

**Министерство образования и науки Российской Федерации  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-  
строительный университет (СПбГАСУ)»**

На правах рукописи

**ТЮЛЬКИН Евгений Викторович**

**МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГРАНИЦ ТРИГГЕРА ЗАПИСИ ДАННЫХ  
ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНОГО ПРОИСШЕСТВИЯ В БЛОКИ  
УПРАВЛЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ**

**Специальность 05.22.10 – Эксплуатация автомобильного транспорта**

**ДИССЕРТАЦИЯ**

на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель:

доктор техн. наук, проф. Евтюков С.А.

Санкт-Петербург - 2021

## Оглавление

ВВЕДЕНИЕ .....	4
1. Состояние проблемы определения скорости ТС при ДТП.....	12
1.1 Описание влияния скорости, как основного фактора на тяжесть последствий ДТП.....	12
1.2 Основная проблема определения скорости движения ТС при реконструкции ДТП при использовании кинематической модели и описание методов ее решения .....	17
1.3 Проблема определения скорости движения автомобиля при фронтальном наезде на пешехода и описание методов ее решения .....	23
1.4 Проблемы определения скорости движения ТС по данным электронных блоков управления (ЭБУ).....	31
1.5 Проблема проверки погрешности расчетов скорости движения ЭБУ ТС при проведении автотехнической экспертизы .....	36
1.6 Проблема применимости модели расчетов скорости движения ТС по следам юза .....	44
1.7 Проверка погрешности расчетов скорости движения в специализированной программной среде при наличии данных ЭБУ.....	45
1.8 Описание проблемы исследования электронных данных о работе узлов и агрегатов автомобиля при ДТП.....	47
1.9 Программное обеспечение автотехнического эксперта, позволяющее проверить данные ЭБУ автомобиля после ДТП .....	55
1.9.1. Специальные программные продукты .....	55
1.9.2 Утилиты и расчетные приложения.....	61
1.10 Краткий обзор расчетных методов определения скорости при ДТП необходимых для производства проверки данных ЭБУ .....	64
1.11 Проблемы, цели и задачи исследований .....	67
2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦ ТРИГЕРА ЗАПИСИ ДАННЫХ В ЭБУ ТС ПРИ ДТП.....	70
2.1. Исходные материалы, необходимые для исследования ДТП, связанных с столкновением транспортных средств и наездом на пешехода .....	70
2.2 Триггеры ЭБУ оборудованных функцией EDR, способы получения информации о параметрах движения автомобиля .....	72

2.3 Алгоритм действий эксперта по получению необработанных данных ЭБУ (EDR) .....	84
2.4. Экспериментальное исследование данных о ДТП, содержащихся в блоках управления ТС.....	92
2.5. Экспериментальное исследование данных о ДТП, с фронтальным наездом на пешехода.....	97
2.6. Стендовые исследования коэффициента сцепления тела человека на различных дорожных покрытиях для различных типов одежды.....	101
2.7. Экспериментальное исследование данных об ускорениях ТС при ДТП, с фронтальным наездом на пешехода. Описание технической возможности получения данных из блоков управления ТС.....	108
2.8. Разработка программного приложения для анализа ДТП .....	113
2.9. Использование полученного программного продукта в работе эксперта автотехника. Создание автоматизированного рабочего места АРМ эксперта. Система онлайн методик. ....	119
3. МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГРАНИЦ ТРИГГЕРА ЗАПИСИ ДАННЫХ О ДТП В ЭБУ АВТОМОБИЛЯ.....	130
3.1. Экспертная задача .....	130
3.2. Объекты исследования.....	130
3.3. Сущность методики .....	131
4. АППРОБАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДИКИ ПОЛУЧЕНИЯ ДАННЫХ ЭБУ ТС ПРИ ДТП .....	135
4.1. Экономическая эффективность применения методики .....	135
4.2. Создание электронной справочной системы автотехнических экспертов ..	138
4.3. Применение методики получения данных ЭБУ ТС при ДТП.....	140
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	142
СПИСОК ОСНОВНЫХ ИСТОЧНИКОВ И ЛИТЕРАТУРЫ.....	146

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы исследования:** Как показывает статистика, на сегодняшний день, автомобильный транспорт является самым опасным средством передвижения. По данным Управления Государственной Инспекции Безопасности Дорожного Движения Главного Управления Внутренних Дел РФ, только за первые три месяца 2019 года зарегистрировано 31 500 тяжелых дорожно-транспортных происшествий (ДТП), в которых погибло 3000 человек и более 41 тысяча человек получили ранения. Из-за тяжести своих последствий, дорожно-транспортные происшествия, а точнее – социально-экономические потери общества от ДТП по приблизительным оценкам равны 5-6 % ежегодного валового внутреннего продукта, что сравнимо с инвестициями в какую-либо отрасль народного хозяйства.

Требования объективности выводов экспертиз при расследовании и реконструкции ДТП, в совокупности с современным уровнем технологий, могут и должны обеспечить должный уровень качества экспертных исследований. При проведении процедуры расследования и реконструкции ДТП, автоматизация процесса исследования является необходимым фактором снижения ошибок, которая обеспечивает возможности анализа различных дорожно-транспортных ситуаций (ДТС) на основе достоверных исходных данных о ДТП, что позволяет достичь высокой достоверности исследования.

На практике используется процедура реконструкции ДТП, которая базируется на методиках анализа ДТС, основанных на математических моделях, описывающих два основных процесса, происходящих при ДТП с автомобилями: процесс движения и процесс удара. Оба процесса описываются моделями, построенными на научной основе, с использованием известных законов механики и базирующимися на тех или иных экспериментальных данных, однако процедура анализа и реконструкции ДТП обладает рядом существенных недостатков, в том числе, низким уровнем объективности исходных данных, что связано, прежде

всего, с включением в исследование устаревших статистических данных (например исследования скорости передвижения пешеходов, которые проводились Ленинградской НИЛСЭ в 1966 году в ряде случаев используется до сих пор, несмотря на то, что в 2013 году ФБУ РФ ЦСЭ опубликовал в 2013 году результаты работы к.т.н., доцента кафедры НТТМ АДФ СПбГАСУ Степиной Полины Александровны, в методических рекомендациях о «Скорости движения пешеходов и иных участников дорожного движения»), а так же табличных значений установившегося замедления транспортных средств (ТС) при торможении не соответствующих таковому для современных автомобилей.

Наличие в современных автомобилях различных электронных устройств контроля и анализа предаварийных и аварийных ситуаций позволяет получить точную исходную информацию о ДТП. Практически все производители автомобилей в мире используют различные схожие технологии для производства устройств записи данных во время ДТП, называя их по-разному. Например, компания General Motors (GM) называет встроенный блок – Sensing and Diagnostic Module (SDM), в то время как в компании Ford аналогичное устройство называется Restraint Control Module (RCM). Основное назначение данных устройств – обработка и сохранение данных при аварийных ситуациях. Общепринятое название устройств записи данных – Event Data Recorder (EDR). Современные модели EDR записывают данные о статусе таких устройств и функций как: свет фар, положении дроссельной заслонки, положение педали тормоза, угол поворота рулевого колеса, число оборотов двигателя и т.п. Но самое главное для анализа и реконструкции ДТП является то, что устройства EDR записывают показания скорости движения ТС (продольной и поперечной), данные о проскальзывании колес, состоянии ремней и подушек безопасности до и после столкновения.

**Степень разработанности темы:** Совершенствование методов получения исходных данных о ДТП можно значительно повысить, если при определении скорости транспортных средств учитывать данные электронных блоков управления (ЭБУ) автомобиля, а также передать вычислительным машинам и механизмам функции, выполняемые человеком, устраняя субъективные факторы,

присущие человеку, точность оценок, их критичность, а также быстрое действие при производстве и анализе автотехнических экспертиз ДТП, связанных с наездом на пешеходов и столкновением ТС. Работа в этом направлении ведется силами заводов изготовителей диагностического оборудования, а так же известна по публикациям ряда авторов, среди которых наибольший вклад внесли американский исследователь Вильям Розенблат и сотрудники лабораторий NHTSA, Дональд Фридман, Марко Д Сильва и прочие. С другой стороны, использование данных ЭБУ получаемых эмпирическим путем при проведении экспериментов позволило использовать в моделировании процессов ДТП дополнительные факторы, таких как например затраты кинетической энергии на деформацию кузова в момент столкновения ТС, существенно уменьшают погрешность модели ДТП при использовании кинематических моделей. Этому и ряду других вопросов посвящены отдельные публикации отечественных авторов Никонова В.Н., Евтюкова С.А, Васильева Я.В., Степиной П.А., Грушецкого С.М. в которых основное внимание уделяется вопросам применимости полученных данных в процессе производства судебных автотехнических экспертиз. Получение данных ЭБУ фактически является исследованием вещественных доказательств по обстоятельствам ДТП. Учитывая отсутствие методики проведения исследований наличия данных ЭБУ без потенциально разрушительного вмешательства в работу устройств ТС в научно-технической литературе, а также отсутствия требуется более глубокое исследование по данным вопросам.

**Целью исследования** является разработка методики получения информации о наличии данных в ЭБУ о скорости движения ТС, при фронтальном наезде на пешехода и столкновении ТС. Предполагается что полученная методика позволит проводить дальнейшие исследования в целях улучшения кинематической модели определения скорости движения ТС с учетом энергии, затраченной на деформацию кузова ТС.

#### **Задачи исследования.**

Выполнить обзор и анализ существующих методов исследования основных параметров движения ТС при ДТП.

Создать алгоритм и написать программу автоматизированного анализа затрат кинетической энергии на деформацию кузова ТС, отброса ТС после столкновения, отброса тела пешехода при фронтальном наезде ТС.

Обосновать математическую модель алгоритма триггера записи данных о ДТП в ЭБУ, связанных с наездом на пешехода для ТС категории М1.

Экспериментально определить ускорения/замедления автомобиля при фронтальном наезде на пешехода с проверкой данных о скорости автомобиля в момент ДТП непосредственно из памяти блоков управления, соответствующих стандарту OBD II либо содержащих функцию EDR и провести эксперименты по уточнению коэффициента сцепления тела человека на различных поверхностях.

Сравнить экспериментальные данные с данными расчета кинематической модели ДТП по отбросу тела пешехода, и уточнить модель расчета затрат кинетической энергии на деформацию кузова автомобиля при наезде на пешехода.

**Методология и методы исследования.** Методология диссертационного исследования включает совокупность теоретических и экспериментальных методов, таких как математическое моделирование физических процессов, методы определения характеристик дорожного покрытия и специально разработанные программу и методику дорожных испытаний натуральных образцов тела человека при фронтальном наезде автомобиля, а также вероятностно-статистические методы обработки результатов исследований.

**Объект исследования** - исходные данные содержащихся в ЭБУ автомобиля для производства автотехнических экспертиз ДТП, связанных с наездом на пешеходов и столкновением ТС.

**Предмет исследования** - процесс взаимодействия тела человека и ТС, а также процесс получения данных о наличии записи о ДТП в ЭБУ ТС.

**Рабочей гипотезой** являлось предположение о том, что объективность результатов автотехнической экспертизы ДТП, связанных с наездом на пешеходов и столкновением ТС, можно повысить, путем получения всех параметров движения ТС в процессе столкновения ТС или наезда на пешехода непосредственно по показаниям датчиков автомобиля, а также предположение о том, что тем функциям

и параметрам, которые эксперт обычно осуществляет на основе интуиции и опыта, решаемые «в ручную», можно придать большую объективность, полностью получив таковые непосредственно из памяти блоков управления транспортного средства. В ином случае, при невозможности получения данных блоков управления, посредством использования в кинематических моделях ДТП алгоритмов расчета затрат энергии на деформацию кузова автомобиля и проверкой статистических данных о скоростях на месте ДТП, полученных путем микромоделирования процессов ДТП в общедоступной программной среде. Таким образом, изложенное выше придает задаче разработки «методики определения границ триггера записи данных о ДТП в ЭБУ автомобиля» большую практическую значимость.

**Научная новизна исследования заключается в следующем:**

- получены данные о коэффициенте сцепления тела пешехода для разных дорожных условий;
- решена задача по анализу условий возникновения погрешностей расчета скорости движения ТС ЭБУ автомобиля при расшифровке данных блока управления подушками безопасности. Разработана система управления эффективностью производства автотехнических расчетов при анализе и реконструкции ДТП, автоматизировано рабочее место автотехнического эксперта в разработанном программном продукте, отличающееся от известных структурой его сервисов, функциональных блоков и баз данных обеспечения расчетов, автоматизированных алгоритмов анализа, в том числе с использованием данных блоков управления автомобилями различных марок;
- получена методика определения наличия записи данных о ДТП в блоки управления ТС позволяющая включать блоки управления в перечень исходных данных без вмешательства в работу блоков по проведению дорожно-транспортных экспертиз;
- подтверждена методика определения скорости движения ТС при фронтальном наезде по расстоянию отброса пешехода.

**В работе получили развитие следующие теоретические положения:**

– анализ допустимых при проведении экспертиз доверительных интервалов погрешности инженерных методов расчета скорости автомобиля в момент столкновения ТС;

– представлены теоретические и экспериментальные исследования коэффициента сцепления тела пешехода для различных поверхностей;

– представлены экспериментальные исследования осевых ускорений кузова автомобиля в момент фронтального наезда на пешехода приводящие к срабатыванию ЭБУ ТС.

Достоверность полученных научных результатов, выводов и рекомендаций обоснована теоретически и подтверждена результатами расчетов по специально разработанной программе для реальных производственных условий и положительным опытом внедрения разработок в практическую деятельность.

**Основные положения, выносимые на защиту:**

– разработано и научно обосновано улучшение методики установления скорости движения ТС при фронтальном наезде на пешехода;

– исследована и определена методика расчета границы триггера запуска систем пассивной безопасности, позволяющие получить данные ЭБУ при фронтальном наезде на пешехода;

**Теоретическая значимость работы** состоит в расширении базы знаний в области математического моделирования физических процессов взаимодействия пешеходов и ТС при ДТП, а также в взаимодействия ЭБУ ТС при ДТП.

**Практическая значимость работы** заключается в том, что:

– использование разработанной методики в практической сфере деятельности экспертных учреждений, служб ГИБДД, страховых компаний и многих др., способствует повышению объективности результатов заключений автотехнических экспертов;

– органам предварительного следствия и дознания позволяет значительно расширить доказательную базу при реконструкции ДТП, связанных с наездом на пешеходов и столкновением ТС;

– использование в учебном процессе образовательных учреждений по направлениям «Эксплуатация транспортных средств» и «Безопасность дорожного движения» расчетов по предлагаемой методике, реализованной в виде программы для ЭВМ, позволяет повысить качество подготовки специалистов.

**Область исследования** – отвечает требованиям паспорта научной специальности ВАК 05.22.10 – Эксплуатация автомобильного транспорта, п.5 «Обеспечение экологической и дорожной безопасности автотранспортного комплекса; совершенствование методов автодорожной и экологической экспертизы, методов экологического мониторинга автотранспортных потоков.» и п.7 «Исследования в области безопасности движения с учётом технического состояния автомобиля, дорожной сети, организации движения автомобилей; проведение дорожно-транспортной экспертизы».

**Обоснованность и достоверность** результатов исследований, выводов и рекомендаций обеспечивается использованием экспериментально полученных значений исходных данных о ДТП для решения поставленных задач, обоснованных ограничений и допущений для математического моделирования физических процессов, использованием современного лицензированного программного обеспечения и математического аппарата, специального метрологического оборудования для дорожных испытаний, хорошей сходимостью результатов теоретических и экспериментальных исследований.

**Реализация результатов** работы. Разработанная методика апробирована и рекомендована экспертными организациями: ООО «Кит оценка», ГСУ СК РФ на транспорте по СЗ и ЮФО, институт безопасности дорожного движения (ИБДД) СПбГАСУ, лаборатория безопасности дорожного движения ООО «Кит оценка», ООО «Центр судебной экспертной помощи» г. Вологда, НЧЭУ «Межрегиональный центр независимой экспертизы» для использования в практике при производстве автотехнических исследований. ГИБДД. Результаты работы также используются в учебном процессе СПбГАСУ при подготовке студентов по направлениям «Организация и безопасность движения» , «Эксплуатация автомобильного

транспорта», что подтверждается актами внедрения научных результатов диссертационной работы.

**Апробация работы.** Основные положения диссертации и отдельные ее результаты докладывались и обсуждались на 11-й Международной научно-практической конференции «Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах» (2014) г. Санкт-Петербург и на V международной конференции «Расследование, реконструкция и Экспертиза ДТП», 12-й Международной научно-практической конференции «Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах» (2015) г. 13-й международной научно-практической конференции «Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах» (2018) г, круглый стол посвященный 10-летию кафедры криминалистики УМВД.

**Публикации.** Основное содержание диссертационного исследования отражено в 12 печатных работах. Из них 6 статей в журналах входящих в перечень ВАК. Одна статья в журнале, входящем в перечень Scopus. Написана 1 монография. Снят один учебный фильм. Создана 1 компьютерная программа.

### **Структура и объем диссертационной работы.**

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, приложения, обзора литературы. Основной текст диссертации изложен на 156 страницах, содержит 10 таблиц, 80 рисунков. Список литературы содержит 116 источников.

# **1. СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТИ ТС ПРИ ДТП**

## **1.1 Описание влияния скорости, как основного фактора на тяжесть последствий ДТП**

Зависимость между скоростью движения автомобиля и ДТП зависит от многих факторов. Тем не менее, статистика ДТП на разных участках автодорог ясно показывает, что чем выше скорость движения автотранспорта, тем более тяжелые последствия ДТП. Для отдельного транспортного средства это означает более серьезные последствия ДТП в виде большей степени разрушения автомобиля, а для водителя увеличивает риск травматизма. Тяжесть травм, получаемых в процессе ДТП, зависит также от массы ТС. Существует определенная разница по тяжести последствий при столкновении автомобилей разной массы. В результате столкновения двух автомобилей тяжесть последствий для здоровья людей, будет существенно выше для пассажиров и водителя более легкого ТС. Тем более данная разница имеет значение для велосипедистов, пешеходов и водителей мотоциклов при столкновении или наезде на них более тяжелого автомобиля.

Скорость является одним из основных факторов риска в условиях дорожного движения. Более высокие скорости движения приводят к более высоким скоростям столкновения ТС, приводя в свою очередь к тяжелым травмам и смерти людей. При движении на высоких скоростях, водители имеют меньше времени для принятия решений в случае возникновения опасности для движения, в то время как остановочный и тормозной путь автомобиля увеличиваются. Поэтому, возможностей избежать столкновение или наезд становится меньше. Однако точное соотношение между скоростью движения ТС и безопасной скоростью движения, равно как и полная картина факторов и условий, влияющих на безопасность, еще не известна в полной мере и является предметом многочисленных научных исследований. Это в свою очередь приводит к

неточности исходных данных при принятии решений о тех или иных скоростных режимах на конкретных участках автодорог. Экономически такие неточные решения отражаются в удорожании стоимости мер по снижению травматизма и тяжести последствий ДТП. В основном меры принимаются в виде ограничений скорости движения с использованием дорожных знаков и камер слежения за дорогой.

Скорость движения автомобиля определяет характер ДТП, тем не менее, определить количество ДТП, в которых скорость была основной причиной происшествия на сегодняшний день проблематично в силу сложности процесса реконструкции и анализа ДТП при проведении автотехнической экспертизы. Большая часть ДТП фактически не исследуется в силу незначительности ущерба для имущества либо по иным причинам. Так же, к факторам, оказывающим влияние на процесс возникновения ДТП можно отнести и множество других, описанных в системе Водитель – Автомобиль – Дорога – Среда (ВАДС). Однако исследования многих авторов оставляют за фактором скорости приоритетное значение, определяя ее как основную причину ДТП, это в свою очередь является причиной ограничения скоростного режима движения. На сегодняшний день предполагается, что около трети всех ДТП со смертельным исходом являются результатом чрезмерно высокой скорости [115].

Соотношение между скоростью и безопасностью опирается на соотношение между скоростью столкновения и тяжестью последствий ДТП, второй величиной в данном случае является соотношение между скоростью и риском возникновения аварийной ситуации, как вероятного сценария развития событий. Высокая скорость при столкновении автомобилей приводит к возникновению явлений с затратами большого количества кинетической энергии, которая преобразуется в одно мгновение в тепло и деформацию тел. При наезде ТС на пешехода, тело последнего уязвимо по сравнению с теми огромными силами, которые на него воздействуют в процессе ДТП. За последние десятилетия автомобили были оснащены системами пассивной безопасности, такими как ремни безопасности и подушки безопасности, поглощающие энергию, выделяющуюся в результате ДТП

и защищающие водителя и пассажиров ТС. Однако, скорость остается важнейшим фактором при проведении испытаний и краш-тестов автомобилей.

Кроме скорости, непосредственно в процессе столкновения важной составляющей для тяжести последствий является масса автомобилей. При столкновении, пассажиры более легкого автомобиля находятся в более опасной ситуации, чем те, кто находится в более тяжелом ТС. Разница в массе определяет величину выделенной энергии, поглощаемую конструкцией автомобиля при столкновении. Иными словами, поглощение энергии обратно пропорционально массе ТС. Это особенно видно при столкновениях между грузовыми и легковыми ТС, в соответствии с рис 1.



Рис. 1. Тяжесть последствий для легкового ТС весом 2,5 тонны и грузовика весом 30 тонн при лобовом столкновении в ДТП, произошедшем 14.01.2014 на автодороге «Петродворец – Кейкино»

Это «несовместимость» транспортных средств по-прежнему является большой проблемой безопасности дорожного движения. Согласно данным Датского Института Безопасности Дорожного Движения (SVOV) в ДТП между

двумя легковыми автомобилями число погибших водителей уменьшится на четверть при условии, что все легковые автомобили будут одинаковой массы [106].

Например, при столкновении автомобиля и велосипедиста или пешехода, выживаемость последних двух уменьшается при увеличении скорости движения автомобиля в момент столкновения или наезда. Согласно обзору последних исследований в данной области, при наезде на пешехода со скоростью 20 км/ч почти все пешеходы выживают, около 90 % выживают при наезде автомобиля на скорости 40 км / ч, при скорости 80 км/ч число пострадавших составляет менее 50 %, а на скорости 100 км/ч всего 10 % пешеходов выживают [108]. На рисунке 2 изображен график данных выживаемости пешеходов при наезде автомобилей [109].

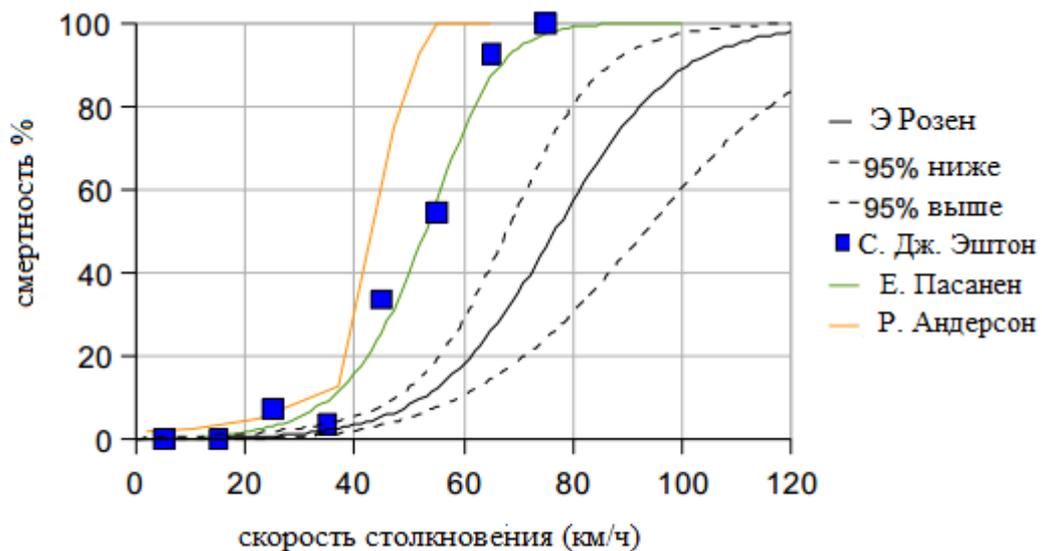


Рис. 2. Данные о выживаемости пешеходов при наезде автомобилей

Соотношение между скоростью движения автомобиля и риском возникновения аварии является вторым важным показателем при анализе влияния скорости на безопасность дорожного движения. Отчасти это связано с тем, что при более высокой скорости движения автомобиля человек ограничен в своей способности обрабатывать поступающую дорожную информацию вследствие большого латентного периода времени реакции водителя [91]. Тем не менее,

соотношение между скоростью движения ТС и скоростью в момент столкновения не является линейно зависимой величиной, а зависит от многих других факторов оказывающих влияние на сам процесс ДТП. Существует довольно большое количество исследований взаимосвязи между скоростью движения автомобиля до ДТП и скоростью в момент столкновения автомобиля, независимо друг от друга данные этих исследований показывают степенную функцию взаимосвязи скорости движения и скорости в момент столкновения ТС, т.е. при увеличении скорости движения значение скорости в момент столкновения на графике увеличивается быстрее и наоборот. Наиболее часто цитируемые исследователи данной проблемы – это скандинавские исследователи Э. Розен, Р. Нильсон, Р. Эльвик, Ф. Амундсен. Исследования, проведенные этими специалистами, касались влияния оказываемого на количество ДТП при уменьшении средней скорости на отдельном участке автодороги.

По статистике столкновения транспортных средств «происходят как правило при обгоне идущего впереди транспорта (каждый десятый случай), при объезде стоящего автомобиля (каждый двенадцатый случай), при движении транспортного средства в крайнем левом ряду (каждый третий случай). Основные причины: неправильный расчет при объезде или обгоне, выезд на полосу встречного движения, а также самоуверенность водителей»[1].

Экспертная практика показывает, что основной проблемой для данной сферы исследований является определение скорости движения ТС при ДТП. Особенно это касается двух видов ДТП – столкновение ТС и наезд на пешехода, вследствие высокой степени риска гибели человека.

## **1.2 Основная проблема определения скорости движения ТС при реконструкции ДТП при использовании кинематической модели и описание методов ее решения**

Вследствие невозможности проведения экспериментов при каждом анализе ДТП, которые требуют специального оборудования, откалиброванных измерительных приборов, отлаженного процесса автоматического сбора данных и квалифицированного персонала, кроме самого транспортного средства, одной из основных целей работы автотехнических экспертов, в настоящее время, является получение максимально достоверной математической модели столкновения транспортного средства(ТС), или наезда ТС на пешехода, где определение скорости является одним из ключевых вопросов, стоящих перед экспертом.[59] В большей части работ, посвященных анализу деталей кинематической модели движения ТС отмечается потребность использования методов определения затрат кинетической энергии на деформацию, что позволяет расширить кинематическую модель в диапазоне соответствующих значений энергии деформации при столкновении ТС.

Погрешность, допускаемая авторами при вычислении скорости при расчете кинематических параметров столкнувшихся автомобилей, достигает 30%, что недопустимо с точки зрения требований к производству судебной автотехнической экспертизы. Именно проблема отсутствия учета энергии деформации в кинематической модели столкновения ТС понижает качество проводимых экспертиз. А использование автотехническими экспертами стандартной формулировки об отсутствии «утвержденной методики» определения потерь на деформацию кузова приводит в конечном итоге к искажению фактов, и введению в заблуждение.

Рассмотрим саму кинематическую модель столкновения ТС. Так, например, справедливо считается, что после столкновения, кинетическая энергия переходит в

работу трения шин при поступательном перемещении автомобиля и поворота вокруг центра тяжести [24] на угол  $\Phi_i$ , что выражается формулой (1).

$$W_i = \sqrt{2g\varphi_{yi} \left( S_i + \frac{2T_i N_i \Phi_i}{L_i} \right)}, \quad (1)$$

где:  $\varphi_{yi}$  - коэффициент поперечного сцепления шин с дорогой соответствующего автомобиля,  $T_i$  и  $N_i$  - расстояние от переднего и заднего моста автомобиля до центра его тяжести,  $S_i$  - перемещение ТС после столкновения,  $L_i$  - колесная база автомобиля.

В данном случае, коэффициент сцепления шин с дорогой принимается согласно табличным значениям общепринятых методик. Однако экспериментально доказано, что коэффициент сцепления может изменяться случайным образом по направлению движения автомобиля с разбросом от 30% до 50% на промежутках меньше 20 см тормозного пути. Т.е. при работе с данным уравнением следует учитывать, что функция, подчиняющаяся нормальному закону распределения может оцениваться по математическому ожиданию  $\varphi_{yi}$ , среднему квадратическому отклонению и корреляционной функции. Это следует учитывать при расчетах, для получения значений достоверности в границе допустимого интервала погрешностей, который теоретически не должен превышать 5%.

Очевидно, что, исходя из теоремы об изменении кинетической энергии твердого тела, совершающего плоское движение, работу сил трения при перемещении ТС после столкновения можно записать как сумму продольно поступательных и поперечно поступательных перемещений центра масс по отношению к направлению вектора скорости ТС до столкновения (2):

$$\frac{m_i v^2}{2} = m_i g S_{i\text{пр}} \varphi_x + m_i g S_{i\text{поп}} \varphi_y + m_i g 2T_i N_i \Phi_i \varphi_y, \quad (2)$$

где  $\varphi_x$  - коэффициент продольного сцепления шин с дорогой соответствующего автомобиля,  $S_{i\text{пр}}$  - перемещение  $i$ -того ТС после столкновения в направлении его первоначального движения,  $S_{i\text{поп}}$  - перемещение  $i$ -того ТС после

столкновения перпендикулярно направлению его первоначального движения,  $g$  – ускорение свободного падения.

После преобразования формулы 2, получаем формулы для определения скоростей движения ТС после столкновения (3, 4):

$$V'_x = 3,6 * \sqrt{\frac{2}{mx} \sum_{i=1}^2 A_i}, \quad (3)$$

$$V'_y = 3,6 * \sqrt{\frac{2}{my} \sum_{i=1}^2 A_i}, \quad (4)$$

Представленные в литературе формулы для расчета кинематических характеристик движения автомобилей до их столкновения имеют следующий вид (см. формулы 5 и 6):

$$V_x = V'_x * \cos ax + \frac{my}{mx} * V'_y * \cos ay, \quad (5)$$

$$V_y = V'_y * \sin ay + \frac{mx}{my} * V'_x * \sin ax, \quad (6)$$

Полученные фактические данные, при проведении натуральных экспериментов со столкновением ТС, показали занижение величины скорости движения автомобиля перед столкновением на 20% – 30% при использовании данной модели. Поэтому, для устранения этого недостатка кинематической модели расчета скорости движения автомобиля, минимально возможным требованием является введение в расчет дополнительной переменной, учитывающей затраты энергии на деформацию.

Возможность расчета затрат энергии на деформацию известна с начала 70-х годов прошлого века. Так, в Польше использовали следующий упрощенный метод расчета скорости в момент столкновения, как функции зависимости глубины остаточных деформаций, которая показывает, что остаточная деформация

пропорциональна силе, вызвавшей эту деформацию [105]. Это утверждение выражено в зависимости:

$$W_{def} = \frac{1}{2} * b * h * k * f_{tr}^2, \quad (7)$$

где:  $b$  - Ширина зоны деформации [м],  $h$  - Высота зоны деформации [м],  $f_{tr}$  - Глубина зоны деформации [м],  $k$  - коэффициент жесткости или потребления энергии [Н / мм<sup>2</sup>].

Большая дивергенция коэффициента жесткости для разных ТС, приводит к тому, что исследования краш-тестов автотранспорта в том числе имеют целью определение его значения. Основным видом столкновения при проведении краш-тестов является столкновение с жестким препятствием где особенное внимание уделяется измерениям деформации элементов кузова. Целью данных исследований является, в том числе, определение взаимосвязи между скоростью автомобиля и деформациями его кузова в момент удара, что при проведении автотехнической экспертизы позволяет оценить затраты кинетической энергии на деформацию и вычислить скорость в момент удара на основе данных о деформации кузова автомобиля. Следует отметить, что данный метод не применяется для расчета ДТП со скользящим ударом.[57]

В начале 70-х годов 20-го века Р. Мак-Генри предложил линейную зависимость между силой, действующей на автомобиль и деформацией, возникающей в результате ее воздействия. В соответствии с Мак-Генри это можно проиллюстрировать с помощью уравнения (8) и графика (рис 3).



Рис. 3. Зависимость между силой, действующей на автомобиль и деформацией[94].

$$F=A+B*C, \quad (8)$$

где:  $F$  – Сила деформации,  $A$  – Граница упругой деформации, после прохождения которой происходит пластическая деформация,  $B$  - направленный коэффициент линейной деформации тела модели, определенный по длине его ребра жесткости,  $C$  – диапазон пластической и упругой деформации.

Значение коэффициента  $C$  получается путем измерения глубины деформации в  $n$  точках. В краш-тестах используется тот же порядок измерения его значения в  $n$  точках, которые равномерно расположены по длине отпечатка, как показано на Рис 4.

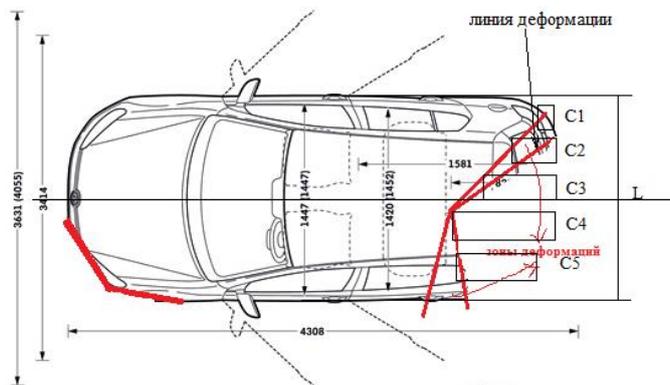


Рис. 4. Метод определения размеров и глубины пластической деформации

Эффективная глубина деформации определяется как среднее значение на длине линии деформации и может быть представлена следующим отношением (9):

$$C_{\text{ср}} = \frac{\frac{C_1}{2} + \frac{C_n}{2} + \sum_2^{n-1} C_1}{n-1}, \quad (9)$$

Энергия, которая вызывает остаточную пластическую деформацию на длине  $L$  выражается следующим образом:

$$\int_0^l \int_0^c (A + B * C) dcdll = \int_0^l \left( A * C + B * \frac{C^2}{2} + G \right) dl, \quad (10)$$

где:  $G$  – постоянная интеграла (значение сил упругой деформации) равная (11):

$$G = \frac{A^2}{2 * B}, \quad (11)$$

После преобразования получаем формулу энергии деформации:

$$E = A \int_0^l C dl + B \int_0^l \frac{C^2}{2} dl + \frac{A^2}{2 * B} * L, \quad (12)$$

где: L - ширина области деформации [см]

Энергия необходимая для деформации поверхности протяженностью L на среднюю глубину Csr может быть выражена следующим уравнением [105]:

$$E = \frac{L}{n-1} * \left( \frac{A * a}{2} + \frac{B * \beta}{2} + (n - 1) * G \right), \quad (13)$$

где:

$$a = C_1 + C_n + 2 * \sum_{i=2}^{n-1} C_i, \quad (13 \text{ а}),$$

$$\beta = C_i^2 + C_n^2 + 2 * \sum_{i=2}^{n-1} C_i^2 + \sum_{i=1}^{n-1} C_i * C_{i+1}, \quad (13 \text{ б})$$

В случае симметричной деформации уравнение имеет вид:

$$E = \left| A * C + \left( \frac{B}{2} \right) * C^2 + \frac{A^2}{2 * B} \right| * L, \quad (14)$$

Таким образом, подставляя значение энергии деформации в формулу (2) получаем уравнение следующего вида:

$$\frac{m_i V^2}{2} = m_i g S_{\text{инр}} \varphi_x + m_i g S_{\text{иноп}} \varphi_y + m_i g 2 T_i N_i \Phi_i \varphi_y + \left| A * C + \left( \frac{B}{2} \right) * C^2 + \frac{A^2}{2 * B} \right| * L, \quad (15)$$

Откуда получаем значение скорости автомобиля без оценки границ интервала допустимых значений искомого параметра движения:

$$V = \sqrt{2(g(S_{\text{инр}} \varphi_x + S_{\text{иноп}} \varphi_y + 2 T_i N_i \Phi_i \varphi_y) + \left( \frac{1}{m_i} \left| A * C + \left( \frac{B}{2} \right) * C^2 + \frac{A^2}{2 * B} \right| * L \right))}, \quad (16)$$

Для работы применяется формула в упрощенном виде:

$$V = 3,6 \sqrt{\frac{2}{m_i} * \sum_{i=1}^n A_i}, \quad (17)$$

или

$$V = 3,6 \sqrt{\frac{2}{m_i} * (A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_{ECR})}, \quad (18)$$

где:  $A_1$  – затраты кинетической энергии на продольное перемещение ТС после удара,  $A_2$  – затраты кинетической энергии на поперечное перемещение ТС после удара,  $A_3$  – затраты кинетической энергии на вращение ТС,  $A_4$  – затраты кинетической энергии на преодоление препятствий,  $A_{ECR}$  – эквивалентные затраты кинетической энергии на деформацию кузова ТС.

