 – скорость ТС 1 в момент столкновения м/с;
 V_2 – скорость ТС 2 в момент столкновения м/с.

Данный метод основан на законе сохранения энергии и заключается в определении количества затрат энергии на перемещение ТС при разлете после столкновения.

По закону сохранения количества движения равнодействующей количества движения двух ТС до столкновения и непосредственно после него остается постоянным по величине и направлению. Из закона следуют, что параллелограммы, построенные на векторах количества движения ТС до столкновения и после, будут иметь общую диагональ – вектор равнодействующей количества движения транспортных средств в момент столкновения.

На рисунке 2.9 представлена схема векторов количества движения ТС до и после встречного столкновения.

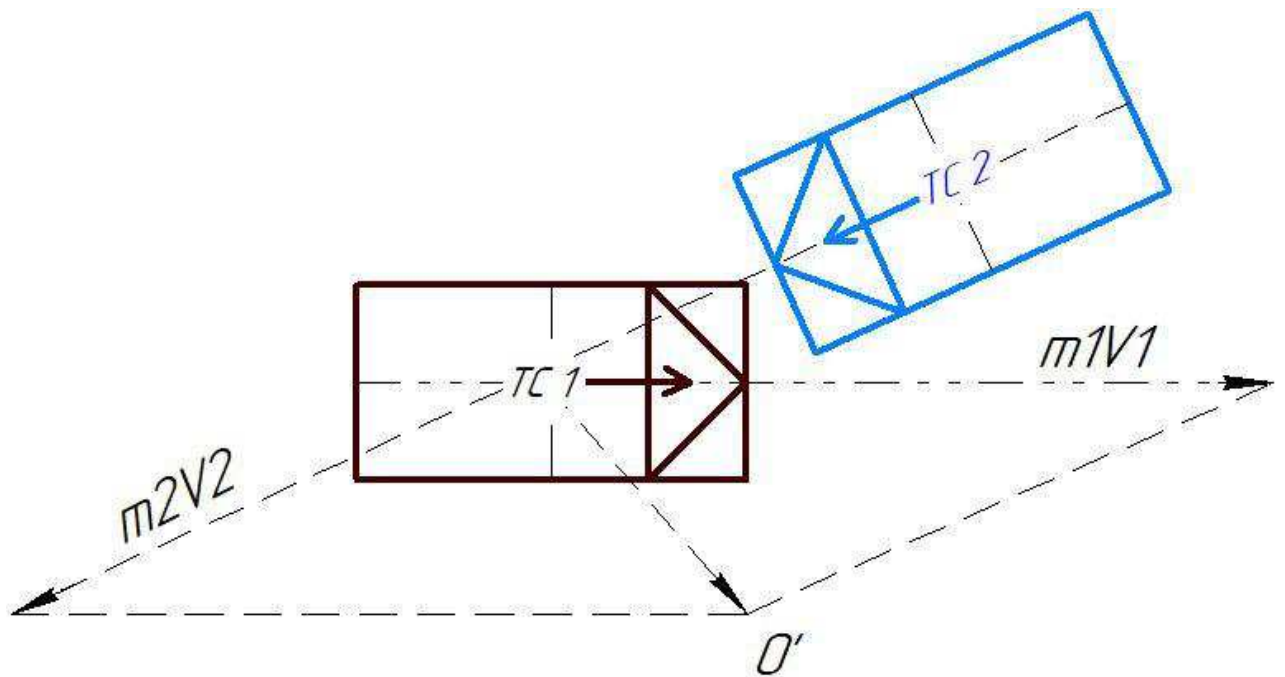


Рисунок 2.9 – Схема векторов количества движения ТС до и после встречного столкновения

Расчет скорости движения ТС по пути разгона.

При отсутствии следов скольжения шин скорость автомобиля при разгоне с места может быть найдена по пути разгона S_p , примерной его интенсивности j_p и времени разгона t_p (формулы 2.8 – 2.10):

$$S_p = j_p \cdot t_p^2 / 2, \quad (2.8)$$

где S_p – путь разгона, м;
 j_p – ускорение $(0,5 - 0,8) \cdot j_{pmax}$, м/с²;
 t_p^2 – время разгона, с.

тогда,

$$t_p = \sqrt{2S_p / j_p}, \quad (2.9)$$

$$V_0 = t_p \cdot j_p, \quad (2.10)$$

где V_0 – скорость ТС перед началом торможения, м/с;

Для этого можно замерить при эксперименте время разгона на определенном пути или принять по показаниям уровень среднего ускорения в зависимости от расчетного максимального значения по технической характеристике автомобиля.

Полученные указанными расчетными способами значения скорости при отсутствии следов скольжения можно использовать как базовые для проверки

значений скорости по показаниям участников ДТП и свидетелей. Последние, как правило, очень неточные и часто заниженные, но обычно именно эти значения выносятся в качестве исходных данных в постановлении следователей и суда. Поэтому эксперту приходится проверять их расчетами, а иногда указывать на их несоответствие вообще режиму движения потока на данном участке дороги, а также реальному формированию опасной ситуации [10].

Расчет скорости движения ТС на основе деформаций.

Данный метод крайне редко применяется для определения скоростей движения ТС при ДТП из-за необоснованности зависимости величины скорости движения ТС от повреждений. На образование деформаций при ДТП влияет большое количество факторов, которое не обусловлено только скоростью при ДТП. Такие факторы как срок службы ТС (старения металла) и возможная вторичность ДТП в данном месте не дает гарантии получения объективной скорости. Также для определения скорости данным методом эксперту необходимо иметь данные о конструкции каждого ТС.

По формуле 2.11 возможно определить начальную скорость автомобиля на основе затрат потенциальной энергии на деформацию авто.

$$V_0 = 0,5 \cdot t_3 \cdot j + \sqrt{2 \cdot S_{\text{ю}} \cdot j + \frac{2U}{m - \Delta m} + 19,5 \cdot \varphi_y \cdot S_{\text{ц.м}}}, \quad (2.11)$$

где U – потенциальная энергия деформации;

m – масса ударяющегося ТС, кг;

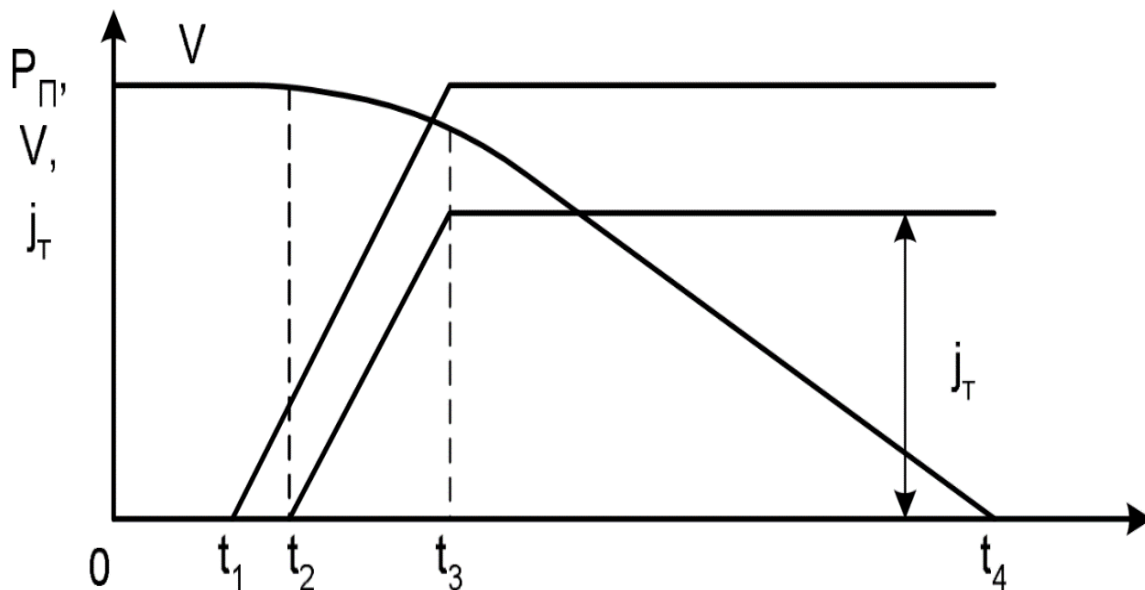
Δm – часть массы автомобиля, не влияющая на изменение его кинетической энергии при ударе, кг;

$S_{\text{ц.м}}$ – длина траектории центра масс ТС после столкновения, м.

Скорость ТС, определенная данным способом, является заниженной как минимум на 15-20% [14].

2.6.2 Определение времени торможения, тормозного и остановочного пути

Торможение является главным способом предотвращения ДТП и при возникновении опасности для движения водителю в п. 10.1 ПДД предписывается принять возможные меры к снижению скорости вплоть до полной остановки транспортного средства. Поэтому практически в каждом заключении экспертов и специалистов ставится вопрос о величине остановочного пути для решения задачи о наличии технической возможности предотвратить ДТП с момента объективной опасности. Процесс экстренного торможения с полным использованием условий сцепления шин с дорогой и возможностей рабочей тормозной системы рассматривается по упрощенной тормозной диаграмме с пренебрежением сопротивления движению ТС воздушной среды (рисунок 2.10).



V – скорость ТС; $P_{п}$ – усилие на педали; $j_{т}$ – замедление ТС

Рисунок 2.10 – Диаграмма экстренного торможения

Для определения остановочного пути необходимо иметь данные о времени t_1 , t_2 , t_3 :

- время реакции водителя от возникновения опасной обстановки до начала торможения (t_1) в зависимости от дорожно-транспортной ситуации принимают в диапазоне от 0,6 – 1,4 с;

- время запаздывания тормозной системы (t_2) зависит от категории ТС, для категорий ТС М1 и М2, принимают 0,1 с., для ТС других категорий – 0,1 с.;

- время нарастания замедления (t_3) в общем случае принимают равным t_2 ;

- время интенсивности торможения t_4 на диаграмме (рисунок 2.10) зависит от исходного уровня начальной скорости и уменьшается с ростом величины тормозного замедления.

Общее время торможения находят в виде суммы ($t_2 + t_3 + t_4$), а общее время остановки с учетом времени реакции водителя – ($t_1 + t_2 + t_3 + t_4$).

Для расчета тормозного и остановочного пути необходимо определиться с выбором значения замедления ТС. В настоящее время в экспертной практике существуют множество вариантов выбора значения замедления в зависимости от различных факторов. Так, в научных работах экспертов были определены формулы расчетов замедления ТС если вышел из строя любой из контуров тормозной системы, торможение производилось только стояночным тормозом или двигателем. Однако, определяющим средний уровень этого коэффициента являются тип и состояние дорожного покрытия (коэффициента сцепления шин с дорогой). Значение коэффициента сцепления в зависимости от типа и состояния дорожного полотна представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Значение коэффициента сцепления

Покрытие	Сухое	Мокрое	Обработано минералами
Асфальтобетонное или цементобетонное	0,7 - 0,8	0,4 - 0,6	-
Щебеночное покрытие	0,6 - 0,7	0,3 - 0,5	-
Грунтовая дорога	0,5 - 0,6	0,2 - 0,4	-
Дорога, покрытая укатанным снегом	0,2 - 0,3	-	0,3 - 0,4
Обледенелая дорога	0,1 - 0,2	-	0,25 - 0,35

При коэффициентах сцепления $\varphi = 0,6$ и $\varphi = 0,7$ замедление ТС ограничивается возможностями тормозных систем.

В Техническом регламенте Таможенного союза 018/2011 «о безопасности колесных транспортных средств», значение замедления для легковых автомобилей на дорогах автополигона с современными шинами категории М1, замедление считают равным $5,8 \text{ м/с}^2$ [15].

Если на сухом асфальтобетоне на месте ДТП зафиксированы следы скольжения всех шин легкового автомобиля примерно равной длины, то можно принимать для расчета замедление, полученное по формуле 2.12:

$$j = \varphi \cdot g \cdot \cos\alpha \mp g \cdot \sin\alpha, \quad (2.12)$$

где φ – коэффициент сцепления;
 α – угол подъема (уклона) дороги;
 g – ускорение свободного падения ($g = 9,81 \text{ м/с}^2$).

По этому же выражению находится замедление при торможении в условиях низкого сцепления, когда тормозные системы ТС могут довести все колеса до блокирования.

Если известно замедление транспортного средства – j , его остановочный путь определяется по формуле 2.13:

$$S_0 = (t_1 + t_2 + \frac{t_3}{2}) \cdot V_0 + \frac{V_0^2}{2j}, \quad (2.13)$$

Также остановочный путь можно определить по следам юза. Если известна длина следа торможения (юза) – $S_{\text{ю}}$ следует пользоваться формулой 2.14:

$$S_0 = (t_1 + t_2 + t_3) \cdot V_0 + S_{\text{ю}}, \quad (2.14)$$

Тормозной путь, соответственно по формуле 2.15:

$$S_T = (t_2 + t_3) \cdot V_0 + S_{ю}, \quad (2.15)$$

Тормозной и остановочный путь при проведении экспертизы определяют для решения вопроса о технической возможности предотвратить ДТП путем экстренного торможения.

2.6.3 Определение места столкновения ТС

В современной практике существуют несколько способов определения места столкновения.

По следам транспортных средств.

Основными признаками, по которым можно определить место столкновения, являются:

- резкое отклонение следа колеса от начального направления, возникающее при эксцентричном ударе по транспортному средству или при ударе по его переднему колесу;

- поперечное смещение следа, возникающего при центральном ударе и неизменном положении передних колес. При незначительном поперечном смещении следа или незначительном его отклонении - эти признаки можно обнаружить, рассматривая след в продольном направлении с малой высоты;

- следы бокового сдвига незаблокированных колес образуются в момент столкновения в результате поперечного смещения ТС или резкого поворота его передних колес. Как правило, такие следы малозаметны.

- прекращение или разрыв следа юза. Происходит в момент столкновения из-за резкого увеличения нагрузки и нарушения блокировки колеса или отрыва от поверхности дороги;

- след юза одного колеса, по которому был нанесен удар, заклинил его (иногда только на короткий промежуток времени). При этом необходимо учитывать, в каком направлении образовался этот след, исходя из расположения ТС после происшествия;

- следы трения деталей ТС по покрытию при разрушении его ходовой части (при отрывании колеса, разрушении подвески). Начинаются преимущественно возле места столкновения;

- следы перемещения обоих ТС. Место столкновения определяется по месту пересечения направлений этих следов, учитывая взаимное расположение ТС в момент столкновения и расположение на них деталей, которые оставили следы на дороге.

В большинстве случаев перечисленные признаки малозаметны, и при осмотре места происшествия часто их не фиксируют (или фиксируют недостаточно точно). Поэтому в тех случаях, когда точное определение расположения места столкновения имеет существенное значение для дела, необходимо провести экспертное исследование места происшествия.

Определение места столкновения по трассам, оставленными отброшенными объектами.

В некоторых случаях место столкновения можно определить по направлению трасс, оставленных на дороге объектами, отброшенными при столкновении. Такими трассами могут быть царапины и последовательно расположенные ямы на дороге, оставленные частями ТС, мотоциклами, велосипедами или грузом, который упал, а также следы волочения тел водителей или пассажиров, выпавших из ТС, в момент удара. Кроме этого, на месте происшествия остаются следы перемещения мелких объектов, заметные на снегу, почве, грязи, пыли.

Сначала объекты, которые отбрасываются, движутся прямолинейно от места их отделения от ТС. Впоследствии в зависимости от конфигурации объекта и характера его перемещения по поверхности дороги может происходить отклонение от первоначального направления движения. При чистом скольжении, по ровному участку, движение объектов остается практически прямолинейным к остановке. При перекачивании в процессе передвижения, направление движения по мере снижения скорости может изменяться. Поэтому место столкновения ТС можно определить по следам отброшенных объектов, если есть признаки того, что эти объекты двигались прямолинейно или просматривается траектория их движения.

Для определения местоположения ТС в момент столкновения по следам отброшенных объектов в сторону вероятного места столкновения следует провести линии - продолжение направления этих следов. Место пересечения этих линий соответствует месту удара (место отделения от ТС объектов, оставивших следы).

Чем больше зафиксировано следов, оставленных отброшенными объектами, тем точнее можно указать место столкновения, поскольку появляется возможность выбрать наиболее информативные следы, отбросив те из них, которые могли отклоняться от направления на место столкновения (например, при перекачивании объектов, что их оставили, при движении объектов через неровности, при расположении начала следа на большом расстоянии).

Определение места столкновения по расположению объектов, отделившихся от транспортных средств.

Выяснить место столкновения ТС по расположению любых частей невозможно, поскольку их перемещение после отделения от ТС зависит от многих факторов, которые нельзя не учесть. Участок размещения максимального числа отброшенных при столкновении частей может только приблизительно указывать на место столкновения. Причем, если место столкновения определяется по ширине дороги, нужно учесть все обстоятельства, способствовавшие одностороннему смещению отброшенных частей в поперечном направлении.

Достаточно точное место столкновения определяется по расположению земли, которая осыпалась с нижних частей ТС в момент удара. При

столкновении частицы земли осыпаются с большой скоростью и падают на дорогу практически в том месте, где произошел удар.