Для конкретных моделей автомобилей возможно найти данные значения в отчетах NHTSA. Отчеты NHTSA доступны в электронном виде в сети интернет. Это база данных, включающая информацию о краш-тестах. Она содержит большую часть существующих ТС, которые ранжируются в соответствии с производителем, типом, моделью, годом производства и т.д. Данная база содержит изображение автомобилей после краш-тестов, что и используется при определении скорости в момент удара. (Запрос по интересующему эксперта автомобилю можно сделать по адресу: <http://www-nrd.Nhtsa.dot.gov/database/VSR/veh/QueryVehicle.aspx>)

### **1.3 Проблема определения скорости движения автомобиля при фронтальном наезде на пешехода и описание методов ее решения**

В настоящий момент в Российской Федерации не существует признанной методики, по которой проводится исследование и анализ скорости движения ТС при наезде на пешехода по его отбросу от точки наезда. Для реконструкции ДТП, связанных с фронтальным наездом на пешехода, применяются расчетные модели,

основанные на исследовании процесса торможения при условии наличия следов юза. При современном уровне технического оснащения автомобилей системами ABS, ESP и пр., возможность использования методики, учитывающей наличие следов юза, стремится к минимуму. В связи с этим, возникает необходимость в исследовании физических параметров отброса пешехода при фронтальном наезде различных видов транспортных средств, для определения наиболее приемлемой методики расчета скорости автомобиля по отбросу пешехода от места наезда.

Основная зависимость, которая может быть использована на практике - это зависимость скорости движения автомобиля в момент удара от расстояния, на которое отбросило пешехода  $V_{c0} = f(S_p)$ .

Одним из первых зависимость  $V_{c0} = f(S_p)$  описал в 1975 году Н.Appel [96]. При исследовании автомобили были разделены на две категории, пешеходы разделены на взрослых и детей. Для получения результата, формулы нужно использовать парами. Для автомобилей округлой формы используется формула (19):

$$V = \sqrt{\frac{d}{0.084}}, \quad (19)$$

где:  $V$  - скорость автомобиля, м/с,  $d$  - расстояние отброса пешехода, м.

Для автомобилей  $V$  - образной формы используется формула (20):

$$V = \sqrt{\frac{d}{0.065}}, \quad (20)$$

Для расчета скорости движения автомобиля при наезде на детей (21) или взрослых (22), совместно используется первая пара формул.

Для детей:

$$V = \sqrt{\frac{d}{0.088}}, \quad (21)$$

Для взрослых:

$$V = \sqrt{\frac{d}{0.070}}, \quad (22)$$

В изданном в 1981 году в Германии справочнике по реконструкции ДТП Н.Рау [97], была представлена выведенная эмпирически зависимость расстояния отброса от скорости автомобиля в момент столкновения в виде квадратного уравнения (23).

$$D_t = 0.005V_0^2 + 0.0783V_0, \quad (23)$$

Где:  $D_t$  - полное расстояние отброса пешехода, м,  $V_0$  - скорость автомобиля в момент наезда, м/с.

В 1993 году выходит работа Дж.А.Серля [98], с описанием расчета скорости по отбросу пешехода. Этот метод позволяет получить диапазон скоростей подлета пешехода в доверительном ожидании, от минимально возможной скорости до максимальной скорости. Скорость подлета пешехода может быть выражена следующим образом (24, 25):

$$V_{p0min} = \frac{\sqrt{2g\mu(S_p - S_0 - \mu h)}}{\sqrt{1 + \mu^2}}, \quad (24),$$

$$V_{p0max} = \sqrt{2g\mu(S_p - S_0 - \mu h)}, \quad (25)$$

где:  $S_p$  - полное расстояние отброса пешехода, м,  $S_0$  - расстояние, на которое двигается пешеход между первым и вторым ударом, м,  $g$  - ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>,  $\mu$  - коэффициент трения между пешеходом и землей,  $h$  - высота подлета пешехода, м.

Следующая работа на эту тему была представлена в 1999 году авторами Р.Смитом и А.К.Евансом, они представили следующие формулы [99] (26, 27):

$$\left| \begin{array}{l} V_{min} = 3.6\sqrt{S} - 2.16, \\ V_{min} = 3.6\sqrt{S} + 2.16, \end{array} \right. \quad (26)$$

$$\left. \begin{array}{l} V_{min} = 3.6\sqrt{S} - 2.16, \\ V_{min} = 3.6\sqrt{S} + 2.16, \end{array} \right| \quad (27)$$

где:  $V_{min}$  - минимальная скорость автомобиля в момент столкновения, м/с,  $S$  - полное расстояние отброса пешехода, м,  $V_{max}$  - максимальная скорость автомобиля в момент столкновения, м/с.

В 2001 году I. Nan и R. M.Branch представили свой вариант решения данной задачи [100] (28,29,30,31,32):

$$\left| \begin{array}{l} V_{p0} = A_p\sqrt{S_p - B}, \end{array} \right. \quad (28)$$

$$\left. \begin{array}{l} A_p = \sqrt{\frac{2f_p g}{f^2 \sin^2 \theta + f \sin 2\theta + \cos^2 \theta}}, \end{array} \right| \quad (29)$$

$$\left. \begin{array}{l} B = S_0 + f_p h, \end{array} \right| \quad (30)$$

где:  $V_{p0}$  - скорость подлета пешехода, м/с,  $S_p$  - полное расстояние отброса пешехода, м,  $h$  - высота подлета пешехода, м,  $g$  – ускорение свободного падения м/с<sup>2</sup>,  $\theta$  - угол подлета пешехода,  $S_0$  - расстояние, на которое двигается пешеход между первым и вторым ударом, м,  $f_p$  - коэффициент трения между пешеходом и дорогой.

Скорость автомобиля в момент удара может быть выражена:

$$\left| \begin{array}{l} V_{c0} = A\sqrt{S_p - B}, \end{array} \right. \quad (31)$$

$$\left. \begin{array}{l} A = A \frac{m_c + m_p}{\eta m_c}, \end{array} \right| \quad (32)$$

где:  $V_{c0}$  - скорость движения ТС в момент наезда,  $m_p$  - масса пешехода;  $m_c$ - масса ТС,  $\eta$ - фактор воздействия пешехода.

Значение коэффициента  $f_p$  описано у Г.С.Хилла, Дж.А.Серля и прочих исследователей, которые получали его опытным путем. Так например, Г.С.Хилл использовал манекен взрослого человека, сделанный из кожи и набитый смесью из песка и мешочков с опилками. Манекена одевали в 5 разных типов одежды, после

чего бросали из двигавшегося автомобиля на высоте порядка 0,1 см выше уровня земли. Однако формула, которую использовал Г.С.Хилл (33), не учитывала воздействия вертикального удара, который возникает, когда манекен ударяется о поверхность дороги [101]. При падении объекта с большей высоты горизонтальная составляющая скорости оказывалась меньше чем при падении с меньшей высоты.

$$V = \sqrt{2\mu gS}, \quad (33)$$

Корректная формула для определения  $f_p$  представлена ниже (34):

$$f_p = \left[ gS_2 + v_{p0}\sqrt{2gh} - \sqrt{(gS_2 + v_{p0}\sqrt{2gh})^2 - 2v_{p0}^2gh} \right] / 2gh, \quad (34)$$

где:  $V_{p0}$  - скорость подлета пешехода, м/с,  $S_2$  - дистанция от места удара о землю до состояния покоя,  $g$  – ускорение свободного падения м/с<sup>2</sup>,  $h$ - высота подлета пешехода, м.

Наиболее часто диапазон значений  $\mu$  вычисляется по Дж.А.Серлю. Среднее значение коэффициента трения  $\mu = 0,504$ , с диапазоном 95% доверительный для среднего значения, лежащей между 0,46 и 0,55, которое вычисляется по формуле (35):

$$\mu = \frac{uv+gS}{v^2} - \frac{\sqrt{g^2S^2+2uvgs}}{v^2}, \quad (35)$$

где:  $u$  – скорость движения ТС,  $V$  – вертикальная скорость падения в момент удара о землю тела пешехода.

В 2003 году А.Тоор и М.Арасzewski выразили зависимость следующим образом [101] (36):

$$v_0 = 8,25 D_t^{0,61}, \quad (36)$$

где:  $V_0$  – скорость автомобиля в момент столкновения, м/с,  $D_t$ - расстояние отброса пешехода, м.

Дальнейшее развитие исследований для определения скорости автомобиля было сделано в 2004 году коллективом авторов - D.P Wood, C.K Simms, D.G. Walsh [7], которые придерживаются следующей классификации фаз наезда на пешехода:

- подброс и разворот пешехода (wrap projection).
- выброс вперед.
- удар о крыло.
- удар о крышу.

Рассматривая подброс и разворот (wrap projection), полное расстояние отброса в источнике D.P Wood, C.K Simms, D.G. Walsh выглядит так (37) :

$$S_{total} = S_{impact} + S_{flight} + S_{slide/roll/bounce} \quad , \quad (37)$$

где:  $S_{total}$  - полное расстояние отброса пешехода,  $S_{impact}$  - расстояние, на которое движется пешеход в момент первичного удара,  $S_{flight}$  - расстояние, которое преодолевает пешеход по воздуху до удара о землю,  $S_{slide/roll/bounce}$  - расстояние, которое пешеход скользит, катиться или отскакивает.

Если соотношение масс неизвестно, то скорость в момент столкновения можно выразить как (38):

$$v_{col} = C[S - S_0]^D \quad , \quad (38)$$

где:  $V_{col}$  - скорость автомобиля в момент столкновения, м/с, C и D коэффициенты регрессии, обеспечивающие уровень доверительной вероятности, S - расстояние отброса пешехода, м,  $S_0$  - расстояние, на которое движется пешеход между первым и вторым ударом, м.

Если отношение масс известно, то выражение приобретает следующий вид (39):

$$\frac{v_{col}}{M_r} = C[S - S_0]^D \quad , \quad (39)$$

где:  $M_r$  - соотношение масс определяемое по формуле (40) :

$$M_r = \frac{m_v + m_p}{m_v}, \quad (40)$$

где:  $m_v$ - масса транспортного средства, кг,  $m_p$  - масса пешехода, кг. [102]

В 2008 году М. Batista [103] описал реконструкцию наезда на пешехода. Если рассматривать модель движения пешехода после наезда, то полное расстояние отброса выглядит так (41):

$$S_p = S_0 + S_1 + S_2, \quad (41)$$

где:  $S_p$  - полное расстояние отброса пешехода, м,  $S_0$  - расстояние, на которое двигается пешеход между первым и вторым ударом (если второй удар имеет место быть), м,  $S_1$ - расстояние, которое преодолевает пешеход по воздуху до удара о землю, м,  $S_2$  - дистанция от места удара о землю до состояния покоя, м.

При этом  $S_0$  зависит от характеристик транспортного средства и пешехода, а также от характера наезда. Учитывая характер наезда М. Batista выделяет 4 фазы:

- 1) фаза контакта (включает в себя непосредственный контакт автомобиля и пешехода, импульс тела пешехода и движение на капоте).

Различают 2 основных типа наезда. Первый тип подбрасывает пешехода и как бы "заворачивает" над передней частью, второй тип наезда выбрасывает тело вперед из-за того, что центр тяжести пешехода расположен ниже, чем передняя выступающая деталь кузова ТС.

- 2) фаза полета.
- 3) фаза столкновения с землей.
- 4) фаза скольжения (длится до состояния покоя).

Поскольку при дорожно-транспортном происшествии с участием пешехода часто бывает известно расстояние отброса тела, то скорость автомобиля в момент удара ( $V_{c0}$ ) можно выразить как (42):

$$v_{c0} = \left(1 + \frac{m_p}{m_c}\right) \frac{v_{p0}}{\eta}, \quad (42)$$

где:  $V_{c0}$ - скорость движения ТС в момент наезда,  $V_{p0}$ - скорость подлета пешехода,  $m_p$  - масса пешехода,  $m_c$  - масса ТС,  $\eta$  - фактор воздействия пешехода.

Скорость подлета пешехода ( $V_{p0}$ ) можно выразить через расстояние отброса пешехода ( $S_p$ ) (43):

$$v_{p0} = \frac{\sqrt{2g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)(S_p - S_0 - \mu h)}}{\cos\theta + \mu\sin\theta}, \quad (43)$$

где:  $g$  – ускорение свободного падения,  $\sin\alpha$  и  $\cos\alpha$  - тригонометрические функции уклона дороги,  $\mu$  - коэффициент трения между пешеходом и землей,  $h$ - высота подлета пешехода,  $\theta$ - угол подлета пешехода.

При этом высота подлета и угол подлета пешехода могут быть только предполагаемыми величинами, которые невозможно измерить. Поэтому моделирование данного процесса лучше всего производить либо при натурных испытаниях, либо в специализированных программных продуктах. Так, например, в программе PC-Crash v 10.0 возможно моделирование мульти-объемного тела пешехода с определением центра тяжести и механизма наезда в трехмерном пространстве.[104] Совокупно данные о зависимости между скоростью движения автомобиля и дистанцией отброса пешехода по разным алгоритмам расчета представлены на рис 5.

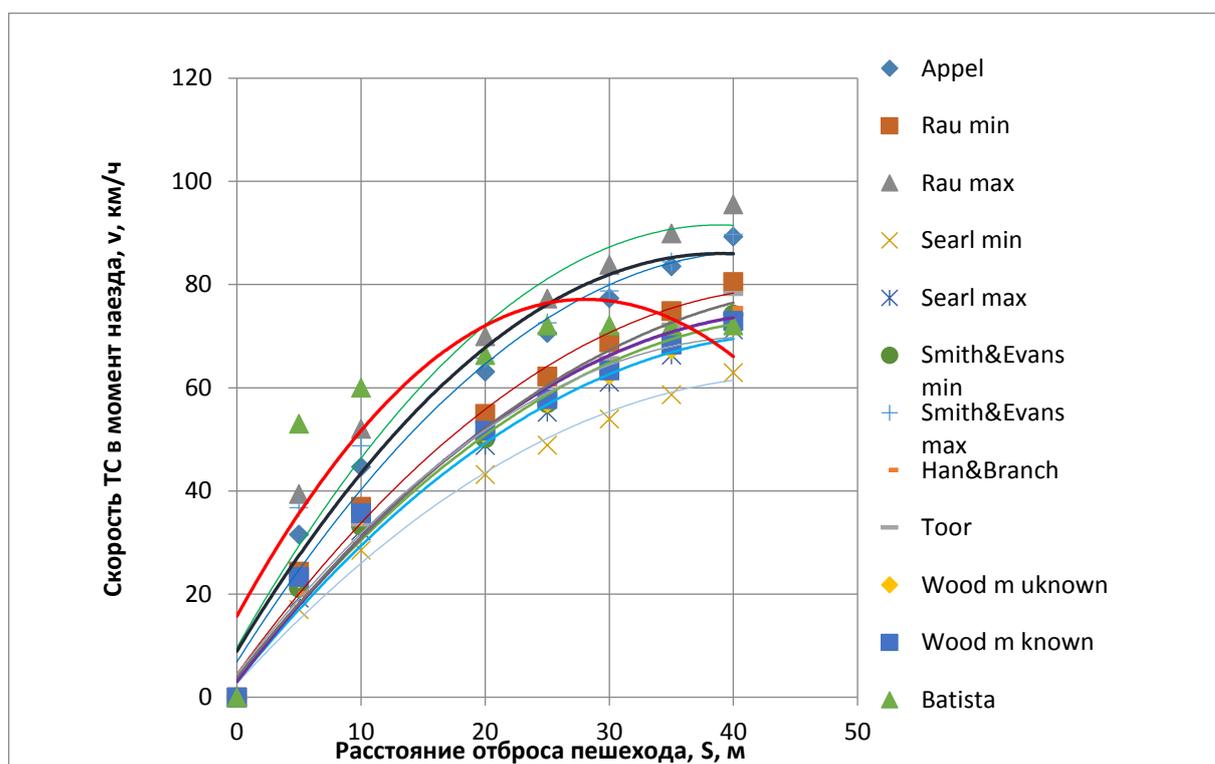


Рис. 5. Зависимость расстояния отброса от скорости движения ТС

Исходя из вышеизложенного, возникает ряд задач, стоящих перед автотехническим экспертом — получение достоверных данных о коэффициенте трения тела пешехода и скорости движения автомобиля в момент наезда на пешехода по данным ЭБУ автомобиля, как возможного способа независимой проверки объективности расчетных данных при проведении экспертизы обстоятельств ДТП и определении скорости ТС.

#### 1.4 Проблемы определения скорости движения ТС по данным электронных блоков управления (ЭБУ)

Основными датчиками, работа которых позволяет получить предварительные данные о скорости движения ТС в момент ДТП являются акселерометры, устанавливаемые в ЭБУ автомобиля. Наиболее часто эти датчики используются в блоках управления системами пассивной безопасности. Основной проблемой использования данных, получаемых с датчиков ускорения является их

смещение. Особенно хорошо это заметно при заносе или возникновении тангажа при экстренном торможении либо при существенном уклоне дороги, когда вектор скорости движения ТС смещается относительно продольной оси движения ТС. Поскольку данные об ускорении обрабатываются ЭБУ при расчете скорости движения, то в конечном дам-файле записывается искаженная информация. Поэтому разные производители ТС применяют различные способы корректировки сигнала, как аппаратные, ограничивающие уровень шума и срезающие пиковые значения сигнала в установленном диапазоне, так и программные, использующие математический аппарат (44):

$$a_{x,c} = a_x - g \sin(x - \varphi) + a_y \beta - a_{x,0} \quad , \quad (44)$$

где:  $a_{x,c}$  – скорректированное значение акселерометра,  $g$  – ускорение свободного падения,  $x$  – угол тангажа,  $\varphi$  – угол уклона дороги,  $\beta$  – угол заноса ТС

К такому же результату приводит искажение сигналов неисправных датчиков либо неправильно установленных датчиков акселерометра, датчиков вращения колес поскольку для современных автомобилей, оборудованных системами ABS, ESP и пр., расчет скорости движения осуществляется для каждого колеса отдельно. Расчет скорости движения автомобиля ЭБУ в центре масс производится как справочная величина для отражения этих данных на приборной панели, а также для записи данных о возникновении неисправностей в электрических цепях устройств или узлах автомобиля, оборудованных различными датчиками слежения за их состоянием.

Поскольку при повороте ТС, скорость вращения колес внешней стороны поворота превышает скорость вращения колес внутренней стороны, то скорость рассчитывается ЭБУ отдельно для каждого колеса в точке контакта шин с опорной поверхностью по формулам (45,46,47,48):

$$V_{\text{плск}} = (V_{\text{пл}} + \psi \left( \frac{b_{\text{п}}}{2} - l_{\text{п}} \sin \beta \right)) \cos (\delta_w - \beta) \quad , \quad (45)$$

$$V_{\text{ппск}} = (V_{\text{пп}} + \psi \left( \frac{b_{\text{п}}}{2} + l_{\text{п}} \sin \beta \right)) \cos (\delta_w - \beta) \quad , \quad (46)$$

$$V_{\text{плск}} = (V_{\text{зп}} + \psi \left( \frac{b_3}{2} + l_3 \sin \beta \right)) \cos \beta \quad , \quad (47)$$

$$V_{\text{злск}} = (V_{\text{зп}} + \psi \left( \frac{b_3}{2} - l_3 \sin \beta \right)) \cos \beta \quad , \quad (48)$$

где:  $V_{\text{плск}}$  – скорость колеса переднего левого в точке контакта шины с опорной поверхностью,  $V_{\text{пслск}}$  – скорость колеса переднего правого в точке контакта шины с опорной поверхностью,  $V_{\text{злск}}$  – скорость колеса заднего левого в точке контакта шины с опорной поверхностью,  $V_{\text{зслск}}$  – скорость колеса заднего правого в точке контакта шины с опорной поверхностью,  $\psi$  – боковое смещение ТС при повороте,  $l$  – расстояние от передней и задней оси до центра масс ТС,  $b$  – расстояние между колесами передней и задней оси.

Определение скорости вращения колеса в точке контакта с опорной поверхностью используется для расчета величины продольного и поперечного скольжения для нужд систем ABS, курсовой устойчивости и пр., а величина проскальзывания колеса определяется ЭБУ как сигнал для корректировки значения средневзвешенной скорости в центре масс автомобиля. Параметры движения автомобиля, полученные не по расчетным, а по фактическим данным о столкновении или наезде на пешехода, содержащиеся в электронных устройствах записи данных автомобиля можно разделить на несколько категорий в соответствии с рисунком 6.



Рис. 6. – Категории параметров движения автомобиля

Из всех вышеприведенных данных для проведения автотехнической экспертизы наиболее часто встречаются и доступны для использования значения изменения продольного ускорения автомобиля в момент раскрытия подушек безопасности. На рисунке 7 изображен график изменений значения скорости автомобиля в момент раскрытия подушек безопасности автомобиля Hyundai Accent 2012 года выпуска. Однако следует учитывать тот факт, что на многих автомобилях, запись данных о столкновении осуществляется лишь при срабатывании систем подушек безопасности и/или натяжителей ремней безопасности, что в свою очередь может ограничить возможности эксперта по расследованию ДТП. Так, например, автомобиль Chevrolet Trailblazer 2006 года выпуска при лобовом столкновении не инициировал запись данных о столкновении, так как водитель в момент столкновения был не пристегнут ремнем безопасности, отсутствие данных изображено на рисунке 8.

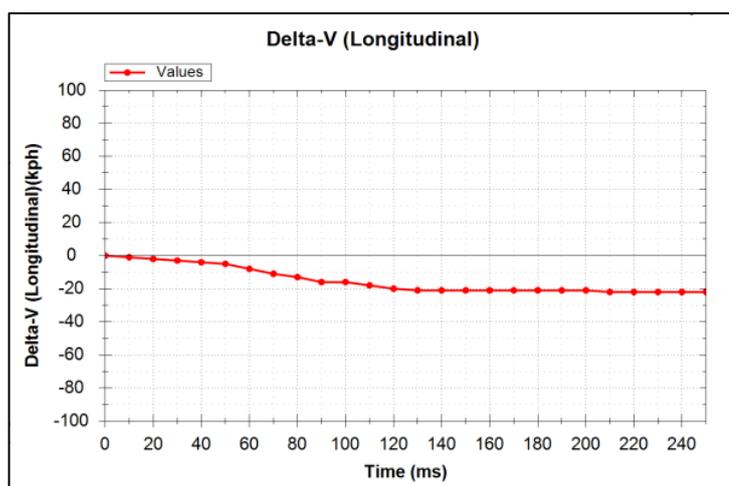


Рис.7. Изменение скорости движения автомобиля Hyundai Accent (2012) в момент столкновения. (DeltaV(longitudinal) kph – изменение ускорения по продольной оси в км/час, Time ms – время в миллисекундах)

#### CDR File Information

User Entered VIN	1GNDT13S242222505
User	NONE
Case Number	NONE
EDR Data Imaging Date	
Crash Date	
Filename	1GNDT13S242222505_ACM.CDRX
Saved on	Wednesday, April 30 2014 at 19:37:15
Collected with CDR version	Crash Data Retrieval Tool 12.2
Reported with CDR version	Crash Data Retrieval Tool 12.2
EDR Device Type	Airbag Control Module
Event(s) recovered	None

Рис. 8. Запись данных о ДТП отсутствует.

Проведенные исследования на базе отдела автотехнических экспертиз ООО «Кит оценка» показали, что за период с 2013 по 2014 год, при проведении автотехнических экспертиз, содержание записи данных о столкновении было доступно в 30 % случаев исследования автомобилей после ДТП, для автомобилей, выпущенных после 2006 года, данные приведены в таблице 1. Следует отметить, что данные ЭБУ получаемые при проведении автотехнической экспертизы стандартизованы в соответствии с протоколами закладываемыми производителями ТС. Поэтому содержание протоколов данных легко доступно для распознавания экспертами автотехниками и проверяемо без применения специальных дорогостоящих процедур.

Таблица 1.

Соотношение количества проведенных попыток чтения данных о ДТП через порт OBD II и полученных данных по году производства автомобиля

год выпуска ТС	Количество экспертиз	Получено данных ЭБУ	Столкновения ТС	Наезд на пешехода	Предварительная проверка по методике дала положительный результат
2001	2	0	2	0	0
2002	4	1	3	1	0
2003	2	0	1	1	1
2004	4	1	3	1	0
2005	3	1	3	0	0
2006	2	1	1	1	1
2007	4	1	2	2	1
2008	3	1	2	1	1
2009	1	1	1	0	0
2010	4	1	1	3	2
2011	3	1	3	0	0
2012	2	0	1	1	1
2013	4	2	3	1	1
2014	1	1	1	0	0
2015	2	2	1	1	0
Всего:	41	14	28	13	7

Получение фактических данных параметров движения автомобиля при производстве автотехнических экспертиз позволяет максимально точно реконструировать происшествие. Развитие этого направления можно увидеть по получаемым параметрам движения автомобиля, так, если в моделях 2006 года максимальный объем страниц данных был в пределах 30-50 страниц, то, например, в блоке управления Chevrolet Silverado 2014 года выпуска, содержится 174

страницы данных о параметрах движения автомобиля и статусе работы его устройств. Тем не менее эти данные следует использовать с предельной осторожностью вследствие вышепоименованных причин, особенно при анализе ДТП связанном с наездом на пешехода. Это в частности определяет популярность программных продуктов, ориентированных на потребности автотехнических экспертов.

### 1.5 Проблема проверки погрешности расчетов скорости движения ЭБУ ТС при проведении автотехнической экспертизы

Основные данные генерируемые ЭБУ отвечают требованиям стандартов, и регулируются работой датчиков в диапазонах, заданных производителем данного оборудования. Для примера, приведем описание стандартного набора сенсоров, применяемых на автомобиле Ford при проверке его технического состояния (таблица 2).

Таблица 2.

Стандартный набор сенсоров автомобиля Ford применяемый для проверки его технического состояния.

	Ускорение	Боковое смещение	Угол поворота	Скорость
Сенсор	Пьезоэлемент	Пьезоэлемент, вибрационный	магнитно резонансный	Индуктивный
Диапазон сигнала	-2g...+2g	- 60 <sup>0</sup> ... +60 <sup>0</sup>	- 780 <sup>0</sup> ... + 780 <sup>0</sup>	0,5 м/с ... 177 м/с
Временной интервал	10 мс	10 мс	10 мс	10 мс
Выходной сигнал	Аналоговый, 0.5 – 4.5 V	Аналоговый, 0.5 – 4.5 V	CAN, ISO 11898	Расчетный, ЭБУ
Производитель	FGP ind.	MuRata GmbH	Robert Bosch GmbH	Robert Bosch GmbH

Своевременный технический контроль и диагностика состояния датчиков, используемых ЭБУ, позволяет сделать вывод о пригодности данных при проведении технической проверки получаемых расчетных данных о скорости движения ТС в момент ДТП.

Заявленные производителями ЭБУ методы расчета состояний ТС в процессе движения позволяют программно реализовывать две модели расчета одновременно:

- 1) простую линейную модель, которая используется как эталон пороговых значений поступающих входящих сигналов датчиков, обрабатываемых ЭБУ, при обнаружении аварийных значений или состояний.
- 2) адаптивную нелинейную модель, описывающую динамику автомобиля до пределов стабильности системы в автономном режиме.

В работе алгоритмов расчета скорости, применяются поправочные понижающие коэффициенты, использующие принцип круга Камма, хорошо известный из теории автомобильного движения, как результирующая продольных и поперечных сил передаваемой шиной на опорную поверхность. Этот же алгоритм используется при работе систем курсовой устойчивости, когда при входе в поворот, ЭБУ дает команду на перенос динамической нагрузки на ведущие колеса, добиваясь этого торможением каждого колеса в отдельности. Поэтому при использовании данных ЭБУ следует понимать, была ли исправна сама система датчиков и ЭБУ непосредственно перед ДТП. В частности, эти данные позволяют оценить состояние дороги в момент ДТП, в случае если был достигнут максимум трения и сработала система АБС.

ЭБУ описывает динамику перемещений ТС используя уравнение движения, поэтому производители чаще всего используют структуру простой модели движения в плоскости с небольшим числом переменных, что делает возможным применение надежных и недорогих датчиков. С другой стороны, моделируемый процесс движения ТС должен быть наиболее приближен к реальному, поэтому производители ТС часто используют компромиссные решения, например, пренебрегают расчетом сил, оказывающих незначительное влияние на точность модели. Уравнение баланса сил для оси  $x$  и  $y$  (49, 50) определяется для центра масс кузова ТС, при этом учитываются силы сопротивления качению каждого колеса, которые объединяются в результирующую силу  $F_p$  – направленную вдоль центральной оси ТС. Центростремительная сила  $F_{цс}$  рассчитывается в центре масс

ТС и действует перпендикулярно центральной оси ТС, как и сила ветра  $F_{св}$ . Пренебрегают значением бокового увода колес, поэтому в итоге уравнение баланса сил рассчитывается для одной точки в центре масс ТС.

$$m_{цм} V_{цм} \cos\beta = (F_{x,пп} + F_{x,пл} + F_{x,зп} + F_{x,зл}) - F_{цс} \sin\beta - F_{св} - F_p, \quad (49)$$

$$m_{цм} V_{цм} \sin\beta = (F_{y,пп} + F_{y,пл} + F_{y,зп} + F_{y,зл}) - F_{цс} \cos\beta - F_{св} - F_p, \quad (50)$$

где:  $V_{цм}$  – скорость в точке центра масс ТС,  $\beta$  – угол поворота относительно прямолинейного движения в центре масс,  $F_{пп}$  – сумма сил качения (продольная и поперечная) колеса переднего правого,  $F_{пл}$  – сумма сил качения колеса переднего левого,  $F_{зп}$  – сумма сил качения колеса заднего правого,  $F_{зл}$  – сумма сил качения колеса заднего левого,  $m_{цм}$  – полная масса ТС.

Схематически работа алгоритма ЭБУ для расчета скорости в точке центра масс представлена на рис. 9.

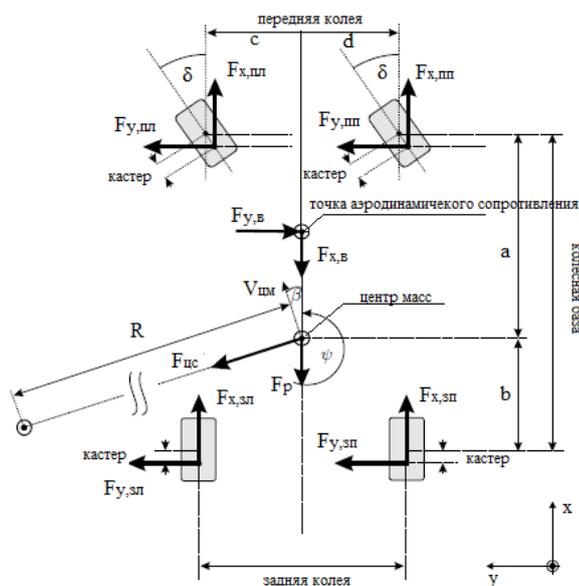


Рис. 9. Модель расчета баланса сил ЭБУ для определения скорости в точке центра масс ТС.

Практика реконструкции ДТП показывает, что случаи столкновения ТС или наезда на пешехода при прямолинейном движении происходят редко, обычно водитель отворачивает руль перед ударом. Поэтому наиболее применима методика, использующая кинематическую модель движения ТС, в случае же наезда на пешехода аналогом данной модели расчета является расчет скорости по отбросу от места наезда. Однако самой автотехнической экспертизе в данном случае должны

предшествовать другие виды исследований, как-то - транспортно-трасологическая, криминалистическая, экспертиза технического состояния ТС, судебно-медицинская и пр., поскольку для получения объективной картины ДТС требуется уточнение всех обстоятельств ДТП. В том же случае, когда эксперт ограничен в исходных данных, данные ЭБУ могут оказаться единственной вещественной уликой при реконструкции ДТП доступной для использования.[25]

Использование данных о скорости движения ТС полученных непосредственно из ЭБУ, и в частности из блока управления системой пассивной безопасности позволяет максимально точно смоделировать и визуализировать процесс при использовании любой профессиональной программы для реконструкции ДТП, а также проверить уровень погрешности того или иного расчета, выполненного при помощи подобных программ сравнив полученный результат с данными зафиксированными на месте ДТП. При этом эксперту не нужно тратить несоизмеримые в стоимостном выражении ресурсы, для анализа применимости тех или иных функций профессионального программного продукта.

Для примера приведем запись о фактических данных скорости автомобиля Toyota Corolla, полученных при чтении функции EDR блока управления подушками безопасности в соответствии с таблицей 3.

Таблица 3.

Данные о скорости движения автомобиля Toyota Corolla перед столкновением.

**Pre-Crash Data, -5 to 0 seconds (Most Recent Event, TRG 3)**

Time (sec)	-4.9	-3.9	-2.9	-1.9	-0.9	0 (TRG)
Vehicle Speed (MPH [km/h])	39.8 [64]	39.8 [64]	39.8 [64]	39.8 [64]	39.8 [64]	39.8 [64]
Brake Switch	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
Accelerator Rate (V)	1.09	1.09	1.13	1.21	1.21	1.21
Engine RPM (RPM)	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600

Такая точность определения скорости во времени обусловлена алгоритмом работы ЭБУ, установленного в автомобиле, который был приведен на рисунке 9. Триггером для срабатывания ЭБУ в режиме записи данных о ДТП, служит простая линейная модель превышения эталонных значений сигналов датчиков, полученные при проведении краш - тестов автомобиля. Например, полное описание всех трех пороговых значений срабатывания фронтальных подушек

безопасности можно найти в патенте U.S. Patent 5,483,449, в котором говорится о показателях «предельного значения изменения скорости ТС во времени», а также о «предельном значении изменения энергии» и «предельных значениях колебаний» с точки зрения безопасности ТС. Именно поэтому представленные на рисунке 10 данные функции EDR имеют такую временную шкалу, это позволяет определить момент столкновения или наезда по той информации, которая сохраняется в памяти блоков управления системами пассивной безопасности или иных блоков управления.

Значение ускорений записывается в момент срабатывания систем пассивной безопасности и представляет из себя комбинацию таблицы значений ускорения и графика функции ускорения во времени, в соответствии с рисунком 11.

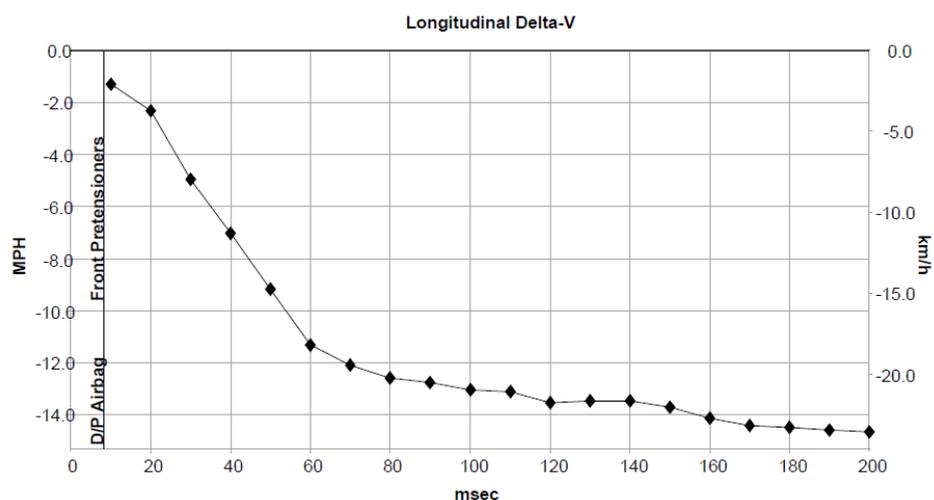


Рис. 11. Данные об ускорении автомобиля при фронтальном столкновении (Где: MPH – мили в час, msec – миллисекунды, km/h – километры в час, Longitudinal Delta-V - значение изменения скорости в продольной оси ТС, DP airbag – момент срабатывания подушки безопасности).

Использование этих данных позволяет, во-первых, получить картину о процессах во время столкновения или наезда более наглядно, а во-вторых позволяет получить среднее значение ускорения  $a$  в каждый момент времени по формуле (51):

$$a = \frac{v_1 - v_0}{t_1 - t_0} \quad , \quad (51)$$

Поскольку ЭБУ использует результирующее уравнение скорости в центре масс, то полученные данные ЭБУ об ускорении ТС можно преобразовать в данные о скорости (52):

$$V_{\text{цм}} = \frac{1}{m_{\text{цм}}} \{ \cos\beta \sum F_x + \sin\beta \sum F_y \}, \quad (52),$$

Данные подсчеты возможно сделать самостоятельно, но, например, в программе PC Crash они производятся автоматически. Поэтому несложно оценить возможности работы любой расчетной программы, которой пользуются эксперты автотехники и уровень погрешности вычислений. Следует отметить, что моделирование ДТП производится с большей точностью при комбинировании данных тахографов или функций аналогичных EDR в среде специализированных программных продуктов, что исключает человеческий фактор при вычислениях.

Учитывая вышеизложенное, эксперт должен понимать принцип работы систем пассивной безопасности, применяемых в современных автомобилях (см. табл. 4)

Таблица 4.

Примеры используемых алгоритмов триггеров ЭБУ подушек безопасности ТС[114]

US Patent No.	Год	Изобретатель	Правообладатель	Наименование	Описание
5394326	1995	Liu	Delco Electronic Corporation	Контроль разворачивания ПБ Система и метод	V + ускорение
5430649	1995	Cashler	Delco Electronic Corporation	Метод разворачивания ПБ основанный на расчете перемещения И тяжести ДТП	V + импульс + смещение + ускорение
5587906	1996	McIver	TRW Inc.	Метод и устройство определения ДТП с использованием значений скорости и ускорения а также показателей ДТП	V + ускорение
5668720	1997	Takahashi	Toyoda Gosei Co., Ltd.	Устройство управления ПБ	V + импульс + ускорение
5777225	1998	Sada	Sensor Technology Co.	Датчики столкновения	V + импульс + смещение + ускорение
5948032	1999	Huang	Ford Global Technologies	Алгоритм окна полинома для активации реакции на удар	V + импульс + смещение + энергия
5999871	1999	Liu	Delphi Technologies	Метод управления разноуровневой активацией ПБ	V + импульс
6236921	2001	McConnell	Visteon Global Technologies	Трехскоростной алгоритм активации датчика ПБ	V + импульс + смещение
7424354	2008	Shen	Delphi Technologies	Метод разворачивания ПБ с использованием классификации Динамического сбоя	V + импульс + смещение

В новых системах MEMS (MEMS – micro electro mechanical system, или микро электронные механические системы) акселерометры вычисляют ускорения и передают потоковые данные на ЭБУ на высоких частотах. Обычно такие акселерометры являются пьезоэлектрическими элементами. Например, в начале 2000-х годов одними из самых распространенных акселерометров были устройства ADXL. Многие компании производят свои микродатчики и существует достаточное количество производителей аналогичных устройств на рынке элементной базы. (см. рис. 12)

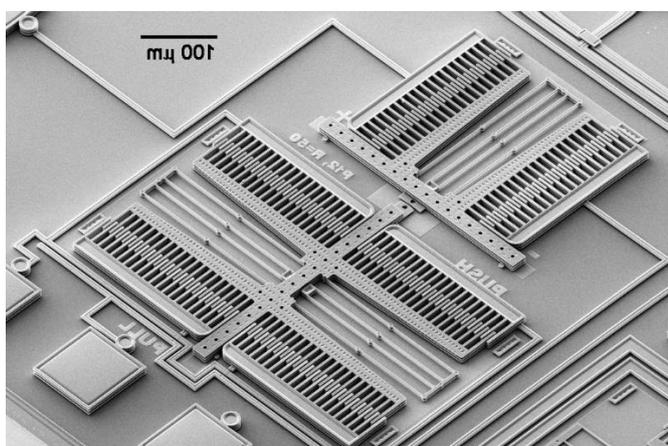


Рис. 12. Внешний вид устройства MEMS акселерометра

Поскольку происходит воздействие сил на массу подвижного элемента из-за ускорения, при сближении или удалении пластин, происходит изменение емкости переменного конденсатора и его способности удерживать электрический заряд. Изменение емкости преобразуется в изменение напряжения, которое в свою очередь прямо коррелируется с силой вызванной ускорением. Эти сигналы интерпретируются в том числе ЭБУ подушек безопасности и позволяют правильно определить момент разворачивания в случае ДТП. Однако для предотвращения сбоя и неправильного срабатывания подушек применяются алгоритмы, использующие несколько параметров движения ТС, представленные в таблице 3. В случае если произошло срабатывание подушек безопасности ТС при наезде на пешехода, возможно соотнести данные устройства и условия его разворачивания, т.е. возможно ответить на вопрос о действиях водителя – применении экстренного торможения,

влекущего за собой резкое снижение скорости ТС при наличии импульса замедления в момент наезда на пешехода.

Для примера можно привести способ построения тех же графиков, которые описаны в руководстве пользователя программой PC Crash в соответствии с рисунком 13.

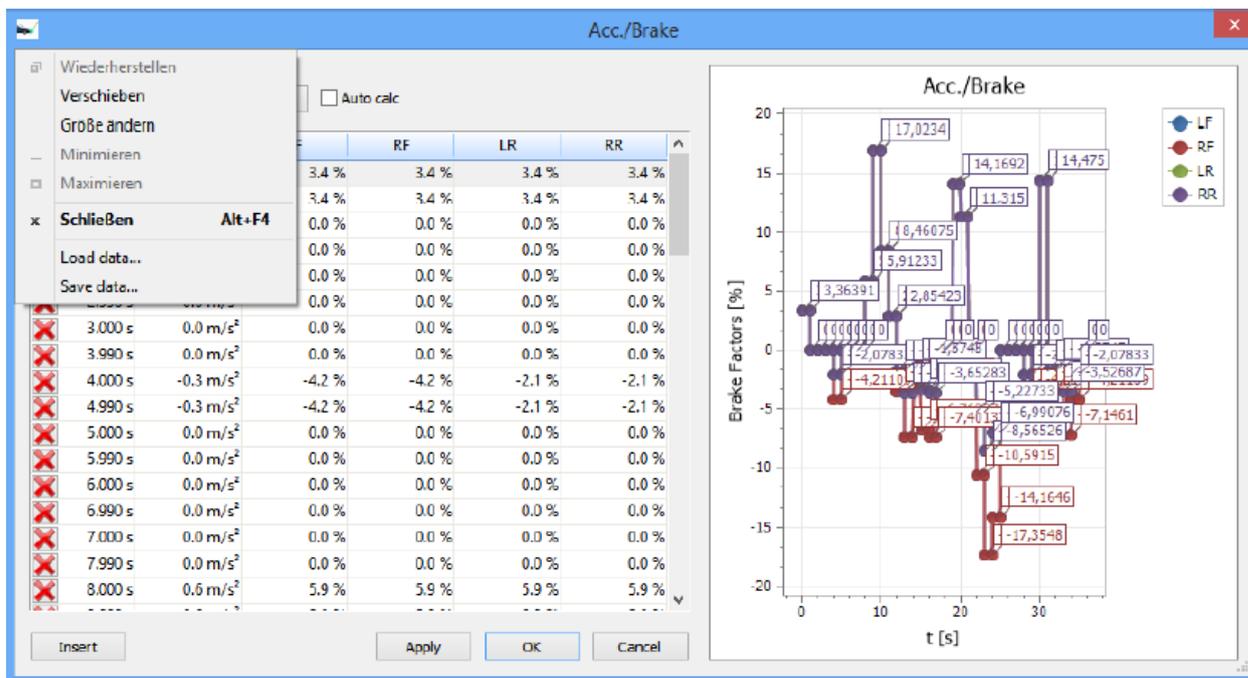


Рис. 13. Моделирование процесса движения автомобиля в программной среде PC Crash 10.0 по данным значений ускорений ЭБУ

Так же существует возможность внести эти значения вручную, или же загрузить их из файла \*.cdr, полученного в результате автоматической обработки данных блока управления подушками безопасности при помощи специального инженерного оборудования. Данные ЭБУ можно отформатировать под ту расчетную программу, которой пользуется эксперт, а полученный результат сравнить с картиной происшествия зафиксированной на месте ДТП.

## 1.6 Проблема применимости модели расчетов скорости движения ТС по следам юза

С экспертной точки зрения, основная причина неприменимости подобных расчетов для современных автомобилей, заключается в конструкции современных тормозных систем, предотвращающих блокировку колес при торможении, что приводит к отсутствию следов юза.

С точки зрения производителей ЭБУ, расчет сил, действующих на колесо автомобиля, требует учета параметров самих шин, например, продольной и радиальной жесткости, что не всегда возможно вследствие разной степени износа протектора, и прочих параметров самой шины, поэтому строится идеальная компьютерная модель, а все отклонения при движении описываются различными алгоритмами (см. п. 2.2). Это в частности обосновывается тем, что долгое использование шин колес на дорогах с плохим покрытием приводит к образованию овальности колеса, а также тем, что зачастую на автомобили устанавливают колеса другого типоразмера и т.п. Также, в случае попадания колеса на разные типы покрытия, на деформируемое колесо со стороны деформируемой опорной поверхности (дороги) (Рис.13) действуют нормальные и касательные распределенные реакции, зависящие от многих параметров, учесть которые возможно только при наличии комплекса сложных датчиков и алгоритмов.

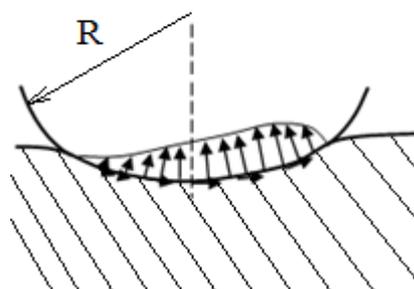


Рис. 13 Нормальные и касательные реакции (силы трения) колеса.[60]

При наличии доступа, использование данных ЭБУ в сравнении с выполненными расчетами, позволяет определить процент погрешности

применяемой модели расчета. Однако зачастую эксперт использует формулу расчета скорости по следам юза с формулировкой – «не менее чем», что не позволяет точно ответить на поставленный вопрос о скорости движения ТС перед столкновением, и полностью искажает восприятие механизма ДТП.

Сами же неточности моделирования, при невозможности правильного учета обстоятельств и факторов ДТП, например, разница значений коэффициента сцепления которая, дает погрешность вычислений до 30 % при расчете скорости движения автомобиля в зимних условиях, приводят к тому, что говорить о каком-либо истинном значении искомой величины в доверительном интервале значений расчетов скорости в этом случае не приходится. Используемая до сих пор формула расчета скорости по следам тормозного юза (53) полностью неприменима к ДТП, связанным со столкновением ТС, в случае получения их кузовами сколь либо значительных деформаций, поскольку она их не учитывает.

$$V_a = 1.8j_1 t_3 + \sqrt{26 \sum_{j=1}^n S_j}, \quad (53)$$

где:  $j_1, j_2, \dots, j_n$  – установившееся замедление на каждом участке торможения,  $\text{м/с}^2$ ,  $S_1, S_2, \dots, S_n$  – длина каждого участка, м,  $t_3$  – время нарастания замедления до максимального значения, с.

Данные же ЭБУ автомобиля рассчитываются датчиками системы ABS для каждого колеса в отдельности и представляют собой результат программно-аппаратного моделирования движения ТС, о чем более подробно будет сказано в разделе 2.2

## **1.7 Проверка погрешности расчетов скорости движения в специализированной программной среде при наличии данных ЭБУ**

Поскольку при тяжелых ДТП, автомобиль как правило получает сильные повреждения, с нарушением целостности сети и частичным разрушением или утратой датчиков и целых модулей, оказывающих влияние на запись данных ЭБУ, следует понимать, что основные параметры движения в случае их обнаружения в

памяти бортовых устройств требуют детальной проверки традиционными способами. Ниже, в соответствии с рисунком 14, представлен алгоритм действий эксперта при анализе допустимости использования того или иного программного продукта для моделирования процесса ДТП и его реконструкции.

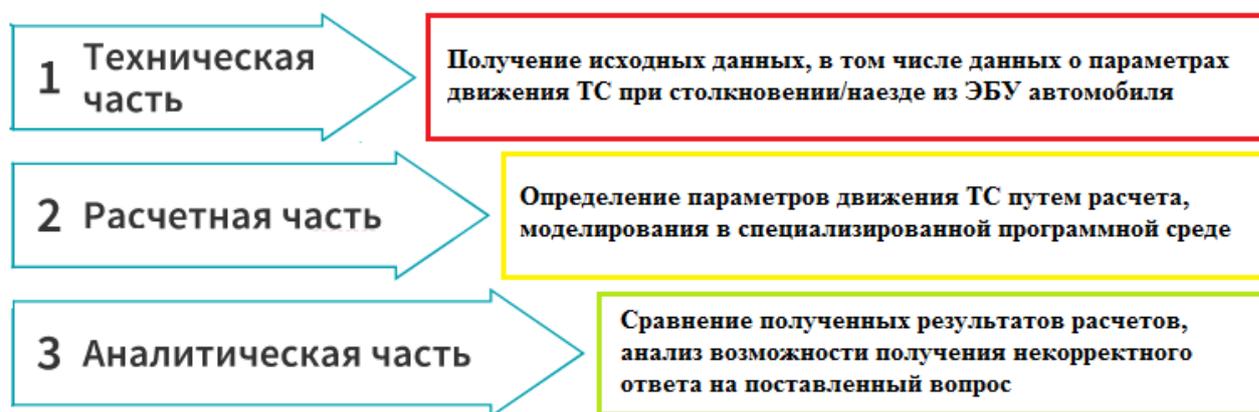


Рис. 14. Алгоритм проверки применимости программного продукта при реконструкции ДТП

Наличие возможности получения данных о параметрах движения автомобиля в момент ДТП позволяет, во-первых, оценить правильность работы любого программного продукта применяемого для реконструкции ДТП, а во-вторых, получить необходимые данные независимо от производителя такого программного продукта. В-третьих, позволяет проводить данную работу без специального моделирования ситуаций (краш-тестов), на фактическом материале исследования параметров ДТП. Верификация данных при использовании программного продукта позволяет правильно оценить возможности экспертов при проведении моделирования с использованием программ, что также связано с точностью результатов проводимых исследований.

Например, при ограниченности данных ЭБУ, в некоторых случаях можно использовать данные, полученные как DC (data code) при повреждении двигателя во время фронтальных ударов. Когда записываются данные о скорости вращения коленчатого вала. В простом случае, для перехода от частоты вращения коленчатого вала к скорости автомобиля  $v_a$  используют формулу (54):

$$v_a = \frac{\omega_e r}{u_{\text{тр}}} \quad , \quad (54)$$

где:  $\omega_e$  – число оборотов двигателя,  $r$  – радиус ведущих колес в м,  $u_{\text{тр}}$  – передаточное число трансмиссии.

Значение передаточного числа можно получить из публикуемых характеристик автомобиля заводом изготовителем, а также специальной справочной литературы и программных продуктов.

Так, зная передаточное число работы вариатора при соответствующих оборотах двигателя можно получить значение скорости довольно точно для случаев наезда на жесткое препятствие и столкновений ТС. Для этого достаточно провести несколько тестов аналогичного автомобиля в дорожных условиях с подключением к блоку управления коробкой передач, либо получить данные завода изготовителя. Однако в последнее время производители стали отказываться от установки вариаторов, так как современные автоматы почти сравнялись с ними по экономичности при более низкой себестоимости, что значительно упрощает подбор значений передаточного числа для каждого автомобиля. Таким образом, если запись ЭБУ окажется частично повреждена, либо данные о скорости будут стерты, данный прием позволит, используя значение величины оборотов двигателя, определить значение скорости с погрешностью менее 5 %, что также позволяет с достаточной степенью надежности судить о применимости тех или иных программных продуктов.

## **1.8 Описание проблемы исследования электронных данных о работе узлов и агрегатов автомобиля при ДТП**

Доступная эксперту информация о работах электронных систем автомобиля может включать в себя от нескольких страниц до нескольких сотен страниц информации. Это определено в первую очередь сложной электронной составляющей, которую производитель старается включить в работу систем

автомобиля, оптимизируя его динамические качества, безопасность и повышая уровень комфорта. Так, например, не самая сложная компоновка блоков управления и электронных устройств автомобиля VOLVO XC90, 2005 года выпуска содержит более сорока устройств[53], включенных в общую сеть управления автомобилем, компоновка электронных систем показана на рисунке 15

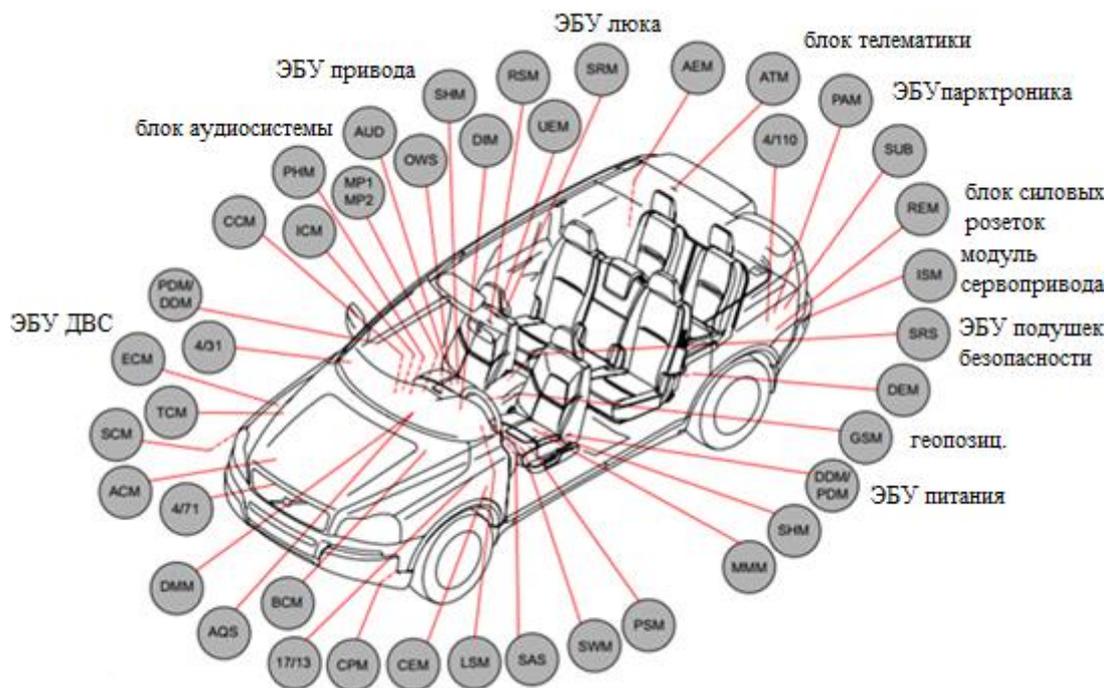


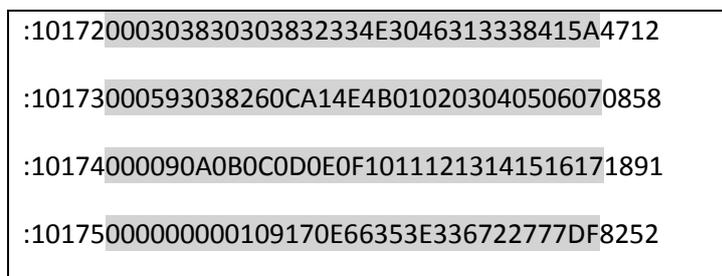
Рис. 15. Обзор позиций электронных систем автомобиля VOLVO XC90

При этом не всегда возможно получение данных непосредственно через диагностический порт автомобиля. Так, например, при серьезных повреждениях автомобиля, могут возникнуть обрывы кабеля автомобильной сети, а в случае возникновения пожара, шина автомобиля может быть существенно повреждена. Поэтому, в большинстве случаев, при условии технической исправности автомобиля до ДТП возможно получить данные непосредственно подключившись к самому блоку управления.

Стандартно, для подключения блока управления двигателем автомобиля VOLVO XC90 используется диагностический интерфейс OBD II, где во время инициализации используется дополнительная L-линия, подключаемая как эмуляция шины передачи данных. В случае повреждения металлического корпуса

блока управления, возможно извлечение данных путем либо непосредственного чтения двоичного кода, получаемого при чтении чипа памяти через программатор, либо при переносе данного чипа в аналогичный неповрежденный блок управления. Этот процесс наиболее трудоемкий из всех и требует от эксперта специальных навыков в работе с радиоэлектроникой, что существенно ограничивает применимость данного способа.

Например, при использовании датчика продольного ускорения в системе VDC (Vehicle Dynamic Control – электронный контроль устойчивости автомобиля), или в системах, блокирующих ремни безопасности, продольные силы, действующие на колеса, измеряются или оцениваются на автомобилях с ABS (при торможении) совместно с системой управления двигателем. Автомобили, оборудованные электрогидравлическими тормозами (ЕНВ) будут содержать точную информацию о силах торможения для каждого колеса через ВСМ (Brake Control Module – блок управления тормозом, он же блок ABS). Это означает, что все необходимые сигналы датчиков проходя через блок управления и в случае повреждения узла оказываются моментально записаны в виде двоичного кода сигнала в памяти ЭБУ (Рисунок 16).



```
:10172000303830303832334E3046313338415A4712  
:10173000593038260CA14E4B010203040506070858  
:10174000090A0B0C0D0E0F10111213141516171891  
:10175000000000109170E66353E336722777DF8252
```

Рис. 16. Данные системы ВСМ при разрушении передней подвески в ЭБУ

Кроме данных о продольном ускорении в представленной записи есть сведения о скорости в момент разрушения узла подвески, которая является вычисляемой ЭБУ переменной. Т.е. при работе ограниченного количества штатных датчиков автомобиля не измеряемые параметры движения ТС, определяются системой ЭБУ, что позволяет использовать программный триггер распознавания предаварийной ситуации на основе анализа поведения и динамики автомобиля.

Этот принцип, в свою очередь, существенно повышает качество работы систем пассивной безопасности ТС.

Для старых блоков управления типа SDM (Self Diagnostic Module – модуль самодиагностики), определить скорость движения с минимальными погрешностями расчетных моделей возможно, если в момент лобового столкновения возникли ошибки. Например, исследование ЭБУ в стандарте SAE J1979 при проведении экспертизы ДТП, в сущности, является не чем иным, как процессом анализа данных при проведении технической экспертизы транспортного средства после ДТП. Чем шире и разностороннее собранная информация, тем больше вероятность принятия экспертом правильного решения.

Основной режим, представляющий интерес для проведения автотехнических экспертиз – это режим «\$02», обозначаемый так согласно стандарта SAE, который можно для удобства называть «стоп-кадром». Обращение к данному пункту меню сканера имеет смысл только при наличии в памяти блока управления кодов неисправностей (режим «\$03»). При повреждении систем двигателя, такие ошибки появляются и записываются автоматически. Гораздо важнее знать, не были ли данные ошибки зафиксированы раньше, чем произошло разрушение деталей и нарушение работы двигателя. Как правило, это можно установить либо по записи времени возникновения ошибки, либо по параметрам работы устройства, сохранившимся в момент появления аварийного режима работы. Следует помнить, что кодов неисправности в памяти контроллера может быть много, а вот «стоп-кадр» – как правило, только один (по крайней мере, так поступает большинство производителей). Номер кода неисправности, которому соответствует сохраненный кадр можно найти при помощи обыкновенного инженерного сканера, обычно он высвечивается в самом начале списка параметров в соответствии с рисунком 17

P0301.Cylinder 1 Misfire Detected Trip:04660Time:157:24:57.0						
Time FreezeFrameData						
Item	Data1	Data2	Data3	Data4	Data5	Unit
Calculate Load		7.0				%
Coolant Temp		12				
AF FT B2 S1		0.675				
Pend P0307.Cylinder 7 Misfire Detected						
P0308.Cylinder 8 Misfire Detected						
P0325.Knock Sensor 1 Circuit						
P0301.Cylinder 1 Misfire Detected						
Hybrid Control						
Current P0500.Vehicle Speed Sensor "A" Trip:04660Time:157:24:57.1						
FreezeFrameData+Detail						
Item	Data	Unit	Item	Data	Unit	
Engine Coolant Temp	88	°C	Engine Revolution	3349	rpm	
Vehicle Spd	86	km/h				
Detail Information 1						
VL-Voltage before boosting		36 V				
Detail Information 2						

Рис. 17. Данные «стоп-кадра» в момент возникновения неисправности работы двигателя после лобового столкновения.

В том случае, если скорость движения по каким-то причинам в перечне данных режима «\$02» не содержится, то в общем случае для перехода от частоты вращения коленчатого вала к скорости автомобиля используют формулу (54).

Зная передаточное число работы механической коробки передач при соответствующих оборотах двигателя можно получить значение скорости довольно точно. Для этого достаточно провести несколько тестов аналогичного автомобиля в дорожных условиях с подключением к блоку управления коробкой передач в режиме \$01, либо получить данные от того же завода изготовителя. Следует отметить, что в последнее время производители стали отказываться от установки вариаторов, так как современные автоматы почти сравнялись с ними по экономичности при более низкой себестоимости. Во время фронтального удара, возникновение ошибки при работе двигателя может сопровождаться записью о числе оборотов двигателя, таким образом, если запись окажется частично повреждена, либо данные о скорости будут недоступны, значение величины оборотов двигателя и рассчитанной нагрузки поможет восстановить картину происшествия. Так же при расчетах, следует учитывать наличие ограничителя/регулятора скорости, установленного на автомобиле.

Для гидромеханической трансмиссии при расчете скорости следует учитывать, что для некоторых режимов работы такой трансмиссии нужно знать момент блокировки гидротрансформатора (ГДТ), а для случаев разгона применять

ее не стоит. Так, например, режим спокойной равномерной езды на современных автомобилях обычно означает блокировку ГДТ, т.е. когда включается механическая блокировка ГДТ, с помощью фрикционной накладки сцепления вращение масла останавливается, а валы двигателя и трансмиссии соединяются напрямую. Гидротрансформатор в этом режиме выключается и передает уже 100 % вращения. Аналогично отжиманию педали сцепления после переключения скорости на МКПП. Если на автомобиле установлена электронная система управления ГДТ и линейные соленоиды, то КПД может составлять в среднем 95 %. Эта оптимизация связана с конструктивными особенностями электронных систем управления автоматическими трансмиссиями, которые позволяют использовать «спортивный» режим.

Данные о работе АКПП в момент нарушения режима ее работы (например, в аварийной ситуации при ДТП) так же могут быть записаны в электронном блоке управления АКПП. Система управления АКПП включает в себя сам блок управления, входные датчики и управляющие механизмы. В систему управления входят датчики, определяющие:

- положение рычага селектора;
- частоту вращения на входе коробки и выходе из нее;
- температуру масла;
- а также датчики режимов «кик-даун» и «типтроник», если АКПП имеет

ручной режим.

Коды неисправностей АКПП обычно выводятся в режиме «\$03» (чтение кодов ошибок), поэтому возможные нарушения работы автоматической трансмиссии могут быть отражены в виде ошибок вышеперечисленных датчиков. Для проведения технической экспертизы транспортного средства после ДТП, можно получить данные о коде ошибки одного из соленоидов (электромагнитных клапанов) регулирующих работу АКПП. Для кодов стандарта OBD II была разработана удобная и информативная система обозначений – буква и четыре цифры. Эту систему безоговорочно приняло большинство автопроизводителей, причем не только для OBD II, но и для OEM-протоколов. Первая позиция (то есть

буква) обозначает тип системы – *P* (Powertrain), *C* (Chassis), *B* (Body) и *U* (Network). Например, код P0102 означает одну и ту же проблему для любого автомобиля, поддерживающего требования OBD II / EOBD – низкий уровень сигнала датчика расхода воздуха. Однако, расширенные коды, применяемые производителем для диагностики своих автомобилей так же могут быть доступны. Они имеют вид P1xxx, P2xxx, где: 1 – обозначает измерение нагрузки и дозирование топлива; 2 – подача топлива, система наддува; 3 – система зажигания и регистрация пропусков воспламенения смеси; 4 – системы уменьшения токсичности; 5 – система холостого хода, круиз-контроль, система кондиционирования и пр.

Четвертая и пятая позиции в коде ошибки – это номер кода, идентифицирующий поврежденную цепь или компонент.

Алгоритм проведения автотехнической экспертизы с использованием информации протоколов OBD II и EOBD показан на рисунке 18



Рис. 18. Алгоритм работы эксперта при проведении технической экспертизы блоков управления автомобиля после ДТП

Положительными сторонами данного способа определения параметров движения автомобиля являются:

- возможность сопоставления повреждений узлов и деталей с диагностическими кодами ошибок;
- для ДТП с тяжкими последствиями, происходившими на больших скоростях движения возможно получить данные о скорости в момент столкновения без применения сложной и дорогостоящей аппаратуры;
- 90 % современных легковых автомобилей как в России, так и за рубежом, а также автобусов и грузовых автомобилей оснащена блоками управления работающих по протоколам OBD II или EOBD, что значительно упрощает работу эксперта автотехника, так как при стандартных повреждениях коды ошибок имеют унифицированный вид;
- наличие режима «\$02» (freeze frame) с данными о скорости автомобиля, оборотах двигателя, номера передачи и т.п., в момент нарушения работы с системной датой и временем возникновения ошибки возможно использовать в экспертной деятельности при сложных ДТП, когда, например, после первого столкновения, автомобиль совершает еще несколько столкновений или переворачивается, и траектория его движения исходя из обособленных трасологических признаков определить не представляется возможным;
- существует возможность считывания диагностических кодов неисправностей через значительный промежуток времени после их образования, а при использовании энергонезависимой памяти, срок хранения данных может превышать 3 года;

К отрицательным сторонам данного способа получения информации о параметрах движения автомобиля в момент ДТП относятся:

- малое число параметров движения автомобиля, отсутствие записи о изменении продольного и поперечного ускорения в момент повреждения узла или агрегата;
- если повреждение узла произошло до ДТП, то «стоп-кадр» о параметрах движения автомобиля и статусе работы устройств может не соответствовать моменту ДТП;

– невозможно учесть количество энергии, которое потерял автомобиль в процессе столкновения до момента возникновения неисправности.

## **1.9 Программное обеспечение автотехнического эксперта, позволяющее проверить данные ЭБУ автомобиля после ДТП**

Быстрый рост компьютерных технологий и появление на мировом рынке соответствующего запросам экспертов программного обеспечения обеспечивает рост технической базы и роли информационных технологий при реконструкции ДТП. В России данные продукты пока не так широко распространены, как в Европе и США вследствие высокой стоимости и отсутствием русскоязычных версий. Проверка значений параметров движения ТС при ДТП в настоящее время требует применения современных программ, существенно уменьшающих время исследования, а в силу того, что некоторые сложные расчеты автоматизированы, снижается влияние человеческого фактора на результаты расчетов.

### **1.9.1. Специальные программные продукты**

Одним из самых известных производителей специального программного обеспечения для автотехнической экспертизы является Engineering Dynamic Corporation (EDC). Первый программный продукт, анонсированный к созданию EDC в 1993 году, назывался Human – Vehicle – Environment (HVE). Это был первый полностью трехмерный симулятор и программа визуализации процесса ДТП. EDC опубликовала техническое задание по его реализации в документе «SAE Technical Paper 930903» и уже в 1996 году вышла первая версия рабочей программы HVE версия 1.0, которая интегрировала в своей среде несколько модулей симуляции процесса ДТП – EDSMAC, EDVSM, EDSVS. Что позволило получить продукт, отвечающий запросам экспертов по реконструкции ДТП, а также конструкторов

автомобильных систем безопасности. Первая полностью трехмерная, рабочая модель перекрестка была получена в 1997 году, что позволило к 1998 году создать программу, работающую в режиме реального времени, полностью построенную на законах физики объектов, в соответствии с рисунком 19.

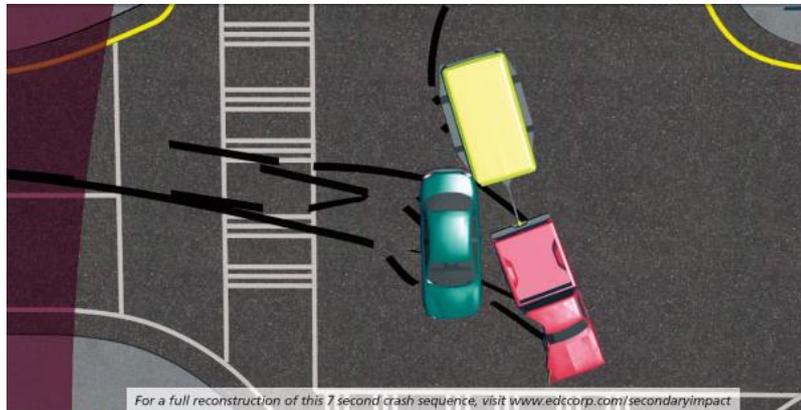


Рис. 19. Работа программы HVE, моделирование ДТП

Возможности данной программы следующие:

- возможность работы с 3D поверхностями;
- возможность работы с многочисленной базой моделей автомобилей;
- возможность реконструкции столкновения с учетом фактического количества ТС в одном ДТП, в соответствии с рисунком 20;
- моделировать теоретические возможности ударов;
- работать с фактическими местами ДТП (фотограмметрия).

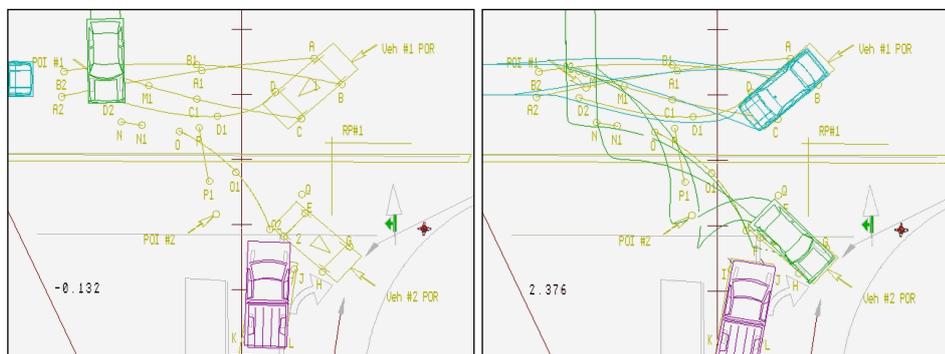


Рис. 20. Реконструкция столкновения с участием трех транспортных средств

Алгоритм столкновения позволяет:

- доказывать силовую модель;

- реконструировать различные виды столкновений (лобовые, боковые и др.);
- столкновения с препятствиями;
- и многое другое.

Вышеуказанная программа использует следующие редакторы HVE:

- редактор для выбора одного или нескольких автомобилей из базы данных по типу марки, модели и году выпуска;
- редактор окружающей среды для создания плана местности здесь можно выбирать дату, время столкновения, а также положение солнца. После этого все вышеперечисленные данные переносят в 3D проектируемый геометрический файл;
- редактор моделирования происшествия (выбирают вид ТС и EDSMAC 4 расчетную модель) и производят расчет;
- редактор выбора происшествия для реконструкции ДТП;
- редактор воспроизведения для создания графических и видео файлов.

К 1999 году появился еще один мощный редактор – HVE Brake Designer, который был первым в своем роде расчетным модулем, позволявшим учитывать состояние тормозной системы автомобиля при моделировании процесса ДТП.

При анализе учитывались такие атрибуты тормозной системы как:

- тип привода;
- геометрия тормозного барабана;
- свойства фрикционного материала тормозных колодок;
- геометрия накладок тормозных колодок;
- фрикционные свойства материала накладок.