Наибольшее количество земли отделяется от деформированных частей (поверхностей крыльев, брызговиков, дна кузова), но при сильном загрязнении автомобиля земля может осыпаться и с других участков. Поэтому важно определить, не только с какого именно ТС осыпалась земля, но и с каких именно его частей. Это позволяет точнее указать место столкновения. При этом следует учитывать границы участков осыпания мельчайших частиц земли и пыли, поскольку крупные частицы могут смещаться дальше по инерции.

Место столкновения можно определить по расположению участков рассеяния обломков. В момент удара осколки стекла и пластмассовых деталей разлетаются в разные стороны. Определить с достаточной точностью влияние всех факторов на перемещение обломков сложно, поэтому указать место удара лишь по расположению участка рассеивания (особенно при значительных ее размерах) можно приблизительно.

При определении места столкновения по расположению обломков в продольном направлении следует учитывать, что обломки по направлению движения ТС рассеиваются в виде эллипса, ближайший край которого проходит от места удара на расстоянии, близком к месту их передвижения в продольном направлении за время свободного падения. Это расстояние можно определить по формуле 2.16:

$$S = 0,125 \cdot V_a \sqrt{h}, \quad (2.16)$$

где V_a – скорость ТС в момент разрушения стекла, км / ч;

h – высота расположения нижней части разрушенного стекла, м.

Как правило, ближе всего к месту удара лежат мельчайшие осколки, обломки больших размеров могут перемещаться гораздо дальше, двигаясь по поверхности дороги после падения по инерции.

По расположению мелких обломков место столкновения точнее определяется на мокрой, грязной, грунтовой дороге или на дороге со щебеночным покрытием, когда проскальзывание мелких обломков по поверхности дороги затруднено [16].

При встречных столкновениях место удара в продольном направлении можно примерно определить, исходя из расположения дальних границ участков рассеивания осколков стекла, отвергнутого от каждого из ТС, столкнувшихся в направлении его движения. При аналогичном характере разрушения однотипного стекла максимальная дальность отбрасывания обломков при их перемещении по поверхности дороги прямо пропорциональна квадрату скоростей движения ТС в момент столкновения (рисунок 2.11). Поэтому место столкновения будет находиться на таком расстоянии от дальней границы участка рассеивания осколков стекла первого ТС (формула 2.17):

$$S_1 = S \cdot \frac{V_1^2}{V_1^2 + V_2^2}, \quad (2.17)$$

где S – полное расстояние между дальними пределами участков рассеивания осколков стекла встречных ТС, м;

$V_{1,2}$ – скорости движения ТС в момент столкновения, м/с.

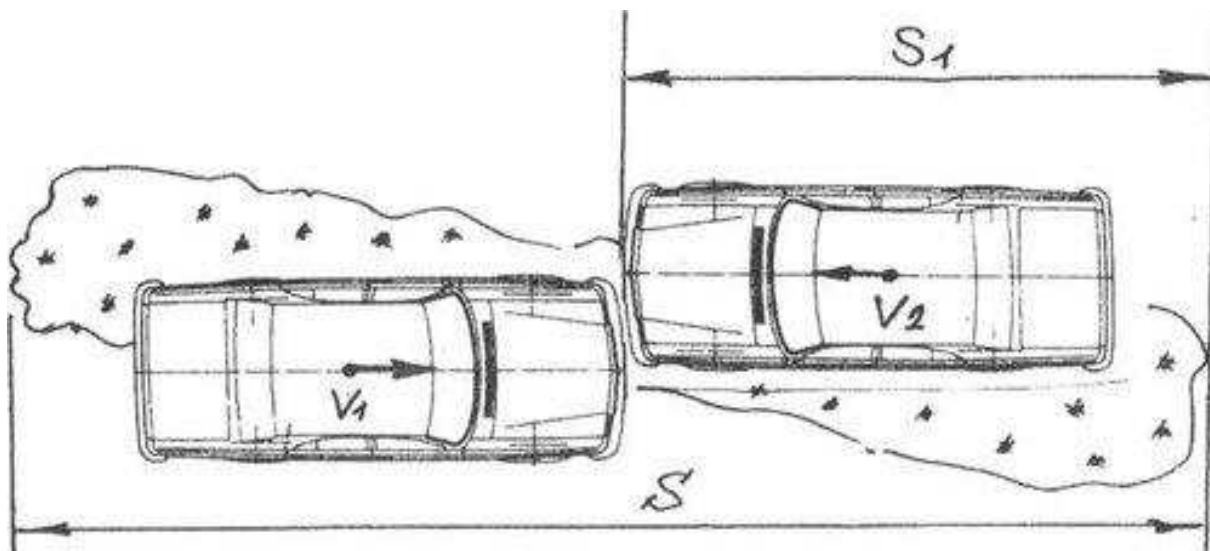


Рисунок 2.11 – Определение места столкновения по дальности рассеивания обломков стекла

Отмечая дальние границы участков рассеивания осколков стекла, следует исключить возможность ошибки, т.е. считать отброшенными те обломки, которые вынесены ТС во время его движения после столкновения.

По ширине дороги место столкновения можно указать примерно в тех случаях, когда участок рассеяния имеет небольшую ширину и можно установить направление продольной оси эллипса рассеяния.

Следует иметь в виду возможную погрешность в тех случаях, когда рассеяния обломков справа и слева от направления движения ТС было неодинаковым [16].

Определение места столкновения по конечному расположению транспортных средств.

Направление движения и расстояние, на которое перемещаются ТС от места столкновения, зависят от многих обстоятельств. Поэтому аналитическая зависимость координат места столкновения ТС от величин, определяющих эти обстоятельства очень сложная. Определить же значения этих величин с необходимой точностью практически невозможно. Отсюда следует, что на основании данных о расположении ТС после происшествия место столкновения можно указать только в некоторых случаях. Схема определения места столкновения по конечному расположению ТС представлена на рисунке 2.12.

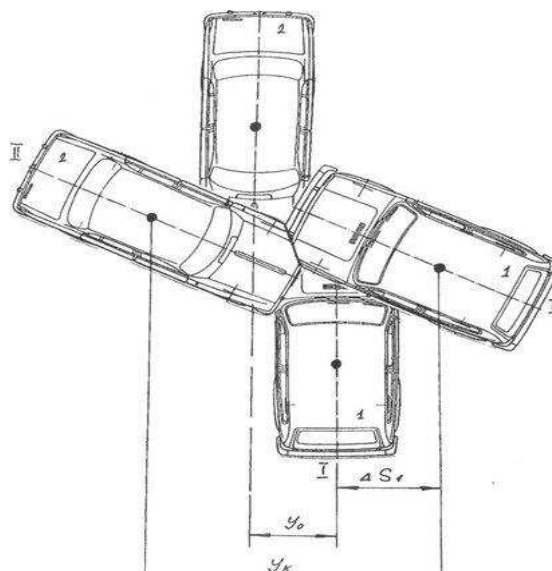


Рисунок 2.12 – Определение места столкновения по конечному расположению ТС.

При проведении экспертиз по делам о ДТП часто ставится вопрос о том, на какой стороне проезжей части произошло столкновение ТС, двигавшихся параллельными направлениям. Для решения этого вопроса необходимо точно определить поперечное смещение ТС от места столкновения, что при отсутствии данных о следах на дороге можно выяснить по расположению ТС после происшествия.

Наиболее точно место столкновения определяется в тех случаях, когда после удара ТС продолжают контактировать (или расходятся на незначительное расстояние). Поперечное смещение ТС от места столкновения происходит тогда вследствие их поворота вокруг центра тяжести. Величины перемещения ТС примерно обратно пропорциональным величинам массы (или силы тяжести), тогда для определения поперечного смещения от места столкновения можно воспользоваться такой формулой 2.18:

$$S_1 = (Y_k - Y_0) \cdot \frac{G_1}{G_1 + G_2}, \quad (2.18)$$

где Y_k – расстояние между центрами тяжести ТС после происшествия, м;
 Y_0 – расстояние между центрами тяжести ТС в момент происшествия, м;
 $G_{1,2}$ – массы ТС, кг.

Исследование повреждений, полученных ТС при столкновении, часто позволяет определить взаимное расположение в момент столкновения и направление удара. Так, если определено направление движения и место расположения одного из ТС, столкнувшихся в момент удара, то по повреждениям определяется месторасположение второго ТС и точка, в которой произошел их первоначальный контакт. Во многих случаях это создает возможность определить, на какой стороне дороги произошло столкновение.

Если известно только расположение ТС после происшествия, то по повреждениям можно определить направление удара и вероятное смещение ТС после столкновения. Наиболее точно место столкновения можно определить, когда расстояния, на которые сместились ТС после удара, незначительны.

При столкновениях, произошедших вследствие внезапного поворота влево одного из ТС, можно определить крайнее правое положение этого ТС в момент удара, исходя из возможности выполнения маневра при определенных условиях сцепления. В ряде случаев это дает возможность выяснить, на какой стороне произошло столкновение, если по деформации определено, под каким углом нанесен удар [17].

Определение места столкновения по закону сохранения импульса.

При явном недостатке информации с места ДТП по зоне столкновения поперечные координаты расположения ТС возможно найти расчетом по следующей методике. При прямолинейном подходе ТС, особенно одной категории, поперечное расхождение каждого из них было обусловлено импульсом силы (формула 2.19).

$$m \cdot V = \int_0^t p \cdot d \cdot t, \quad (2.19)$$

по равенству этого импульса получаем соотношение (формула 2.20):

$$\overline{m_1 \cdot V_1} = \overline{m_2 \cdot V_2}, \quad (2.20)$$

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{V_2}{V_1} = \frac{\sqrt{(2 \cdot \varphi_y \cdot g \cdot y_2)}}{\sqrt{(2 \cdot \varphi_y \cdot g \cdot y_1)}}, \quad (2.21)$$

где g – ускорение свободного падения;
 φ_y – значение бокового коэффициента сцепления шины с дорогой;
 $y_{1,2}$ – поперечное перемещение центра масс ТС.

Отсюда при равенстве φ_y или с учетом разных их значений по сторонам дороги (возможно, с выходом одного из ТС на обочину) находится соотношение y_2 / y_1 . По этому соотношению и сумме размера $y_1 + y_2 + y_0$ на схеме ДТП находятся координаты y_1 или y_2 центров масс и поперечное расположение ТС в момент первого контакта. Если известно движение до столкновения одного из ТС под углом к линии дороги, то это также можно учесть в виде начального условия. С учетом рассмотренных соотношений становится очевидным такое утверждение, что если после внецентрального столкновения ДТП ТС располагаются на одной стороне дороги, то на этой стороне дороги и произошло столкновение [10].

Данный метод в настоящее время является наиболее распространенным по применительной практике среди экспертов. Метод позволяет при малом количестве исходных данных ответить на главный вопрос, выносимый на экспертизу при встречном ДТП: определить на какой стороне дороги произошло столкновение. Однако главным недостатком метода определения

места столкновения по закону сохранения импульса заключается в трудоемкости ведения процесса учета затраченной работы ТС после удара.

Выводы: встречные столкновения по степени перекрытия разделяют на центральные, внецентральные, касательные. Выявлено, что при расследовании встречных столкновений наиболее существенным является сбор информации с места ДТП о координатах следов шин ТС на подходе к месту столкновения, резкое изменение направления следов, следы бокового скольжения шин при развороте ТС, расположение осыпи земли, осколков, стекол и пластмасс, пятен масла, тосола, следы от деталей, груза, размеры и характер повреждений ТС, координаты расположения ТС на проезжей части после ДТП.

Определены этапы фиксации следов на месте происшествия при встречном столкновении, какие приборы необходимы для осмотра места ДТП и составления схемы.

Основной задачей автотехнической экспертизы при исследовании встречных столкновений является установления механизма ДТП. Для восстановления механизма столкновения необходимо определить место ДТП, взаимное расположение ТС в момент удара, параметры движения ТС. В работе проанализирован вероятный механизм встречных столкновений по фазам ДТП: в момент возникновения аварийной обстановки, кульминационной фазе и конечной.

Приведены вопросы выносимые на экспертизу ДТП при встречных столкновениях, наиболее значимым является вопрос о стороне дороги (месте ДТП) на которой произошел контакт ТС.

На основе анализа в работе определены основные параметры движения ТС, имеющие значение при встречном ДТП: скорость, тормозной путь, представлены методики, применяемые для определения этих параметров, а также методики определения места столкновения ТС.

Таким образом, исходя из вышесказанного можно сделать, что основными проблемами при расследовании встречных столкновений являются:

- отсутствие возможности сбора полной информации с места ДТП, что ведет к недостаточному количеству исходных данных, которые получает эксперт;

- каждая из методик определения параметров движения ТС имеет ряд недостатков и погрешностей, что приводит к неточным результатам экспертизы;

- применение методик определения места ДТП возможно только при достаточном количестве исходных данных, а методика определения места ДТП по закону сохранения импульса не затрагивает ДТП связанные с большим разлетом ТС после контакта, съездом в кювет и дальнейшим движением ТС в кювете;

- из таблиц 1.2 – 1.3 видно, что барьерное ограждение расположено только на 15% протяженности автомобильных дорог федерального значения на территории Красноярского края, это говорит о высокой вероятности при встречном столкновении съезда ТС в кювет.

3 Разработка математической модели для определения места столкновения при встречных столкновениях на загородных трассах Красноярского края

Для описания механизма ДТП при встречных столкновениях необходимо разработать математическую модель, которая будет соответствовать каждому произошедшему столкновению на загородных трассах. Для этого, в первую очередь, рассматриваемые столкновения проанализируем по закону сохранения энергии.

Столкновения, при которых не сохраняется кинетическая энергия сталкивающихся тел, называют неупругими.

Среди всех возможных неупругих столкновений, есть один исключительный случай, когда сталкивающиеся ТС в результате столкновения слипаются и дальше движутся как одно целое. Такой неупругий удар называют абсолютно неупругим [18].

Неупругие встречные столкновения характеризуются тем, что взаимодействие ТС в момент удара является продолжительным, одно ТС движется внутри другого в виду особенностей конструкций ТС участвующих в ДТП.

Из-за значительной разности масс ТС и низкой жесткости конструкции кузова одного ТС и наоборот высокой жесткости другого возникают ситуации, при которых встречные ДТП подчиняются закону сохранения импульса по теории неупругого удара.

Примером таких столкновений может являться ДТП между легковым автомобилем и грузовым, а также автобусом. При расследовании встречных ДТП с участием автобусов нужно учитывать этот фактор в виду того, что жесткость кузова автобусов значительно ниже, чем у рамных грузовых автомобилей и легковых. В 2015 году на участке федеральной автомобильной дороги Р-257 «Енисей» (М-54) имело место встречное столкновение двух автобусов, при котором наблюдался такой вид ДТП.

Проведя анализ данного ДТП, можно сделать следующие выводы. В ДТП участвовало 2 ТС: автобус большого класса Hyundai Universe с максимальной массой 16600 кг и пассажироместимостью более 50 человек и микроавтобус Mercedes-Benz Sprinter максимальной массой 2590 кг, пассажироместимостью 10 человек, также необходимо учитывать что микроавтобус был более раннего года выпуска, следовательно кузов утратил свою жесткость по сравнению с новым ТС в виду старения металла [6].

Автобус большого класса имея большую массу, буквально проехал внутри автобуса малого класса, таким образом два ТС после удара по теории упругости стали одним телом.

На рисунке 3.1 представлен пример встречного столкновения при неупругом ударе.



Рисунок 3.1 – Пример встречного столкновения при неупругом ударе

При ДТП на загородных трассах среди легковых автомобилей чаще встречаются упругие столкновения, такие столкновения, характеризуются коротким временем взаимодействия (в период кульминационной фазы ДТП около 0.1 сек), большим разлетом ТС после удара и локальными повреждениями. В рамках производства экспертизы ДТП такие столкновения можно считать упругими и рассматривать с точки зрения физики по закону сохранения импульса при ударе упругих тел.

Во всех рассмотренных методиках расследований ДТП используется модель столкновения при упругом ударе.

На рисунке 3.2 представлен пример упругого столкновения связанного с большим разлетом ТС после удара.



Рисунок 3.2 – Пример столкновения связанный с большим разлетом ТС после удара

Если в результате столкновения двух тел сохраняется кинетическая энергия, такой удар называется абсолютно упругим.

Согласно положениям теории удара процесс удара принято разделять на две фазы. Первая фаза продолжается от момента соприкосновения тел до момента их наибольшего сближения. Вторая фаза продолжается от конца первой фазы до момента разъединения тел. Во время первой фазы кинетическая энергия тел переходит в механическую энергию разрушения и деформаций деталей, а также в потенциальную энергию и тепло. Во второй фазе удара потенциальная энергия упругих частей, деформированных в процессе сближения тел, вновь переходит в кинетическую энергию, способствуя разъединению тел. При столкновении автомобилей и их наезде на неподвижное препятствие длительность первой фазы составляет 0,05 – 0,10 с, а второй – 0,02 – 0,04 с.