В итоге при работе в программе эксперт получал автоматически следующие значения:

- коэффициент торможения, как отношение силы трения накладок к приводимым силам на тормоз (BF);
- приведенная сила – сила, создаваемая исполнительным устройством механизма тормоза (AF);

– тормозной момент – крутящий момент, приложенный к тормозной системе в центре колеса (BT).

Тормозной момент, может быть выражен с помощью формулы (55).

$$BT = BF \cdot TR \cdot AF \cdot SF \quad , \quad (55)$$

где: TR – радиус сил трения колодок в тормозном механизме, м, SF – процент снижения приведённых сил, обычно в результате наличия воздуха в патрубках тормозной системы, либо износа камеры пневматического провода.

Также в 1999 году в программных модулях HVE появляется расчетный блок SIMON. Эта программа была первым полностью трехмерным модулем с возможностью динамического моделирования столкновений более чем одного автомобиля и включала в себя алгоритмы моделирующие факторы окружающей среды. Особенностью данной программы была возможность использования моделей подрессоренных масс автомобиля с шестью степенями свободы перемещений, что позволяло инженерам проверять динамическое поведение модели автомобиля в различных условиях.

Реконструкцию движения пассажиров при столкновении ТС с чем-либо демонстрирует программа EDSMAC 4. На рисунке 21 показано перемещение пассажиров в случае столкновения 4-дверного автомобиля с бетонной плитой, а на рисунке 22 показан план столкновения ТС с бетонной плитой. Несчастный случай произошел на правой стороне дороги со средней скоростью 32 км/ч. На рисунках показано перемещение 15-летнего пассажира (на переднем сидении) и 50-летнего человека.

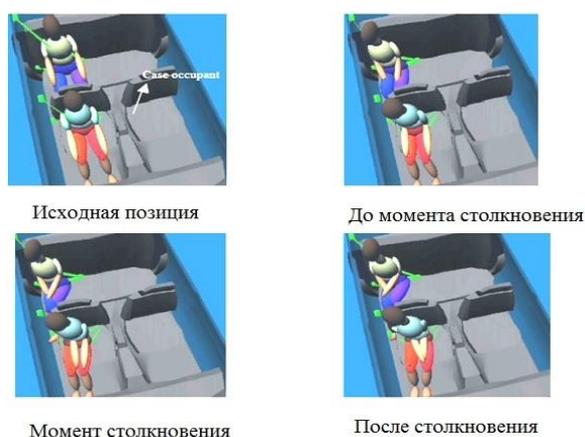


Рис. 21. Перемещение пассажиров

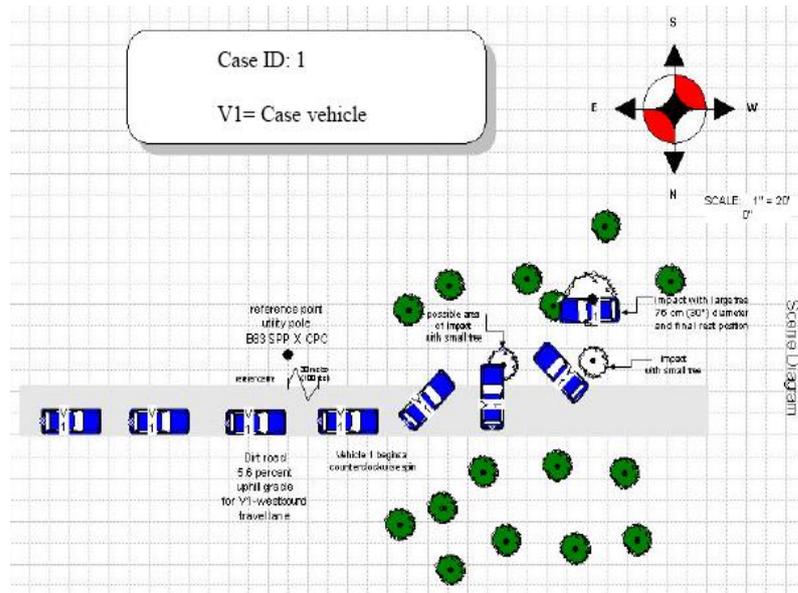


Рис. 22. План столкновения ТС с плитой

Второй случай перемещения пассажира показан на рисунке 23, а план столкновения на рисунке 24. При этом столкновении скорость автомобиля была оценочно 40 км/ч. Когда второй автомобиль столкнулся с первым под углом в  $60^\circ$ .

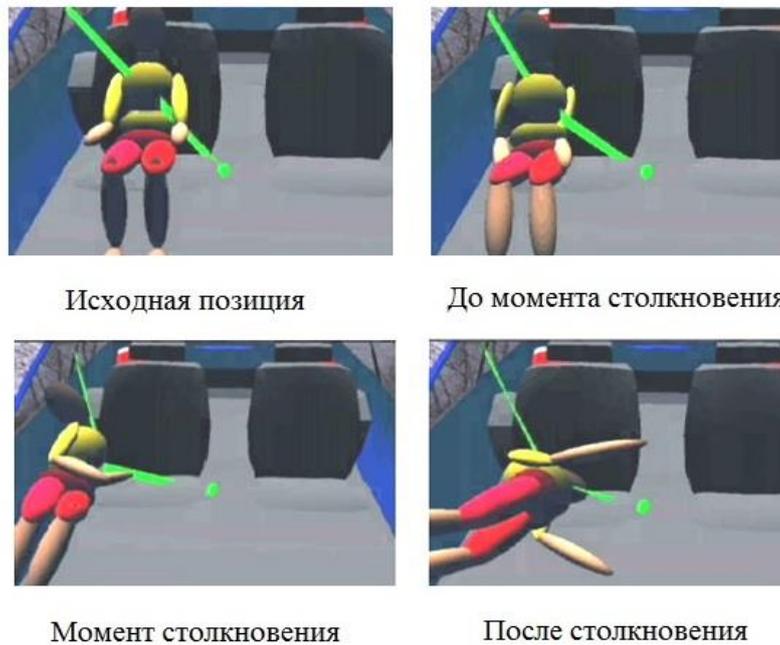


Рис.23. Перемещение пассажира, выполненное с помощью программы HVE

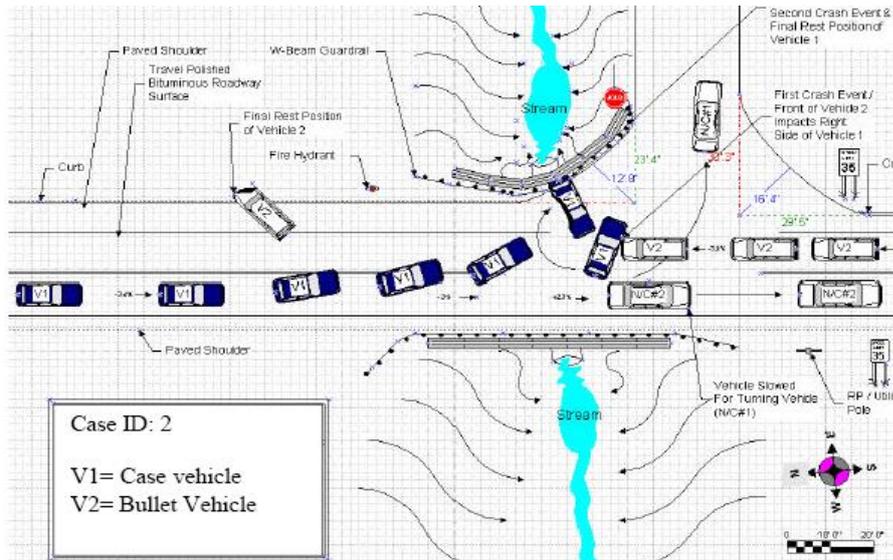


Рис. 24. План столкновения ТС

На рисунке 25 показано столкновение ТС при скорости 25 км/ч, с двумя пассажирами при  $60^\circ$ , а на рисунке 26 показан план столкновения.

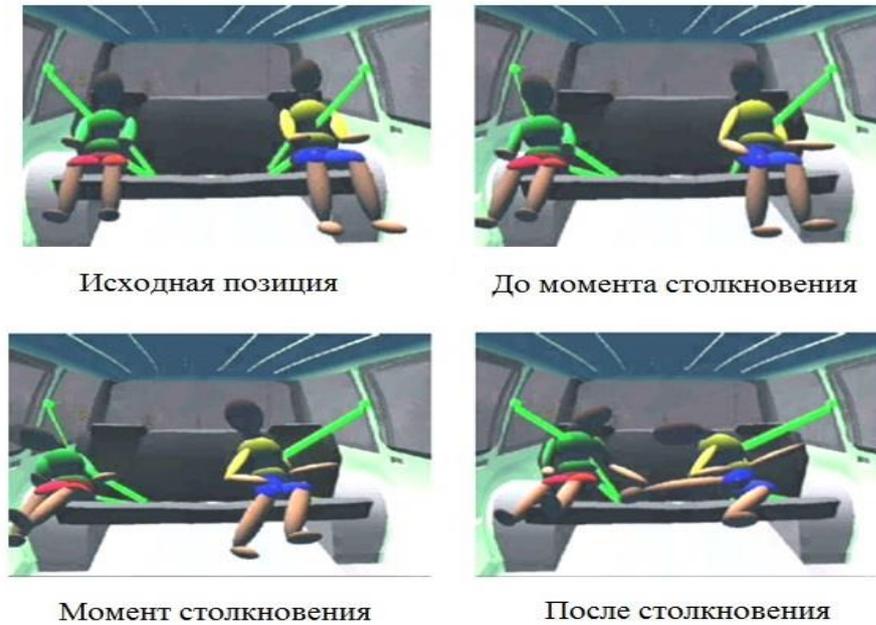


Рис. 25. Перемещение пассажира, выполненное с помощью программы NVE

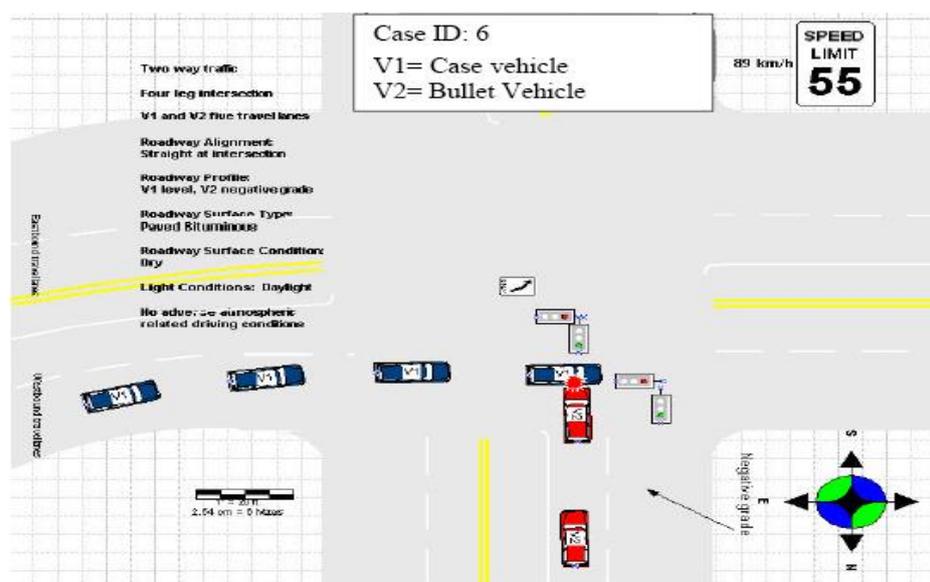


Рис. 26. План столкновения ТС

Аналогичные программы выпускают и другие производители. Наиболее известны в России программы PC-Crash, SMAC, CRASH, CARAT, SIMON, EDSVS и пр. По своему функционалу они мало чем отличаются от продукции EDC, либо имеют лишь некоторые возможности вышеописанной программы.

### 1.9.2 Утилиты и расчетные приложения

Для описания полного перечня небольших, но наиболее часто используемых автотехническими экспертами утилит и приложений требуется довольно объемный обзор, поэтому будут приведены наиболее часто используемые и доступные для автотехнических экспертов программы.

Наиболее известное из бесплатных расчетных приложений – программа Big Summs Professional, компании Compass Computing. Она содержит наибольшее количество применяемых экспертами расчетных модулей. Рабочее окно программы показано на рисунке 27.

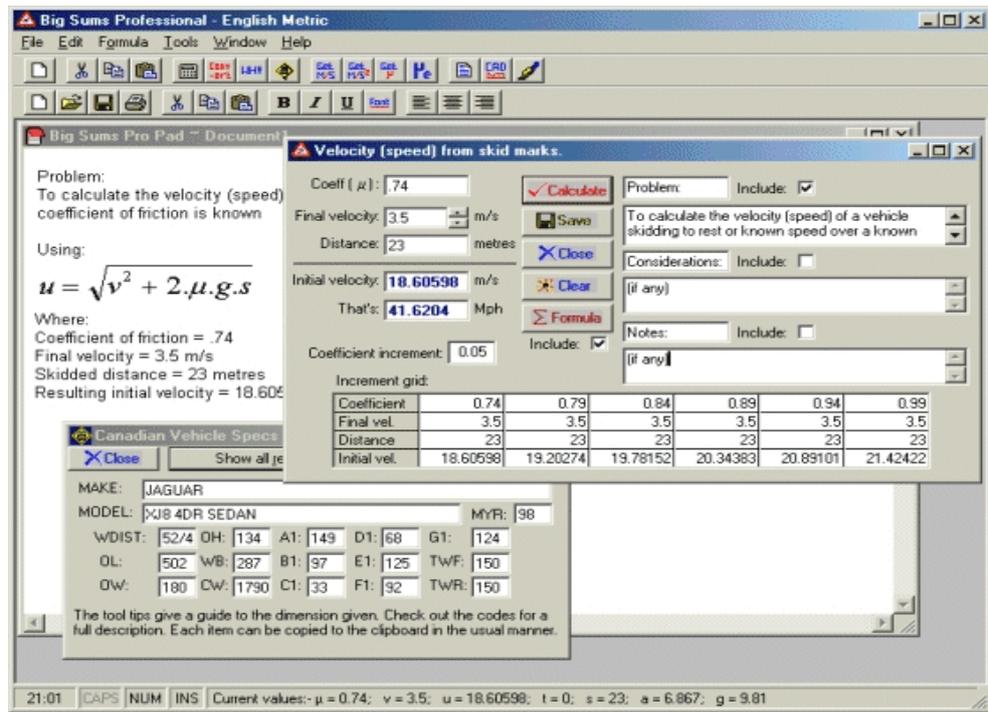


Рис. 27. Рабочее окно программы Big Summs Professional

В настоящий момент не распространяется, однако ее аналог - Isahgenius довольно распространен и используется, как удобный инструмент для быстрых расчетов. Рабочее окно приложения Isahgenius показано на рисунке 28.

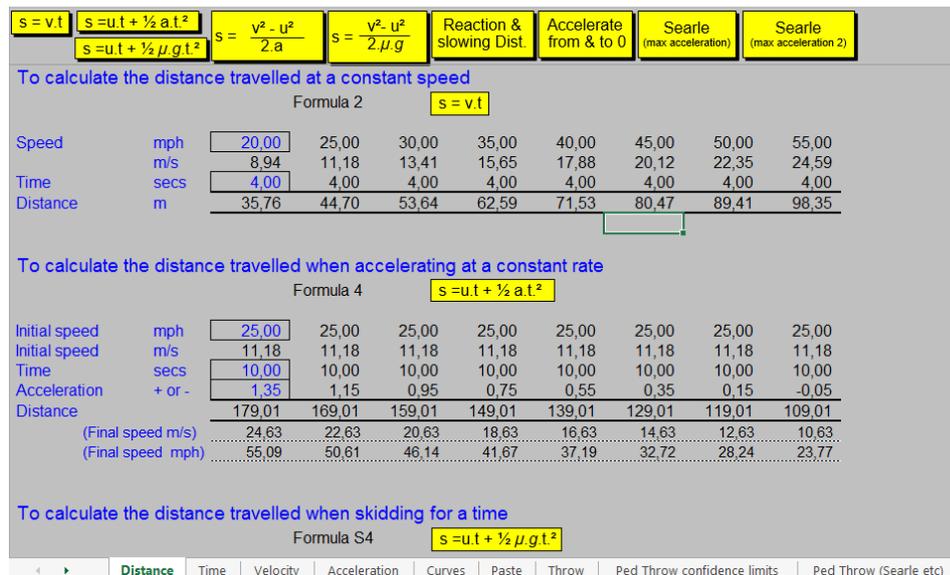


Рис. 28. Рабочее окно приложения Isahgenius

Так, например, для расчета скорости столкновения двух ТС под углом по кинематической модели можно войти в соответствующую вкладку и получить расчет в табличном виде, в соответствии с рисунком 29.

$u_1 = \frac{m_1 \cdot v_1 \cos f_1 + m_2 \cdot v_2 \cos f_2 - m_2 \cdot u_2 \cos f_2}{m_1 \cos f_1}$		$u_2 = \frac{m_1 \cdot v_1 \sin f_1 + m_2 \cdot v_2 \sin f_2}{m_2 \sin f_2}$						
mass vehicle one	$m_1$	<input type="text" value="1000"/>	1000	1000	1000	1000	1000	1000
mass vehicle two	$m_2$	<input type="text" value="1000"/>	1000	1000	1000	1000	1000	1000
post impact v. Veh 1	$v_1$	<input type="text" value="20,00"/>	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
post impact v. Veh 2	$v_2$	<input type="text" value="30,00"/>	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
angle of direction V1		<input type="text" value="0°"/>	0°	0°	0°	0°	0°	0°
angle of direction V2		<input type="text" value="90°"/>	92°	94°	96°	98°	100°	102°
angle of deflection V1		<input type="text" value="45°"/>	45°	45°	45°	45°	45°	45°
angle of deflection V2		<input type="text" value="45°"/>	45°	45°	45°	45°	45°	45°
Pre impact V1	m /s	<input type="text" value="15,81"/>	16,36	16,91	17,47	18,03	18,59	19,16
	mph	<input type="text" value="35,36"/>	36,59	37,83	39,07	40,32	41,59	42,87
Pre impact V2	m /s	<input type="text" value="15,81"/>	15,81	15,84	15,89	15,96	16,05	16,16
	mph	<input type="text" value="35,36"/>	35,38	35,44	35,55	35,70	35,90	36,15
$\Delta V$ for vehicle 1	mph	<input type="text" value="25,50"/>	26,53	27,59	28,66	29,76	30,88	32,02
$\Delta V$ for vehicle 2	mph	<input type="text" value="25,50"/>	26,53	27,59	28,66	29,76	30,88	32,02
		$DV1 = \sqrt{(u_1^2 + v_1^2)} - (2 u_1 v_1 \cos Q)$		$DV2 = \sqrt{(u_2^2 + v_2^2)} - (2 u_2 v_2 \cos Y)$				
<small>(Cos <math>\theta</math> and Cos <math>\psi</math> are the difference between the initial angle and the deflection angle of each vehicle.)</small>								

Рис. 29. Расчет скорости движения ТС в приложении Isahgenius

Isahgenius – это программа, помогающая в расследовании ДТП. В своей стандартной форме она состоит из 12 листов, каждый из которых содержит несколько формул. Для ее использования достаточно выбрать страницу, которая определяет значение, которое требуется получить. Например, расстояние, время или скорость и т.д. На большинстве страниц имеющиеся формулы отображаются в желтых квадратах в верхней части страницы.

При нажатии на требуемую формулу курсор будет двигаться в соответствующее поле ввода. Поля ввода обозначены синими цифрами, окруженными черной рамкой. Большинство страниц защищены для предотвращения случайного изменения данных, пользователю доступны только изменения значений в полях ввода. Данные о скорости вводятся в милях в час, что не совсем привычно экспертам, пользующимся метрической системой, однако скорость всегда можно привести в соответствие на вкладке «панель инструментов».

**ИССЛЕДОВАНИЕ**

Вопрос №1

Скорость автомобиль ГАЗ-3102 гос. номер А 111 АА к моменту столкновения (наезда) определяется по следующей формуле:

$$V_{тс1'5} = \sqrt{V_{тск1'5}^2 - 25,92 \cdot St_{с1'5} \cdot J_{тс1'5}};$$

$J_{тс1'5}$  - Замедление (ГАЗ-3102 А 111 АА, торможение после столкновения) определяется по формуле:

$$J_{тс1'5} = J_{нтс1'5} \cdot \cos(A1'5) - 9,81 \cdot \sin(A1'5);$$

$J_{тс1'5}$  - в данных условиях определяется, м/с<sup>2</sup>: 6,87;  
 В условиях данного происшествия величина скорости  $V_{тс1'5}$  определяется равной около 34,16 км/ч.

Рис. 30. Пример сгенерированного вывода в программе «Экспертиза ДТП»

В 2001 году в России, компанией Auto Soft была разработана демонстрационная версия программы автоматического генерирования автотехнических экспертиз – «Экспертиза ДТП». Но несмотря на то, что данная программа позволяла воспроизвести различные участки автодорог и дорожно-транспортные ситуации, особого распространения она не получила по причине низкого интереса автотехнических экспертов и сложной системе ввода данных. При этом решаемые программой вопросы не требовали от экспертов сложных вычислений и могли быть сделаны вручную. Пример сгенерированного вывода в программе «Экспертиза ДТП» показан на рисунке 30.

### **1.10 Краткий обзор расчетных методов определения скорости при ДТП необходимых для производства проверки данных ЭБУ**

Методические различия в процессе исследования ДТП в России и других странах связаны прежде всего с низким уровнем материально-технического обеспечения эксперта автотехника в России. Так, например, в Европе и США считается, что реконструкция ДТП не может быть полностью выполнена на основе данных полученных в результате их чтения блоков управления автомобилем, в

связи с чем эксперты вынуждены производить расчеты и моделирование как в специализированных программах, так и вручную. Это обусловлено тем, что эксперты не могут получить параметры о движении автомобиля по показаниям датчиков только одного ТС. В России же почти все расчеты производятся в ручном режиме с использованием стандартного набора формул и таблиц.

Кроме того, различия связаны и с традицией написания формул для расчетов параметров движения ТС. Для сравнения приведем некоторые из основных используемых формул.

Сравнение формул расчета скорости, применяющихся при экспертных исследованиях механизма и обстоятельств ДТП в России и Евросоюзе, приведены в табл. 5

Таблица 5.

Сравнение формул расчета скорости, применяющихся в России, ЕС и США

Определяемый параметр	Расчетная формула (зависимость) РФ	Расчетная формула (зависимость) ЕС и США
Скорость автомобиля перед торможением с учетом юза, км/ч	$V_a = 1.8 \cdot j \cdot t_3 + \sqrt{26 \cdot j \cdot S_{\text{ю}}}, \quad (56)$ <p>где: <math>j</math> – замедление автомобиля, <math>\text{м/с}^2</math>, <math>t_3</math> – время нарастания замедления до максимального значения, с, <math>S_{\text{ю}}</math> – длина пути юза, м.</p>	$V_a = \sqrt{V_{\text{end}}^2 - 2\mu g S}, \quad (57)$ <p>где: <math>\mu</math> – коэффициент сцепления шин колес, <math>g</math> – ускорение свободного падения, <math>\text{м/с}^2</math>, <math>S</math> – длина пути юза, м, <math>V_{\text{end}}</math> – скорость в конце пути юза, км/ч.</p>
Скорость автомобиля перед торможением для участков торможения с разными сцепными свойствами, км/ч	$V_a = 1.8 \cdot j_1 \cdot t_3 + \sqrt{26 \cdot \sum_{j=1}^n S_j}, \quad (58)$ <p>где: <math>j_1, j_2, \dots, j_n</math> – установившееся замедление на каждом участке торможения, <math>\text{м/с}^2</math>, <math>S_1, S_2, \dots, S_n</math> – длина каждого участка, м, <math>t_3</math> – время нарастания замедления до максимального значения, с. [28]</p>	$V_a = \sqrt{\sum_{j=1}^n 2\mu_j g S_j}, \quad (59)$ <p>где: <math>\mu</math> – коэффициент сцепления шин колес на <math>j</math>-ом участке торможения, <math>S</math> – длина пути юза <math>j</math>-ом участке торможения, м.</p>

<p>Расчет скорости перед торможением по приближенной формуле (при наезде на пешехода), км/ч</p>	$V_a = 1,8(t_3 + t_{OT}) + \sqrt{26 \cdot j \cdot S_{ю} \cdot V_H^2}, \quad (60)$ <p>где: <math>V_H</math>-скорость в момент наезда, км/ч.[28]</p>	$V_a = \sqrt{V_{end}^2 - 2\mu g s}, \quad (61)$
<p>Расчет скорости ТС при отсутствии торможения (при наезде на пешехода), км/ч</p>	$V = \frac{V_r \cdot (m_s + m_p)}{m_s} + a_h \cdot t_w, \quad (62)$ <p>где: <math>V_r</math> – скорость автомобиля в момент отрыва от него пешехода км/ч, <math>m_s</math> – масса автомобиля, кг, <math>m_r</math> – масса пешехода, кг, <math>a_h</math> – замедление тормозящего автомобиля, м/с<sup>2</sup>, <math>t_w</math> – время от момента наезда до момента отрыва тела пешехода от автомобиля, с.</p>	$V = \frac{-B + \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A}, \quad (63)$ $A = \frac{1}{64.4 \cdot f_p}, \quad (64)$ $B = \frac{d_{hood}}{V_{ped} \cdot \sin \theta} + \sqrt{\frac{h_{hood}}{16.1}}, \quad (65)$ $C = -d_t, \quad (66)$ <p>где: <math>f_p</math> – коэффициент трения пешехода, <math>\theta</math> – угол между первоначальным направлением движения пешехода и ТС, <math>d_{hood}</math> – дистанция между точкой наезда и точкой отрыва пешехода от кузова автомобиля, м, <math>V_{ped}</math> – скорость движения пешехода, км/ч, <math>h_{hood}</math> – верхняя точка контакта между пешеходом и кузовом автомобиля, м, <math>d_t</math> – дистанция отброса пешехода, м.</p>
<p>Расчет скорости движения ТС по деформации кузова</p>	<p>Используется ограниченно по методу Delta V</p>	<p>Метод Delta V</p> $\Delta V = \sqrt{\frac{B \cdot L}{m} \cdot \left( C + \frac{A}{B} \right)}, \quad (67)$ <p>Метод Crash 3</p> $EBS = \sqrt{\frac{2 \cdot E d}{m}} \quad (68)$

Следует отметить, что расчеты, выполненные по таким упрощенным моделям, при проведении автотехнической экспертизы, имеют определенные допущения, вследствие чего результаты могут иметь существенную погрешность.

Отсутствие в экспертной практике источников о данных и возможности использования технической экспертизы ЭБУ в тех или иных ДТП – до сих пор накладывает ограничение на применяемый арсенал методов и приемов исследования ДТП экспертом автотехником. Дальнейшая проверка теоретической части вопроса о возможности получения данных о границах соотношения массы автомобиля и пешехода, позволяющие инициировать запись в ЭБУ о скорости движения автомобиля при фронтальном наезде на пешехода требует проведения натуральных экспериментов с применением манекена человека. Также, проведение таких экспериментов позволит заглянуть за границы существующих методик для определения дальнейших направлений исследований в этой области знаний.

### **1.11 Проблемы, цели и задачи исследований**

Приведенный выше подробный обзор проблем показывает, что процесс ДТП представляет из себя многофакторную комплексную задачу, скорость решения которой зависит от выбора оптимальной методики исследования, при ограниченных и зачастую искаженных исходных данных. Все процессы, изучаемые при анализе и реконструкции ДТП, могут быть изучены либо путем полноценного расчета, либо получены средствами измерения. Задача исследователя заключается в применении правильного инструмента или метода в процессе определения каждого фактора данного процесса. Современные методы исследований процесса ДТП, использующие данные ЭБУ, учитывают их только при столкновении ТС, опрокидывании, либо наезде на жесткое препятствие. Вопросы о возможности использования таких данных равно и о возможности их

получения при наезде на пешехода в специализированной литературе представлены фрагментарно либо не представлены совсем.

Скорость в момент ДТП является одним из основных искомых параметров при проведении автотехнической экспертизы, что, несомненно, требует более пристального изучения данного вопроса в свете применимости современных технологий получения исходных данных о ДТП. Таким образом, основной проблемой, рассматриваемой в рамках данного исследования, является метод определения скорости движения ТС в момент ДТП, связанных с наездом на пешехода и возможность получения данных ЭБУ для данного вида происшествий.

**Цели, поставленные в рамках данного исследования:**

- определение формулы расчета границ триггера срабатывания ЭБУ пассивной безопасности автомобиля по имеющимся обособленным трасологическим признакам на месте ДТП;
- уточнение коэффициентов сцепления тела человека с опорной поверхностью с целью получения более точных данных о скорости движения ТС при расчете скорости движения автомобиля в момент наезда на пешехода по отбросу тела пешехода от места наезда;
- создание методики расчета границ триггера записи данных в ЭБУ ТС при ДТП с целью получения данных о наличии вещественных доказательств без их разрушения;
- создание программы автоматизированного анализа ДТП, в том числе определения затрат кинетической энергии на деформацию кузова ТС, определения возможности срабатывания подушек безопасности автомобиля.

**Для решения поставленных целей требуется решить следующие задачи:**

- создать алгоритм и написать программу автоматизированного анализа затрат кинетической энергии на деформацию кузова ТС, отброса ТС после столкновения, отброса тела пешехода при фронтальном наезде ТС;

- экспериментально определить ускорения/замедления автомобиля при фронтальном наезде на пешехода с проверкой данных о скорости автомобиля в момент ДТП непосредственно из памяти блоков управления, соответствующих стандарту OBD II либо содержащих функцию EDR;
- провести эксперименты по уточнению коэффициента сцепления тела человека на различных поверхностях;
- сравнить полученные экспериментальные данные с данными расчета кинематической модели ДТП по отбросу тела пешехода, а также, в случае необходимости уточнить модель расчета затрат кинетической энергии на деформацию кузова автомобиля при наезде на пешехода;
- обосновать математическую модель алгоритма триггера записи данных о ДТП в ЭБУ, связанных с наездом на пешехода для легковых ТС.

## **2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦ ТРИГГЕРА ЗАПИСИ ДАННЫХ В ЭБУ ТС ПРИ ДТП**

### **2.1. Исходные материалы, необходимые для исследования ДТП, связанных с столкновением транспортных средств и наездом на пешехода**

Как правило, столкновения транспортных средств, требующие проведения автотехнической экспертизы, касаются спорных ситуаций, когда одна из сторон, участвующая в ДТП не признает своей вины. В случае если в ДТП были пострадавшие, автотехническая экспертиза проводится в обязательном порядке. Согласно статистическим данным, большая часть ДТП связанных со столкновением ТС и наездами на пешеходов происходит в сумеречное время суток на перекрестках и примыканиях дорог, в местах пересечения транспортных потоков. Обычно на перекрестках происходят столкновения связанные с ограничением обзорности из-за стоящих ТС при повороте налево и пересечении перекрестка. Так же характерны боковые скользящие удары ТС при перестроении. Для прямых сегментов УДС наиболее характерны ДТП при развороте автомобиля, встречные столкновения, а также столкновения попутно движущихся ТС. Наибольшую часть ДТП составляют наезды на пешеходов (велосипедистов для осенне-летнего периода), для которых характерна недостаточная видимость в полосе движения ТС.<sup>54</sup>

Для производства автотехнической экспертизы эксперту требуется наличие максимально возможного количества исходных материалов дела. При первичном изучении которых, особое внимание уделяется следующим:

- протокол осмотра места ДТП;
- схема ДТП;
- протокол осмотра и проверки технического состояния транспортного средства (средств);

- Объяснения участников ДТП;
- справка о ДТП;
- протокол следственного эксперимента;
- протокол допроса свидетелей;
- постановление инспектора по исполнению административного законодательства ГИБДД (ИАЗ) о назначении экспертизы;
- Данные фото и видео регистраторов.

Особое значение для расследования и реконструкции ДТП имеют технические данные параметров движения ТС перед, вовремя и после столкновения или наезда. Однако в случае если эти данные не сохранены или были повреждены во время ДТП, следует использовать традиционные методы реконструкции, включающие в себя анализ исходных технических данных с места происшествия, к которым относятся:

- координаты места и время ДТП;
- характеристика состояния проезжей части;
- марка, тип и техническое состояние транспортного средства;
- длина и характер следов юза при их наличии;
- ширина и глубина деформаций кузова;
- наличие и расположение обособленных трасологических признаков на проезжей части;
- конечное расположение транспортных средств и пешеходов;
- скорость движения транспортных средств и пешеходов;
- характеристика видимости и обзорности с места водителя в момент ДТП;
- фотографии повреждений транспортных средств;
- заключение судмедэкспертов.

Особое внимание при изучении исходных данных следует уделять схеме ДТП, которая является приложением к протоколу осмотра места происшествия. На представленном графически плане местности, выполненном в масштабе с

привязкой к опорным точкам (объектам), фиксируются координаты расположения ТС и пешеходов, примерная траектория их движения, а также различные объекты с указанием точного расстояния между ними. Благодаря этим данным можно сделать первоначальный анализ обстоятельств ДТП. Пояснительная таблица описывает как сами объекты и их характеристики, так и дорожные условия на месте ДТП.

Следующим по важности документом является протокол осмотра и проверки технического состояния транспортных средств. Максимально полная фиксация технических неисправностей и повреждений, выявленных при осмотре ТС может сопровождаться фото таблицами. В случае отсутствия возможности осмотра ТС экспертом, на основе фото таблиц возможно определить угол столкновения ТС, определить характер наезда на пешехода, определить глубину и ширину деформации кузова.

Для анализа дорожно-транспортной ситуации по каждому виду ДТП производится анализ исходной информации для ответа на вопрос о выборе метода исследования. Основной перечень вопросов в том числе требует определения скорости движения ТС перед столкновением или наездом, для определения степени вины водителя и наличия у него технической возможности предотвратить ДТП.

Так же исходная информация может быть получена из постановления о назначении экспертизы, протокола осмотра места ДТП и справки о ДТП.

## **2.2 Триггеры ЭБУ оборудованных функцией EDR, способы получения информации о параметрах движения автомобиля**

Наиболее доступные для экспертов способы записи данных о параметрах движения автомобилей обычно включены в программы блока управления подушками безопасности или блока управления двигателем, известны как Event

Data Recorder (EDR – запись данных о событиях в момент аварии). Для грузовых автомобилей под этим сокращением чаще всего понимается EDRS (Electronic Data Reporting System – электронная система сообщения данных), обычно находящаяся в блоке управления двигателем.

Время записи данных перед столкновением ТС или наездом на пешехода критично для анализа ДТП посредством данных EDR. Главная задача EDR – гарантированная запись данных о происшествии в память ЭБУ. Для определения начала записи данных, которые будут сохранены, используются различные механизмы идентификации предаварийной ситуации. Существующие триггеры большей части EDR используют для старта нестираемой записи о ДТП сигнал акселерометра по оси X (продольной оси автомобиля), в случае если выполняется неравенство(55):

$$a_x \geq 15.68\text{м/сек}^2, \quad (55)$$

В случае возникновения аварийной ситуации, неподконтрольной водителю ТС, стандартный микропроцессор может в режиме постоянного мониторинга рассчитать момент запуска записи данных используя простую линейную модель. Согласно статистике 85% всех водителей ведут автомобиль в границах изменения продольного ускорения  $\pm 0,3g$ .

Для случаев маневрирования применяется понятие дискретного индекса устойчивости. Который определяется для 6 различных состояний (Табл. 6)

Таблица 6.

Ситуации при маневрировании и индекс устойчивости

Ситуация	Индекс устойчивости
Устойчивое прямолинейное движение	1
Устойчивый поворот	2
Неустойчивое прямолинейное движение	3
Недоворот в повороте	4
Занос в повороте	5
Срыв колес в неуправляемый занос	6

Для состояния 1 характерно минимальное расхождение между моделируемым ЭБУ движением ТС и показаниями датчиков. При этом  $\delta \rightarrow 0$ . Для состояния 2 характерна установка угла колес ТС менее предельного значения по заданной скорости движения. Назначение индекса 3 происходит в случае, если расхождение между моделируемым ЭБУ движением ТС и показаниями датчиков больше установленных производителем пределов, при незначительном угле поворота колес. Наиболее характерно для процесса торможения, когда коэффициент трения колес  $\mu$  на одной оси существенно различается.

Состояние недоворота наблюдается в том случае, если при вхождении в поворот реакция автомобиля на рулевое управление не такая сильная, как ожидал водитель ТС. Обычно сопровождается перегрузкой передней оси продольным ускорением с выходом предела сил бокового увода колеса на минимальное значение вследствие невозможности дальнейшей передачи боковых сил колеса на опорную поверхность. Для данной ситуации выполняется неравенство (56):

$$\sum F_{model} \geq \sum F_{real} , \quad (56)$$

где  $F_{model}$  – силы, воздействующие на каждое колесо ТС зашитые в ЭБУ,  $F_{real}$  – силы, воздействующие на каждое колесо ТС рассчитанные по показаниям датчиков.

Для данной ситуации 5 выполняется неравенство (57):

$$\sum F_{model} \leq \sum F_{real} , \quad (57)$$

где  $F_{model}$  – силы, воздействующие на каждое колесо ТС зашитые в ЭБУ,  $F_{real}$  – силы, воздействующие на каждое колесо ТС рассчитанные по показаниям датчиков. Данное состояние сопровождается потерей бокового сцепления колес задней оси ТС и может иметь более серьезные последствия. [47] (см. рис. 31)

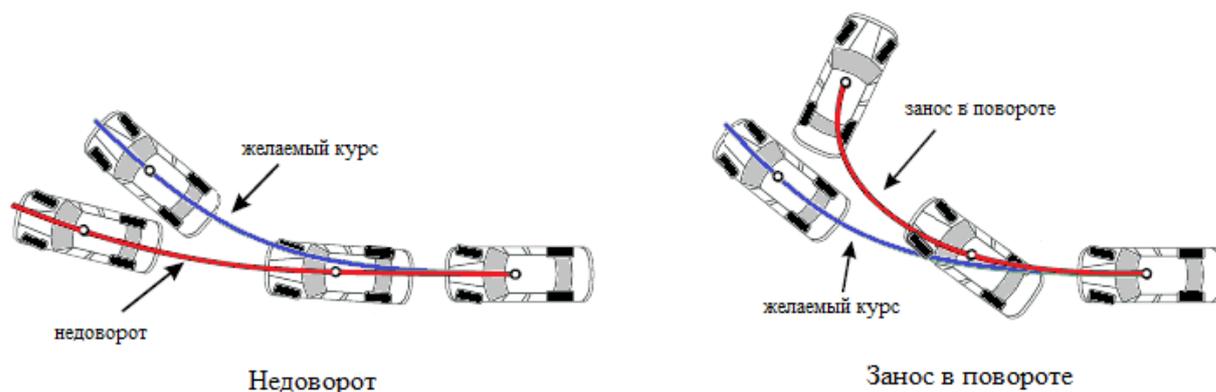


Рис. 31. Движение ТС в состояниях соответствующих индексам 4 и 5

Срыв в неуправляемый занос характеризуется полной потерей управляемости автомобилем и будет рассмотрен чуть позже.

Система курсовой устойчивости автомобиля так же используется для триггера записи данных EDR на современных автомобилях. Эффективность использования этих систем зависит от конструкции, дорожных условий и действий водителя. Большая их часть работает с базами данных полученных при тестировании ТС. Однако существуют модели, основанные на расчете модели ТС. При этом используются данные датчиков вращения колес в сочетании с датчиками поперечного ускорения. Электронная обработка маневра ТС для предотвращения потери курсовой устойчивости может быть описана уравнением (58):

$$F_{уи} = \frac{d\psi}{dt} = a(F_{у,пл} + F_{у,пп})\cos\delta + b(F_{у,зл} + F_{у,зп}) + cF_{у,пл}\sin\delta - dF_{у,пп}\sin\delta + M_{упр}, \quad (58)$$

где  $F_{уи}$  – угловая сила инерции ТС;

$a, b, c, d$  – расстояние точек контакта шин колес от центра масс ТС по осям  $x, y$ ;

$M_{упр}$  – момент противодействия юзу (см рис 32) .



$r_{тр}$  – требуемая скорость поворота центра масс ТС вокруг вертикальной оси (ось Z),  
 $r_{пр}$  – прогнозируемая скорость поворота центра масс ТС вокруг вертикальной оси.  
 Используемая предикативная модель вычисления  $r_{пр}$  использует простейшие тождества Диофанта, что кроме простоты позволяет избежать ошибок вследствие случайных возмущений датчиков. Исходя из вышеизложенного, любое внешнее динамическое воздействие на кузов автомобиля в точке удаленной от оси X или Y, неизбежно приведет к срабатыванию системы курсовой устойчивости, что может быть триггером для EDR и связанной с ней системой пассивной безопасности.

Следующий алгоритм, используемый в ЭБУ для анализа предаварийной ситуации – расчет радиуса движения, который можно сравнить с алгоритмом отслеживания безопасной скорости поворота кузова ТС в центре масс, описанным выше. В данном случае производится сравнение измеренного радиуса кривой движения с радиусом, моделируемым ЭБУ как безопасным. Большие отклонения между смоделированным и измеренным радиусом являются сигналом об опасности для движения ТС и указывают на боковые смещения относительно безопасного коридора движения. Данный алгоритм основан на измерении скоростей колес и не требует использования гироскопа. В сочетании с другими алгоритмами, является избыточным для активации EDR. Моделируемый радиус движения определяется уравнением (60):

$$r_{\text{мод}} = \frac{V_{\text{цм}}}{\beta + \psi}, \quad (60),$$

где  $r_{\text{мод}}$  – моделируемый радиус,

$\beta$  – угол поворота автомобиля,

$\psi$  – скорость поворота относительно оси Z.

Моделируемый ЭБУ радиус движения в повороте определяется по формуле (61):

$$r_{\text{расчетн}} = \frac{b}{2} \left( \frac{\Delta S_{л} + \Delta S_{п}}{\Delta S_{п} - \Delta S_{л}} \right), \quad (61)$$

При недостаточном повороте руля во время поворота ТС налево точка центра моделируемого радиуса смещается влево относительно точки центра расчетного радиуса левее, и соответственно наблюдается смещение правее при заносе в

повороте (см. Рис. 33). При правом повороте ТС картина смещения точек зеркальна.

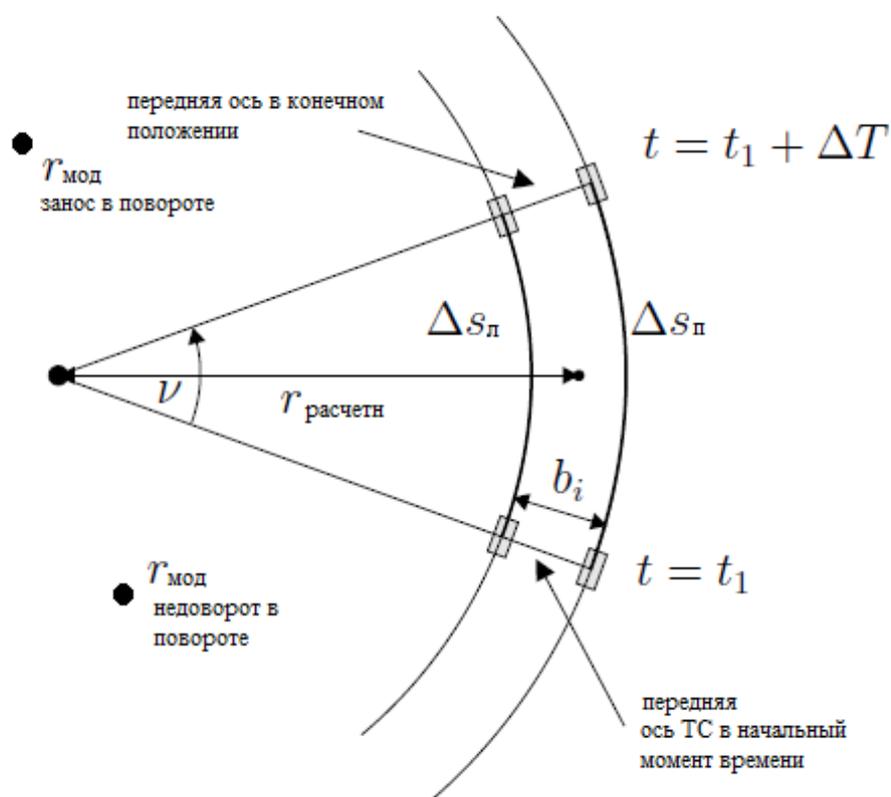


Рис. 33. Графическое определение расчетного радиуса и точки критических ситуаций.

Ситуация, при которой срабатывают два алгоритма из четырех опознается алгоритмом EDR как аварийная, что является триггером записи данных в память ЭБУ. Возможность получения данных EDR обусловлена наличием энергонезависимого блока памяти, включенного в ЭБУ. Энергонезависимая электронная память ЭБУ сохраняет данные, даже когда отключена аккумуляторная батарея. Функционально она ничем не отличается от способа современного цифрового хранения фотографий. Хранение данных может быть обеспечено либо с помощью флэш-карты, либо с помощью чипа энергонезависимой памяти (EEPROM). EEPROM – английская аббревиатура электрически стираемого, программируемого ПЗУ.

Так как большая часть ЭБУ автомобилей подключены к одной или нескольким сетям передачи данных автомобиля, то получение данных из ЭБУ часто осуществляется через стандартный порт сети, соответствующий требованиям международных стандартов SAE J1962, в котором определен порядок расположения выводов на разъеме, представляющем собой стандартный автомобильный аппаратный интерфейс, а также SAE J1587 описывающий каналы связи между электронными устройствами автомобиля (это не касается автомобилей выпущенных до 2001 года).

Функционирование современного ЭБУ осуществляется через системную плату, на которой в определенном порядке установлены определенные устройства и порты некоторых внешних датчиков: арифметическое-логическое устройство (АЛУ), ОЗУ, ПЗУ, EEPROM, диагностические порты и т.п. Совокупность вышеперечисленных устройств на одной плате обычно и называют ЭБУ. Некоторые из них содержат интегрированные EEPROM, а другие используют флэш-память. Некоторые устройства EEPROM находятся не в блоке управления автомобиля, все зависит от конкретного производителя. Но, несмотря на то, где находится само устройство, доступ к данным ЭБУ осуществляется, как правило, непосредственно через стандартный последовательный сетевой порт. В тех случаях, когда последовательный сетевой порт не подключен к жгуту шины передачи данных, подключение осуществляется через специальный диагностический разъем.

Принцип работы и алгоритмы EDR, соответствует стандартам номенклатуры математических и геометрических условных обозначений, используемых системами пассивной безопасности. Геометрические условные обозначения электрических сигналов систем пассивной безопасности определены тем, что все события ДТП происходят в физическом пространстве, поэтому для реконструкции ДТП был определен стандартный набор координат и точки отсчета.

Положение транспортного средства, с точки зрения системы пассивной безопасности, описано в трех применяемых стандартах: SAE J670e – «Термины автомобильной динамики»; SAE J1733 – «Данные для краш тестов

автотранспортных средств»; SAE J211 – «Оборудование для проведения испытаний на удар».

На рисунке 34 показаны определенные в вышеупомянутом стандарте оси координат. Геометрические линии, применяемые при определении положения пассажирского транспортного средства, показаны на рисунке 35. Нужно отметить, что указанные графические изображения соответствуют стандарту и при описании движения транспортных средств, следует строго придерживаться данных обозначений.

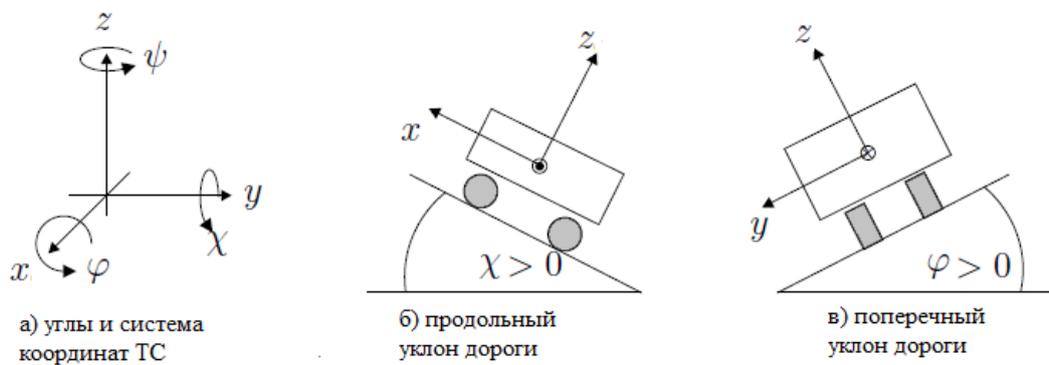


Рис. 34 – Направление осей автомобиля (согласно стандарту, SAE J1733)

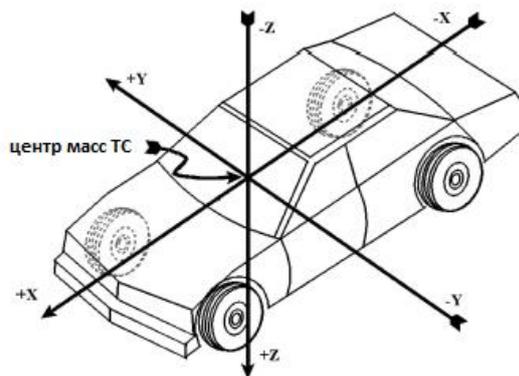


Рис. 35. Система координат автомобиля, определенная стандартами SAE J670e/J1733/J211

Следует отметить, что данная система координат так же привязана к координатам модели пассажира, а именно его головы и туловища. При анализе аварийной ситуации и обеспечения безопасности пассажира, ключевым моментом является привязка систем координат модели автомобиля к соответствующей системе координат модели пассажира. В случае аварии, правильная привязка координат и время обработки информации, в совокупности со своевременным срабатыванием систем безопасности, может сыграть ключевую роль в предотвращении травмирования пассажира при жестком контакте с препятствием. Полное описание вторичного воздействия на водителя и пассажира продольных и поперечных сил, можно найти в патенте U.S. Patent 6,424, 8981. В данной системе координат действует алгоритм разворачивания подушек безопасности автомобиля. Т.е. акселерометр продольного или поперечного ускорения используется программными средствами для определения момента срабатывания подушек безопасности.

Система фронтальных подушек безопасности отвечает за реакцию на фронтальный удар и измеряет импульс при столкновении по оси  $X$  (см. SAE J1733). Выделенные датчики срабатывания подушек безопасности всегда устанавливаются по осям автомобиля, датчики акселерометров фронтальных подушек безопасности отвечают за изменение скорости по оси  $X$ .

Следует обратить внимание, что выходные сигналы акселерометра используются для запуска алгоритмов программного обеспечения микропроцессора, для получения очищенных от помех, линеаризованных и суммарных значений сигналов, которые непрерывно сравниваются с пороговыми значениями показателей. Пример полного описания всех трех показателей пороговых значений срабатывания фронтальных подушек безопасности можно найти в патенте U.S. Patent 5,483,449, в котором говорится о показателях «предела изменения скорости», а также о «пределе изменения энергии» и «пределе колебаний».

Как было указано выше, в автомобилестроении, все аварийные ситуации имеют главное направление приложенных сил, направленных соответственно по векторам  $X$ ,  $Y$  и  $Z$ . На практике большая часть событий интерпретируется через анализ сил, приложенных по векторам  $X$  и  $Y$ , т.е. на плоскости. Вектор продольной силы является производным от вектора направления приложенных сил, который был получен в результате импульса при столкновении. Если для лобового столкновения составляющая вектора сил по оси  $X$  имеет достаточную величину в течение продолжительного периода времени, то это вызовет срабатывание соответствующих микроконтроллеров, которые произведут вычисление по всем трем вышепоименованным критериям и дадут команду системе безопасности на запуск соответствующих механизмов, будь то натяжители ремней безопасности или подушки безопасности.

В большинстве случаев, поставщики контроллеров отвечающих за запуск подушек безопасности создают собственную матрицу для алгоритмов ЭБУ подушек безопасности, вместо того, чтобы использовать электронные блоки автомобиля с соответствующей производительностью. Это делается производителями автомобилей для многочисленных различных тестов и испытаний аварий ТС, с данными об ускорениях тестовых аварий, поставляемых заводом изготовителем ТС. Данный процесс является обычной практикой для определения пороговых значений метрик, которая должна основываться на показаниях краш-тестов с использованием манекенов для измерения степени травмирования водителя и пассажиров при вторичном воздействии. Таким образом, данная матрица фактически определяет пороги срабатывания контроллеров подушек безопасности. Алгоритм, используемый в этом устройстве, существует для того, чтобы производитель автомобиля соблюдал требования безопасности для водителя и пассажира, которые производитель получил через испытания и краш-тесты. Типичное современное, двухступенчатое и продольное размещение пороговых метрик должны удовлетворять следующим требованиям:

- подушки безопасности не должны срабатывать при скорости ниже 12,5 км/ч;
- подушки безопасности должны сработать: при скорости выше 19 км/ч – 1 порог разворачивания, при скорости 29 км/ч – 2 порог разворачивания.

Между 12,5 км/ч и 19 км/ч существует так называемая «серая зона» в которой обычно срабатывает только натяжители ремней безопасности водителя или пассажира.

Большая часть ЭБУ подушек безопасности оборудованы перезаписываемыми энергонезависимыми ПЗУ, для сохранения активных кодов диагностики и событий ДТП. Сканеры дилерского уровня, как правило, ограничены в функциях и применяются лишь для считывания кодов неисправностей, в то время как инженерный уровень доступа к данным о ДТП требует переносной компьютер и соответствующий переходник для сети автомобиля. Данные записываются в стандартном двоичном коде, однако обычно читаются в шестнадцатеричной кодировке. В различных версиях электронных блоков управления системой пассивной безопасности, устанавливаемых на различные автомобили, формат и содержание данных перезаписываемого ПЗУ различен. Каждая версия данных, например, таких как ПЗУ, имеет специальный формат и схему расшифровки для различных сохраненных данных. Перезаписываемое ПЗУ может быть, как отдельным чипом, так и частью более сложного чипа. Возможность получить шестнадцатеричный код записанных событий в блоке управления обеспечивает лучшее понимание процессов, происшедших при ДТП. С этими данными некоторые незначительные детали ДТП могут быть определены для уточнения общей картины происшествия.

Доступ к EDR данным может быть осуществлен либо при помощи некоторых общедоступных инструментов, либо специальных инструментов, предусмотренных для этого производителем. Как альтернатива, данные могут быть получены непосредственно через подключение на клеммы ПЗУ. Доступ к данным через специальную аппаратуру через сеть автомобиля является

сложной и дорогостоящей задачей. В настоящее время для этого используется прибор Bosch/Vetronix CDR DLC, прибор изображен на рисунке 36.



Рис. 36. Применение прибора CDR DLC для получения данных о параметрах движения автомобиля при ДТП

Анализ данных EDR должен соответствовать методике получения исходных данных посредством специального оборудования. Ниже, в качестве примера, приведено описание пяти последовательных шагов получения и перевода исходных данных, которые подтверждают правильность декодирования значений ускорения в диапазоне определенного периода времени.

### **2.3 Алгоритм действий эксперта по получению необработанных данных ЭБУ (EDR)**

Получение данных о ДТП. Для последовательной передачи данных через сеть, существует проблема правильного подключения к ЭБУ с данными EDR, с целью получения данных находящихся внутри данного устройства. В большинстве случаев, это может рассматриваться как обзор стандартов

сетевых протоколов и основных стандартов для сетей автомобилей, с последующей проверкой того, какие именно спецификации применяются для данных ЭБУ в интересующем нас диапазоне.

Одним из подходов в определении определенных диапазонов адресов ПЗУ при обычных ДТП для конкретного ЭБУ является его разборка и изучение ключевых компонентов печатной платы ЭБУ. Рисунок 37 показывает типичную печатную плату, разобранного ЭБУ подушек безопасности.



Рис. 37. Блок управления подушками безопасности

На рисунке 38 изображен микропроцессор, изготовленный в 2006 году в Германии (Simens) установленный на печатной плате ЭБУ подушек безопасности.



Рис. 38 Микроконтроллер ЭБУ

Устройства измерения ускорений – акселерометры, установленные на той же печатной плате, используют соответствующий диапазон адресов ПЗУ и имеют специфическую чувствительность к ускорению. Дополнительные ключи сетевого протокола могут быть получены посредством наблюдений обмена данных через диагностический сканер с ЭБУ. В экспертной среде это называется «сетевое вынюхивание», обычное для работы диагностов в режиме \$01, для чего доступен ряд определенных инструментов или специализированных диагностических сканеров. Кроме того, для непосредственного извлечения данных из EEPROM нужно использовать специальное устройство – «программатор», которое позволяет получить требуемые данные. Так как существует огромное количество вариантов EEPROM, в том числе и встроенных в другие типы микросхем, данный метод является трудоемким и дорогостоящим. Даже, несмотря на то, что данный метод может дать результаты там, где сети передачи данных блокируются системами безопасности.

На рисунке 39 показан чип EEPROM непосредственно припаянный к печатной плате ЭБУ.

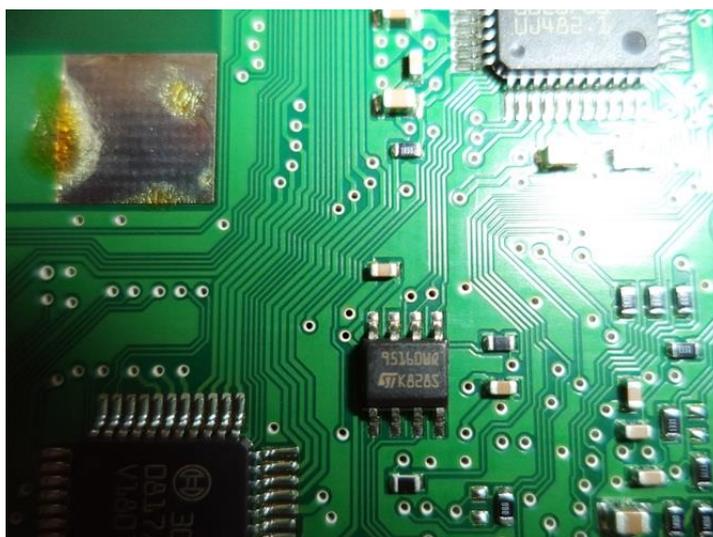


Рис. 39. Чип EEPROM содержащий данные о параметрах движения автомобиля в момент столкновения



Преимуществом этого метода является тот факт, что при правильном извлечении данных, содержание памяти EEPROM не изменяется, а данные извлекаются в форме шестнадцатеричной кодировки. Недостатком является то, что для получения доступа к EEPROM нужно разобрать ЭБУ.

Ниже приведено общее описание пяти рекомендованных экспертами последовательных шагов методики получения данных ЭБУ.

Первый шаг заключается в опросе таргетированного EEPROM. Это позволяет получить требуемые данные, например, данные из памяти блока SRS (блок управления системами пассивной безопасности) в шестнадцатеричном формате. При доступе к данным сети эта информация всегда охватывает требуемые данные в рамках опроса команд и ответов. Это означает, что поток данных отображается как включенная последовательность символов, не имеющая отличительной пунктуации между данными, командами, ответами и контрольными суммами. Так как нет никакой видимой разницы между данными и командами, последние должны быть исключены посредством «синтаксического анализа» таким образом, чтобы оставить только первые. Следует отметить так же, что данные не содержат пробелов и разрывов строк, так что синтаксический анализ часто зависит от линейной позиции в коде. На рисунке 30 показан пример последовательных пар информационных запросов с последующими не отформатированными ответами ЭБУ.

Второй шаг – это разбор кода. Разбор – это процесс получения необходимых электронных данных посредством выделения команд, ответов и контрольных сумм. Метод прямого чтения с ПЗУ позволяет избегать множества проблем при разборе информации.

Третий шаг – форматирование, процесс сборки анализируемых данных в структурированной форме, для того чтобы их было легче читать и интерпретировать. Часто этот процесс заключается в добавлении индикаторов адресов и пробелов между элементами данных (отсутствующих в потоке исходных данных).

Четвертый шаг – перевод. Перевод — это процесс выполнения числовой или логической оценки адресных элементов данных. Эта оценка может производить числовые параметры соответствующих измеряемых данных, или перевод может производить логические операции и/или для информации в двоичном коде правильного/ложного перевода бит в байты. Ключом к переводу элементов данных является знание, или эмпирическое вычисление соответствующих коэффициентов масштабирования в принятых единицах измерения (например, метров в сек. и т.п.) байт данных представляющих интерес. Примеры перевода данных могут включать в себя ускорение, системную дату, данные датчиков использования ремней безопасности, данные о мгновенном изменении скорости, и т.п. Следует обратить внимание на то, что после запуска алгоритма записи данных, номер записанной позиции так же представлен временной шкалой в миллисекундах, после чего отражается мгновенное изменение скорости и ускорение.

Пятый шаг – интерпретация приведенного в данных ПЗУ. Интерпретация данных включает в себя процесс оценки полученных и переведенных данных с точки зрения их соответствия физической картине происшествия, что, несомненно, существенно дополняет выводы, которые могут быть сделаны путем принятых вычислений.

Как уже говорилось выше, методически стандартом для интерпретации шестнадцатеричного кода ЭБУ является принятый стандарт или ГОСТ. Учитывая это, любой параметр или логическое условие набора данных сохраняется по заданному адресу и может быть легко интерпретирован, что в свою очередь используется для автотехнического исследования в рамках проводимого инженерного анализа. В общем, параметры данных для интерпретации могут быть подобраны экспертами, а информация о специфике какого-либо блока ЭБУ будет им вряд ли доступна, так как производитель обычно защищает свою интеллектуальную собственность патентом. Однако можно получить эти данные при разборке блока ЭБУ на составляющие. Этот

процесс представляет собой своеобразный индуктивный инжиниринг. Следует отметить, что для экспертной деятельности подобный способ получения исходных данных существенно устарел и представляет очень большую проблему. Именно поэтому, для того чтобы при расчете параметров, записанных в ЭБУ не происходило ошибок применяют специальные устройства, которые имеют весь набор необходимых функций для чтения информации с блоков управления системой пассивной безопасности. Поэтому в рамках проводимых исследований, мы использовали прибор CDR DLC фирмы Bosch. Для проведения автотехнической экспертизы обстоятельств ДТП и его реконструкции данный способ является самым современным и самым простым, с точки зрения получения исходных данных о ДТП, однако он же самый дорогостоящий в силу стоимости оборудования.

Алгоритм получения данных функции EDR состоит из следующих последовательно выполняемых операций в соответствии с рисунком 42.

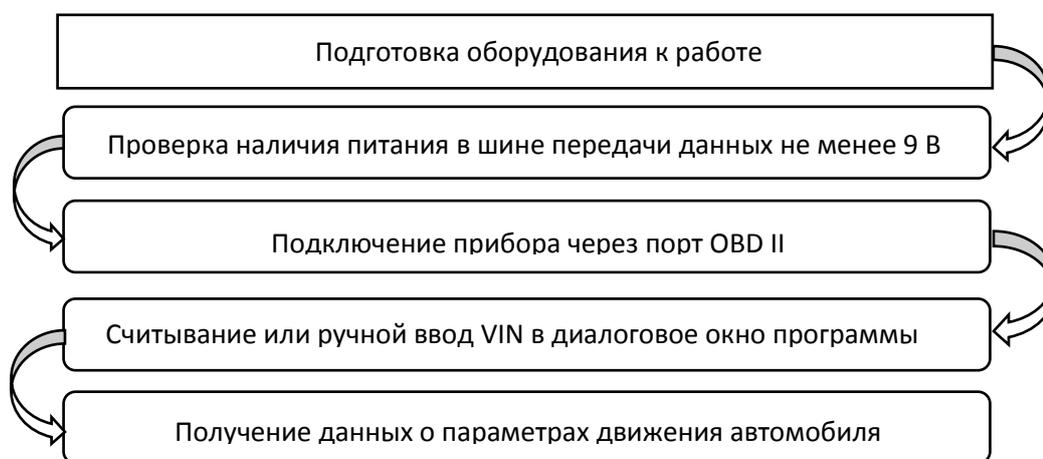


Рисунок 42 – Алгоритм получения данных функции EDR

Итогом данной работы будет получение данных о параметрах движения автомобиля до и после столкновения в формате отчета, объемом от 10 до 60 страниц. Пример отчета показан на рисунке 43. Точность полученных данных о скорости движения автомобиля, как до, так и в момент столкновения приближается к 99 %, что, несомненно, существенно выше всех прочих

способов, применяемых экспертами-автотехниками при проведении экспертизы и реконструкции ДТП.

**DTCs Present at Time of Event (Most Recent Event, TRG 3)**

Recording Status, Diagnostic	Complete
Ignition Cycle Since DTC was Set (times)	0
Airbag Warning Lamp ON Time Since DTC was Set (min)	0
Diagnostic Trouble Codes	None

**Pre-Crash Data, 1 Sample (Most Recent Event, TRG 3)**

Recording Status, Pre-Crash/Occupant	Complete
Time from Pre-Crash to TRG (msec)	900
Buckle Switch, Driver	Buckled
Buckle Switch, Passenger	Buckled
Occupancy Status, Passenger	AM50
Seat Position, Driver	Rearward
Shift Position	Drive

**Pre-Crash Data, -5 to 0 seconds (Most Recent Event, TRG 3)**

Time (sec)	-4.9	-3.9	-2.9	-1.9	-0.9	0 (TRG)
Vehicle Speed (MPH [km/h])	39.8 [64]	39.8 [64]	39.8 [64]	39.8 [64]	39.8 [64]	39.8 [64]
Brake Switch	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
Accelerator Rate (V)	1.09	1.09	1.13	1.21	1.21	1.21
Engine RPM (RPM)	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600

Рисунок 43 – Стандартный набор данных о движении автомобиля перед ДТП, сохраненный в чипе EEPROM блока управления подушками безопасности, содержащего функцию EDR

Положительными сторонами данного способа определения параметров движения автомобиля является:

- возможность получения всех данных о движении автомобиля и действиях водителя как до, так и после столкновения или наезда на препятствие;
- для ДТП с одним транспортным средством без свидетелей возможность точной и полной реконструкции происшествия;
- проверяемость данных полученных из блоков управления системами пассивной безопасности;
- наличие большого количества учитываемых параметров и режимов работы автомобиля;
- возможность ответить на вопрос о ДТП при движении задним ходом;

- время необходимое для получения данных и анализа ДТП составляет в среднем 1-3 рабочих часа;
- возможность получения данных о скорости движения автомобиля по ДТП с участием пешеходов;
- наличие постоянно обновляемого программного модуля с постоянно обновляемой базой данных, включающей на декабрь 2014 года более 120 миллионов автомобилей.

К отрицательным сторонам данного способа получения информации о параметрах движения автомобиля в момент ДТП относятся:

- высокая стоимость оборудования, не доступного для пользователей в России;
- отсутствует охват автомобилей российского производства;
- отсутствие справочной и нормативной литературы для экспертов на русском языке;
- не определены границы триггера срабатывания EDR при наезде на пешехода.

#### **2.4. Экспериментальное исследование данных о ДТП, содержащихся в блоках управления ТС**

Экспертное исследование данных о ДТП, содержащихся в блоках управления автомобиля требует от эксперта понимания механизма работы электронных устройств, способов записи и хранения данных, а также способов их извлечения для дальнейшего использования при реконструкции ДТП. В случае наличия таких данных, либо возможного наличия таких данных в автомобиле, имеющем и поддерживающем функцию EDR, экспертом должны быть выполнены следующие процедуры:

- 1) Измерение напряжения на выводах диагностического разъема, которое не должно быть ниже 9 Вольт, т.к. это может повлиять на правильную работу диагностического оборудования;
- 2) Подключение прибора CDR DLC к диагностическому разъему;
- 3) Проверка наличия выбранного автомобиля в базе данных устройств программного обеспечения для чтения EDR;
- 4) Чтение VIN номера автомобиля;
- 5) Чтение данных о ДТП.

В качестве основного допущения принимается тезис о значимости энергетических затрат на преодоление препятствий на пути движения ТС в процессе ДТП. Так же, в данном исследовании принимается допущение одномоментного контактно-следового взаимодействия тела пешехода и кузова автомобиля, как сумма векторов сил возникающих при перемещении различных частей тела человека относительно выступающих под разными углами деталей кузова ТС. Процесс скатывания тела человека с капота ТС может быть рассмотрен как частный случай выведения тела человека из равновесия с учетом силового импульса.

При изучении полученных данных о движении автомобиля, одним из основных параметров движения является скорость в момент столкновения. Так же выдаются значения ускорений в момент срабатывания натяжителя ремня безопасности и подушек безопасности. Точно определяется статус педали тормоза, от значения которого во многом зависит итог расследования ДТП. Определяется момент срабатывания тормозной системы, т.е. возможно точно определить имел ли водитель техническую возможность предотвратить дорожно-транспортное происшествие, а также сделать вывод о том, соответствуют ли действия водителя требованиям пункта 10.1 ПДД.

Во время проведения исследований возможностей EDR, техническое состояние ТС перед столкновением принималось как соответствующее требованиям технического регламента о безопасности колесных

транспортных средств. Следует иметь виду, что влияние состояния систем автомобиля на сам процесс ДТП отражается в протоколах технического состояния устройств в виде данных об ошибках и сбоях систем, поэтому у эксперта есть возможность получить эти данные помимо исследования степени изношенности деталей автомобиля. Это особенно важно в случае серьезных повреждений ТС, либо при утере деталей автомобиля.

Измерения параметров движения транспортных средств по записи EDR проводились на базе экспертной организации ООО «Кит оценка», а также при проведении реальных судебных экспертиз ДТП, с использованием измерительного прибора CDR DLC Bosch (рис. 44), предназначенного для проверки блоков управления автомобиля на наличие данных о ДТП.

Во время проведения работ по считыванию данных, ТС находилось в аварийном состоянии со сработавшими системами пассивной безопасности. Прибор CDR DLC располагали на водительском сиденье исследуемого ТС таким образом, чтобы во время операций по извлечению данных прибор не мешал работе эксперта. (рис. 45, 46, 47).



Рис. 44. Прибор CDR DLC Bosch



Рис. 45. Установка прибора в салоне ТС



Рис. 46. Подключение шлейфа к порту OBD II

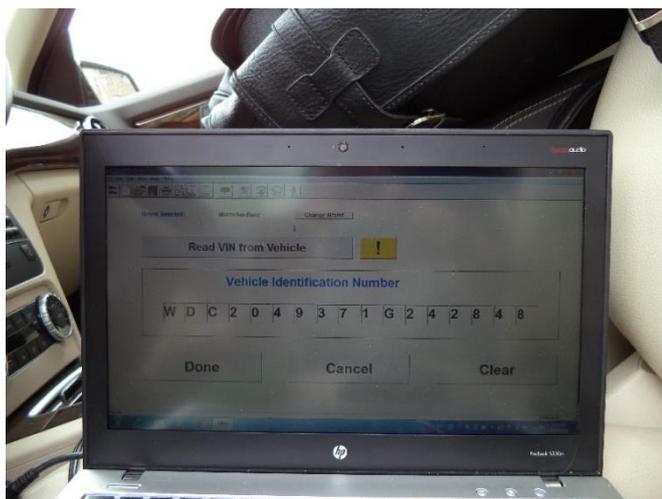


Рис. 47. Считывание данных EDR

После подключения прибора, устанавливались исходные данные: марка автомобиля; VIN номер; наличие данных о ДТП. Далее, при наличии данных, эксперт получал значение скорости до 5 секунд до столкновения и до 5 после столкновения с шагом от 0,1 до 1 секунды. После получения данных о ДТП, результат записывается в формате \*.pdf и сохраняется на компьютере. (рис. 48.)