Потерю энергии при ударе оценивают с помощью коэффициента восстановления $K_{уд}$, представляющего собой отношение относительных скоростей ТС перед ударом и после него формула 3.1:

$$K_{уд} = \frac{(v'_2 - v'_1)}{(v_1 - v_2)}, \quad (3.1)$$

где v_1, v_2 – скорости ТС 1 и 2 перед ударом;
 v'_1, v'_2 – скорости ТС 1 и 2 после удара.

При $K_{уд} = 0$ удар абсолютно неупругий, при $K_{уд} = 1$ – абсолютно упругий. Как абсолютно упругих, так и абсолютно неупругих тел в природе не существует, поэтому всегда $0 < K_{уд} < 1$. Коэффициент $K_{уд}$ определяют экспериментально.

Примерные его значения при ударах некоторых материалов представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Значения коэффициента $K_{уд}$ некоторых материалов

Материал	Значение коэффициента $K_{уд}$
Алюминий об алюминий	0, 23
Бронза о бронзу	0, 40
Чугун о чугун	0, 60
Сталь о сталь	0, 70
Полистирол о сталь	0, 95

Однако достоверных данных о значениях $K_{уд}$ для автомобилей, к сожалению, немного, и в этом направлении предстоит еще большая работа. Информация, содержащаяся в различных источниках, часто противоречива.

Таким образом, можно сделать вывод, что при расследовании встречных столкновений необходимо учитывать характер столкновения по упругости. Математическая модель в данной ВКР будет разрабатываться для встречных столкновений, связанных со съездом в кювет и дальнейшим движением в различных средах.

В виду того, что Красноярск территориально расположен в центре Сибири около 7 месяцев в году на загородных автомобильных дорогах за пределами проезжей части находится снежный покров, в данной работе движение ТС в различных средах будет рассматриваться на примере снега.

На рисунке 3.3 представлены схемы встречных столкновений, связанных с разлетом ТС после удара и съездом в кювет (а – внецентральное столкновение, б – под значительным углом одного из ТС, в – под углом двух ТС). Пример встречного столкновения рассмотрен на участке автомобильной дороги федерального значения Р-255 Сибирь км 808+150.

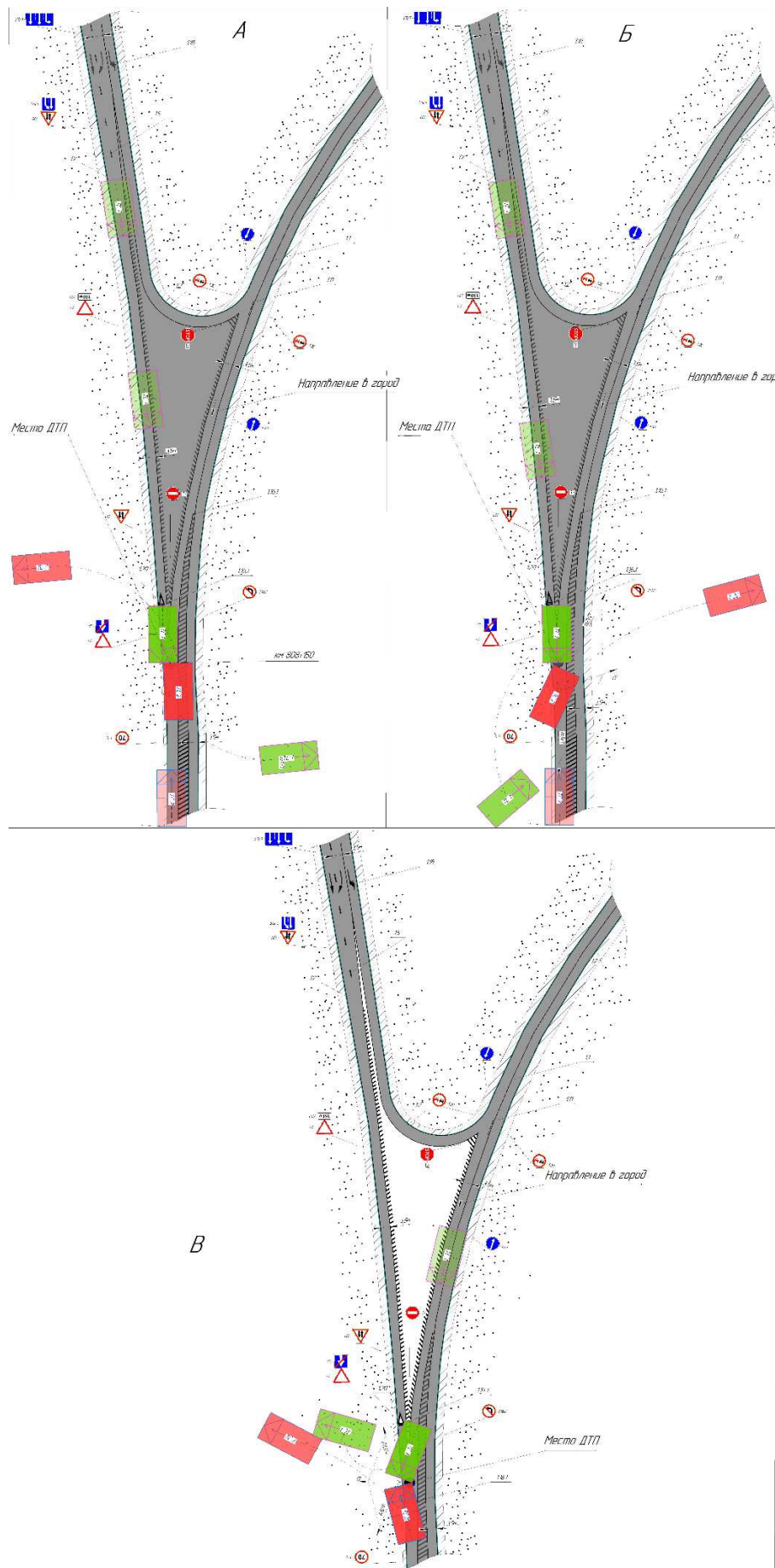


Рисунок 3.3 – Схемы встречных столкновений, на загородных трассах

Как было установлено в пункте 2.6.3 поперечные координаты движения транспортных средств можно найти по методике сохранения импульса формулы 2.19-2.21.

По формуле 2.21 линейную скорость после столкновения автомобиля можно определить по формуле 3.1:

$$V = \sqrt{(2 \cdot \varphi_y \cdot g \cdot y)}, \quad (3.1)$$

Однако если после удара имело место съезд ТС в кювет, то скорость после столкновения будет складываться из потерь скорости на боковое скольжение и потери скорости на преодоление сопротивления снега при движении в кювете. Таким образом скорость автомобиля после столкновения можно определить по формуле 3.2:

$$V = \sqrt{(2 \cdot \varphi_y \cdot g \cdot y + V_{\text{соп снега}}^2)}, \quad (3.2)$$

где $V_{\text{соп снега}}$ – потери скорости на преодоление сопротивление снега, м/с.

Работа на преодоление сопротивления снега может быть рассчитана по формуле 3.3:

$$A = (K_{\text{ж}} \cdot V_{\text{снега}} \cdot L), \quad (3.3)$$

где $K_{\text{ж}}$ – жесткость снега, Н/м³;

$V_{\text{снега}}$ – объем сжатого снега, м³;

L – расстояние перемещения центра масс автомобиля в снеге, м.

Затраченную энергию на перемещение автомобиля в кювете определим по формуле 3.4:

$$E = \frac{m \cdot V_{\text{соп снега}}^2}{2}, \quad (3.4)$$

где E – кинетическая энергия, м/с²;

Учитывая зависимости 3.3 и 3.4 потери скорости на преодоление сопротивления снега можно рассчитать по формуле 3.5:

$$V_{\text{соп снега}} = \sqrt{\frac{2 \cdot K_{\text{ж}} \cdot V_{\text{снега}} \cdot L}{m}}, \quad (3.5)$$

Подставляя данные, полученные по формуле 3.5 в формулу 3.2 получим скорость ТС после столкновения, которая будет учитывать работу на движения ТС в условиях снежного покрова.

Следовательно, из выражений 2.19-2.21, 3.1-3.5 модель, которая описывает встречное столкновения, при котором после удара оба ТС

разлетелись в кювет и продолжили движение по снегу представлена в формуле 3.6:

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{V_2}{V_1} = \frac{\sqrt{(2 \cdot \varphi_y \cdot g \cdot y_2) + \left(\frac{2 \cdot K_{ж} \cdot V_{снега2} \cdot L_2}{m_2}\right)^2}}{\sqrt{(2 \cdot \varphi_y \cdot g \cdot y_1) + \left(\frac{2 \cdot K_{ж} \cdot V_{снега1} \cdot L_1}{m_1}\right)^2}} \quad (3.6)$$

По методу представленной модели (формула 3.6), возможно определить поперечные координаты ТС в момент удара по отклонениям, которые произошли в промежутке между ударом и конечными положениями ТС.

3.1 Исходные данные для разрабатываемой математической модели

Анализируя составляющие формулы 3.6, управляемыми параметрами в разрабатываемой математической являются координаты ТС после ДТП, исходные данные о технических характеристиках ТС: масса, габаритные размеры, положение центров масс. А также данные о типе покрытия и средах, по которым двигались ТС.

3.1.1 Координаты ТС после ДТП. Методика сбора исходных данных на месте ДТП с использованием современных методов фиксации следов

Взаимное расположение транспортных средств после того, как они остановились эксперты устанавливают по схеме ДТП.

Под схемой ДТП (рисунок 3.3) понимается графическое отображение плана местности, дорожной обстановки, транспортных средств, следов и предметов, имеющих отношение к дорожно-транспортному происшествию.

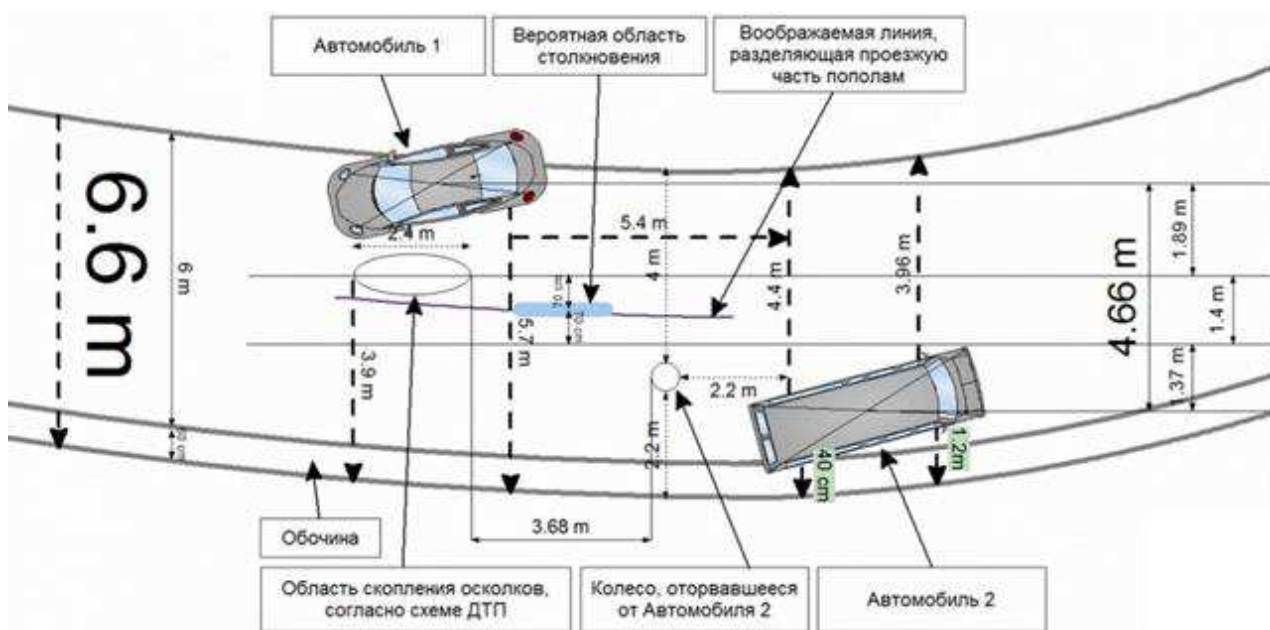


Рисунок 3.3 – Пример схемы ДТП

Являясь основополагающим доказательством, схема происшествия включает в себя ряд исходных данных, без которых производство по делу невозможно, рациональная последовательность составления схемы:

а) определяются границы участка, который следует занести на схему (возможно большой участок и отдельно конкретное место);

б) отмечаются мелом быстроисчезающие следы, разбросанные предметы, пятна, положения пострадавших, которых следует быстро отправить в медучреждения. При перекрытии проезжей части с прекращением движения, возможно, придется отметить положение колес одного из транспортных средств и убрать его на обочину;

в) выбираются направления продольной и поперечной координат с привязкой одного из ТС к неподвижному объекту. В случаях размещения участников и предметов примерно в круговой зоне применяются полярные координаты;

г) составляется черновик схемы ДТП без масштаба, и наносятся все объекты, следы, предметы. При плотном расположении используется нумерация. Россыпь и пятна обозначаются обычно зоной с размерами;

д) производятся измерения по осям координат. При сложном расположении используется система треугольника;

е) при фотографировании проставляются координаты места съемки;

ж) с использованием чертежных приборов составляют масштабную схему, при этом сразу выявляется либо недостаток размеров, либо неверные измерения, что необходимо оперативно поправить с дополнительным выездом на место ДТП.

Имеется, но не применяется довольно совершенный метод фотограмметрии (комплекс ФОМП - К). На участке ДТП расставляются вешки, производится фотографирование и по полученным данным с помощью ЭВМ строится схема в масштабе с проставлением размеров. Эксперту часто приходится иметь дело с некачественными схемами, а без построения схемы ДТП в масштабе нельзя проводить расчеты, поэтому часто требуется дополнительный выезд на место ДТП с участием эксперта или специалиста. По сложным перекресткам с большой интенсивностью должны быть их масштабные схемы, с которыми дежурная группа уже выезжает на ДТП [10]. В данной работе представлен и доработан метод фотограмметрии для составления схемы и сбора следов с места ДТП.

Как было установлено ранее несовершенство системы сбора и обработки данных о ДТП не позволяет в полной мере реконструировать картину происшествия. Отсутствие данных в протоколе осмотра места происшествия из-за кажущейся на первый взгляд их незначительности, которые и составляют фактическую базу при реконструкции полной картины происшествия, существенно снижают вероятность формирования достоверных и обоснованных выводов.

Учитывая все эти сложности, представляется, что расследование ДТП следует отнести к категории достаточно сложных с точки зрения получения

материально фиксированных доказательств, основанных на всестороннем анализе всех объективных факторов, учитывающихся при проведении экспертных исследований с целью объяснения механизма ДТП и на их основе ведения доследственной проверки, предварительного и судебного следствия [19].

Осмотр места ДТП должен производиться сразу же после получения сообщения о случившемся событии. Объясняется это тем, что ДТП происходят на дорогах или оживленных автомагистралях с интенсивным движением транспортных средств, которые могут уничтожить следы, имеющие важное значение для установления истины по делу, а приостанавливать движение на время осмотра не всегда представляется возможным. Кроме того, необходимо учитывать и пагубное воздействие атмосферных условий, а также то обстоятельство, что промедлением с выездом могут воспользоваться виновники ДТП (например, уезд с места происшествия, уничтожение следов преступления на транспортном средстве или на проезжей части, умышленное повреждение узлов или агрегатов транспортного средства, чтобы впоследствии заявить о случае возникшей неисправности во время движения).

Своеобразие дорожно-транспортных происшествий и сложность их расследования обуславливается тем, что осмотр места происшествия нередко приходится проводить в сжатые сроки из-за невозможности приостановления движения на длительное время. Поспешное проведения осмотра и фиксации обстоятельств ДТП отрицательно сказывается на его качестве и объективности, в то время как промедление может привести к утрате доказательств и существенно повлиять на пропускную способность магистралей, улиц и дорог.

Ряд недостатков традиционного метода фиксации ДТП с использованием схемы ДТП, составленной вручную:

- продолжительность от 20 минут до 1 часа и более влечет за собой создание заторов на улично-дорожной сети;
- негативное влияние субъективных качеств инспектора, погодных условий, времени суток;
- невозможность провести дополнительные измерения без выезда на место происшествия, что в большинстве случаев бесполезно из-за отсутствия на нем транспортных средств.

На данный момент для Российской Федерации не разработано активных приложений, которые бы помогли водителям в фиксации дорожно-транспортных происшествий с привязкой к местности, к координатам. Те приложения, которые на сегодняшний день разрабатываются, применимы только для транспортных средств, оснащенных системой ГЛОНАСС.

Низкое качество схем ДТП – одна из основных причин возврата дел на доследование [20].

Применение фотографии повышает качество фиксации мест ДТП, и она широко используется при их осмотре. Однако обычная фотография не дает представление об объеме, не позволяет проводить измерения по глубине. По

фотоснимкам не удастся определить даже размеры запечатленных на снимке объектов.

В последнее время при осмотре ДТП все чаще применяется видеосъемка. Видеосъемка позволяет более полно фиксировать обстановку на месте происшествия и при ее использовании в дальнейшем при проведении следственного эксперимента можно получить более полное представление о механизме происшедшего события. Основным недостатком видеосъемки – это невозможность по видеозаписи производить какие-нибудь измерения, что нередко имеет исключительно важное значение.