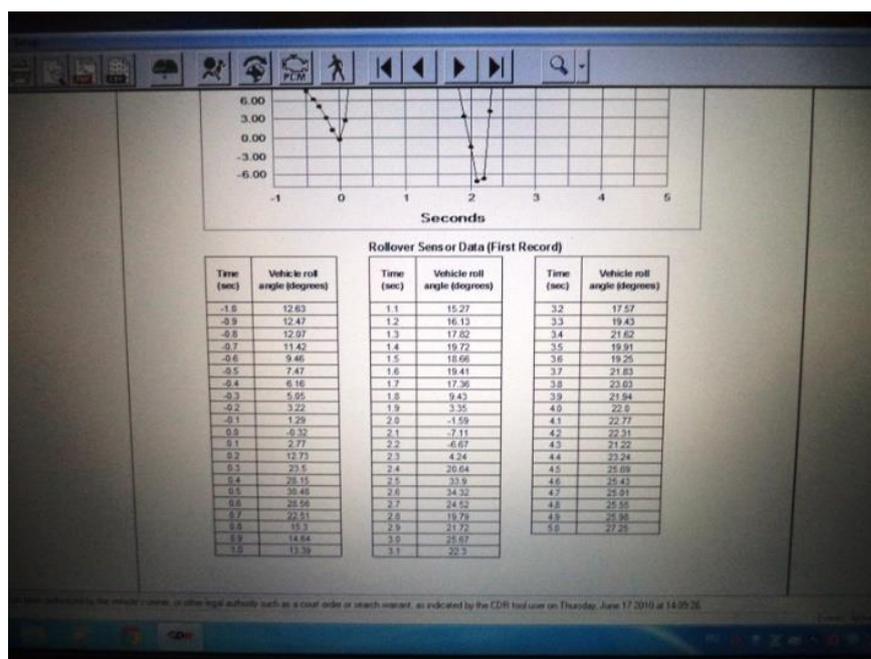


Рис. 48. Результат чтения данных о ДТП.

Исследования, производившиеся в рамках судебных автотехнических экспертиз, также позволили определить скорость движения автомобиля во время столкновения (удара).

Условия проведения измерений:

- поврежденный в результате ДТП автомобиль со сработавшими системами пассивной безопасности оборудованный EDR;
- неповрежденная шина передачи данных, включенный порт OBD II, EOBD;
- наличие минимального уровня напряжения в сети 9 Вольт;

- системы пассивной безопасности не ремонтировались и не менялись в России до исследуемого ДТП;

- автомобиль не подвергался модификациям прошивок блоков управления вне специализированных СТО или завода изготовителя;

В итоге, автором были проведены более 50 экспериментальных исследований данных EDR, с проверкой полученных данных по существующим методикам расчета.

## **2.5. Экспериментальное исследование данных о ДТП, с фронтальным наездом на пешехода**

Цель исследования – определение оптимальной методики расчета скорости ТС по отбросу тела человека при фронтальном наезде автомобиля.

Испытания проводились на специально выбранных площадках в г. Санкт-Петербурге и Ленинградской области. В качестве объектов испытаний использовались автомобили ВАЗ 2115, JEEP, Hyundai SantaFe, автобус НЕФАЗ, трактор МТЗ 82, Камаз.

Для проверки значений существующих методов расчета были проведены натурные испытания наезда автомобиля на манекен пешехода. Манекен изготовлен в рост человека 1 метр 70 сантиметров, вес манекена составил – 80 кг. Стальной каркас с гнущимися суставами обеспечивает прочность конструкции при испытаниях и возможность установки манекена в разных позициях относительно автомобиля. Наполнение манекена выполнено смесью песка с опилками в пенополиуретановом футляре, обшитом брезентом. Голова манекена выполнена из дерева с соблюдением всех пропорций головы человека. В корпус манекена, на уровне центра масс, встроен герметичный

стальной футляр с программируемым датчиком акселерометра, работающим в трех осях. Датчик акселерометра выполнен на основе цифрового MEMS акселерометра с автономным питанием, USB интерфейсом и чипом EEPROM на 256 Кбайт. Программно включаемые диапазоны ускорений от 5g до 250g. Полоса частот сигнала датчика от 25 до 3200 Гц.

Методика исследований. В соответствии с целью исследований необходимо было получить точные данные о временных интервалах стадий отлета тела пешехода при фронтальном наезде автомобиля, данные об ускорении и замедлении тела пешехода, дистанции отброса тела человека.

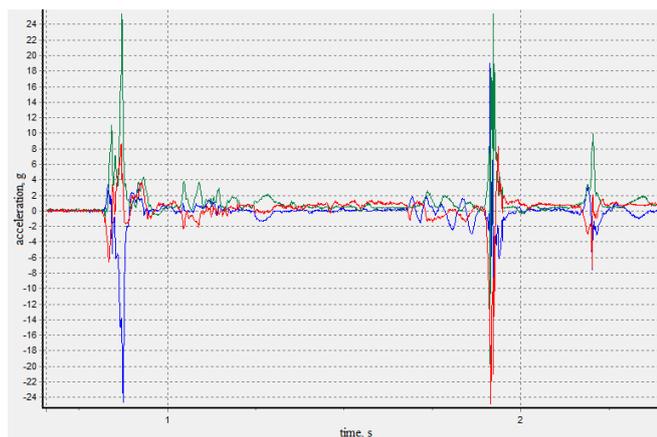
В ходе каждого испытания фиксировались: скорость движения автомобиля в момент наезда, дистанция отброса, дистанция скольжения манекена, ускорения по трем осям измеренные в центре масс тела манекена.

При проведении эксперимента по наезду на пешехода, использовались три типа кузова: клиновидный, трапециевидный и коробчатый. Клиновидный кузов по переднему свесу автомобиля соответствует автомобилям класса седан. Трапециевидный кузов соответствует передним свесам автомобилей класса джип. Коробчатый кузов используется для современных автобусов и кабин грузовых автомобилей. Испытания на отброс производились на скоростях от 18 до 50 километров в час. Все фазы наезда на пешехода фиксировались на видеокамеру в нормальном и высокоскоростном режиме. Данные датчика акселерометра записывались в чип EEPROM по трем осям. Длительность записи позволяет анализировать данные о ускорениях, получаемых телом манекена во всех четырех фазах процесса наезда на пешехода: фазе упругого удара, фазе подброса/отброса, фазе удара о землю и поскока, фазе скольжения/волочения. Установка манекена при проведении эксперимента осуществляется таким образом, чтоб наезд был осуществлен передней правой частью кузова автомобиля (см. фото 2)



*Фото 2. Момент наезда на манекена при проведении натуральных испытаний с использованием автомобилей Лада Гранта и Джип*

В результате были получены следующие типичные картины ударных воздействий для разных типов кузова автомобиля при фронтальном наезде (см. рис. 49, 50, 51)



*Рис. 49. Наезд автобуса на скорости 30 км/час*

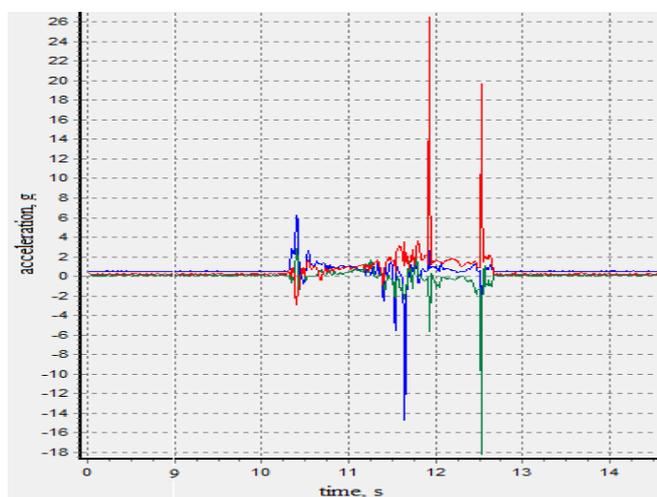


Рис. 50. Наезд автомобиля с кузовом седан на скорости 30 км/час

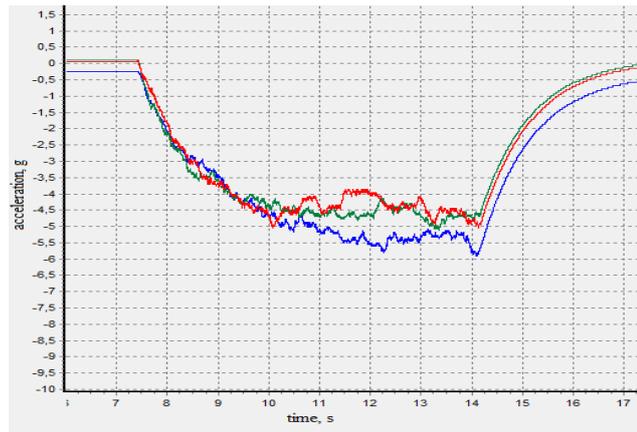


Рис. 51. Наезд автомобиля с кузовом автомобиля JEEP на скорости 30 км в час (экспоненциальное сглаживание)

Из-за того, что импульс получаемый манекеном при наезде автомобиля является комплексным сигналом, оправдано его упрощение. Полученная картина отброса тела после наезда автомобиля позволяют выделить четыре основные фазы, приведенные в исследовании М. Batista только для случаев наезда на пешехода кузовами седанов и автобусов. В случае, если расположение точки первичного контакта находится выше центра масс тела манекена, следует рассматривать физико-математическую модель поведения тела человека после выведения его из состояния устойчивого равновесия с учетом силового импульса. В этом случае, общем виде, полный путь пройденный центром тяжести по оси X можно записать как:

$$S = V'_x t_{sf} + S_s, \quad (76)$$

где:  $t_{sf}$  – время свободного падения центра масс тела манекена,  $V'_x$  – составляющая скорости по оси X полученная в конце взаимодействия переднего свеса автомобиля и тела манекена,  $S_s$  – перемещение центра масс по оси X во время скольжения.

$$S_s = \frac{1}{2} V'_x / \mu g, \quad (77)$$

где  $g$  – ускорение свободного падения,  $\mu$  – коэффициент трения.

Тогда, в общем виде, для такого типа наезда на пешехода, минимальную скорость автомобиля можно определить, как:

$$V_x = 3,6\sqrt{2S_3\mu g} , \quad (78)$$

## **2.6. Стендовые исследования коэффициента сцепления тела человека на различных дорожных покрытиях для различных типов одежды**

Цель исследования – определение коэффициента сцепления тела человека на различных опорных поверхностях, смоделированных на специальном поворотном стенде.

### Методика испытаний

В соответствие с поставленными целями, требовалось получить достаточное количество исходных данных о коэффициенте сцепления тела человека для уточнения расчетов скорости движения ТС при фронтальном наезде на пешехода. Входе каждого испытания, измерялся угол наклона опорной поверхности при котором манекен человека начинал движение (см. рис.55).

Расчет скорости движения автомобиля по отбросу пешехода при наезде автомобиля требует уточнения модели движения тела пешехода, в том числе определение основного параметра – коэффициента сцепления тела пешехода о поверхность дороги. Коэффициент сцепления тела человека с опорной поверхностью включает в себя как силы трения, так и силы механического зацепления за неровности дороги. Для решения этой задачи ранее, был проведен ряд экспериментов, предназначенных для измерения коэффициента сцепления пешехода. Данные эксперименты проводились с использованием движущихся легковых автомобилей и измерения расстояния, пройденного

манекеном вдоль дороги во всех фазах движения. Начальная высота падения манекена, горизонтальная скорость движущегося транспортного средства и положения первого контакта и конечного покоя измерялись с использованием датчиков, установленных в манекене и автомобиле.

В литературе описано несколько способов определения коэффициента сцепления. Например, в работе Дж. С. Хилла «Расчет скорости автомобиля по отбросу пешехода» а также краштестях 1999 года, использовалась упрощенная формула (33).

Однако данная формула не учитывает потерь энергии при вертикальном ударе тела пешехода, поэтому в 1993 году Дж. Серлем в статье «The physics of throw distance in accident reconstruction» был описан лабораторный тест, который демонстрировал зависимость потери горизонтальной скорости объекта от высоты вертикального падения. Это доказывало непригодность использования формулы (1) для определения коэффициента сцепления пешехода, т.к. ее теоретические значения существенно превышали значения, полученные экспериментальным путем. Поэтому, анализируя полученные данные испытаний, им была приведена формула, учитывающая потери горизонтальной скорости из-за вертикального удара (79):

$$(V + U\mu) = \sqrt{2\mu g(S + \mu H)}, \quad (79)$$

где:  $V$  – горизонтальная скорость,  $U$  вертикальная скорость,  $H$  - высота падения .

При  $H=0$ , вертикальная скорость отрицательна, поэтому коэффициент сцепления можно определить, как (80):

$$\mu = \frac{UV + gS}{V^2} - \frac{\sqrt{g^2 S^2 + 2UVgS}}{V^2}, \quad (80)$$

Однако эта идеализированная модель для движения по плоской поверхности не учитывает механизма взаимодействия тела манекена с опорной

поверхностью при продольном перемещении. Рассмотрим пример с использованием дальнейшего развития моделирования ДТП связанных с фронтальным наездом на пешехода, который выражен в диапазоне от минимального перемещения (81), до его максимального значения (82):

$$\min \{V_p(t_v)\} = \frac{\sqrt{2\mu g[(D_2+D_3)-\mu H_2]}}{\sqrt{1+\mu^2}}, \quad (81)$$

$$\max \{V_p(t_v)\} = \sqrt{2\mu g[(D_2 + D_3) - \mu H_2]}, \quad (82)$$

Где:  $\mu$  – коэффициент трения пешехода,  $H_2$  – высота от опорной поверхности до центра масс тела пешехода,  $D_t$  – полная дистанция отброса, равная сумме всех фаз горизонтального перемещения тела манекена пешехода (см. рис 52).

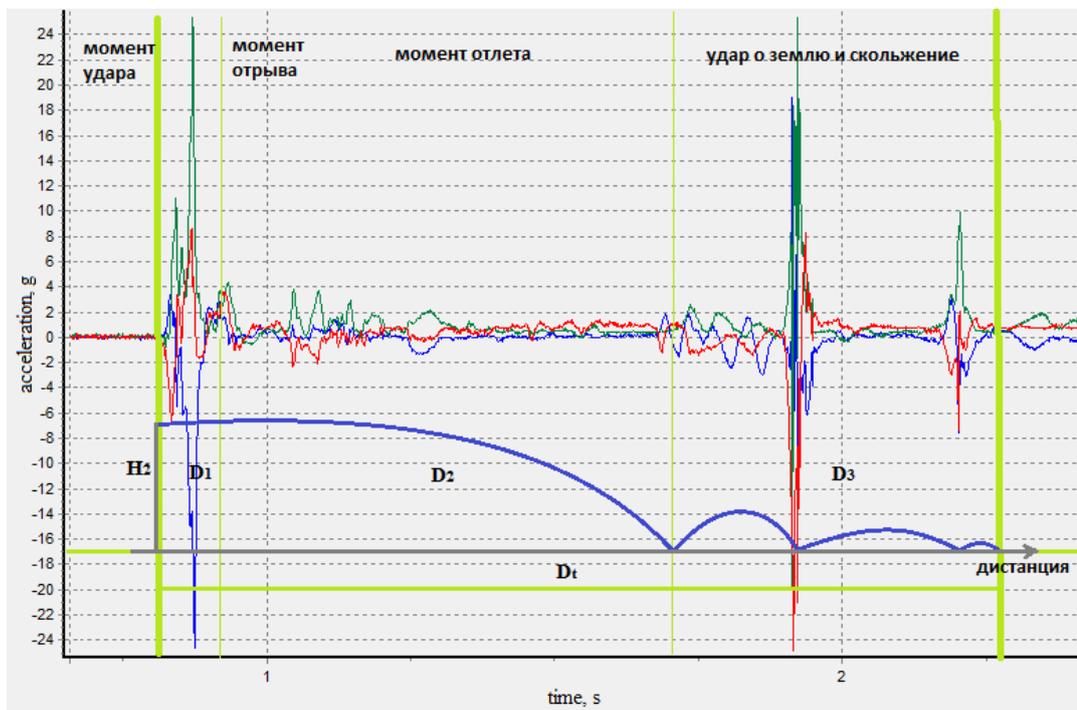


Рис. 52. Данные датчиков ускорения центра масс манекена со схематическим описанием фаз и траектории движения тела манекена после фронтального наезда автомобиля по модели Дж. Серля – «падение, отскок, скольжение».

Исходя из полученной картины краш теста, можно наблюдать перемещение тела манекена пешехода в фазе D3 – удар о землю и скольжение. На рисунке 53 в фазе D3 имеются два пика ускорений и замедлений центра масс манекена

пешехода, что свидетельствует о затухающей реакции системы манекен – опорная поверхность при вертикальном перемещении после удара.

Таким образом, при анализе импульса столкновения (замедления), наряду с графиками изменения скорости и смещения, мы можем наблюдать отношения между ними, а также между двумя временными шкалами времени динамического смещения и времени восстановления вертикальной скорости (отскока) показанного на рис 53. В точке максимального сдавливания скорость деформации равна нулю и динамическое воздействие достигает своего максимального значения, в этот момент наблюдается максимальное замедление скорости горизонтального перемещения (см. рис 53). В точке восстановления соответствующее замедление равно 0, а относительная вертикальная скорость достигает своего максимального значения. Следует обратить внимание, что время динамического сдавливания тела человека при падении с высоты  $H$  малоизучено и встречается в литературе фрагментарно, также нам ничего не известно о времени восстановления тела человека, поэтому мы используем данные упрощенных моделей, описывающих уравнения движения.

При воздействии на динамическую систему, коэффициент восстановления определяется как отношение модуля скорости в начале удара к модулю скорости в конце удара. На этапе деформации относительное значение модуля скорости уменьшается от начального значения до нуля, в связи с воздействием импульса деформации. В то время, когда относительная скорость вертикального перемещения равна 0, достигается максимум динамического воздействия и деформации тела манекена при ударе о землю. Относительная скорость в фазе отскока достигает отрицательного значения, до момента окончательного отскока, в момент, когда центр масс манекена достигает максимального положения относительно опорной поверхности. В случае разделения тела манекена и опорной поверхности больше не существует импульса восстановления, действующего на массы, таким образом

относительное ускорение в момент отрыва равно 0, что хорошо видно из графика датчиков акселерометра, приведенных на рисунке 53.

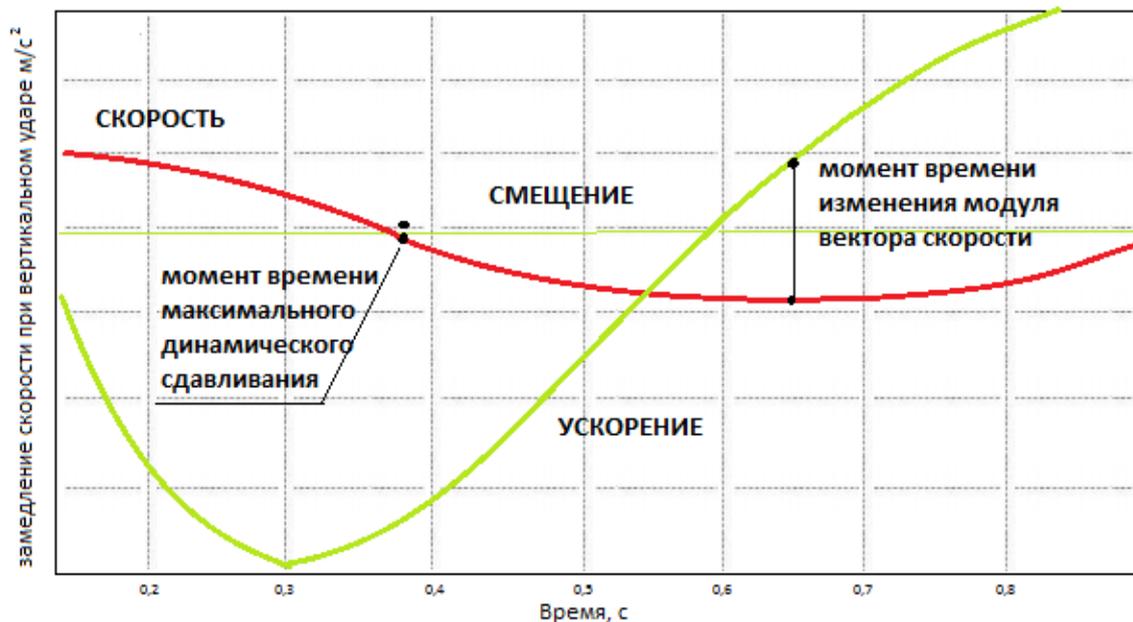


Рис. 53. График смещения изменения модуля скорости при падении тела

В момент вертикального удара, благодаря сжатию, изменяются фрикционные свойства поверхности тела человека, поскольку сам коэффициент трения является отношением силы трения к нормальной силе прижимающей тела. Для такого случая подходит модель Максвелла, которая определяет действующую прижимную силу в момент удара по формуле (83):

$$F(0) = \eta \sqrt{2gH}, \quad (83)$$

Однако во всех формулах определения скорости движения автомобиля при фронтальном наезде на пешехода по отбросу, коэффициент  $\mu$  считается постоянной величиной. Поэтому для проведения исследований возможно применять стендовые испытания коэффициента трения скольжения (см. рис. 54).

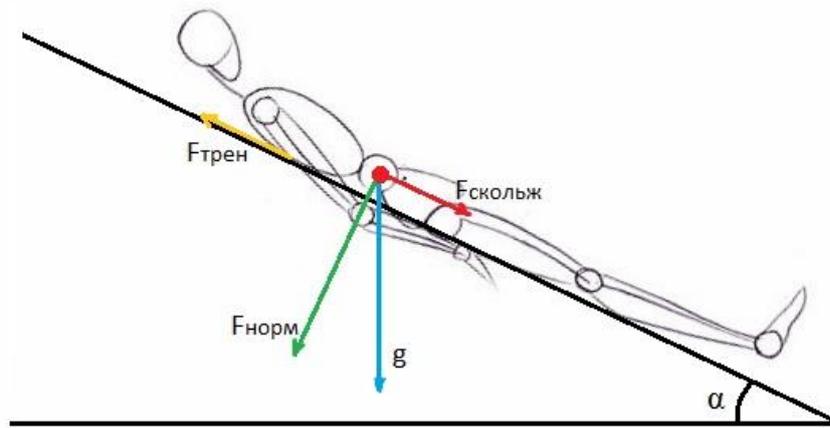


Рис. 54. Схема стенда для проведения испытаний для получения значений  $\mu$  для разных поверхностей

Для стенда необходима поворачиваемая поверхность достаточного размера для установки манекена или человека с возможностью нанесения поверхностей различной шероховатости и твердости. Расчет коэффициента сцепления производится по формуле (84):

$$\mu = \operatorname{tg}\alpha, \quad (84)$$

Тело манекена (человека) помещают на наклонную поверхность с заранее подготовленной поверхностью, после чего изменяют угол наклона. В момент начала равномерного движения тела фиксируют угол наклона и определяют коэффициент сцепления. Важно, что для стендового испытания можно многократно применять разные типы одежды без потери ее целостности, что невозможно при натуральных краш тестах, когда одежда манекена рвется под воздействием импульсных динамических нагрузок. Также это позволило получить меньший диапазон разброса значений коэффициента трения при большем количестве испытаний. Допущением является факт отсутствия механического зацепления неровной поверхности. (См. табл. 7)

Таблица 7.

Значения коэффициента трения тела манекена, полученные при стендовых  
испытаниях

Тип одежды/Тип поверхности	Количество испытаний	Среднее значение	90% доверительный интервал для среднего значения	Данные из других источников
Толстая зимняя одежда/лед	16	0,1120	0,1064 – 0,1176	-
Тонкая кожаная одежда/ лед	16	0,0980	0,0931 – 0,1029	-
Толстая зимняя одежда/лед с рыхлым снегом	16	0,1990	0,1890 – 0,2089	-
Тонкая кожаная одежда/ лед с рыхлым снегом	16	0,1910	0,1814 – 0,2005	-
Тонкая кожаная одежда/мокрый асфальт	16	0,4230	0,4018 – 0,4441	0,47[63], 0,43[89], 0,45–0,51[87],[88], 0,30–0,93[111] , 0,66[85], 0,61[86], 0,60[84],
Тонкая кожаная одежда/щебень	16	0,8600	0,8170 – 0,9030	0,60–0,70[23]

Создание наклонного стенда позволило определить коэффициент сцепления  $\mu$  для различных поверхностей и типов одежды. Возможность применения стенда для данной работы доказывается существующим рабочим диапазоном коэффициента сцепления, полученного другими исследователями с использованием вышеизложенных методов расчета (1), (3), которые показали диапазон значения  $\mu$  0,39 – 0,873 для различных поверхностей.

## **2.7. Экспериментальное исследование данных об ускорениях ТС при ДТП, с фронтальным наездом на пешехода. Описание технической возможности получения данных из блоков управления ТС.**

Цель исследования – проверка гипотезы о значимости энергетических затрат гашения скорости автомобиля при наезде на пешехода, а также возможности получения данных о наезде на пешехода путем чтения блоков управления ТС.

Испытания проводились на специально выбранных площадках в г. Санкт-Петербурге и Ленинградской области. В качестве объектов испытаний использовались автомобили ВАЗ 2115, JEEP, Hyundai SantaFe, автобус НЕФАЗ, трактор МТЗ 82, Камаз.

В ходе проведения эксперимента использовалось измерительное оборудование схожее с оборудованием блоков SRS – трех осевой датчик акселерометра выполненный на основе цифрового MEMS акселерометра с автономным питанием, USB интерфейсом и чипом FPR0M на 256 Кбайт. Программно включаемые диапазоны ускорений от 25g до 250g. Полоса частот сигнала датчика от 0 до 3200 Гц, который устанавливался внутри движущегося ТС на линии центральной оси автомобиля.

Методика испытаний – краштесты (фронтальный наезд ТС) с телом манекена человека для получения исходных данных с измерительного оборудования о величинах замедлений по оси X (центральной оси ТС). В ходе каждого испытания измерялись и фиксировались графики колебаний ускорений по трем осям ТС.

Обработка результатов испытаний.

В большей части случаев, активация записи данных функции EDR происходит при выполнении неравенства (55).

Согласно закону сохранения энергии импульса, для автомобиля массой  $m_a$  при начальной скорости  $V_a$  в момент удара выполняется равенство (85):

$$m_a V_{a,x} + m_p V_{p,x} = m_a V'_{a,x} + m_p V'_{p,x}, \quad (85)$$

При преобразовании получаем значение мгновенного изменения скорости при наезде на пешехода (86 – 88):

$$m_a V_{a,x} - m_a V'_{a,x} = m_p V'_{p,x} - m_p V_{p,x}, \quad (86)$$

$$m_a (V'_{a,x} - V_{a,x}) = m_p (V_{p,x} - V'_{p,x}), \quad (87)$$

$$\Delta V_{a,x} = \frac{m_p}{m_a} (V_{p,x} - V'_{p,x}), \quad (88)$$

В случае, если скорость пешехода  $V_p$  по оси X ТС в момент удара равна нулю, то формулу можно записать как:

$$\Delta V_{a,x} = -\frac{m_p}{m_a} (V'_{p,x}), \quad (89)$$

При  $t_0 \rightarrow 0$ , данное уравнение можно записать в виде:

$$a_a = -\frac{m_p}{m_a} (V'_{p,x}), \quad (89)$$

Тогда неравенство (55) можно записать как:

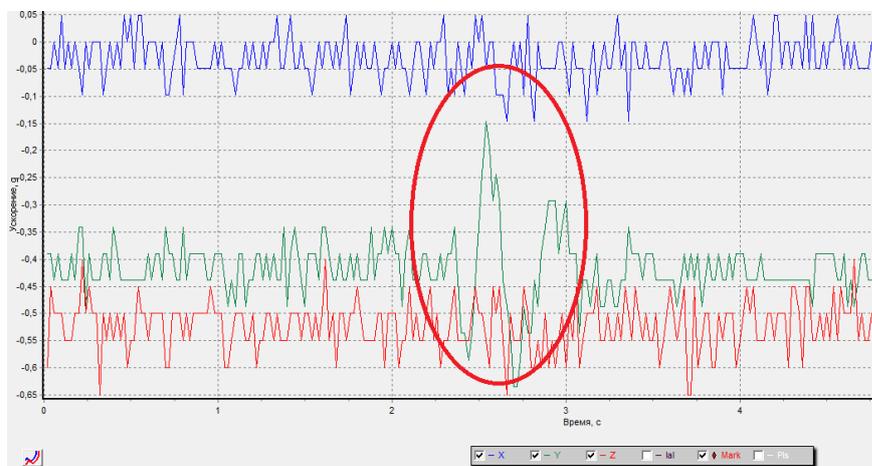
$$\frac{m_p}{m_a} (V'_{p,x}) t_0 \geq 15.68 \text{ м/сек}^2, \quad (90)$$

Таким образом, для фронтального наезда на пешехода при минимальном значении скорости пешехода после удара, данное неравенство можно выразить как:

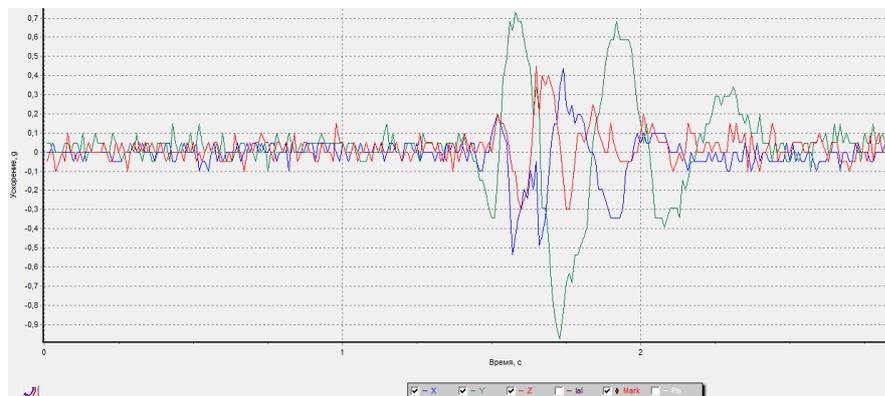
$$\frac{m_p}{m_a} \left( \frac{\sqrt{2\mu g[(D_2 + D_3) - \mu H_2]}}{\sqrt{1 + \mu^2}} \right) * t_0 \geq 15.68 \text{ м/сек}^2, \quad (91)$$

При проведении эксперимента установлено, что во всех случаях фронтального наезда наблюдается изменение ускорения в направлении противоположном

направлению движения автомобиля, недостаточное по силе воздействия и длительности для активации программ блоков управления систем пассивной безопасности на малых скоростях движения, либо полное отсутствие видимых импульсов ускорений в случае существенно большей массы ТС относительно массы манекена человека. (см. Рис. 55, 56, 57, 58). В случае ДТП с участием пешехода возможна проверка данных ЭБУ автомобиля при выполнении неравенства (91). При недостаточной величине ускорения, данные ЭБУ следует исследовать исключительно для определения технического состояния ТС до момента ДТП.



*Рис. 55. Данные акселерометра при наезде автомобиля Джип на скорости 30 км/час*



*Рис. 56. Данные акселерометра при наезде автомобиля Лада Гранта на скорости 40 км/час*

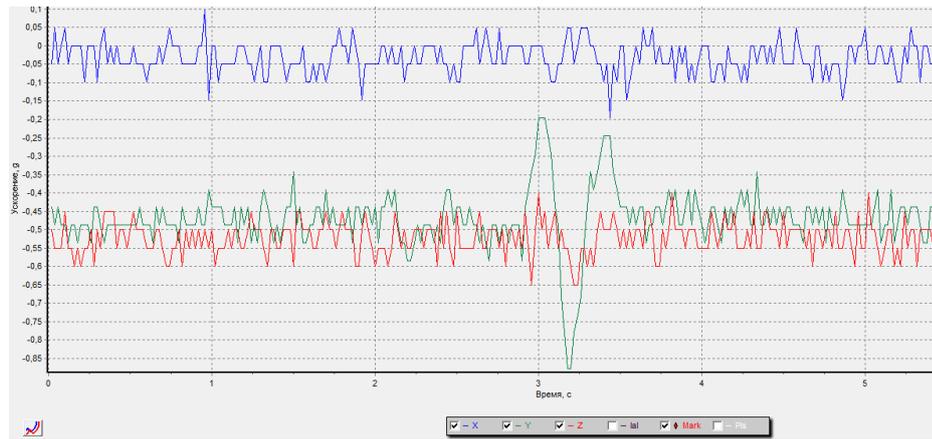


Рис. 57. Данные акселерометра при наезде автомобиля Лада Гранта на скорости 20 км/час



Рис. 58. Данные акселерометра при наезде автобуса НЕФАЗ на скорости 50 км/час

Значения ускорений, полученные по оси X автомобиля для различных скоростей движения ТС при фронтальном наезде на манекен человека отражены в таблице 8.

Таблица 8.

Данные замедления зафиксированные датчиком акселерометра установленного в центре тяжести ТС при фронтальном наезде на манекен человека массой 80 кг.

V <sub>а</sub> , км/час	Масса ТС, кг		
	1 100	2 580	12 300
20	3.43 м/с <sup>2</sup> – 9.6 м/с <sup>2</sup>	4.99 м/с <sup>2</sup> – 5.98 м/с <sup>2</sup>	-
30	8.42 м/с <sup>2</sup> – 18.42 м/с <sup>2</sup>	8.62 м/с <sup>2</sup> – 8.91 м/с <sup>2</sup>	-
40	9.6 м/с <sup>2</sup> – 18.81 м/с <sup>2</sup>	10.88 м/с <sup>2</sup> – 11.95 м/с <sup>2</sup>	-
50	11.95 м/с <sup>2</sup> – 23.9 м/с <sup>2</sup>	12.25 м/с <sup>2</sup> – 15.28 м/с <sup>2</sup>	-

Полученные данные наглядно показывают, что только при соотношении 1:10 массы тела манекена к массе автомобиля на скорости более 50 км/ч, ускорение (замедление), получаемое ТС при наезде на пешехода, имеет существенные, для срабатывания систем пассивной безопасности, значения. Также существенную роль играет расположение центра масс пешехода относительно точки переднего свеса. При наезде автомобиля с кузовом типа седан большая часть энергии удара рассеивается при подбрасывании тела человека. В случае если точка центра масс примерно совпадает с высотой выступающей части переднего свеса, то разброс значений замедления меньше и зависит от положения тела в момент удара. При низких скоростях движения в процессе исследования ДТП с фронтальным наездом на пешехода данные блоков управления не содержат информации о скорости в момент ДТП связанных с фронтальным наездом на пешехода. При движении по неровной дороге, у автомобилей с существенной массой (автобусы и грузовики), замедление в момент наезда на пешехода не превышает значений фоновых колебаний акселерометра. Необходимость в уточнении модели затрат кинетической энергии на деформацию кузова автомобиля в случае

фронтального наезда на пешехода для данного метода отсутствует, что упрощает работу эксперта автотехника. Полученное неравенство проверено и подтверждено экспериментально, что позволяет использовать его в экспертной работе для случаев наезда на пешехода легковых автомобилей.

Аналогичные расчеты можно произвести для случая столкновения ТС, или наезда на препятствие. Однако в этом случае, целесообразно использовать описанный в разделе 1.2 метод расчета мгновенного изменения скорости движения ТС по затратам кинетической энергии на деформацию кузова автомобиля. Применимость данного метода подтверждается данными, полученными при анализе ЭБУ автомобилей, имеющих функцию EDR, описанные в разделе 2.7.

## 2.8. Разработка программного приложения для анализа ДТП

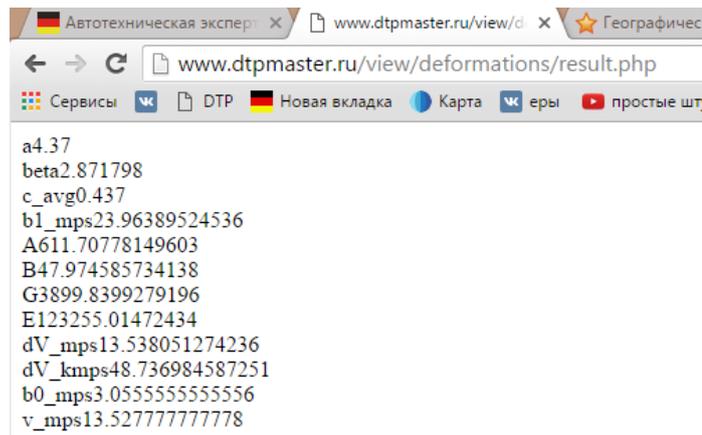
Расчет эквивалентных затрат кинетической энергии на деформацию кузова ТС, возможно осуществить в программе разработанной автором и находящейся в открытом доступе по адресу <http://www.dtpmaster.ru/view/deformations/index.html> (рис. 59,60)

The screenshot shows a web browser window with the address bar displaying [www.dtpmaster.ru/view/deformations/index.html](http://www.dtpmaster.ru/view/deformations/index.html). The page contains a form with the following fields and values:

Длина, м	4,363
Высота, м	1,391
Ширина, м	1,712
Колесная база, м	2,642
Масса ТС, кг	1345
Скорость в момент тестового удара, км/ч	48,7
Скорость с упругой деформацией, км/ч	11
L, м	1,61
L, мм	161
c1	0,347
c2	0,429
c3	0,487
c4	0,49
c5	0,429
c6	0,353
n	6
b0 км/ч	11
V км/ч	48,7

At the bottom of the form is a button labeled "Расчёт".