Указанные недостатки привели к необходимости использования при осмотре ДТП измерительной фотографии. Такая фотография широко используется в картографии, геодезии, военном деле, архитектуре. При таком методе воспринимаются пространственные формы наблюдаемых объектов, что делает возможным на фотограмметрических приборах измерять размеры этих объектов, расстояния между ними. При необходимости, могут проводиться дополнительные измерения, а также глубокое их визуальное изучение [21].

Для того, чтобы результаты фотосъемки на месте ДТП приобрели свое правовое значение, сама технология съемки и ее результаты должны отвечать определенным требованиям.

Основные требования, предъявляемые к научно-техническим методам и средствам, определяются Конституцией Российской Федерации, в частности, нормами, регламентирующими права и обязанности граждан, обеспечение гарантий соблюдения их свобод и законных интересов. К этим нормам относят гарантии:

- безопасности для окружающей среды, здоровья и жизни людей, в отношении которых их применяют;
- научной обоснованности, гарантирующей получение достоверных и надежных результатов, не исключающих возможности их проверки путем повторения исследований;
- этичности, исключающей создание условий, способствующих оскорблению лица, унижению его чести и человеческого достоинства;
- защищенности получаемой информации от искажения (фальсификации);
- надежности хранения;
- возможности тиражирования [22].

Для фиксации места дорожно-транспортного происшествия целесообразно использовать все возможные формы:

- вербальную (протоколирование) – описание общей обстановки, материальных объектов, участвовавших в ДТП, следов, результатов измерений, других фактических данных, имеющих отношение к событию. Кроме того, описываются технические средства, использовавшиеся в ходе осмотра, и указывается субъект, их применявший;
- графическую форму фиксации – графическое отображение взаиморасположения предметов и следов;

- предметную форму фиксации – изъятие предметов в натуре и их консервацию, изготовление материальных моделей (реконструкция), в том числе макетирование, копирование, получение слепков и оттисков;

- наглядно-образную фиксацию – фотографирование обстановки места происшествия, материальных объектов и их взаиморасположения.

Из всех перечисленных методов фиксации протоколирование является обязательным элементом процесса расследования. Остальные же – факультативные методы и целесообразность их использования определяется следователем исходя из конкретной ситуации [23].

В системе методов и средств фиксации обстановки на месте происшествия, регламентированных уголовно-процессуальным законодательством России, фотографическая съемка занимает одно из ведущих мест, что связано с ее высокой эффективностью как средства запечатления общей картины обстановки, а также наличия, состояния и положения отдельных объектов и их признаков.

Наглядно воспроизводя те же элементы обстановки, которые описываются в протоколе, фотографические снимки способствуют правильному и точному усвоению содержания протокола, а также позволяют проверить объективность и полноту записей в нем путем сопоставления описания и изображения.

Преимущества фотографического метода определяются тем, что он дает стойкие в течение длительного времени изображения, которые можно тиражировать и изменять (увеличивать или уменьшать). Он одновременно и с большей точностью позволяет фиксировать огромное число предметов, выделять среди большого объема информации необходимую для расследования, фиксировать чрезвычайно кратковременные явления, а длительные процессы расчленять на отдельные фазы [24].

Успешное решение вопроса о механизме дорожно-транспортного происшествия в ходе проведения автотехнической экспертизы, как уже отмечалось, зависит от полноты сведений, предоставляемых эксперту. Полноту и объективность исходных данных наиболее рационально получать из фотографических снимков места происшествия [25].

Для решения вышесказанных вопросов предлагается использовать фотограмметрический метод фиксации обстоятельств ДТП с квадрокоптера.

Фотограмметрия или фотомоделирование — это методики, благодаря которым трехмерная цифровая поверхность может быть восстановлена из серии фотографий. Она часто используется для создания высокоточных 3D-моделей объектов реального мира, в данном случае обстоятельств ДТП.

На первом этапе определяется оборудование, необходимое для сбора данных с места ДТП с последующей реконструкцией его в 3D модель. Предлагаемая методика фиксации ДТП подразумевает фиксацию картины аварии с помощью беспилотного летательного аппарата (БПЛА) – квадрокоптера, оснащенного камерой.

Всем критериям, необходимым для фиксирования обстоятельств ДТП удовлетворяет квадрокоптер - DJI Phantom 3. Первое, что стоит отметить — роботизированный подвес камеры, который также снабжён амортизаторами для устранения дрожания камеры (и картинки) при съёмке во время полета. Положением камеры можно управлять, но только по вертикали. Она оснащена сенсором с разрешением 12 Мп (снимки можно сохранять в формате RAW) и объективом с диафрагмой $f/2.8$ и широким углом обзора – 94 градуса. Максимальное разрешение видеозаписи составляет 2700 (2700x1500 пикселей). Одновременно с записью на карту памяти в камере роликов в этом разрешении, на смартфон транслируется потоковое видео в разрешении 720p (1280x720 пикселей), которое сохраняется в памяти мобильного устройства. Сектор обзора камеры по горизонтали изменить нельзя, для этого необходимо разворачивать сам квадрокоптер. Внешний вид квадрокоптера DJI Phantom 3 представлен на рисунке 3.4.

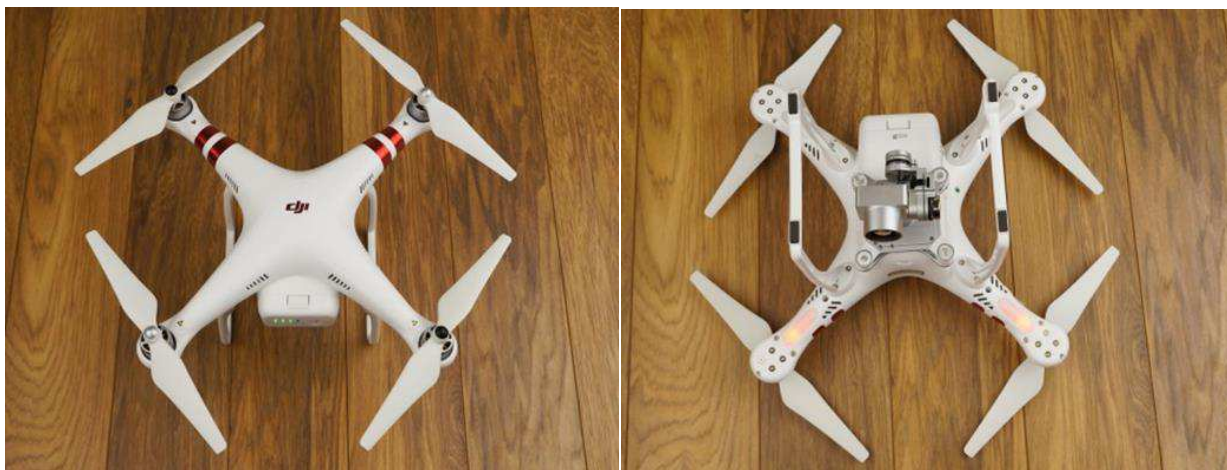


Рисунок 3.4 – Внешний вид квадрокоптера DJI Phantom 3

DJI Phantom 3 оснащён довольно массивными ножками. Они служат не только для удобного приземления, но и для защиты камеры от ударов в случае столкновения с другими предметами. Из пластика сделан и пульт управления, за исключением металлической скобы для его переноски, расположенной сзади. Основными элементами управления полётом являются два стика. Кроме них на пульте размещены два трёхпозиционных программируемых переключателя (в верхних углах), а также колёсико для управления камерой (под указательным пальцем левой руки) и рычажок для включения. На передней панели пульта находится светодиодный индикатор уровня заряда его собственного аккумулятора, а на боковой грани — разъём micro-USB для зарядки. К металлической скобе на пульте крепится держатель для смартфона. Квадрокоптер питается от съёмных литий полимерных аккумуляторов. Несмотря на внушительную ёмкость одной батареи (68 Втч), она позволяет устройству летать не более 25 минут [26].

Особенность фиксации места ДТП с помощью фото- и видеосъёмки с БПЛА состоит в том, что появляется возможность использования новой

«точки» опоры для съемки, позволяющей запечатлеть картину происшедшего события по вертикальному фронту – сверху вниз. Этот способ позволяет производить фиксацию с точки, находящейся над местом ДТП, и зафиксировать положения транспортных средств и их взаиморасположения, действия и положения участников ДТП, образовавшиеся следы, неподвижные ориентиры, что очень важно для получения объективного ответа на вопрос о механизме происхождения ДТП [27].

На втором этапе определяется точность, с которой необходимо производить съемку для фиксации следов ДТП. Следы контакта ТС являются важным источником информации об обстоятельствах дорожно-транспортного происшествия, по которым можно восстановить не только процесс непосредственного взаимодействия автомобиля с другим транспортным средством либо иным препятствием, но и механизм дорожно-транспортного происшествия в целом [28].

Следы (трассы), объемные и поверхностные, статические и динамические. При контактировании транспортных средств и других объектов в процессе ДТП вследствие различных по силе и направленности ударов возникают следы (трассы), которые различаются на объемные и поверхностные следы, статические (вмятины, пробоины) и динамические следы (царапины, разрезы). Комбинированные следы представляют собой вмятины, переходящие в следы скольжения (встречаются чаще), либо наоборот, следы скольжения, заканчивающиеся вмятиной. Фиксирование парных следов и следов контактирования транспортных средств характеризуется высокой точностью. Трассы на транспортном средстве содержат отображения макро- и микрорельефа, необходимые для того, чтобы идентифицировать транспортное средство, с которым произошло касательное столкновение, установить факт движения транспортных средств в момент удара при перекрестном столкновении, определить направление относительного перемещения транспортных средств при попутном столкновении. Трассы на деформированных нижних частях, контактировавших с дорогой, дают возможность определить направление движения транспортных средств после столкновения, уточнить столкновения с учетом расположения оставленных этими частями следов на месте происшествия. Наличие наслоения микрочастиц одного транспортного средства на другом транспортном средстве используются для установления факта их контактного взаимодействия. Отпечатки, наслоения лакокрасочного покрытия, резины, пластмассы позволяют идентифицировать следообразующий объект и установить, с какой частью транспортного средства произошел контакт.

Для того, чтобы в результате транспортно-трасологической экспертизы были корректно выявлены причинно-следственные связи, повлекшие за собой дорожно-транспортное происшествие, необходимо с высокой точностью зафиксировать величину повреждений транспортных средств. Информативность следов при встречном, попутном, перекрестном столкновении транспортных средств. В случаях аварий при обгоне по

локализации повреждений можно судить о тех частях, которые первыми вступили в контакт. По глубине начала и окончания царапин и иных следов можно определить угол, под которым произошло контактирование следообразующего и следовоспринимающего объектов [29].

С учетом вышесказанного можно сделать вывод о том, что необходима высокая точность 3D – реконструкции места ДТП. Методика построения предлагаемой модели основана на методах фотограмметрии и фототриангуляции. Эта методика позволяет, зная координаты точек, с которых сделаны снимки, определять координаты точек искомого объекта.

Для построения сетей фототриангуляции используют три способа: независимых моделей, независимых маршрутов и связок. Способ независимых моделей подразумевает следующий порядок действий. По отдельным стереопарам строят модели, независимые друг от друга. Затем их соединяют в общую модель (блок), используя межмодельные связующие точки, расположенные в пределах продольных межмодельных перекрытиях, и межмаршрутные связующие точки, расположенные в пределах поперечных межмаршрутных перекрытиях. В результате получают свободную сеть, т.е. сеть в масштабе, близком к заданному, и с примерной ориентировкой в системе координат объекта. Затем выполняют внешнее ориентирование и уравнивание свободной сети по опорным точкам. Способ независимых маршрутов заключается в том, что свободные сети строят в пределах маршрутов, а затем по межмаршрутным связующим точкам соединяют их в блок, который внешне ориентируют и уравнивают по опорным точкам. Способ связок позволяет построить, ориентировать и уравнивать сеть одновременно по всем снимкам без построения моделей [30]. В данной работе на основе изучения предыдущих исследований рекомендуется применять программный комплекс: «Autodesk ReCap».

Системные требования программы Autodesk ReCap Foto: OS: Microsoft Windows 7 or later, 16gb оперативной памяти. Программа доступна только в версии для Windows. Это облачная утилита превращает обычные фотоснимки в трехмерные полигональные модели с высоким разрешением. Благодаря ReMake.

Autodesk ReCap появился на свет благодаря растущим возможностям в области фотографии и сканирования, с помощью которых окружающий нас мир приобретает цифровую форму. ReCap должен упростить задачу создания полезных, значимых 3D-моделей на основе реальных объектов и сделать трехмерную оцифровку масштабируемой и доступной широкому ряду пользователей. ReCap автоматизирует процесс, превращая снимки в высококачественные, кастомизируемые цифровые модели. Полученные меши можно чистить, исправлять, редактировать, масштабировать, измерять, сравнивать и оптимизировать для дальнейшего с использованием. Получаемые трехмерные изображения легко могут быть переработаны в модели для 3D-печати.

Количество фотоснимков, сделанных при фиксации ДТП, зависит от требуемой точности, угла съемки (рисунок 3.5), а также от величины продольного перекрытия.

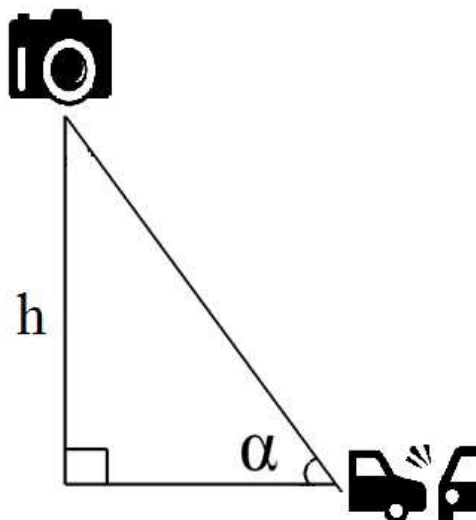


Рисунок 3.5 – Схематическое изображение угла α – угла между плоскостью земли и точкой фотофиксации

Для того чтобы получить качественную информацию и построить 3-D модель местности, необходимо провести съемку территории с перекрытием, т.е. снимать участок земли так часто, чтобы последующий снимок как-бы «перекрывал» предыдущий. Продольное перекрытие (P_x) – это отношение площади, сфотографированной на двух соседних снимках, к площади, изображённой на каждом отдельном снимке, выраженное в процентах. Схематическое изображение перекрытия приведено на рисунке 3.6.



Рисунок 3.6 – Продольное перекрытие фотоснимков

Зависимость минимального количества фотоснимков, угла фотофиксации и продольного перекрытия приведена в формуле 3.7.

$$N_{\text{сн}} = \frac{\cos\alpha \cdot 360}{(100 - 2P_x)}, \quad (3.7)$$

где P_x – продольное перекрытие снимков;

α – угол между плоскостью земли и точкой фотофиксации.

Зависимость точности от величины продольного перекрытия снимков приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Зависимость точности от величины продольного перекрытия снимков

Величина продольного перекрытия, % Размер различимого элемента ТС, мм	Размер различимого элемента ТС, мм				
	50	25	10	5	1-2
5-10	X				
10-15		X			
20-25			X		
25-35				X	
35-50					X

Стоит отметить, что под углом $\alpha = 90$ градусов необходимо сделать как минимум 1 фото для большей объективности при фиксации обстоятельств ДТП. Рекомендуемый угол съемки составляет от 30 до 60 градусов.

На третьем этапе создается 3D модель места ДТП.

3D модель, созданная по фотографиям с квадрокоптера в программе Autodesk ReCap представлена на рисунках 3.7-3.10.



Рисунок 3.7 – Полигонная структура 3-D модели

Как видно из рисунка 3.7, при построении 3-D модели используется метод триангуляции. Программа ищет совпадения при перекрытии фотоснимков и реконструирует картину в виде совокупности треугольных полигонов. В результате обработки данных получаем объемное панорамное изображение моделируемого ДТП, которое представлено на рисунке 3.8.



Рисунок 3.8 – Панорамное изображение

В ReCap имеются фотограмметрические инструменты, при помощи которых можно измерить расстояние (рисунок 3.9), угол (рисунок 3.10), величину деформации ТС и тд, не используя полевые замеры.

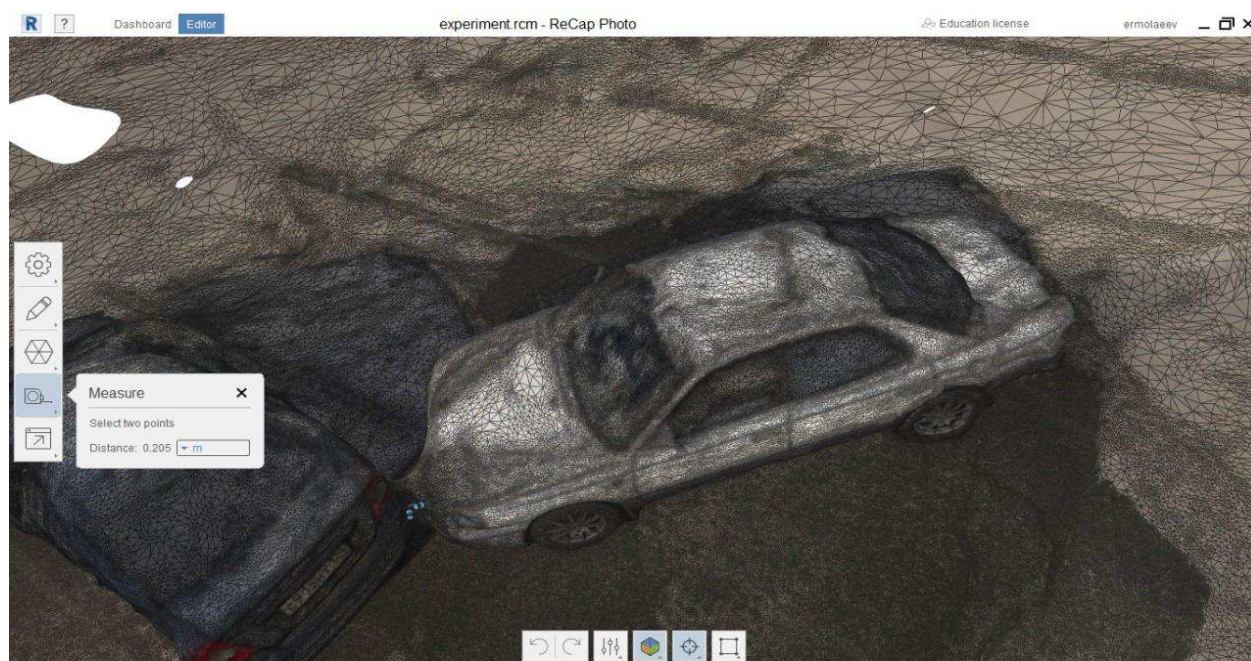


Рисунок 3.9 – Расстояние между двумя ТС

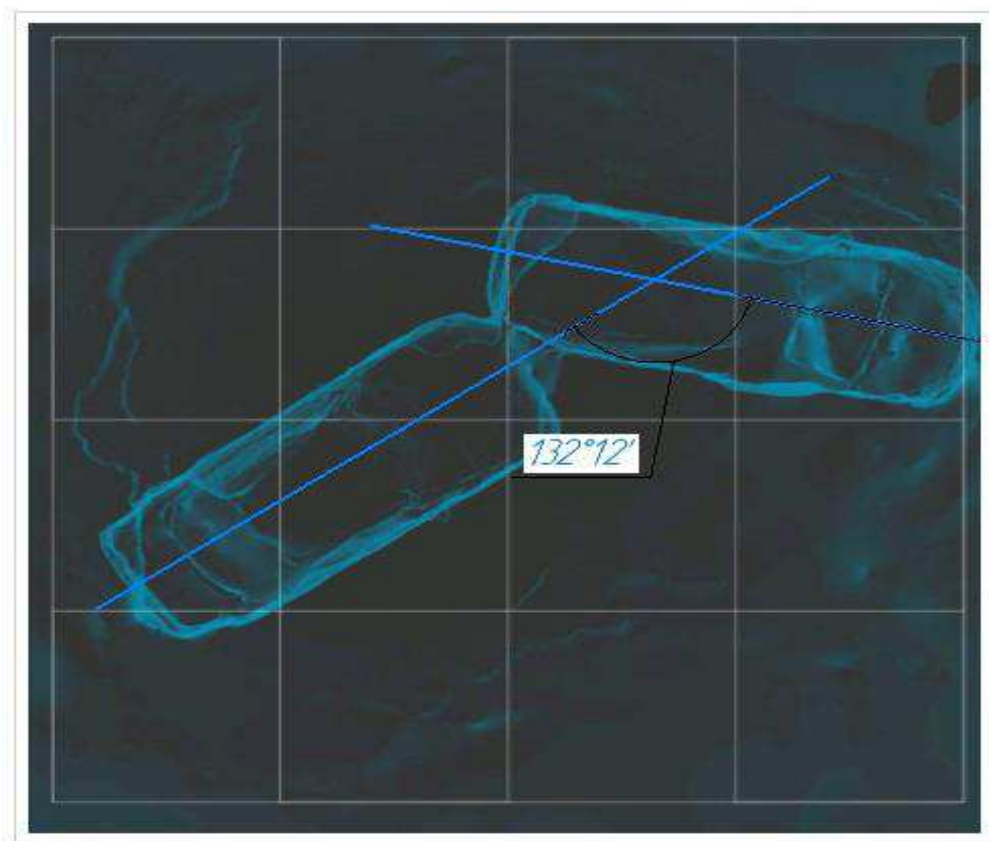


Рисунок 3.10 – Измерения угла между двумя ТС

Таким образом, при расследовании встречных столкновений потенциальным преимуществом предлагаемого метода фиксации над существующим методом, заключаются в:

- увеличении точности, с которой производится фиксация обстоятельств дорожно-транспортного происшествия;
- уменьшение временного ресурса, затрачиваемого на фиксационные мероприятия;
- разгрузка улично-дорожной сети, уменьшение заторовых ситуаций;

Увеличение точности фиксации последствий ДТП точностью до 1 мм было достигнуто с помощью использования фотограмметрической методики фиксации.

Также стало возможно производить съемку в труднодоступных и опасных местах. Уменьшение времени, затрачиваемого на фиксацию обстоятельств дорожно-транспортного происшествия.

Преимущество также наблюдается в том, что транспортные средства могут быть убраны с проезжей части сразу же после фотофиксации, что значительно разгрузит улично-дорожную сеть и уменьшит заторы, вызванные последствиями ДТП. Еще одним ощутимым преимуществом является тот факт, что разгружается лицо, оформляющее ДТП, минимизируется человеческий фактор, нередко играющий роль в процессе фиксации: недостаточные компетенции специалиста, проводящего замеры, случайное или преднамеренное игнорирование каких-либо деталей, усталость, специалиста, а

также негативное влияние погодных условий, таких как дождь, снег, темное время суток [31].

3.1.2 Технические характеристики ТС

В общем случае техническими характеристиками ТС, имеющими значение при производстве экспертизы ДТП являются основные параметры описывающие габаритные размеры ТС, двигатель, трансмиссию, тормозную систему.

Основные элементы технической характеристики автомобиля представлены на рисунке 3.11.

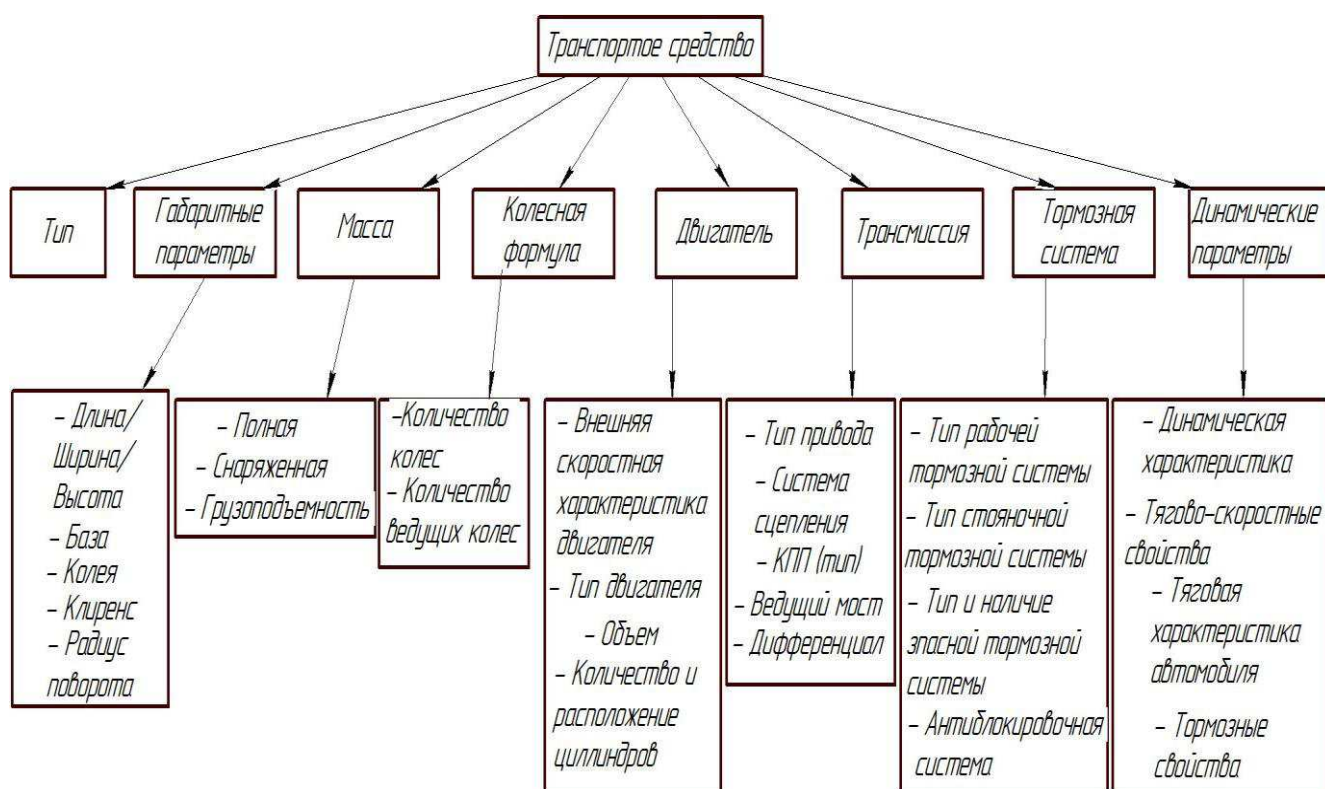


Рисунок 3.11 – Основные элементы технической характеристики автомобиля

С учетом параметров в разрабатываемой математической модели необходимыми данными о технической характеристики ТС являются:

- масса ТС;
- часть лобовой площади ТС, которая контактирует со снегом.

Объем снега, который необходимо учитывать при определении работы затраченной ТС на сопротивление можно найти исходя из лобовой площади ТС, за вычетом произведения высоты клиренса и базы ТС.

На рисунке 3.12 представлена схема лобовой части ТС, учитываемой в рассматриваемой модели.

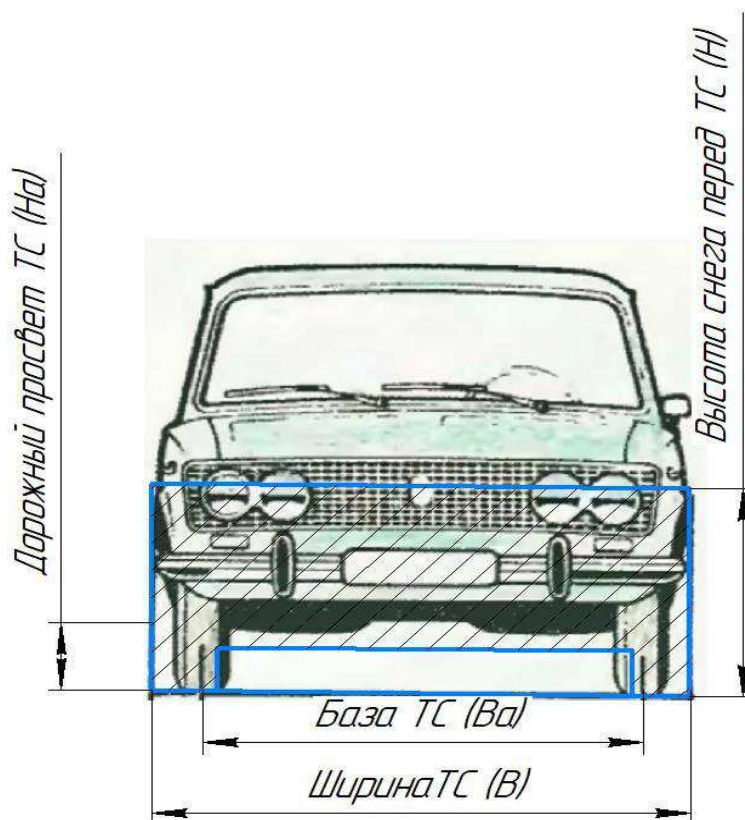


Рисунок 3.12 – Схема лобовой части ТС, учитываемой в модели

На основе рисунка 3.12 определим объем снега ($V_{\text{снега}}$) для легкового автомобиля по формуле 3.8:

$$V_{\text{снега}} = (B \cdot H - B_a \cdot H_a) \cdot L_{\text{снега}}, \quad (3.8)$$

где: B – наибольшая ширина автомобиля;

H – высота от земли до крайней точки соприкосновения снега с кузовом автомобиля;

B_a – колея автомобиля;

H_a – дорожный просвет (клиренс);

$L_{\text{снега}}$ – часть тормозного пути (расстояние ТС, пройденное в снегу).

Таким образом, из рисунка 3.12 и формулы 3.8 видно, что объем снега возможно определить на основании простых геометрических расчетов.

3.1.3 Тип покрытия. Среда

Особенности встречных столкновений связаны, с высокими скоростями при ДТП, как следствие, значительным разлетом после удара поэтому в разных фазах ДТП автомобили двигаются по различным типам покрытия. Разный тип покрытия обуславливает учет коэффициента сцепления в зависимости от типа поверхности, по которому двигался ТС. В таблице 2.1 указаны коэффициенты сцепления шин с дорогой на различных типах покрытия.

При использовании разрабатываемой методики определения места столкновения ТС при встречных ДТП учитывается боковой коэффициент сцепления шин с дорогой и определяется по формуле 3.9:

$$\varphi_y = 0,8 \cdot \varphi, \quad (3.9)$$

где: φ – значение коэффициента сцепления шины с дорогой (для разных типов покрытия).

Однако, как было установлено, встречные столкновения также связаны, со съездом в кювет и дальнейшим движением. Так как в данной работе была принята модель ДТП при которой ТС после удара разлетаются в снег, тогда основными управляемыми параметрами будут являться: жесткость снега ($K_{жс}$) и объем снега ($V_{снега}$), объем снега определяются исходя из технической характеристики ТС по формуле 3.8.

Вопрос о жесткости снега является более существенным особенно на территории Красноярского края в виду того, что в разное время года плотность снежного покрова является разной.

Плотность снега по данным Б. П. Вейнберга способна меняться от 0,01 до 0,7 г/см³, причем верхний предел соответствует тому состоянию, когда мы еще вправе назвать его снегом. При дальнейшем увеличении плотности снег превращается в лед [32].

В таблице 3.3 представлены плотности разных типов снега в зависимости от месяца года и высоты.

Таблица 3.3 – Плотности разных типов снега в зависимости от месяца года и высоты

Месяц года	Высота покрова, см	Плотность снега по данным наблюдений г/см ³		
		Минимальное	Среднее	Максимальное
Ноябрь	21	0,07	0,12	0,17
Декабрь	19	0,12	0,17	0,20
Январь	30	0,13	0,16	0,20
Февраль	34	0,15	0,19	0,20
Март	30	0,14	0,18	0,22
Апрель	28	0,15	0,21	0,25

Жесткость снега зависит от нескольких факторов таких как температура, плотность, влажность. В таблице 3.4 представлена данные о жесткости снега в зависимости от плотности.

Таблица 3.4 – Данные о жесткости снега в зависимости от плотности

Плотность снега по данным наблюдений, г/см ³	Коэффициент жесткости снега $K_{жс}$, Н/м ³
0,138	$1,3 \cdot 10^5$
0,22	$7,5 \cdot 10^5$
0,275	$1,16 \cdot 10^6$
0,320	$1,38 \cdot 10^6$

Непостоянство снега объясняется существованием воды в уникальных условиях, совсем близко от так называемой тройной точки фазовых переходов, различной для разных веществ, в которой вещество находится во всех трех фазах. На рисунке 3.13 представлена зависимость коэффициент жесткости снега от плотности.