*Рис. 59. Поле ввода данных о деформации кузова автомобиля*



*Рис. 60. Результат расчета*

Также, для автоматизации работы эксперта автотехника, в 2014 году автором, была разработана программа для сетевых исследований проблем ДТП, которая автоматизирует выводы эксперта по стандартным ДТС и позволяет собирать и обрабатывать статистические данные о ДТП. Сбор статистических данных производится в расчетном модуле программы, который синтезирует выводы стандартной автотехнической экспертизы в автоматическом режиме для большого числа различных ДТП.

Интерфейс программы, позволяет самостоятельно проводить анализ ДТП любому неподготовленному пользователю, в том числе не имеющему представления о методах автотехнической экспертизы.

Программа состоит из нескольких исполняемых подпрограмм, объединенных в одну программу, которая позволяет производить автоматизированную экспертизу большинства типов ДТП. Данные о ДТП систематизируются и заносятся в базу данных, которая хранится на сервере. Автоматическая обработка данных позволяет получить картину статистических наблюдений для выбранного дорожного сегмента по следующим данным:

- количество ДТП за период;
- вид ДТП;

- тяжесть ДТП;
- ранжирование по скорости в момент ДТП;
- ранжирование по времени суток;
- данные о состоянии дорожного покрытия в момент ДТП и пр.

Программный комплекс реализован на языке программирования PHP и имеет модульную структуру, позволяющую включать в программу новые скрипты и приложения в случае необходимости. В качестве среды разработки использовался свободно распространяемый продукт Apache 2.2. Данная среда позволяет интегрировать программу на сервер и поддерживать одновременную работу множества виртуальных хостов, что делает ее доступной множеству пользователей одновременно и позволяет записывать данные уникальных пользователей в базу данных для дальнейшей обработки.

Программа прошла проверку на совместимость с операционными системами и используемыми интернет браузерами, в том числе мобильных устройств. Алгоритм разработанной программы показан на рис. 61. В работу программы интегрирована интернет-карта Яндекс, позволяющая пользователю отмечать место ДТП (см. рис. 68). Базовая часть комплекса содержится в подпрограмме `scriptv.php`. Данная подпрограмма является логическим ядром и служит для координации работы всех приложений. Так же программа снабжена модулем `datadtp.dbx`, который содержит в себе все табличные постоянные, используемые при расчетах, а также хранит информацию, полученную от пользователей программы.

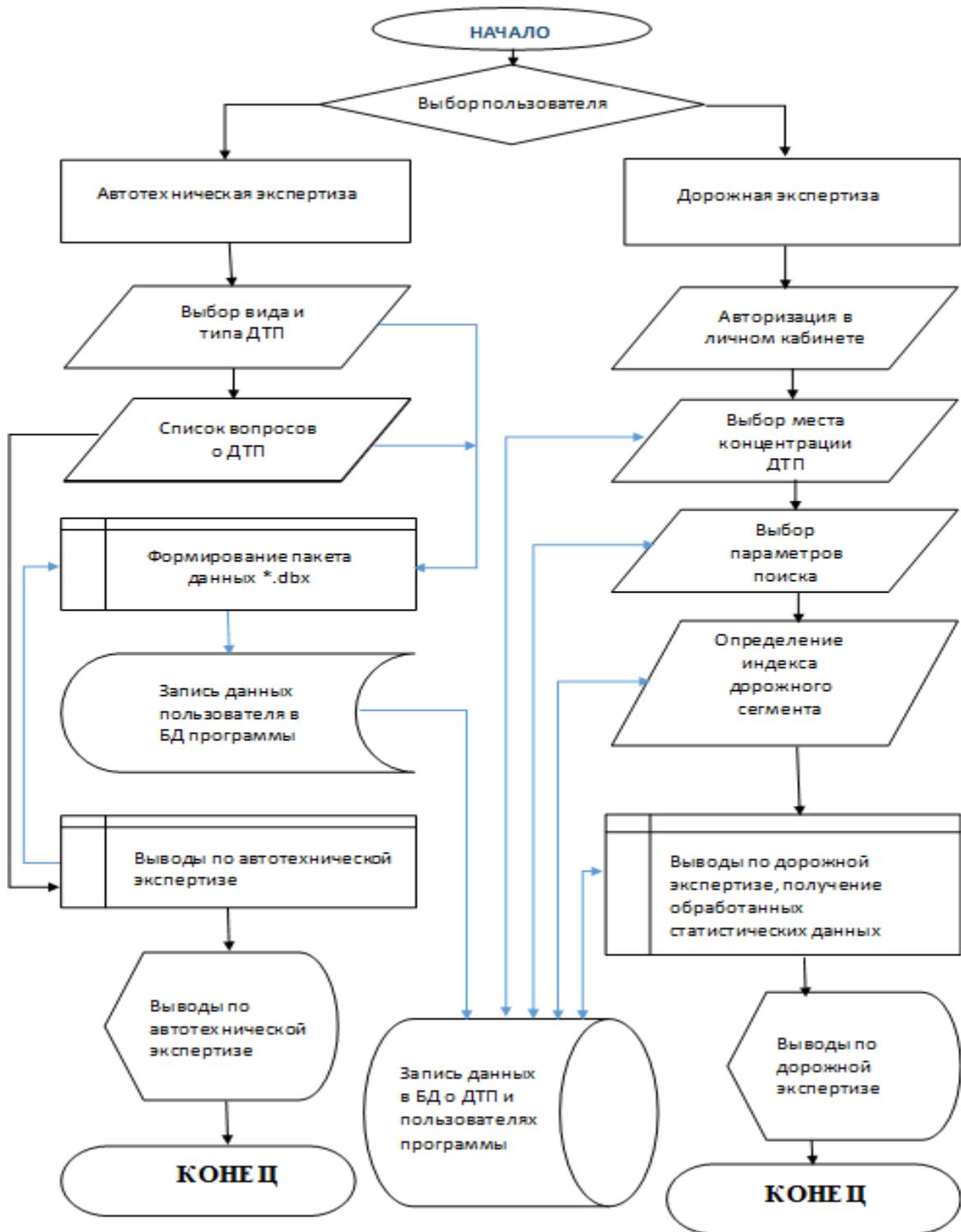


Рис. 61 Алгоритм работы программы МИАС ОБДД

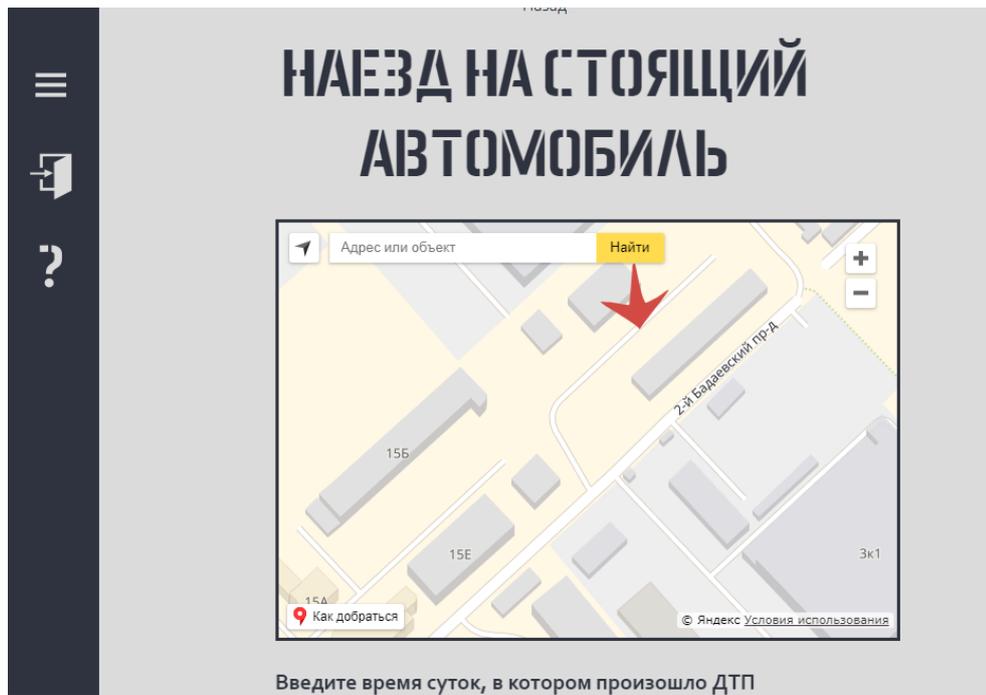


Рис 62. Определение местоположения, произошедшего ДТП в программе МИАС ОБДД

Для удобства пользователя выбор вида или типа ДТП осуществляется посредством нажатия на кнопки с соответствующей инфографикой (см. рис. 63).



Рис 63. Интуитивная инфографика программы МИАС ОБДД

После выбора вида или типа ДТП, а также места ДТП, открывается меню трехшагового ввода необходимых данных для получения автотехнического заключения. Следует отметить, что без внесения необходимых данных

переход от экрана к экрану невозможен, таким образом пользователь находится в рамках поведенческих альтернатив, заданных ему средой программы. На рисунке 64 показан один из экранов ввода необходимой информации.

Рис 64. Окно ввода данных о ДТП

После внесения всех необходимых данных, пользователь получает выводы по автотехнической экспертизе, которые он может увидеть на экране любого мобильного устройства с выходом в сеть Интернет, либо на экране компьютера. Наглядно это можно увидеть на рис. 65

**Выводы**

1. В данной ДТП, водитель Chevrolet NIVA р/н С543СН47 должен был действовать в соответствии с требованиями пп. 1.3, 1.5, 9.10, 10.1 абз. 1, 10.1 абз. 2 ПДД.
2. Водитель Chevrolet NIVA р/н С543СН47 имел объективную возможность предотвратить данное ДТП.
3. В данной ДТП, водитель Chevrolet NIVA р/н С543СН47 не имел технической возможности предотвратить столкновение Chevrolet NIVA р/н С543СН47 и Chrysler Neon р/н О593ОК178. Следовательно, в данной ДТП, действия водителя Chevrolet NIVA р/н С543СН47 не противоречат требованиям п. 10.1 абз. 2 ПДД, но не соответствуют требованиям пп. 1.3, 1.5, 9.10, 10.1 абз. 1 ПДД.
4. В данной ДТП, водитель Chrysler Neon р/н О593ОК178 должен был действовать в соответствии с требованиями пп. 1.3, 1.5 ПДД.
5. В данной ДТП, водитель Chrysler Neon р/н О593ОК178 не имел возможности предотвратить столкновение Chevrolet NIVA р/н С543СН47 и Chrysler Neon р/н О593ОК178, так как его

Рис 65. Выводы по автотехнической экспертизе полученные в модуле «Помощник ОСАГО» программы МИАС ОБДД

Вторая часть программы оперирует данными накопленными при обращении пользователей к первой части программы и позволяет отслеживать места концентрации ДТП, вести автоматическую обработку статистических данных по выявленным проблемным зонам дорожных сегментов, получать оперативную карту по определяемому индексу соответствия дорожного сегмента требований ГОСТ и других нормативных актов, строить прогнозы относительно уровня аварийности в том или ином регионе, а также помогает определять необходимые меры направленные на снижение уровня аварийности.

На сегодняшний день, программа полностью отлажена и открыта для публичного использования. (Ознакомиться с работой программы можно по адресу – [www.dtpmaster.ru](http://www.dtpmaster.ru) или [www.accident.zone](http://www.accident.zone)).

## **2.9. Использование полученного программного продукта в работе эксперта автотехника. Создание автоматизированного рабочего места АРМ эксперта. Система онлайн методик.**

В ходе данного исследования, проверялась гипотеза возможности получения и использования статистических данных о ДТП на интересуемом участке автодороги (сегменте УДС). Это было необходимо для проведения судебной автотехнической экспертизы, включающей в себя обработку вероятности нескольких сценариев ДТП. Судебное комплексное исследование обстоятельств ДТП может проводиться намного позже самого ДТП, при этом все данные, полученные на месте ДТП могут быть пересмотрены. Поскольку комплексное автотехническое исследование проводится значительно позже самого события ДТП и первичной автотехнической экспертизы, то точность проводимого исследования зависит от полноты и точности собранных данных содержащихся в материалах проверки по факту ДТП и выводах специалистов, выполнявших предыдущие исследования по данному ДТП.

Так, например, требования к судебной комплексной автотехнической экспертизе могут включать в себя следующие вопросы:

- как может быть определен коэффициент сцепления с поверхностью дорожного покрытия, а также степень проскальзывания колес при минимальных и максимальных скоростях движения каждого транспортного средства в данном ДТП (если он не был рассчитан непосредственно на месте ДТП);

- возможно ли применить импульсный метод для определения времени и пройденного расстояния объектов на месте ДТП;

- соответствуют ли следы на проезжей части с поврежденными частями на автомобиле, с точки зрения возможности соотношения точек их взаимодействия и чем это подтверждается исходя из картины ДТП;

- возможно ли определить скорость в момент ударного взаимодействия объектов, исходя из данных проведенных проверок по факту ДТП и автотехнических экспертиз;

- как определить основное направление приложенных сил, в том числе суммарный вектор всех сил ускорения и центробежных сил, силы гравитационного воздействия при движении по неровной поверхности и соответственно работу подвески автомобиля для расчета остановочного пути и других параметров движения;

- возможно ли соотнести травмы, полученные пассажирами и водителем ТС с точки зрения кинематики их перемещений в момент ДТП;

- как определить факторы механических или электронных неисправностей автомобиля с точки зрения их влияния на процесс ДТП;

- как проверить достоверность схемы ДТП с точки зрения анализа местоположения описанных объектов на схеме ДТП.

Поскольку у автотехнического эксперта могут отсутствовать необходимые данные, автором реализована программа, эти данные собирающая и

обобщающая для каждого конкретного сегмента УДС. Так, например, к столкновениям приводят ошибки водителей в сложной ДТС, но что именно послужило причиной этих ошибок – дорожная среда, или действия других водителей не исследуется должным образом. Тем более, создание и применение подобного метода исследования с учетом координат места ДТП на основе геоинформационной привязки требует наличия у эксперта доступа к архивным данным об аналогичных ДТП. К сожалению, статистика ГИБДД для таких целей не подходит по целому ряду причин. Во-первых, в статистические данные при выгрузке выборки ГИБДД попадают только учетные ДТП (с пострадавшими), а во-вторых, указание координат места ДТП производится с низкой точностью, что дает погрешность до 300 метров по долготе и широте. Кроме того, учитывая несовершенство современного оборудования геопозиционирования «Системы ГЛОНАСС» ошибка может составлять несколько тысяч километров. Это может ввести исследователя в заблуждение, относительно соответствия тех или иных ДТП исследуемому сегменту УДС, а значит достоверность выборки при статистических наблюдениях будет ничтожна.

Использование программы МИАС ОБДД при сборе статистических данных может решить данную задачу, т.к. ввод данных о месте ДТП осуществляется непосредственно на месте ДТП с привязкой к карте местности. При этом дополнительно, пользователем указывается сегмент УДС, для которого ему необходимо провести расчет. Кроме того, в целях подтверждения достоверности данных, автором была реализована электронная форма заполнения извещения о ДТП, все данные которой имеют специальную электронную разметку данных для формирования электронного документа. (см. рис 66, 67)

2. Обстоятельства ДТП	
1. В данной ДТС, водитель ТС <sub>1</sub> должен был действовать в соответствии с требованиями пп.1.3, 1.5, 8.1, 8.2, 8.5 ПДД.	
2. Водитель ТС <sub>1</sub> имел объективную возможность предотвратить данное ДТП.	
3. В данной ДТС, действия водителя ТС <sub>1</sub> не соответствуют требованиям пп. 1.3, 1.5, 8.1, 8.2, 8.5 ПДД.	
4. В сложившейся ДТС, водитель ТС <sub>2</sub> должен был действовать в соответствии с требованиями пп. 1.3, 9.6, 10.1 абз. 2 ПДД.	
5. В данной ДТС, водитель ТС <sub>2</sub> имел техническую возможность предотвратить столкновение ТС <sub>1</sub> и ТС <sub>2</sub> . Следовательно, в данной ДТС, действия водителя ТС <sub>2</sub> не соответствуют требованиям пп. 1.3, 9.6, 10.1 абз. 2 ПДД.	
Координаты ДТП: <u>59.89369477170954,30.357594709816116</u>	

*Рис. 66. Выдержка из сформированного документа о ДТП с указанием координат ДТП и обстоятельств ДТП*

59.89369477170954,30.357594709816116	
01.01.2016	02.08.2016
Столкновение при развороте на трамвайных путях	
количество в пределах 500 метров	3
Ср. скорость ТС 1	14,6
Ср. скорость ТС 2	55

*Рис.67. Сформированный отчет по заданным параметрам на выбранном сегменте УДС*

Использование данных программы позволяет осуществлять контроль рисков возникновения ДТП при существующей ДТС, который осуществляется на основе выборки собранных данных по ДТП на отрезке дороги представляющем интерес для исследователя или эксперта автотехника. Исключение представляют данные собранные экспертом на месте предполагаемого ДТП путем съемки дорожного движения и анализа типичных дорожных ситуаций на интересующем нас отрезке дороги. Для проведения автотехнической экспертизы данные полученные подобным образом могут представлять, как практический, так и научный интерес. Обработка полученных статистических данных может производиться как вручную, так и автоматически в среде программы.

Следует отметить, что применение методов транспортного моделирования для решения задач автотехнической экспертизы не столь широко распространено в нашей стране, как за рубежом, однако такие понятия как «мертвая зона» или «опасный поворот», являются результатом многолетней работы инженеров, производящих расчеты закономерностей распределения

потоков транспорта по элементам управления дорожной среды. К сожалению, при прогнозировании нет ответов на вопрос будут ли в принципе совершаться те или иные маневры на дороге, однако при достаточном количестве наблюдений можно сформировать среднесуточные статистические данные по количеству совершаемых разворотов или иных маневров на исследуемом участке дороги, с целью определения наиболее потенциально опасных[26].

Общеизвестно, что два основных подхода в моделировании дорожного движения – стохастический и детерминистический могут так же в полной мере применяться при анализе вероятности микроскопических событий на исследуемом участке дороги и получении данных о скорости движения ТС в момент ДТП. В данном случае, использование программы конечным пользователем позволяет получить микроскопические модели, которые описывают ДТП. Программа позволяет выявить взаимосвязь между скоростью движения и ДТП по факторам дорожной среды. Автотехническое исследование ДТП в этом случае носит научный, обобщающий характер и, при небольших затратах времени эксперта автотехника, позволяет построить базу данных типичных дорожных ситуаций исследуемого сегмента УДС для дальнейших исследований при проведении автотехнической экспертизы[56] (см. рис. 68).

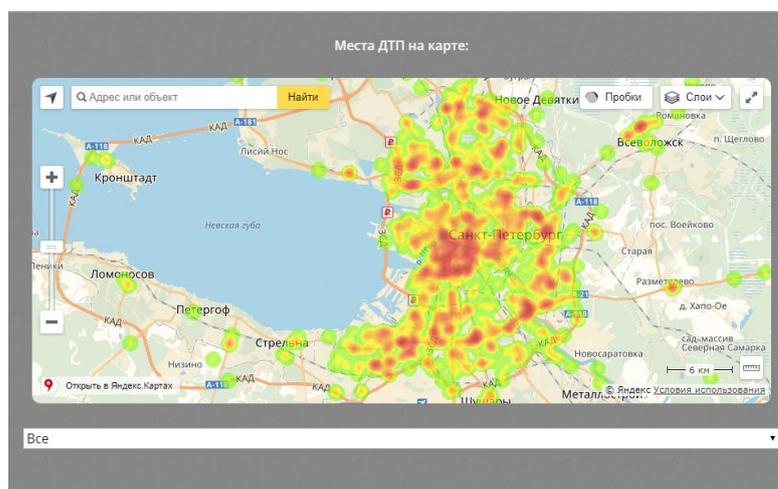


Рис.68. Данные о ДТП по г. Санкт-Петербургу за период 01.11.2017 по 15.11.2017 отраженные на тепловой карте программы «Ромошник Осаго»

При этом программа сама определяет места концентрации ДТП, рассчитывая участки автомобильных дорог, не превышающий 1000 м вне населенного пункта, 200 м в населенном пункте или пересечение дорог, где в течение последних 12 месяцев произошло три и более ДТП одного вида или пять и более ДТП независимо от их вида, в результате которых погибли или ранены люди[55].

В концепцию создания рассматриваемого продукта были включены основные положения общественной криминалистической профилактики – направления криминалистической профилактики, осуществляемой общественностью на безвозмездной основе при информационном сопровождении органов внутренних дел РФ, включающая в себя практические рекомендации по оказанию содействия общественностью правоохранительным органам по фиксации преступлений и правонарушений и следов их совершения через интернет-сайты, программное обеспечение и другие информационные ресурсы [90].

Созданный программный продукт, также позволяет автоматизировать процесс сбора и обработки статистической информации о ДТП, что соответствует требованиям создания системы публичного мониторинга ситуации на дорогах с целью выявления наиболее опасных участков автомобильных дорог и общественного контроля за своевременностью принятия неотложных мер по их обустройству, опубликованного Правительством Российской Федерации 04.08.2015, что существенно повышает его актуальность.

www.accident.zone Accident.Zone

### Информация об автомобиле

Марка автомобиля: Cadillac  
 Модель автомобиля:   
 Год выпуска: 2017  
 Категория (колесная база, см): Средний (280-298 см)  
 Тип удара: Фронтальный удар

### Показатели

Результаты замеров, мм

Л, мм: 2600

C1, мм: 13  
 C2, мм: 43  
 C3, мм: 23  
 C4, мм: 55  
 C5, мм: 64  
 C6, мм: 12

Продолжить

Рис. 69. Репрезентативный слой программы расчета затрат кинетической энергии на деформацию кузова автомобиля

www.accident.zone Accident.Zone

### Фронтальный наезд на пешехода

#### Основные данные

Тип одежды/Тип поверхности: Толстая зимняя одежда/лед  
 Дистанция:   
 Дорожное покрытие:   
 Загрузка ТС: Снаряжённое состояние  
 Расположение точки первичного контакта находится выше центра масс тела  
 Высота центра масс тела человека:   
 Дата и время:   
 Продолжить

#### Дополнительные сведения

Данный наезд можно классифицировать как:   
 Без торможения  
 С торможением  
 Время суток:   
 Ночное  
 Дневное  
 Период:   
 Весенне-летний  
 Осенне-зимний  
 Место удара находится непосредственно:   
 Продолжить

Рис. 70. Репрезентативный слой программы расчета скорости автомобиля при фронтальном наезде на пешехода

Для автоматизации процесса исследования ДТП был разработан модуль программы, включающий калькуляторы, в том числе для расчета затрат кинетической энергии на деформацию кузова автомобиля на основе вышеизложенных в разделе 1.2 методик расчета (см. рис. 69) скорости движения ТС при фронтальном наезде на пешехода по отбросу тела пешехода (см. рис. 70) и прочие.

Например автоматизированный расчет затрат кинетической энергии на деформацию кузова автомобиля позволяет сформировать готовое заключение о возможности срабатывания систем пассивной безопасности и позволяют на месте ДТП произвести работы по описанию вещественных доказательств, предназначенных для дальнейших криминалистических исследований, а именно – наличие данных о ДТП, записанных в ЭБУ автомобиля при наезде на пешехода, препятствие или столкновении ТС. (см. рис. 71)

**Расчет:**

Глубина повреждений, была измерена при осмотре ТС;  
 Ширина деформированной зоны – 4.59 м.

$C_1 = 0.010$  м.  
 $C_2 = 0.010$  м.  
 $C_3 = 0.010$  м.  
 $C_4 = 0.010$  м.  
 $C_5 = 0.010$  м.  
 $C_6 = 0.010$  м.  
 $C_{\text{ср}} = 0.010$  м.  
 $E = 5450.21$  Дж  
 $\Delta V = 8.56$  км/ч

По второму вопросу:

Полученные данные об изменении скорости движения во время удара, а также характер ДТП (Боковой удар), позволяют утверждать с большой вероятностью: подушки безопасности не могли сработать.

*Рис. 71.* Результат работы программы расчета затрат кинетической энергии на деформацию кузова автомобиля

Расчет возможности срабатывания систем пассивной безопасности осуществляется путем сравнения данных, полученных по формуле (16) и границ триггера согласно приведенным в таблице 3 данным.

Для осуществления постоянного повышения квалификации было разработано приложение с функциями CRM системы для непрерывного онлайн обучения экспертов и специалистов. Система включает в себя модули администратора и ученика. На рис. 72 – 76 представлены скриншоты интерфейса ПО для обучения эксперта, фактически являющиеся электронными методическими материалами с функциями возможности проверки знаний по пройденному материалу.

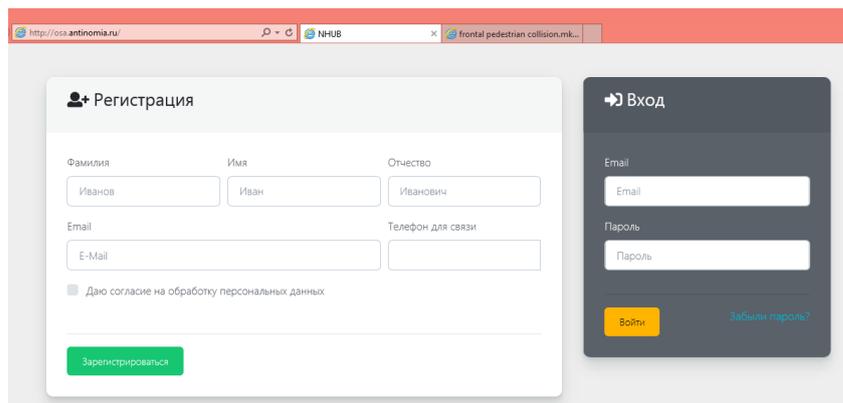


Рис.72. Панель входа и регистрации в систему онлайн обучения

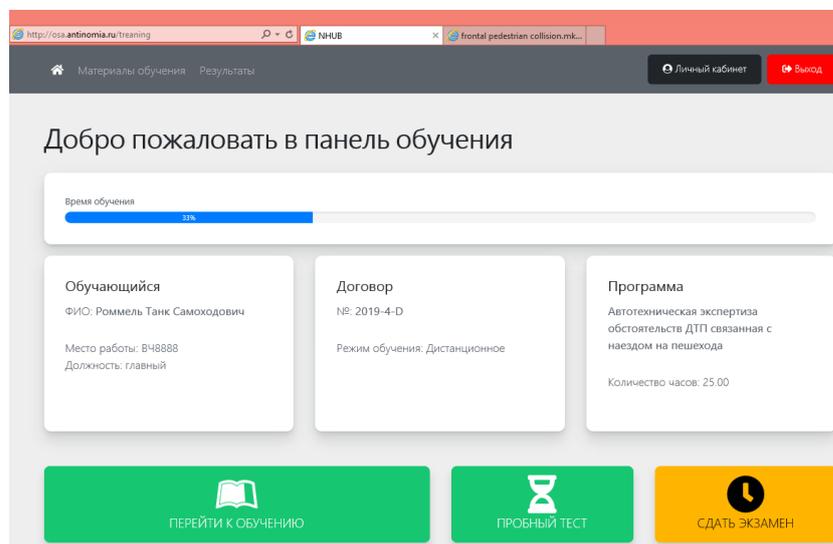


Рис.73. Интерфейс системы онлайн обучения

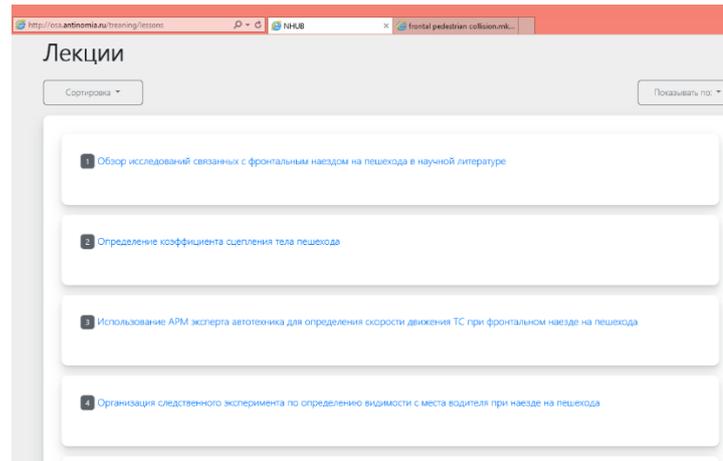


Рис.74. Интерфейс вкладки «перейти к обучению» с перечнем доступных лекций

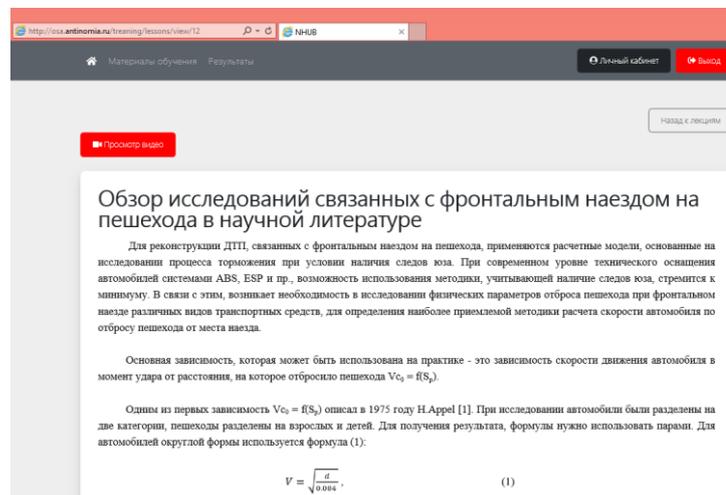


Рис.75. Материал лекции для изучения пользователем

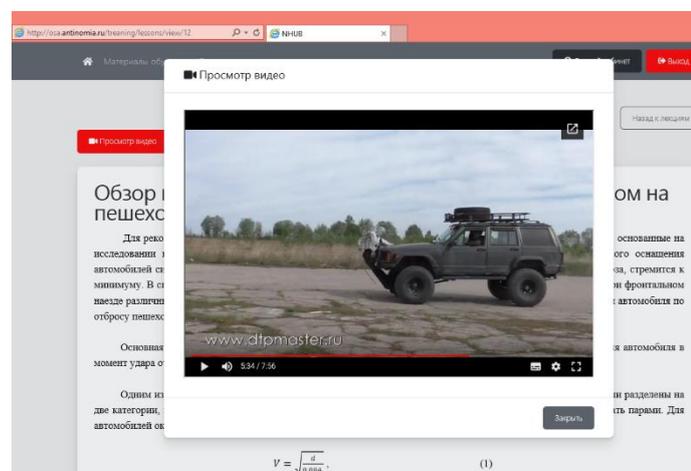


Рис.75. Видео материалы к материалу лекции

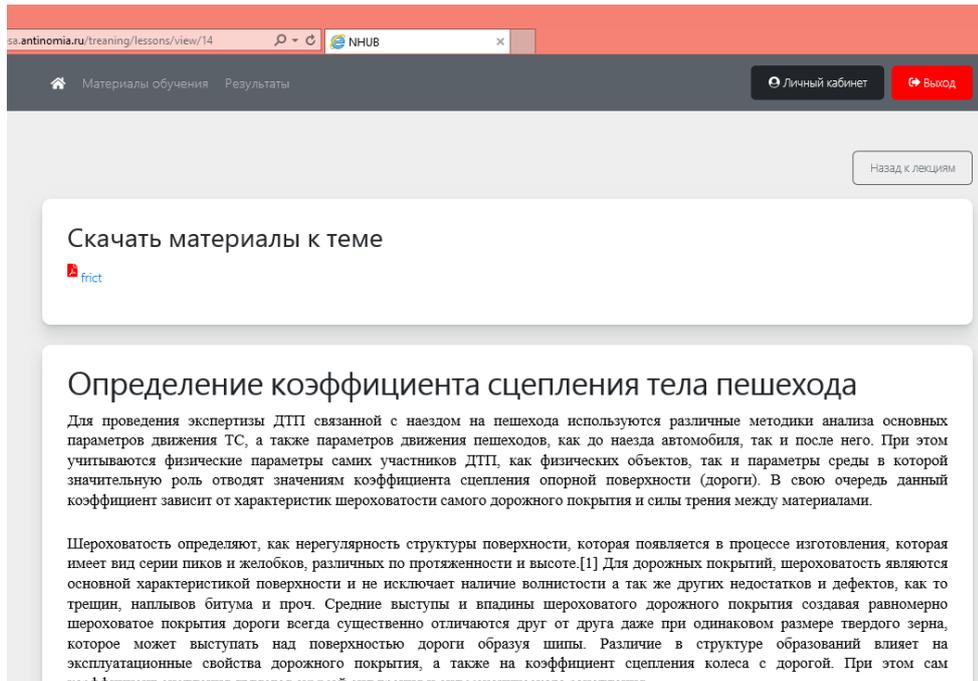


Рис.75. Дополнительная функция электронной методики – скачивание материалов для работы

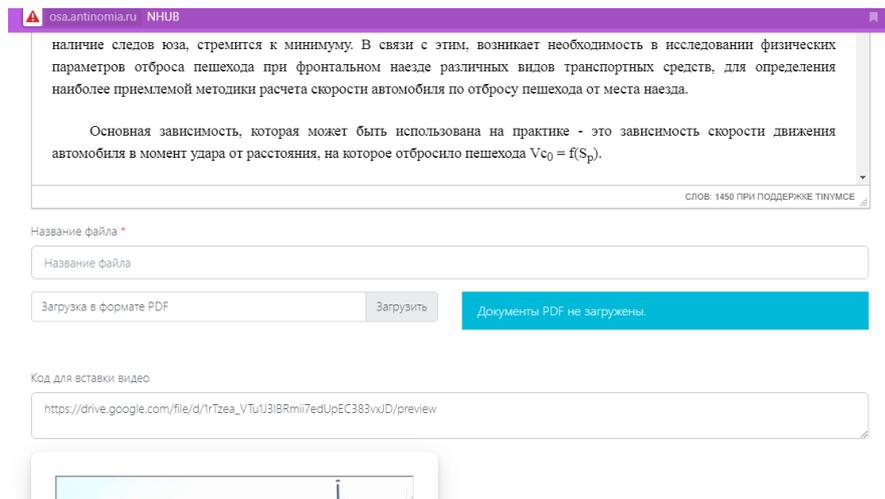


Рис.76. Панель редактирования материалов лекций

Полученные таким образом программные продукты являются неотъемлемой частью данного исследования и предназначены для использования в экспертной деятельности, а также подразделениями ГИБДД и ЭКЦ МВД.

### **3. МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГРАНИЦ ТРИГГЕРА ЗАПИСИ ДАННЫХ О ДТП В ЭБУ АВТОМОБИЛЯ**

#### **3.1. Экспертная задача**

Установление наличия или отсутствия вещественного доказательства в виде данных о параметрах движения ТС в момент ДТП, записанных в ЭБУ автомобиля без подключения сканирующих приборов к сети автомобиля в случае ее разрушения при пластических деформациях кузова ТС.

#### **3.2. Объекты исследования**

Объектами исследования в рамках данной методики являются:

1) Материалы административного или уголовного дела в части документов, имеющих значение для проведения автотехнической экспертизы и реконструкции механизма ДТП:

- схема ДТП;
- протокол осмотра места происшествия;
- протокол осмотра ТС;
- протокол эксперимента по определению параметров движения пешехода;
- протоколы иных процессуальных действий необходимых для установления прочих обстоятельств ДТП имеющих существенное значение.

2) Поврежденное транспортное средство на месте ДТП:

- обособленные трасологические признаки в виде пластических деформаций кузова;

- электронные блоки управления ТС.