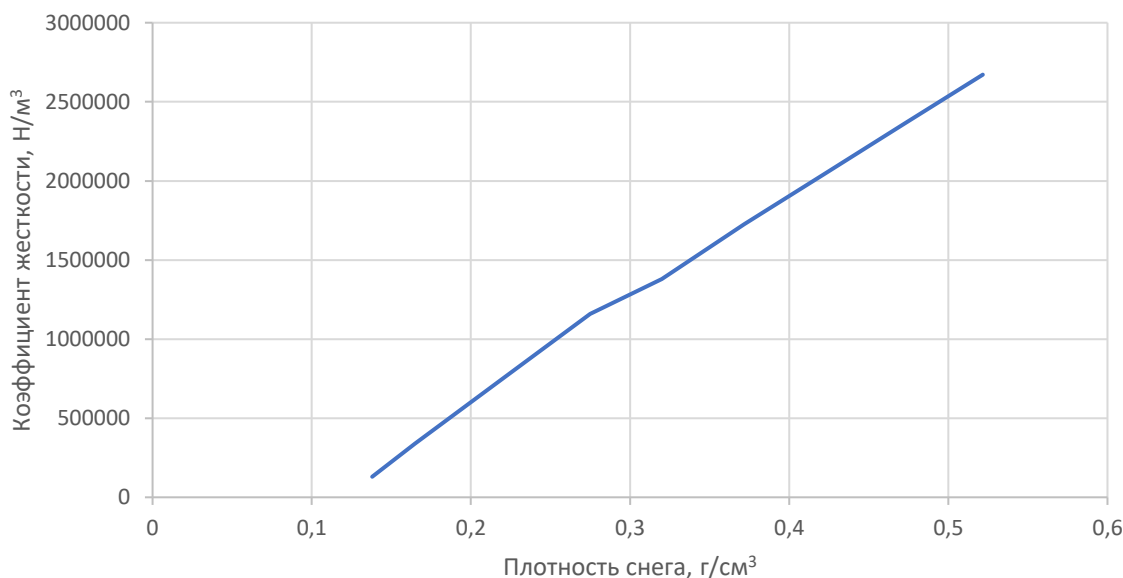


Рисунок 3.13 – Зависимость коэффициент жесткости снега от плотности

Исходя из рисунка 3.13 видно, что коэффициент жесткости снега возрастает с плотностью снега, соответственно при небольших отрицательных температурах жесткость снега будет больше, также это зависит от высоты снежного покрова.

Выводы: в данной главе была разработана математическая модель на основе закона сохранения энергии, с помощью которой становится возможным определить место столкновения ТС при встречных столкновениях на загородных трассах, связанных с движением по снегу после удара.

Установлены управляемые параметры математической модели.

Предложена методика определения конечных координат ТС после ДТП с помощью современных технических средств и метода фототриангуляции.

Определены технические характеристики ТС, имеющие значения при определении места столкновения ТС.

Показаны способы определения объема снега, который необходимо учитывать при определении работы затраченной ТС на сопротивление.

Разработана зависимость жесткости снега от времени года и толщины снежного покрова.

Таким образом, имея данные о координатах ТС после ДТП, данные о технических характеристиках ТС, данные о типе покрытия и средах, по которым двигались ТС становится возможным определить место ДТП при встречных столкновениях на загородных трассах.

4 Методики теоретических и экспериментальных исследований

В данном разделе приведены методики определения параметров движения ТС при съезде автомобиля в снег и дальнейшем движении.

Планирование эксперимента – обоснование плана эксперимента, удовлетворяющего поставленным требованиям. К требованиям, предъявляемым при планировании эксперимента, можно отнести степень точности и надежности результатов, полученных после проведения эксперимента, сроки и средства, имеющиеся в распоряжении исследователя.

Поскольку из-за влияния неконтролируемых факторов выходной параметр – это всегда случайная величина, при обработке результатов эксперимента широко используется аппарат теории вероятностей и математической статистики, поэтому напомним некоторые основные понятия и определения этого раздела математики [33].

Если при проведении опытов все наиболее существенные факторы контролируются, то воздействие на отклик каждого из неконтролируемых факторов не должно быть слишком большим по сравнению с остальными неконтролируемыми факторами. Другими словами, та дисперсия (рассеивание) отклика, которую вызывает любой из неконтролируемых факторов, не должна сильно отличаться от дисперсий, связанных с влиянием остальных неконтролируемых факторов. В противном случае фактор, дисперсия которого существенно отличается от других, должен быть переведен в разряд контролируемых. Следовательно, если при планировании эксперимента учтены все наиболее существенные факторы и затем, при проведении опытов, они контролируются, то при обработке экспериментальных данных можно предполагать, что отклик не должен противоречить нормальному распределению [33].

Соответственно, для решения поставленной задачи, необходимо определить контролируемые параметры, которые являются исходными данными при планировании эксперимента. В пункте 3.1 перечислены исходные данные для разработанной математической модели, однако в связи с тем, что данная модель является производной от существующей методики определения места столкновения ТС по закону сохранения импульса, то в данном разделе эксперимент будет основан на той части модели, которая связана с съездом ТС в снег.

В качестве экспериментального ТС при проведении эксперимента будет использован легковой автомобиль категории М1. Плотность снега необходимо принимать по таблице 3.3, 3.4.

4.1 Методика выполнения теоретического эксперимента с использованием разработанной математической модели

На основе разработанной математической модели для анализа ее адекватности сформируем методику расчетного определения работы,

затраченной автомобилем на движение в снегу при встречном столкновении с последующим разлетом в снег. Задаваясь исходными данными, указанными в таблице 4.1 и используя формулы 3.3 – 3.5, 3.9, можно определить необходимый параметр.

Силу сопротивления можно наблюдать опытным путем. К примеру, если предмет переместился на величину пути L , когда на него воздействует сила сопротивления (F_c), затрачивается работа, которую можно рассчитать по формуле:

$$A = (F_c \cdot L), \quad (4.1)$$

Из курса физики известно, что почти у всех твердых тел при небольших упругих деформациях размер деформации пропорционален деформирующей силе.

Эта зависимость была установлена английским ученым Р. Гуком. Закон Гука утверждает, что при малых упругих деформациях величина деформации пропорциональна силе ее вызывающей и равна произведению силы на перемещение (x).

Закон Гука справедлив при видах упругой деформации:

- растяжения;
- сжатия;
- сдвига;
- кручения;
- изгиба, тогда:

$$F_c = (K_{ж} \cdot x), \quad (4.2)$$

Коэффициент жесткости снега можно определить исходя из зависимости 3.13 и таблицы 3.4, тогда работа равна:

$$A = (K_{ж} \cdot V_{снега} \cdot L),$$

На рисунке 3.12 представлена схема лобовой площади ТС, которую необходимо учитывать при вычислении объема снега. В случае, когда площадь поперечного сечения ТС равна ширине B он будет сталкиваться с частицами снега, объем которых составляет:

$$V_{снега} = (B \cdot H - B_a \cdot H_a) \cdot L$$

Кинетическую энергию можно рассчитать по формуле:

$$E = \frac{m \cdot V_{соп\ снега}^2}{2},$$

Энергию создают внешние силы за счет своей работы с мощностью по определению силы сопротивления. Откуда справедливо равенство, указанное в формуле 4.3:

$$E = A, \quad (4.3)$$

В этом случае зависимость силы сопротивления от скорости перемещения объекта возрастает и становится пропорциональна ее второй степени. В отличие от силы внутреннего трения ее обозначают, как силу динамического лобового сопротивления.

Для сравнения данных, полученных расчетным путем и эмпирическим, в данной работе будет сравниваться тормозной путь ТС (L), при одинаковой начальной скорости, тогда выражая (L), получим:

$$L^2 = \frac{m \cdot V_{\text{соп снега}}^2}{2K_{\text{ж}} \cdot (B \cdot H - B_a \cdot H_a)}, \quad (4.4)$$

$$L = \sqrt{\frac{m \cdot V_{\text{соп снега}}^2}{2K_{\text{ж}} \cdot (B \cdot H - B_a \cdot H_a)}}. \quad (4.5)$$

Таким образом, подставив исходные данные о геометрических характеристиках ТС, снаряженной массы, начальной скорости, высоты снежного покрова и определив коэффициент жесткости снега из таблиц и зависимости, возможно определить тормозной путь ТС в снегу. Из формулы 4.5 также видно, что тормозной путь ТС имеет прямую зависимость от начальной скорости движения ТС.

4.2 Методика выполнения натурального эксперимента

С целью подтверждения результатов, полученных с использованием разработанной математической модели, предлагаем проведение натурального эксперимента с использованием реального ТС.

Для проведения эксперимента необходимо использовать автомобиль аналогичный как и при аналитическом расчете и специально подготовленный испытательный полигон.

Соответственно, зная массу и габариты ТС, а также жесткость снега, неизвестной переменной остается расстояние пройденное ТС в среде снега. Данное расстояние является тормозным путем (L) ТС.

Чтобы определить экспериментальным путем этого расстояние необходимо задаться идентичными входными данными и условиями, что были использованы в аналитическом методе (расчетном).

Перед началом эксперимента необходимо определить участок въезда автомобиля в сугроб (рисунок 4.1).



Рисунок 4.1 – Участок въезда автомобиля в снег

Следующим шагом необходимо измерить высоту снега и проверить исправность ТС. Также необходимо определить место начала торможения, с учетом времени срабатывания тормозной системы.

Далее испытатель разгоняет автомобиль до определенной скорости (V) и на полностью заторможенном ТС (педаль тормоза нажата до максимума, колеса заблокированы) въезжает в сугроб определенной высоты (h) до полной остановки. Скорость ТС определяется с использованием GPS технологии (мобильное приложение «Яндекс навигатор»).

Глубина снега определяется рулеткой, как указано на рисунке 4.2.



Рисунок 4.2 – Измерение глубины снега

После полной остановки ТС (рисунок 4.3) испытатель измеряет расстояние пройденное ТС в снегу рулеткой (рисунок 4.4) и оформляет результаты. Испытание проводится не менее 3-х раз, и вычисляется среднее значение расстояния (L), чтобы минимизировать погрешность.



Рисунок 4.3 – Вид автомобиля после остановки в сугробе



Рисунок 4.4 – Измерение расстояния пройденного в сугробе (L)

По факту выполнения эксперимента заполняется протокол испытания. Форма протокола испытания представлена в Приложении Б.

Объем снега находится по той же методике, как и в пункте 4.1 путем геометрических вычислений.

Полученные значения тормозного пути сравниваются с показателями, вычисленными по предлагаемой математическом модели, нормальная погрешность установлена 10%.

4.3 Методика выполнения эксперимента с использованием программного комплекса PC-Crash

Для полного обоснования адекватности математической модели в данной работе, кроме натурного эксперимента предлагается подтверждение результатов в программном комплексе реконструкции механизмов ДТП «PC-Crash».

PC-Crash – это современная компьютерная программа для моделирования и реконструкции механизма ДТП. В PC-Crash заложены мощные инструменты, позволяющие определять траектории и скорости движения автомобилей до и

после столкновения, проводить точный анализ большого разнообразия ДТП и других дорожно-транспортных ситуаций.

Результаты представляются виде 2D, 3D визуализации, а также подробных отчетов в виде таблиц и графиков. Компьютерная программа для моделирования и реконструкции механизма ДТП PC-Crash основана на сложном и наукоемком физико-математическом алгоритме, апробированном на большом количестве реальных краш-тестов и экспериментальных столкновений.

В соответствии с решением секции научно-методического совета РФЦСЭ Минюсте России по автотехнической экспертизе рекомендована использованию в судебной автотехнической экспертизе [34].

Моделирование возможно в различных дорожных условиях: при наличии участков с различными коэффициентами сцепления покрытия, с разными уклонами поверхности, это является важным фактором для проведения эксперимента в данной работе.

При проведении эксперимента необходимо выполнить последовательный алгоритм действий:

- создание проезжей части. Через инструмент «дорога» создаем прямой участок дороги длиной 50 метров, без закруглений и дополнительных уклонов (рисунок 4.5). Задаем ширину каждой полосы движения и расстояние видимости.

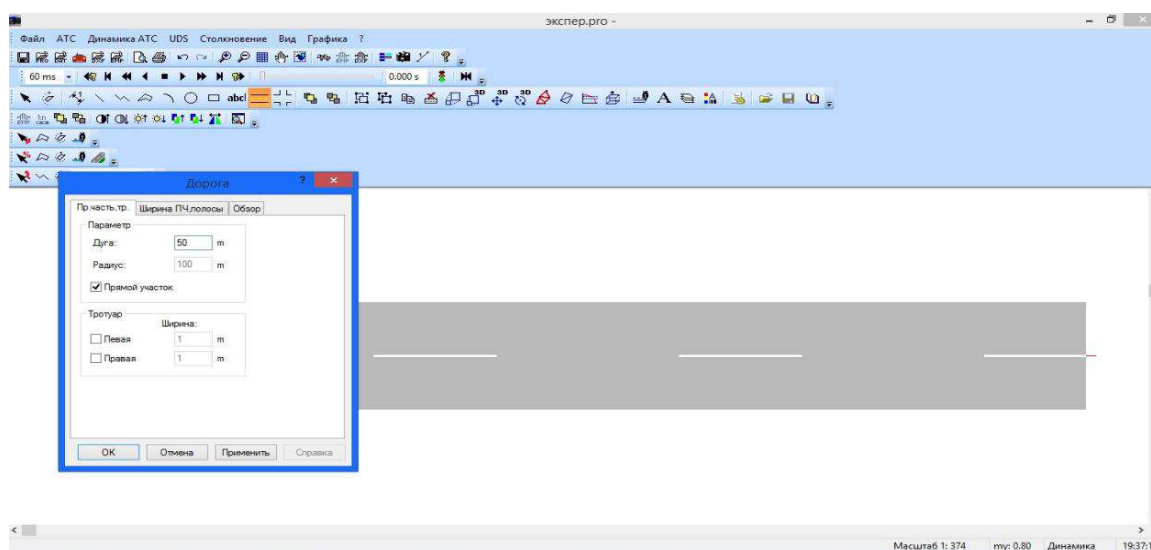


Рисунок 4.5 – Создание проезжей части в программном комплексе PC-Crash

- загрузка транспортного средства. Для загрузки транспортного средства используем базу данных программы, через вкладку «АТС – База данных». Находим и выбираем из выпадающих списков необходимую базу данных по ТС, марку, модель. При проведении данного эксперимента рекомендуется выбирать автомобиль аналогичный ТС использованному в теоретическом и натурном эксперименте (рисунок 4.6).

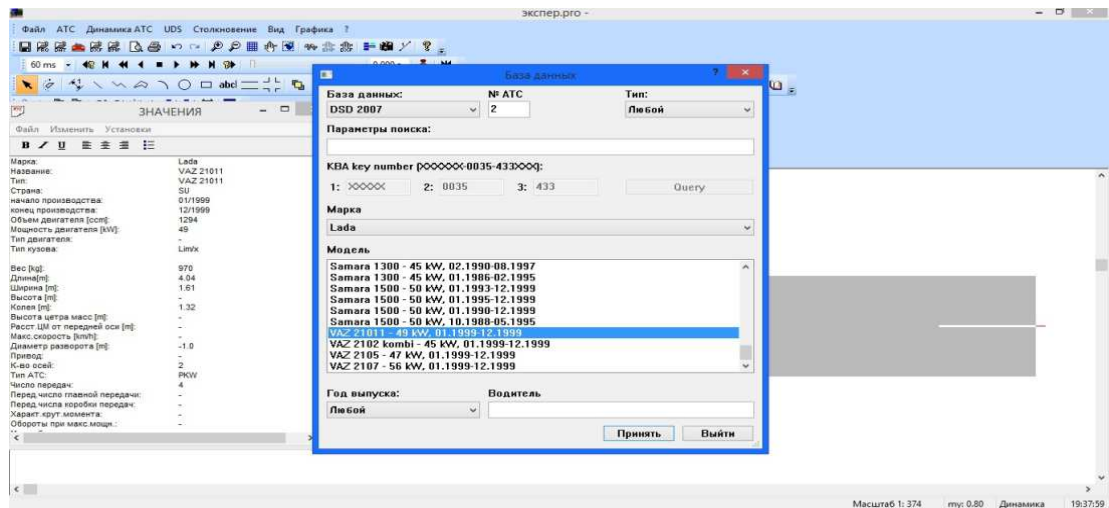


Рисунок 4.6 – Выбор АТС

- проверка и корректировка параметров АТС. С помощью последовательности «АТС – Параметры АТС» открываем необходимый раздел настроек и корректируем исходные данные параметров АТС (рисунок 4.7).

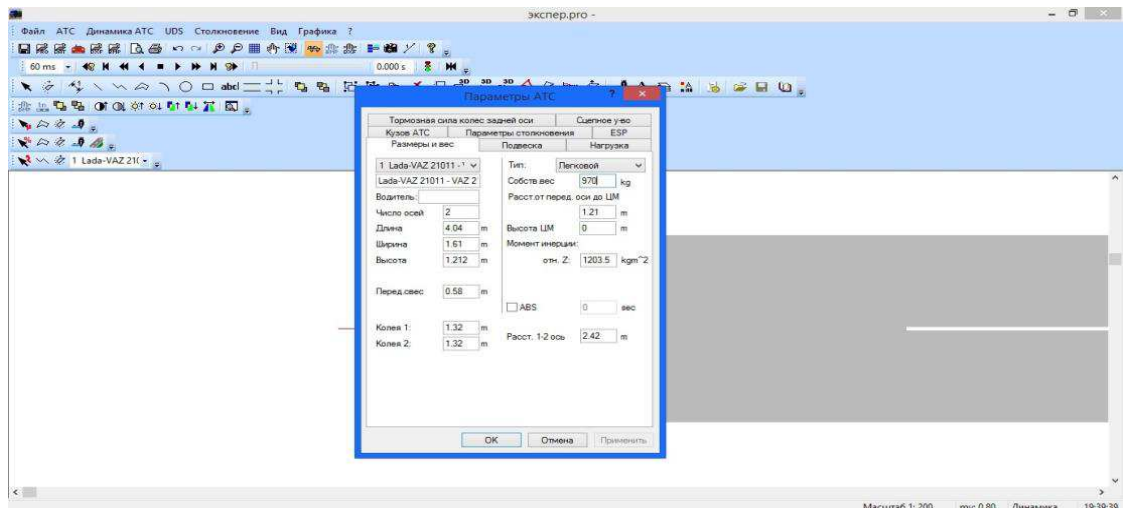


Рисунок 4.7 – Установка параметров АТС

Также необходимо расположить ТС на начальную точку с помощью функции «динамика АТС - переместить АТС».

Нагрузку на оси необходимо принять в пропорции 50/50. Масса водителя по ГОСТ 33987-2016 равна 75 кг.

- исходные параметры моделирования. Далее через «Моделирование – исходные данные» в диалоговом окне задаем значение начальной поступательной скорости, траекторию движения АТС, через инструмент «фазы» - торможение.

- создание среды движения. Помимо исходных данных по АТС необходимо установить поверхность трения, для данного эксперимента – снег (рисунок 4.10).

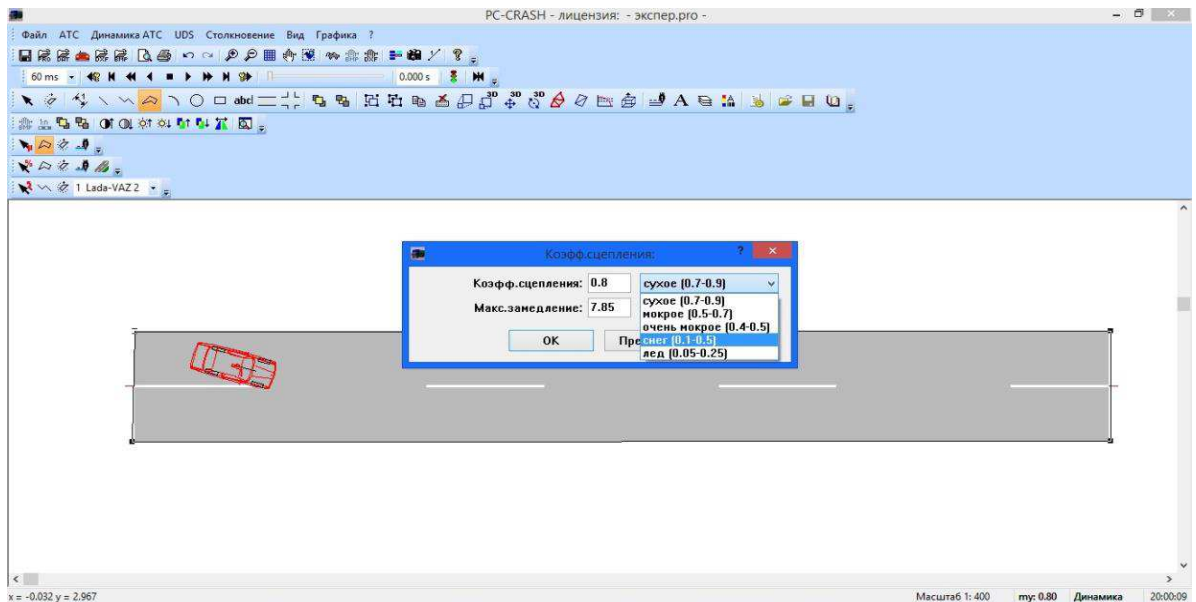


Рисунок 4.10 – Поверхность трения

Для создания среды движения (сугроба) применим инструмент создания объектов и зададим жесткость равную жесткости снега по таблице 3.4 (рисунок 4.11).

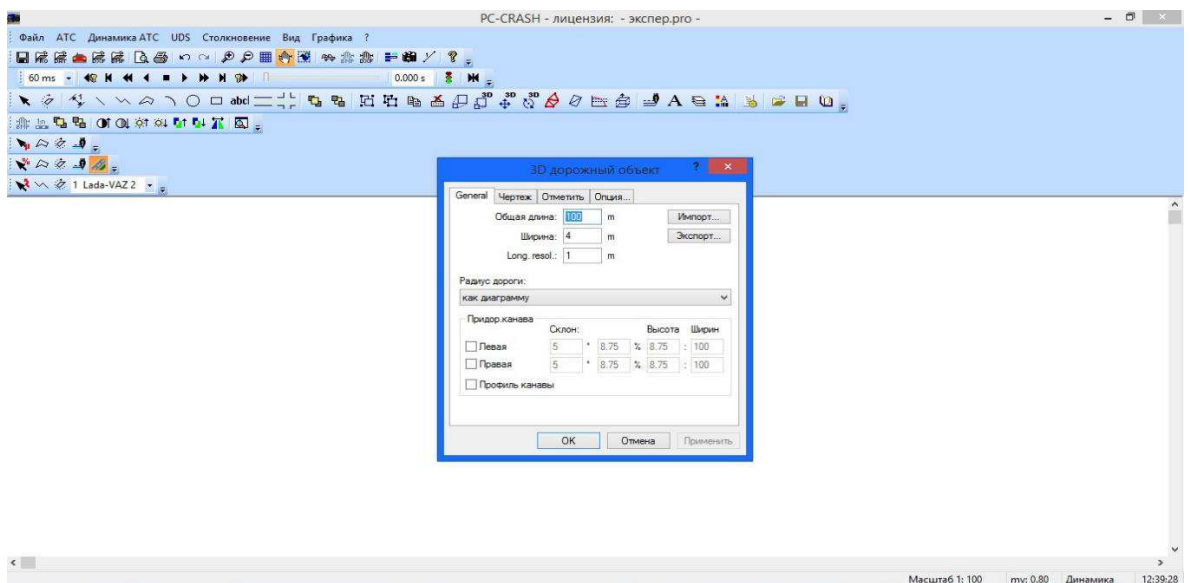


Рисунок 4.11 – Создание имитационной модели сугроба

После того, как все исходные параметры для моделирования заданы и введены в соответствующие поля, запускаем моделирование через последовательность «Моделирование – расчет – моделирование вперед до конечного положения». В результате моделирования получаем численные значения параметров моделирования, таких как время перемещения и остановочный путь.

5 Результаты исследования

5.1 Результаты теоретических и экспериментальных исследований

В данном разделе представлены результаты расчета по разработанной математической модели параметров движения ТС при съезде в кювет и движении по снегу.

Теоретические расчеты обоснованы с помощью натурального эксперимента с реальным автомобилем в аналогичных условиях расчетным, а также с применением метода компьютерного моделирования программы PC-Crash.

Результаты полученные по этим трем методикам сведены в итоговую таблицу.

Для проведения эксперимента будет использован автомобиль ВАЗ 2106, а плотность снега принята для значения марта месяца.

Исходные данные для планирования эксперимента представлены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Исходные данные для проведения эксперимента

Обозначение	Исходный параметр	Значение
m_a	Масса ТС в снаряженном состоянии	1050 кг
H	Высота от земли до крайней точки соприкосновения снега с кузовом автомобиля	0,3 м
B	Ширина автомобиля	1,61
B_a	Колея автомобиля	1,365 м
H_a	Дорожный просвет (клиренс)	0,17 м
φ	Значение коэффициента сцепления шины с дорогой	0,1 – 0,75 в зависимости от типа покрытия
g	Ускорение свободного падения	9,81 м/с ²
h	Высота снежного покрова	0,3 м
ρ	Плотность снега	0,14 г/см ³

Прочие параметры, входящие в разработанную методику определения места столкновения ТС определяются с помощью расчетов.

5.1.1 Результаты расчетного метода

По методике, описанной в разделе 4.1 настоящей работы и используя исходные данные по таблице 4.1 получим:

$$E = \frac{m \cdot V_{\text{сop снега}}^2}{2} = \frac{(1050+75) \cdot 69,4}{2} = 39,062 \text{ кДж.}$$

При равенстве кинетической энергии и работы затраченной ТС на движение по снегу, получим:

$$E = A = 39,062 \text{ кДж.}$$

Лобовая площадь ТС, которая взаимодействовала со снегом:

$$S_{\text{снега}} = (1,61 \cdot 0,3 - 1,365 \cdot 0,17) = 0,24 \text{ м}^2.$$

Тогда работа равняется:

$$39062 = (7,5 \cdot 10^5 \cdot 0,24 \cdot L^2).$$

Приравняв две стороны равенства, получаем:

$$L = \sqrt{\frac{(1050+75) \cdot 69,4}{2 \cdot 1,3 \cdot 10^5 \cdot (1,61 \cdot 0,3 - 1,365 \cdot 0,17)}} = 1,12 \text{ м.}$$

Таким образом, тормозной путь автомобиля ВАЗ 2106 в среде движения снега высотой 0,3 м с начальной скорости 30 км/ч составил 1,12 м.

Для наглядности зависимости тормозного пути в снегу автомобиля ВАЗ 2106 от скорости движения ТС построим график (рисунок 5.1).

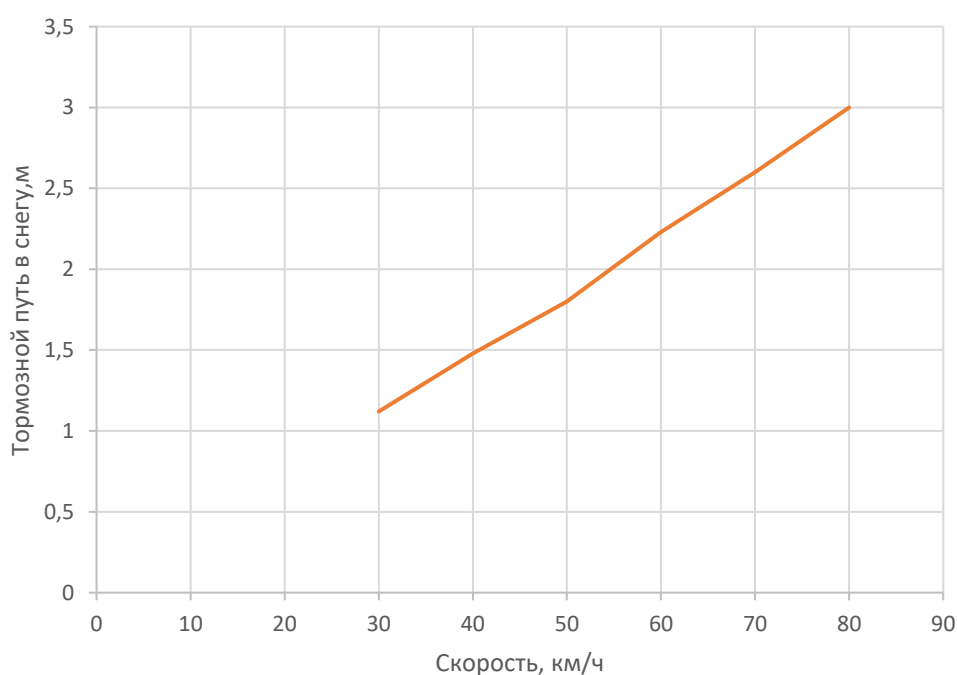


Рисунок 5.1 – Зависимость тормозного пути автомобиля ВАЗ 2106 в снегу от скорости

Из рисунка 5.1 видно, что при равном показателе жесткости снега и его глубины зависимость скорости от тормозного пути является близкой к прямой зависимости.

5.1.2 Результаты натурного эксперимента

Согласно, разделу 4.2 проведем натурный эксперимент.

Для проведения эксперимента будет использован автомобиль ВАЗ 2106 и специально подготовленный испытательный полигон.

По прибытию на испытательный полигон необходимо удостовериться в глубине снега с помощью рулетки как указано на рисунке 4.2 (рисунок 5.2).



Рисунок 5.2 – Измерение глубины снега

Далее, как указано в пункте 4.2 настоящей работы необходимо разогнать автомобиль до скорости 30 км/ч и въехать на заторможенном ТС в снег до полной остановки.

Затем измерить расстояние пройденное ТС в снегу как указано на рисунке 4.4. Расстояние пройденное ТС в снегу составило 1,14 м. На рисунке 5.3 представлен замер расстояния пройденного ТС в снегу.



Рисунок 5.3 – Измерение расстояния пройденного ТС в снегу

Испытание проводилось 3 раза, а результаты сведены в протокол испытания по форме (Приложение Б). В таблице 5.2 представлены результаты эксперимента в форме протокола испытания.

Таблица 5.2 – Результаты эксперимента в форме протокола испытания

Протокол № 1 (название методики, опыта)					
ФИО :Поляков Андрей Сергеевич					
Дата:26.03.2021					
Время начала:18:00					
Время окончания: 19:30					
Место проведения: г. Красноярск					
Значения тормозного пути ТС в различных средах движения					
№ испытания	ТС, марка модель	Тип покрытия	Среда движения ТС	Скорость ТС, км/ч	Тормозной путь, м
1	ВАЗ 2106	Сухой асфальт	-	30	4
2	ВАЗ 2106	Снежный накат	-	30	9
3	ВАЗ 2106	Снежный накат	Мокрый снег глубиной 30 см	30	1,22
4	ВАЗ 2106	Снежный накат	Мокрый снег глубиной 30 см	30	1,14
5	ВАЗ 2106	Снежный накат	Мокрый снег глубиной 30 см	30	1,11

5.1.3 Результаты эксперимента с использование программы PC-Crash

Результаты компьютерного моделирования необходимо рассчитать в соответствии с методикой, описанной в пункте 4.3.

В базе данных программы PC-Crash необходимо найти ТС – ВАЗ классической модели и отредактировать исходные параметры как указано на рисунках 4.6, 4.7. Проезжую часть создаем длиной 50 м и задаем коэффициент сцепления шин с дорогой для снега – 0,1 – 0,5. Далее необходимо задать исходные данные по моделированию: скорость 30 км/ч, фазу торможения непосредственно перед сугробом (рисунок 5.4).

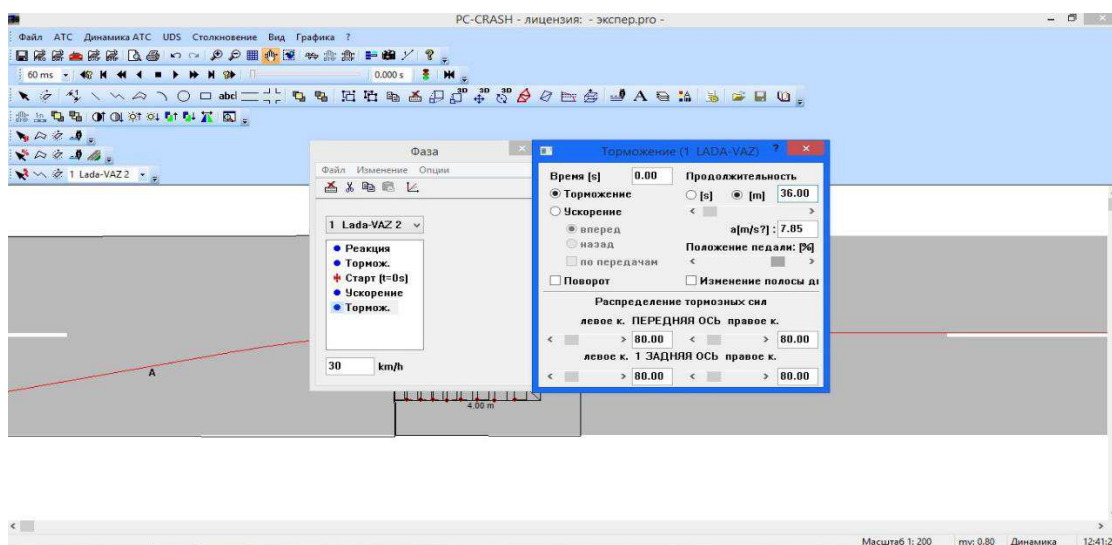


Рисунок 5.4 – Начальная скорость и фаза торможения ТС

Сугроб по методике необходимо создать глубиной 30 см, следовательно, объект с заданной жесткостью загружаем в необходимых параметрах, длина и ширина объекта по 4 метра (рисунок 5.5).

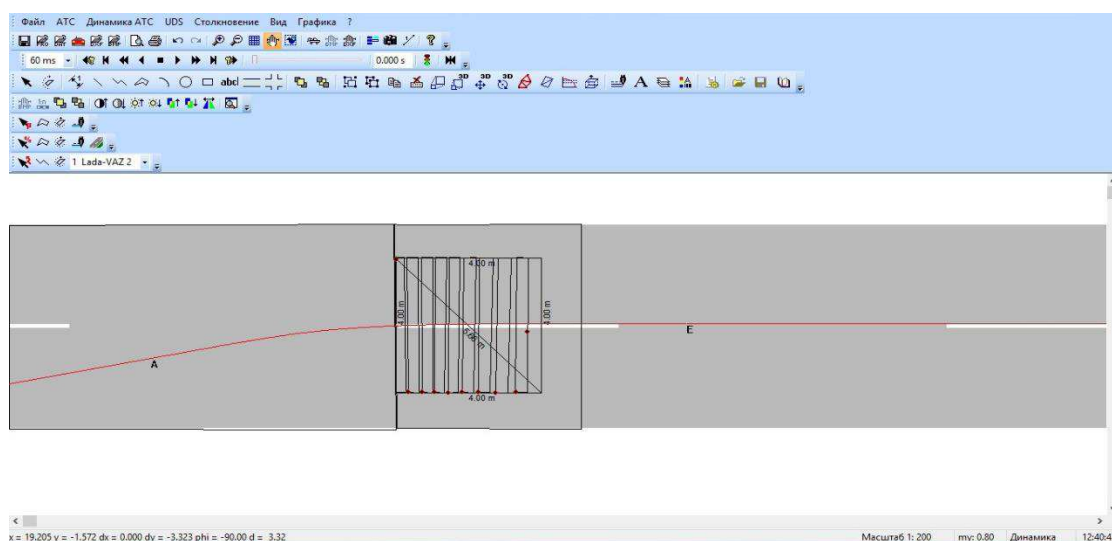


Рисунок 5.5 – Дорожный объект

Запускаем моделирование через последовательность «Моделирование расчет – моделирование вперед до конечного положения».

Конечное положение ТС представлено на рисунке 5.6.

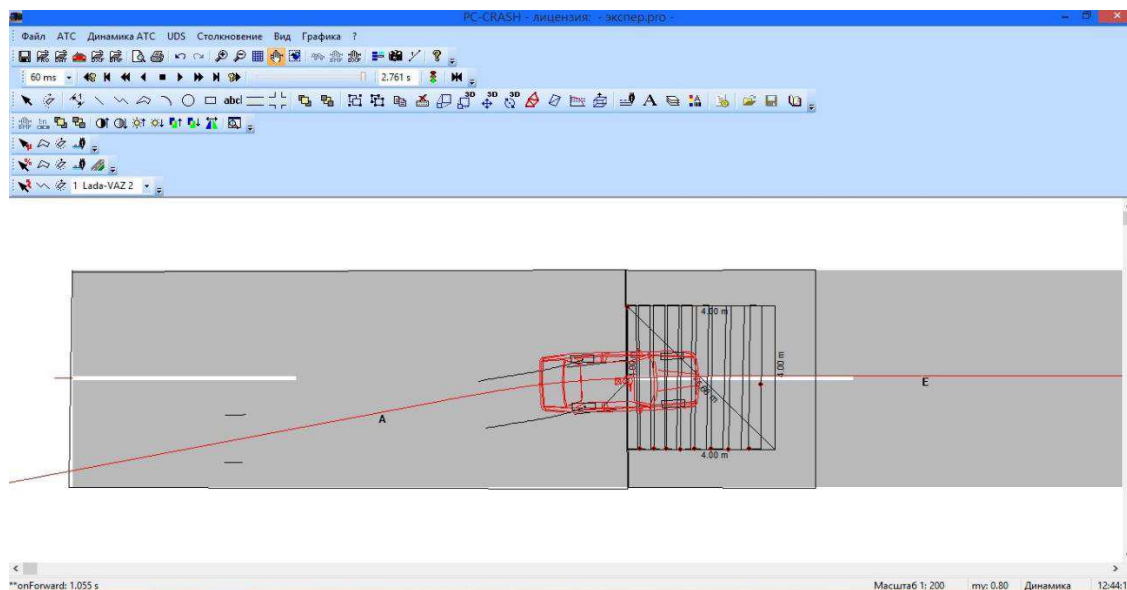


Рисунок 5.6 – Конечное положение ТС

С помощью инструмента «линейка» находим численные значения параметра моделирования – тормозной путь (рисунок 5.7).

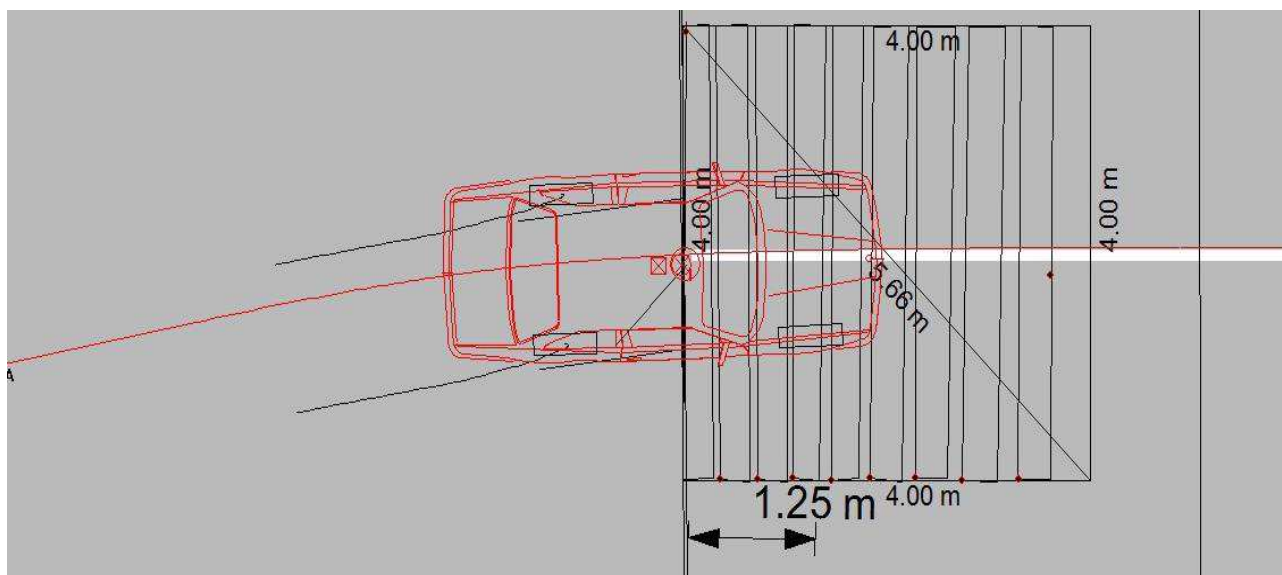


Рисунок 5.7 – Измерение тормозного пути

Устанавливая ТС в разных исходных точках, проводим эксперимент 3 раза.

Результаты эксперимента с использованием программы моделирования ДТП PC-Crash представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Результаты компьютерного моделирования

№ Моделирования	АТС по базе данных PC-Crash	Начальная скорость, км/ч	Коэффициент сцепления шин с дорогой	Жесткость объекта, имитирующего сугроб, Н/м ³	Геометрические параметры объекта, м	Значения тормозного пути, м
1	LADA-VAZ	30	0,1 – 0,5	$1,3 \cdot 10^5$	4*4*0,3	1,25
2	LADA-VAZ	30	0,1 – 0,5	$1,3 \cdot 10^5$	4*4*0,3	1,24
3	LADA-VAZ	30	0,1 – 0,5	$1,3 \cdot 10^5$	4*4*0,3	1,18

5.2 Общие выводы

Результаты исследований расчетным методом, натурным экспериментом и экспериментом с использованием программы моделирования ДТП сведены в итоговую таблицу 5.4. Скорость, автомобиль, глубина и жесткость снега при проведении экспериментов равны.

Таблица 5.4 – Результаты экспериментальных исследований

Номер испытания	Значение тормозной пути, м		
	Теоретический расчет	Натурный эксперимент	Компьютерное моделирование
1	1,12	1,22	1,25
2	1,12	1,14	1,24
3	1,12	1,11	1,18
Среднее	1,12	1,16	1,22

Из таблицы 5.3 можно сделать вывод, что пределы результатов измерений тормозного пути в снегу находятся в установленной погрешности 10 %, причем значения тормозного пути при теоретическом расчете являются наименьшими. По результатам сравнения видно, что разность между максимальными отклонениями составляет 0,14 м. На основании сравнения показателей экспериментов можно сделать заключение об адекватности предложенного метода.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучение статистических данных по Красноярскому краю показало, что несмотря на тенденцию снижения числа ДТП, общий уровень аварийности высокий. На междугородней дорожной сети Красноярского края преобладают встречные столкновения, наиболее опасный вид ДТП. Следовательно, вопрос выявления обстоятельств происшествия является актуальным.

В ходе выполнения ВКР на тему «Определение параметров движения транспортных средств с целью выявления места столкновения на загородных трассах» решены следующие задачи:

- проведен обзор существующих методик определения места столкновения при встречных ДТП. Выявлено, что в существующих методиках расследования встречных столкновений отсутствуют зависимости между параметрами движения ТС и параметрами состояния элементов дороги;

- разработанная методика позволяет определять место столкновения ТС с учетом особенностей и параметров проезжей части, повышает точность расследования встречных ДТП на загородных трассах. Преимуществами предлагаемого метода являются:

- 1) повышение точности определения скорости ТС до столкновения с учетом потерь работы на движение авто в среде;

- 2) возможность определения точных координат каждого ТС в момент удара (места столкновения);

- 3) доступность восприятия метода, так как в основе лежат классические методики по расследованию ДТП с применением простейших законов физики.

При использовании предложенного метода фиксации следов на месте происшествия, решается проблема недостаточного количества исходных данных для проведения расследования ДТП, и отсутствует человеческий (субъективный) фактор, следовательно, снижается вероятность ошибки;

- проведена экспериментальная проверка адекватности модели. Экспериментальная проверка проводилась как в форме натурных испытаний, так и с использованием программного комплекса моделирования и реконструкции ДТП PC-Crash. На основании сравнения показателей экспериментов можно сделать заключение об адекватности предложенного метода.

Таким образом, все задачи, поставленные на решение в магистерской диссертации решены в полном объеме.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 «КиТ» [Электронный ресурс]: сборник статей по проведению автотехнической экспертизы. Что такое система ВАДС – Режим доступа;
- 2 Организация и безопасность дорожного движения : учебное пособие для студ. высш. учеб. заведений / И.Н. Пугачёв, А.Э. Горев, Е.М. Олещенко. - М.: Издательский центр «Академия», 2009. - 272 стр.;
- 3 Основы управления транспортными средствами и безопасность движения: Учеб. Пособие / С. В. Филимонов, С.Г. Талышев, Ю.В. Илясов – Пенза: Изд-во Пенз. Гос. Ун-та, 2007. – 98 с.;
- 4 Технические правила ремонта содержания автомобильных дорог [Электронный ресурс]: – Режим доступа: [//docs.cntd.ru/document/1200006264](http://docs.cntd.ru/document/1200006264);
- 5 Постановление Правительства РФ от 23.10.1993 N 1090 [Электронный ресурс]: – Режим доступа: www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_2709/;
- 6 ГИБДД [Электронный ресурс]: Сведения о показателях состояния безопасности дорожного движения – Режим доступа: <http://www.gibdd.ru>;
- 7 Автостат [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <http://www.Autostat.ru>;
- 8 Справочник по безопасности дорожного движения: Справочное пособие /М. РОСАВТОДОР – Москва: Изд-во «ДорТрансМедиа» Москва 2010, 384 с.;
- 9 Рекомендации по проведению аудита безопасности дорожного движения. Справочное пособие (ФАУ «РОСДОРНИИ») Москва 2017, 103 с.;
- 10 Б94 Экспертиза дорожно-транспортных происшествий: учебное пособие / Балакин В. Д. – 2-е изд., – Омск: СибАДИ, 2010. – 136 с.;
- 11 Балакин В. Д. Реконструкция механизма ДТП со столкновением легковых автомобилей – Вестник СибАДИ, 2014 – 12 с.;
- 12 МВД.РФ [Электронный ресурс]: «О порядке осмотра мест ДТП» – Режим доступа: [//www.74.МВД.РФ](http://www.74.МВД.РФ);
- 13 Н. М. КРИСТИ Методические рекомендации по производству автотехнической экспертизы. под ред. Б. М. Комаринца., Москва 1971 – 106 с.;
- 14 Денег А.И. Учет потенциальной энергии деформации при определении скорости автомобиля в момент ДТП. А.И. Денег, О.В. Яксанов// Вестник серия «Естественнонаучная». – 2015 - № 1(6) – с. 156 – 163.;
- 15 Технический Регламент Таможенного союза 018/2011 «О безопасности колесных транспортных средств» (ТРТС018/2011).;
- 16 Корухов Ю.Г. Транспортно-трасологическая экспертиза по делам о ДТП: методическое пособие – М.: «Библиотека эксперта», 2006 – 170 с.
- 17 Евтюков С.А., Васильев Я.В. Экспертиза ДТП: справочник / С.А. Евтюков, Я.В. Васильев. – СПб.: Издательство ДНК, 2006. – 536 с.;
- 18 Википедия [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D0%B4%D0%B0%D1%80>;
- 19 Зотов Б.Л. Автотехническая экспертиза при расследовании автодорожных происшествий / Б.Л. Зотов - М.: Госюриздат, 2012. - 178 с.

- 20 Белкин Р.С. Курс криминалистики. В 3 т. Т. 2: Частные криминалистические теории / Р.С. Белкин. - М., 2007. – 117 с.;
- 21 Басалаев А.Н. Фиксация результатов осмотра места происшествия: автореф. дисс.-к.ю.н. / А.Н. Басалаев - Л., 2012. – 70 с.;
- 22 Консультант Плюс [Электронный ресурс]: Конституция Российской Федерации".– Режим доступа: /www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_283;
- 23 Илазонов Д.А. Экспертиза дорожно-транспортных происшествий: Учебник для вузов / Д.А. Илазонов. - М.: Транспорт, 2014. – 225 с.;
- 24 Душена С.В., Егоров А.Г., Зайцев В.В., Хрусталева В.Н. Криминалистическая фотография : учебник ; под. ред. проф. А.Г. Егорова. - Саратов, 2003. - С. 175 — 188;
- 25 Шамаев А. А. Применение фотограмметрических методов фиксации обстоятельств ДТП – Москва: Эксперт-криминалист, 2016. – 130 с.;
- 26 Беспилотные системы официальный сайт фирмы ОАО ZALA AERO GROUP [Электронный ресурс]. – Режим доступа. - URL: <http://zala.aero>;
- 27 Чалкин Н.И., Пушнов А.В., Чубченко А.А. Осмотр, фиксация и моделирование механизма образования внешних повреждений автомобилей с использованием их масштабных изображений с БПЛА: учебное пособие / Н.И. Чалкин, А.В. Пушнов, А.А. Чубченко. - М., 2015. - 95 с.;
- 28 Селиванов Н.А. Расследование дорожно- транспортных происшествий / Н.А. Селиванов : справ.-метод, пособие ; под ред. В.А. Алферова и Федорова В.А. - М., 2016. - С. 50 - 52.;
- 29 Карпеева Л.М., Мусиенко А.И. Доказательственное значение материалов, полученных в результате применения средств фотофиксации, киносъемки, видео- и звукозаписи / Л.М. Карпеева, А.И. Мусиенко // Российская юстиция. – М., 2011. – С. 40-50.;
- 30 Антипов И.Т. Математические основы пространственной аналитической фототриангуляции / И.Т. Антипов. - М.: Картогеоцентр-Геодиздат, 2013. - 296 с.;
- 31 «Повышение точности расследования дорожно-транспортных происшествий путем применения современных методов их фиксации» Бакланова К.В., Воеводин Е.С., Фомин Е.В., Поляков А.С., Н.А. Ермолаев., ПИ, СФУ, г. Красноярск, Грузовик № 8-2020, с. 34-41.;
- 32 Петров С.Е. «Аспекты идентификации параметров снежного покрова для математического описания движения транспортнотехнологических машин по снегу». / МГТУ «МАМИ» с. 258-261.;
- 33 А.Н. Чубинский «Методы и средства научных исследований»./, СПб, 2018.– 109 с.;
- 34 PC-Crash компьютерная программа для анализа и моделирования ДТП [Электронный ресурс]: руководство.// АНО Судебной экспертизы «Лаборатория Судэкс». – Режим доступа <http://pc-crash.sudexa.ru/>.;
- 35 СТО 4.2–07–2014. Система менеджмента качества. Общие требования к построению, изложению и оформлению документов учебной деятельности. – Введ. 30.12.2013. – Красноярск: ИПК СФУ, 2013. – 60 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Схемы встречных столкновений на автомобильной дороге Р-255 «Сибирь» км 800 + 150



ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Форма протокола испытания

Таблица Б1 – Предлагаемая форма протокола испытания

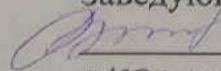
Протокол № (название методики, опыта) ФИО: _ Дата: _ Время начала: _ Время окончания: _ Место проведения: _						
Значения тормозного пути ТС в различных средах движения						
№ испытания	ТС, марка модель	Тип покрытия	Среда движения ТС	Глубина, м	Скорость ТС, км/ч	Тормозной путь, м
1	-	-	-		-	-
2	-	-	-		-	-
3	-	-	-		-	-
4	-	-	-		-	-
5	-	-	-		-	-

ПРИЛОЖЕНИЕ В
Презентационный материал

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

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

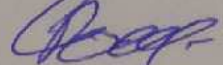
 Е.С. Воеводин
«15» июня 2021 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ


Определение параметров движения транспортных средств с целью выявления
места столкновения на загородных трассах

23.04.01 – «Технология транспортных процессов»

23.04.01.02 – «Оценка соответствия и экспертиза безопасности на транспорте»

Научный руководитель  доцент, канд. техн. наук Е.В. Фомин

Выпускник  А.С. Поляков

Рецензент  зам. директора ГПК «КРЦЭ» В.В. Чехунов

Красноярск 2021