Необходимым условием, способствующем полному и всестороннему раскрытию обстоятельств ДТП при проведении автотехнической экспертизы, является предоставление эксперту полного объема исходных данных, указываемых в установочной части постановления (определения) о назначении экспертизы<sup>22</sup>.

### 3.3. Сущность методики

Определение значений параметров ускорений ТС в момент ДТП, и их влияния на мгновенное изменение скорости и направление движения позволяющий решить вопрос о наличии данных о ДТП в виде дополнительных вещественных доказательств – записей в ЭБУ автомобиля, в том числе когда не сработали приборы пассивной безопасности.

В общем случае, решение поставленного вопроса производится сравнением затрат кинетической энергии на деформацию кузова автомобиля  $E(\text{деф.})$  с пороговыми значениями мгновенного изменения скорости при ударе  $\Delta V$  для столкновения ТС или наезда на препятствие, а в случае фронтального наезда на пешехода путем сравнения энергии отброса  $E(\text{отбр.})$  для взрослых пешеходов и замедлений ТС (согласно табл. 8) по формуле (91).

Исходными данными для экспертного анализа являются следующие:

- ширина ( $L$ ) и глубина деформации кузова ( $S$ );
- дистанция отброса пешехода от места наезда ( $S_{\text{отбр.}}$ );
- масса ТС и пешехода;
- коэффициент трения тела человека с дорогой ( $\mu$ ) согласно полученным табличным данным (табл. 7);

- наличие технических устройств, содержащих электронные блоки памяти в исследуемом ТС.

Экспертом решается задача о наличии вещественных доказательств в виде записей данных в ЭБУ автомобиля. Одновременно с этим, расчетным методом, решается задача определения скорости движения ТС при фронтальном наезде на пешехода, а также уточняется вопрос о наличии технической возможности у водителя предотвратить ДТП.

### **Подзадачи:**

**- Расчет минимального порога триггера срабатывания систем пассивной безопасности:**

Для случая фронтального наезда на пешехода при выполнении неравенства (91):

$$\frac{m_p}{m_a} \left( \frac{\sqrt{2\mu g[(D_2 + D_3) - \mu H_2]}}{\sqrt{1 + \mu^2}} \right) * t_0 \geq 1.568 \text{ м/сек}^2, \quad (91)$$

Для случая столкновения ТС или наезда на препятствие согласно сравнению параметра  $A_{EBCR}$  формуле (18) и данных завода изготовителя о минимальном пороге срабатывания систем пассивной безопасности исследуемого блока SRS.

При этом наиболее достоверным при проведении автотехнической экспертизы будет считаться расчет с использованием значения замедления тела человека максимально приближенные к условиям места происшествия, представленным в таблице 7 (Значения коэффициента трения тела манекена, полученные при стендовых испытаниях).

**- Расчет скорости движения автомобиля при фронтальном наезде на пешехода по отбросу пешехода:**

Расчет скорости перед торможением по приближенной формуле (при фронтальном наезде на пешехода), км/ч по уточненной формуле (68) с использованием формулы (89) приведенной к виду (92) :

$$V = \sqrt{V_{end}^2 - 2\mu g s} + \Delta V_{a,x} , \quad (92)$$

Расчет скорости ТС при отсутствии торможения (при наезде на пешехода), км/ч по формуле (70) приводим к виду (93):

$$V = \frac{-B + \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A} + \Delta V_{a,x} , \quad (93)$$

Формула, учитывающая потери горизонтальной скорости из-за вертикального удара (79) приводим к виду, учитывающему потерю скорости автомобиля при наезде на пешехода (94):

$$V_a = \sqrt{2\mu g(S + \mu H)} + \Delta V_{a,x} , \quad (94)$$

Использование данной методики позволяет определить наличие данных о ДТП в ЭБУ автомобиля без инструментального вмешательства в работу электронных устройств с целью минимизации возможного ущерба данным о ДТП записанным в блоках памяти устройства. А использование созданного программного продукта позволяет определить данные значения на месте ДТП.

### **Оборудование, инструменты, материалы**

Инструментальный угольник.

Набор слесарных инструментов.

Рулетка.

Линейка эксперта.

Мобильное устройство связи для выхода в сеть Интернет.

Программатор.

Цифровая камера.

### **Последовательность действий эксперта**

- 1) Ознакомиться с материалами административного или уголовного дела, провести анализ достаточности исходных данных для решения поставленных вопросов и обоснования их с технической точки зрения.
- 2) При недостаточности исходных данных эксперт проводит исследование ТС и расчет согласно данной методике для подтверждения гипотезы о наличии дополнительных вещественных доказательств в виде записи данных в ЭБУ автомобиля, после чего направляет ходатайство об извлечении данных о ДТП из ЭБУ.
- 3) Демонтировать устройство содержащее данные о ДТП и скопировать дамп файл напрямую из чипа памяти на чистый носитель, после чего нанести соответствующую маркировку и опечатать полученное вещественное доказательство.

### **Формулирование выводов эксперта**

При решении вопроса о наличие или отсутствии вещественного доказательства о ДТП могут быть сформулированы следующие выводы:

1. При заданных исходных данных скорость автомобиля в момент фронтального наезда на пешехода составляла ....
2. При осмотре ТС эксперт определил возможность наличия записи данных в ЭБУ автомобиля, которая может быть использована как вещественное доказательство при проведении реконструкции механизма ДТП.
3. Анализ результатов проведенного исследования позволяет утверждать о возможности/невозможности срабатывания систем пассивной безопасности в данном ДТП.
4. Вывод о невозможности решения поставленного вопроса формулируется в случае отсутствия у эксперта возможности провести

детальное исследование поврежденного ТС, либо при отсутствии точных данных о расстоянии отброса пешехода с места наезда.

#### **4. АППРОБАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДИКИ ПОЛУЧЕНИЯ ДАННЫХ ЭБУ ТС ПРИ ДТП**

##### **4.1. Экономическая эффективность применения методики**

Расчет экономического эффекта выражается в увеличении чистого операционного дохода, прибыли или стоимости бизнеса. Для организаций, осуществляющих деятельность в области сферы услуг наиболее важным показателем является чистый операционный доход (ЧОД), как фактор снижения финансовых рисков предприятия в условиях нестабильного или сезонного спроса на предоставляемые услуги.

Расчет экономического эффекта в случае применения показателя ЧОД осуществляется при помощи дисконтирования ЧОД по текущей ставке дисконтирования при планировании своей деятельности. При этом ставка дисконтирования может быть применена на конец периода, поскольку предприятие как правило не осуществляет закупок основных средств производства.

Для сравнения приведем расчет стоимости бизнеса по упрощенной модели для наглядной демонстрации экономического эффекта от применения программного продукта в деятельности автотехнических экспертов.

При условии полной загруженности одного автотехнического эксперта при 8 часовом рабочем дне и производстве 2-х экспертиз получаем ЧОД в месяц с

учетом затрат на аренду помещения и средней стоимостью 1-й произведенной экспертизой в 20 000 рублей.

$$\text{ЧОД} = \text{Стэ} * \text{N} * 20 - \text{Ста} - \text{Нр} - \text{Стн} , \quad (95)$$

где: Стэ – средняя стоимость одной экспертизы, Ста – стоимость аренды рабочего места эксперта (примем для расчета примера 15 000 рублей в месяц), Нр – накладные расходы, включающие затраты на телефон и бензин (примем для расчета примера 25 000 рублей в месяц), Стн – налоги (допустим применение упрощенной системы налогообложения), N – количество экспертиз в день.

При существующей ставке дисконтирования 26%, стоимость предприятия может быть рассчитана на ближайшие пять лет по формуле:

$$NVP = \sum_{t=1}^T \frac{C_t}{(1+r)^t} , \quad (96)$$

где NVP – стоимость бизнеса,  $C_t$  – ЧОД с первого по последний рассчитываемый период, r – ставка дисконтирования.

При условии, сокращения времени исследования и реконструкции ДТП на 2 часа, мы получаем увеличение количества производимых экспертиз на 1 единицу в сутки, тогда:

для предприятия, где эксперт осуществляет расчет вручную стоимость бизнеса может быть рассчитана на период пять лет, и составляет – 25 551 790 (двадцать пять миллионов пятьсот пятьдесят одна тысяча семьсот девяносто) рублей 00 копеек. (см. таблицу 9).

Таблица 9.

Расчет стоимости бизнеса путем дисконтирования ЧОД на период 5 лет

ЧОД	8544000	8544000	8544000	8544000	8544000
Стд	0.833333	0.694444	0.578704	0.482253	0.401878
Доход	7120000	5933333	4944444	4120370	3433642
Стоимость бизнеса					25551790

для предприятия, где эксперт не осуществляет расчет вручную стоимость бизнеса может быть рассчитана на период пять лет, и составляет – 39 045 432 (тридцать девять миллионов сорок пять тысяч четыреста тридцать два) рубля 00 копеек. (см. таблицу 10).

Таблица 10.

Расчет стоимости бизнеса путем дисконтирования ЧОД на период 5 лет

ЧОД	13056000	13056000	13056000	13056000	13056000
Стд	0.833333	0.694444	0.578704	0.482253	0.401878
Доход	10880000	9066667	7555556	6296296	5246914
Стоимость бизнеса					39045432

Получен экономический эффект в виде увеличения стоимости бизнеса на 13 493 642 (тринадцать миллионов четыреста девяносто три тысячи шестьсот сорок два) рубля 00 копеек. Или увеличение стоимости бизнеса на 52,8% при условии наличия одного эксперта на предприятии. Таким образом, применение полученной методики и программного продукта, созданного на его основе, существенно снижает фактор финансового риска предприятия и может послужить основой для привлечения дополнительных инвестиций при масштабировании бизнеса.

## 4.2. Создание электронной справочной системы автотехнических экспертов

Одним из необходимых условий создания АРМ эксперта автотехника является наличие справочника ТС, содержащего все необходимые данные для проведения экспертиз в структурированном виде. Для решения данной подзадачи, автором разработана структура баз данных, доступная при авторизации эксперта для пополнения базы знаний о ТС (рис. 77,78). Данные постоянно пополняются из справочной литературы и данных экспертных исследований ТС, при этом они остаются в открытой части репрезентативного слоя программы для анализа ДТП и доступны без ограничений.

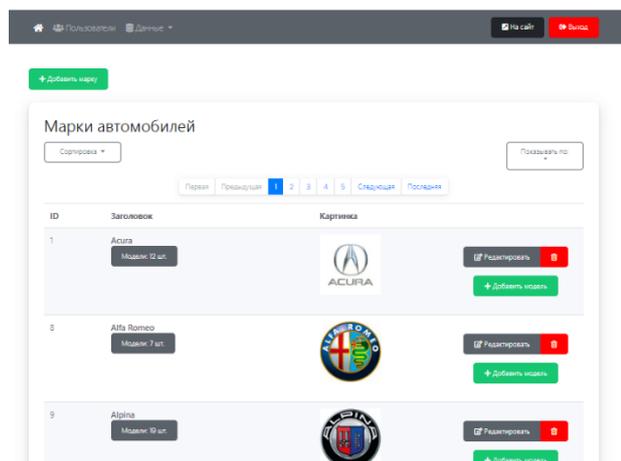


Рис. 77 Структура БД автомобилей, кабинет администратора БД.

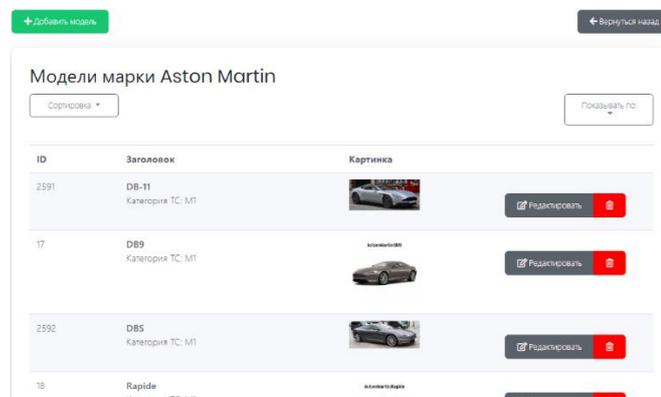


Рис. 78 Пользовательский интерфейс администратора баз данных.

В настоящее время БД пополняется и доступна по адресу – [www.accident.zone](http://www.accident.zone). Данные о ТС подаются в виде выпадающего списка для удобства работы автотехнического эксперта (рис. 79).

Укажите марку автомобиля  
Acura

Укажите модель автомобиля  
RDX

Модель: RDX



Категория: М1

Описание  
Японский внедорожник: Acura RDX, выпускающийся с 2007 года насчитывает уже 4 поколения:  
ТВ1 с 2007 по 2012 год, 2<sup>nd</sup> generation с 2013 по 2015 год, 2<sup>nd</sup> generation Facelift с 2016 по 2018 год, 3<sup>rd</sup>

Рис. 79 Репрезентативный слой БД автомобилей

Дальнейшая работа над созданной БД автомобилей и мотоциклов приведет к созданию полного справочника ТС, содержащего все необходимые экспертные данные, в том числе о ЭБУ ТС, режимах их работы, кодировке и кодах CDC.

Пользователи Данные

На сайт Выход

+ Добавить

- Происшествия
- База автомобилей
- Обстоятельства
- Координаты происшествий

Происшествия

Сортировка

Показывать по:

Первая Предыдущая 1 2 3 4 5 6 Следующая Последняя

#	Время	Широта   Долгота	Тип происшествия	Редактировать	Удалить
492	04-10-2016 20:04:30	55.352107   86.089007	Наезд на пешехода	Редактировать	Удалить
491	04-10-2016 18:24:41	51.238938   33.209860	Наезд на пешехода	Редактировать	Удалить
490	04-10-2016 18:04:43	45.074111   34.607585	Наезд на пешехода	Редактировать	Удалить
489	04-10-2016 17:54:10	45.073874   34.607115	Наезд на пешехода	Редактировать	Удалить
488	04-10-2016 15:45:51	48.622558   43.166150	Наезд на пешехода	Редактировать	Удалить

//www.accident.zone/admin/coordinates

Рис. 80 Пользовательский интерфейс администратора баз данных по ДТП.

Еще одной, немаловажной задачей для экспертов, является создание открытой базы данных по дорожно-транспортным происшествиям. Это не только позволит выявить закономерности тех или иных факторов, сопутствующих конкретному типу ДТП, но и позволяет прогнозировать аварийность методами обработки метаданных с применением искусственного интеллекта (ИИ) (рис. 80).

### **4.3. Применение методики получения данных ЭБУ ТС при ДТП**

Приведенные примеры – является одними из многих примеров проведения аналогичных автотехнических экспертиз в рамках административных и уголовных дел.

#### **Пример 1.**

Одним из вопросов, поставленных перед экспертом в рамках проведения реконструкции ДТП были следующие:

- Могли ли раскрыться подушки безопасности в момент удара автомобиля Chevrolet Trail Blazer и автомобиля ВАЗ 2115?
- Содержится ли запись данных о скорости в момент ДТП в блоке SRS автомобиля Chevrolet Trail Blazer?

По поставленным вопросам, после проведения инструментального измерения деформаций кузова ТС, экспертом были даны такие ответы:

- Исходя из имеющейся объемной деформации, характеризующей затраты кинетической энергии на деформацию передней части кузова, установлено, что мгновенное изменение скорости движения ТС составляло порядка 2,1 км/час, таким образом при данном столкновении подушки безопасности не

могли раскрыться. Для подтверждения данных, экспертом будет проверен блок памяти блока SRS автомобиля Chevrolet Trail Blazer.

- Автомобиль Chevrolet Trail Blazer оборудован функцией EDR записанной в чипе EEPROM блока SRS (блок управления подушками безопасности). Данные функции EDR содержат информацию о скорости до столкновения в диапазоне от – 5 до 0 секунд, информацию о статусе педали тормоза до столкновения в диапазоне от – 5 до 0 секунд, информацию о статусе ремней безопасности водителя и пассажира. Диагностика данных производилась специальным инженерным оборудованием фирмы Bosch – блоком CDR. В результате чтения данных EDR выявлено отсутствие записи о событии. Запись данных о столкновении для автомобиля Chevrolet Trail Blazer происходит в автоматическом режиме только при пристегнутых ремнях безопасности, либо при изменении скорости автомобиля более чем на 8 метров в сек. за период в 150 миллисекунд. В данном случае водитель автомобиля был не пристегнут ремнем безопасности и скорость в момент столкновения изменялась менее порогового значения срабатывания функции EDR. (См. распечатку диагностики блока SRS).

Пример 2.

Вопрос поставленный перед экспертом:

- Определить возможность наличия записи данных о ДТП, содержащейся в одном из блоков управления ТС, с целью уточнения обстоятельств ДТП, связанного с наездом на пешехода Андреева А.С.?
- Состоятельна ли версия ДТП, изложенная водителем Ивановым И.И.?

По поставленным вопросам, после проведения инструментального измерения деформаций кузова ТС, а так же расчета скорости движения ТС по отбросу тела пешехода при фронтальном наезде, экспертом был дан следующий ответ:

Учитывая расположение и характер объемной деформации в передней правой части кузова автомобиля Hyundai Starex, можно утверждать, что в момент первого удара (при наезде автомобиля Hyundai Starex на стоящий автомобиль MAN) затраты кинетической энергии были недостаточны для раскрытия фронтальных подушек безопасности. Таким образом, можно утверждать, что срабатывание систем пассивной безопасности произошло при наезде передней левой частью автомобиля Hyundai Starex на пешехода Андреева А.С. что подтверждается результатами исследования по поставленному вопросу о скорости движения автомобиля Hyundai Starex в момент наезда на пешехода(см. выше). Таким образом, версия водителя Иванова И.И. не состоятельна с технической точки зрения.

Приложенные примеры использования полученной методики в целях проведения автотехнических экспертиз открывают новые возможности для реконструкции ДТП, а автоматизация рабочих мест автотехнических экспертов, снижает риски принятия неверного решения по обстоятельствам ДТП и себестоимость проведения экспертиз.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Производство автотехнических экспертиз, как один из видов исследований проблем безопасности дорожного движения, оказывает непосредственное влияние на дальнейшее развитие автомобильного транспорта и транспортной системы в целом. Например, совершенствование систем пассивной

безопасности современных автомобилей, в том числе, результат многочисленных исследований в этой области.

Эффективное управление организацией безопасности дорожного движения базируется на разработке комплекса мер, учитывающих опыт анализа причин и условий возникновения ДТП, что позволяет использовать различные подходы к прогнозированию уровня безопасности на дорогах. Следует отметить, что устойчивый рост количества автомобильного транспорта повышает нагрузку на социальную, экономическую и медицинскую сферу народного хозяйства.

Круг проблем в данной, узкоспециальной категории исследований хорошо известен специалистам, большая часть которых проводит расследование ДТП для судов и следственных органов. При этом, практически все автотехнические эксперты отмечают необходимость использования на практике современных методов исследований, в том числе с применением специальной техники и оборудования, специализированных программ для анализа аварийных ситуаций.

Скорость, как определяющий фактор эффективности процессов функционирования единой дорожно-транспортной системы, в то же время является основным фактором ДТП. Поэтому необходимость улучшения методов исследований обстоятельств ДТП обусловлена в том числе требованием рынка к усовершенствованию существующих и поиску новых методов анализа ДТС.

Особо следует отметить социальный аспект проблем ДТП. Незащищенность участников дорожного движения от факторов, оказывающих существенное влияние на безопасность дорожного движения приводят к невосполнимым потерям, особенно к потерям наиболее социально и экономически активной группы населения.

Недостаточный уровень научно-технического обеспечения процесса исследования обстоятельств ДТП, в совокупности с устаревшей информационной базой не позволяет значительно усилить комплекс мер направленный на сокращение количества ДТП, осуществляемый ГИБДД, СК МВД России, Росавтодором и прочими службами и ведомствами, что приводит к росту количества ДТП при увеличении сроков расследования. Применение новых информационных технологий в данном случае минимизирует вышеперечисленные недостатки.

Для решения данной проблемы была разработана специальная программа, которая может использоваться всеми органами, задействованными в процесс расследования и анализа ДТП, с использованием новых полученных зависимостей (91,92,93,94), позволяющей специалисту на месте определить стоит ли искать данные о скорости движения в момент наезда на пешехода в ЭБУ автомобиля.

В заключении следует отметить, что диссертация является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи исследования скорости движения автомобиля при ДТП, связанных с наездом на пешеходов и столкновением ТС.

Результаты работы:

1. произведен анализ проблемы расчета скорости движения ТС при фронтальном наезде на пешехода по отбросу тела пешехода и получение функциональной зависимости между скоростью в момент наезда и оценки возможности получения данных о скорости движения в ЭБУ автомобиля (91).
2. в ходе исследования, рассмотрена проблема выявленных погрешностей в значениях определяемой скорости движения ТС при применении кинематических моделей расчета без учета затрат энергии на деформацию кузова ТС.

3. проведены экспериментальные исследования возможности использования блоков управления ТС при определении скорости движения ТС в момент наезда на пешехода.
4. проведены экспериментальные исследования скорости движения ТС в момент фронтального наезда на пешехода.
5. проведены экспериментальные исследования коэффициента сцепления пешехода с опорной поверхностью. Полученные новые, уточненные данные коэффициента сцепления скольжения для различных поверхностей.
6. разработана онлайн программа автоматизированной автотехнической экспертизы ДТП, связанных с наездом на пешеходов и столкновением транспортных средств, которая учитывает полученные экспериментальные данные.
7. Научно обоснованы математические модели определения границ триггера запуска записи данных систем пассивной безопасности, позволяющие получить дополнительные вещественные доказательства в виде данных ЭБУ при фронтальном наезде на пешехода и столкновении ТС.

Дополнение приемов и методов, используемых автотехническими экспертами при установлении скорости движения ТС данными ЭБУ и методами их получения является перспективным направлением исследований, поскольку усложнение микроэлектроники, используемой производителями ТС позволяет не только получать объективную информацию о движении ТС при ДТП, но и проводить работу по совершенствованию традиционно сложившихся методов расчета параметров движения ТС при ДТП на основе полученных эмпирических данных.

**СПИСОК ОСНОВНЫХ ИСТОЧНИКОВ И ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Амбарцумян В. Причины Дорожно-транспортных происшествий // Автомобильный транспорт, 1996. - №1. – с. 22-23.
2. Аверьянова Т.В. Судебная экспертиза: Курс общей теории. – М.: 2006, с. 5-8.
3. Анализ дорожно-транспортных происшествий/Волошин Г.Я., Мартынов В.П., Романов А.Г. – М.: Транспорт, 1987, с. 4-5.
4. Балакин В.Д. Экспертиза ДТП – Омск.: Изд. СибАДИ, 2005 – 37 с.
5. Балакин В.Д. Исследование дорожно-транспортных происшествий с наездом на пешехода – Омск.: СибАДИ, 2005, - 8-9 с.
6. Байэтт Р. Уоттс Р. Расследование дорожно-транспортных происшествий/Пер. с англ. – М.: Транспорт, 1983. – 118 с.
7. Бекасов В.А., Боград Г.Я., Зотов Б.Л., Индиченко Г.Г. Автотехническая экспертиза – М.: Изд. «Юридическая литература», 1967 г. – 32 с.
8. Боровский Б.Е. Безопасность движения автомобильного транспорта. – Л.: Лениздат, 1984. – 304 с.
9. Волошин Г.А. и др. Анализ дорожно-транспортных происшествий/Волошин Г.А., Мартынов В.П., Романов А.Г. – М.: Транспорт, 1987. – 240 с.
10. Гальцев Ю.В., Евтюков С.А., Колкутин В.В., Рябинин Г.А. [Метрологический справочник для судебных экспертов и адвокатов.](#) – СПб.: Изд-во ДНК, 2007. – 320 с.
11. Головки В.В., Майоров В.И. Основы безопасности дорожного движения. Учеб. пособие. Изд-во «Эксмо», 2008. – 176 с
12. Горбушие А.М. Экономический эффект программного продукта, Мн: ВШ, 2007г.- 275с.

13. Горев А.Э., Попова О.В., Кабонин В.В. Методика оценки издержек от ДТП, препятствующих движению городского электрического транспорта. Материалы 8-ой международной конференции «Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах». СПб., 2008.
14. Горев А.Э., Олещенко Е.М. Организация автомобильных перевозок и безопасность движения. – М.: Издательский центр «Академия», 2009. – 256 с.
15. ГОСТ Р 51980-2002. Транспортные средства, маркировка. Общие требования. – М., ГОССТАНДАРТ РФ, 2007.
16. ГОСТ Р 51709-2001. Автотранспортные средства. Требования безопасности к техническому состоянию и методы проверки. – М., ГОССТАНДАРТ РФ, 2001.
17. Гражданский процессуальный кодекс Российской Федерации. -9-е изд.-М.: «Ось-89», 2008. – 192 с.
18. Долинский В.Е., Баранов А.В., Майорова Т.В. Исследование нестандартных маркировочных обозначений узлов и агрегатов автотранспортных средств отечественного и зарубежного производства / Под редакцией С.А. Смирнова – СПб: Питер; Северо-Западный региональный центр судебной экспертизы Минюста России, 2004.
19. Домке Э.Р. Расследование и экспертиза дорожно-транспортных происшествий: учебник для студ. высш. учеб. заведений/ Э.Р. Домке. – М.: Издательский центр «Академия», 2009. – 177 с.
20. Дубров А.М. Последовательный анализ в статистической обработке информации. – М.: Статистика, 1976 – 160с.
21. Дильдина Ю.М., Мартынова В.В. Типовые экспертные методики исследования вещественных доказательств - М.; ЭКЦ МВД России, 2010 г. 4 с.
22. Евтюков С. А., Васильев Я. В. Экспертиза дорожно-транспортных происшествий: справочник. СПб.: ООО «Изд-во ДНК», 2006. 536 с.

- 23.Евтюков С.А., Васильев Я.В. Дорожно-транспортные происшествия: расследование, реконструкция, экспертиза./ под ред. проф. С.А. Евтюкова. - СПб.: Изд-во ДНК, 2008. -392 с.
- 24.Евтюков С.А., Щербаков А.Е. Безопасность и правила движения на автотранспорте: Учеб. пособие/Под ред. С.А. Евтюкова. – СПб.: СПбГАСУ, 1993. – 168 с.
- 25.Евтюков С.А., Васильев Я.В., Грушецкий С.М. Использование в экспертизе ДТП данных о параметрах движения транспортного средства из модулей управления подушками безопасности с функцией записи (EDR) // Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах: сборник докладов девятой международной научно-практической конференции «Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах». — СПб., 2010. — С. 254—259
- 26.Ермолович М.В. Экспертиза по делам о ДТП. /Под ред. Басецкого И.И. Из-во «Амалфея», 2001. – 96 с
- 27.Жидков Д.Н. Использование специальных знаний в раскрытии, расследовании и профилактике преступлений, связанных с незаконным завладением транспортным средством: дис. ... канд. юрид. наук: 12.00.12. – СПб., 2017. С. 11, 110.
- 28.Иларионов В.А. Экспертиза дорожно-транспортных происшествий: Учебник для вузов. -М.: Транспорт, 1989. – 155 с.
- 29.Калявин В.П. Транспорт: толковый словарь. – СПб.: «Элмор», 2003. – 488 с.
- 30.Кириянов В.Н. Основные направления совершенствования деятельности в области обеспечения безопасности дорожного движения. Материалы 7-ой международной конференции «Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах». СПб., 2006.

31. Корчан Н. С., Варлахов В. А., Ольхов В. С. Определение скорости движения транспортных средств при дорожно-транспортном происшествии путем считывания информации с электронного блока управления // Теорія та практика судової експертизи і криміналістики. Випуск 9. Харків, 2007. — С. 368.
32. Клинковштейн Г.И., Афанасьев М.Б. Организация дорожного движения: Учебник для вузов. 5-е изд., перераб. и доп.-М.: Транспорт, 2001. – 247 с.
33. Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях. – М.: ГроссМедиа, 2008. – 272 с.
34. Коллинз Д. К., Моррис Д. Л. Анализ дорожно-транспортных происшествий. М.: Транспорт. 1971. – 128 с.
35. Комментарий к Правилам дорожного движения Российской Федерации и Основным положениям по допуску транспортных средств к эксплуатации и обязанностям должностных лиц по обеспечению безопасности дорожного движения/М.Б. Афанасьев, В.Д. Кондратьев, А.Ю. Якимов и др.; под общ. ред В.А. Федорова. – М.: Изд-во «За рулем», 2001. – 304 с.
36. Комментарии к Уголовному кодексу РФ./Под ред. Радченко В.И. – М.: Вердикт, 1996. – 589 с.
37. Комментарий к Уголовно-процессуальному кодексу РСФСР. – М.: СПАРК, 1995. – 613 с.
38. Конвенция о дорожном движении, дорожных знаках и сигналах. – М.: За рулем, 1999. – 176 с.
39. Кононова Г.А. Экономика автомобильного транспорта. Учеб. пособие/Под ред. Кононовой Г.А. (4-е изд., стер.). – М.: Издательский центр «Академия», 2009. – 320 с.
40. Коробеев А.И. Транспортные правонарушения: квалификация и ответственность.- М.: Юрид. лит., 1990.-128 с.
41. Корчагин А.Г. Некоторые преступления в области использования техники: уголовно-правовые и криминологические аспекты. – Владивосток: Издательство Дальневосточного университета, 1993, с. 21.

42. Косович А.А. Вопросы назначения и производства автотехнической экспертизы//Дознаватель, 1999. - №12. – с. 35.
43. Котиков Ю.Г. Моделирование безопасности движения транспортных потоков по сети средствами ППП ArcGIS. Материалы 7-ой международной конференции «Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах». СПб., 2006.
44. Котиков Ю.Г. Основы системного анализа транспортных систем. – СПб: СПбГАСУ, 2001 – 264 с.
45. Кременец Ю.А., Печерский М.П., Афанасьев М.Б.. Технические средства организации дорожного движения.- М.: ИКЦ «Академкнига», 2005.- 279 с.
46. Кривицкий А.М., Фальковский В.В., Шапаров Ю.И. Использование специальных познаний в расследовании ДТП: Метод. Пособие/под ред. канд.т.н. Кривицкого А.М., к.ю.н. Шапарова Ю.И. Изд-во «Харвест», 2004.- 128 с.
47. Кристи Н.М. Методические рекомендации по производству автотехнической экспертизы – М.: ЦНИИСЭ, 1971 г.
48. Куперман А.И., Миронов Ю.В. Безопасность дорожного движения: Справочное пособие. - М.: Высшая школа, 1997. - 320 с.
49. Кутафин В.Н. Расследование ДТП: практ. рук-во. Изд-во «Феникс», 2007.- 256 с.
50. Легковые автомобили «Volvo» : Справочник мест маркировки автотранспортных средств. – Т. 6. – М.: НИЦ ГИБДД МВД России, 2003.
51. Лукошявичене О.В. Моделирование дорожно-транспортных происшествий.- М.: Транспорт, 1988. - 96 с.
52. Лукошявичене О.В. и др. Новый способ определения психомоторных реакций водителя//Автомобильный транспорт. 1972, №2.
53. Мальцев С.А., Семенов Ю.Н., Семенова О.С. Влияние антропометрических данных пешеходов на скорость их передвижения. - Кемерово. 2005. – 12 с.

54. Методические рекомендации по исследованию причин ДТП с особо тяжкими последствиями. – М.: ФГУМ НИИАТ, 2003. – 54-56 с.
55. Методические рекомендации по назначению мероприятий для повышения безопасности движения на участках концентрации ДТП – М.: Росавтодор, 2000 – 45 с.
56. Международная норма для автомобильного транспорта ISO 3779-1983. Дорожный транспорт. Идентификационный номер транспортного средства. Содержание и структура.
57. Молодцов В.А., Гуськов А.А. Расследование и экспертиза ДТП – Тамбов.: Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2014 – 8 с.
58. Никонов В. Н. Расчет параметров столкновения двух тормозящих автомобилей с учетом деформаций их конструкций // Мехатроника, автоматизация, управление. 2004. № 4.
59. Правила учета дорожно-транспортных происшествий на автомобильных дорогах Российской Федерации – М.: Информавтодор, 1998, - 12 с.
60. Применение дифференцированных значений времени реакции водителя в экспертной практике: Методические рекомендации. Издание переработанное и дополненное. – М.: ВНИИСЭ, 1987 – с. 13
61. Применение в судебной практике параметров торможения автотранспортных средств: методические рекомендации для экспертов. – М.: РФЦСЭ, 1995 – 22 с.
62. Предупреждение экспертных ошибок: Методическое пособие для экспертов, следователей и судей / Под редакцией докт. юрид. наук, проф. Д.Я. Мирского, канд. юрид. наук В.Ф. Статкуса, канд. юрид. наук А.К. Педенчука – М.: ВНИИСЭ, 1990 – 12 с.
63. Пучкин В.А., Лозовой В.И. Справочно-нормативные материалы для эксперта-автотехника / Юж.-Рос.гос.техн.ун-т. Новочеркасск: ЮРГТУ, 2002.- 172с.

64. Пучкин В. А. Судебная автотехническая экспертиза: анализ дорожно-транспортных происшествий: науч.-практ. пособие. Ростов н/Д: Профпресс, 2015. 360 с.
65. Расследование дорожно-транспортных происшествий. Справ.-метод. пособие/Н.Д. Селиванов, А.И. Дворкин, Б.Д. Завидов и др. - М.: Лига Разум, 1998, 448 с.
66. Расследование ДТП. // Под. ред. Федорова В.А., Гаврилова Б.Я. Изд. 2-е, перераб., доп. – М.: Экзамен, 2003.-464 с.
67. Расследование преступлений: Руководство для следователей/Коллектив авторов. - М.: СПАРК, 1997, с. 362.
68. Романов Н.С. Основные положения судебно-экспертного анализа автотранспортного происшествия. – Киев, 1969.
69. Романов Н.С. Вопросы исследования причинной связи судебной автотехнической экспертизы. – Киев, 1973.
70. Руководство для исследователей/Под ред. Селиванова Н.А., Снеткова В.А. – М.: ИНФГА-М, 1998. – 732 с.
71. Рыжаков А.П. Комментарий к Уголовно-процессуальному кодексу Российской Федерации. - М., НОРМА, 2002.- 1024 с.
72. Селиванов Н.А. Расследование дорожно-транспортных происшествий.
73. Селифонов В.В., Хусаинов А.Ш., Ломакин В.В. Теория автомобиля – М.: МАМИ, 2007 –18 с.
74. Сидоров Э.Т. Повышение достоверности судебно-технической экспертизы, путем уточнения ее исходных данных//Дознаватель, 1999. - №3. – с. 45.
75. Смирнова С.А. Судебная экспертиза на рубеже XXI века. Состояние, развитие, проблемы. 2-е изд., перераб. И доп. –СПб.: Питер, 2004. – 875 с.
76. СНиП 2.05.02.85 Автомобильные дороги.
77. Справочник дознавателя. Выпуск второй (Практическая криминалистика: расследование отдельных видов преступлений). – М.: Юридическая литература, 1990. – 592 с.

78. Степина П.А. Тюлькин Е.В. Методика проведения инженерно-психологической (ситуационной) экспертизы Спб, 2013
79. Столяров В.В. Экспертиза дорожно-транспортных происшествий на основе теории риска: Учеб. пособие. - Саратов: СГТУ, 1996. – 176 с.
80. Скорковский С.В., Лукьянчук А.Д., Капский Д.В. Экспертиза ДТП – Гомель.: БелГУТ, 2007 – 33 с.
81. Судебная автотехническая экспертиза. Ч.2 – М.: ВНИИСЭ, 1980.
82. Судебная автотехническая экспертиза: Пособие для экспертов-автотехников, следователей и судей. ч.2. / Под. ред. А.В. Илларионова. – М.: ВНИИСЭ, 1980. – 491 с.
83. Туренко А.Н., Клименко В.И., Сараев А.В. – Харьков.: ХНАДУ, 2007
84. Шевцов С.О., Дубонос К.В. Расследование обстоятельств дорожно-транспортных происшествий. Методические рекомендации. – Харьков.: «ФАКТ», 2002г. – 54 с.
85. Федеральный закон от 31 мая 2001 г. №73-ФЗ «О государственной судебно-экспертной деятельности в Российской Федерации»
86. Toor A., Araszewski M. Theoretical vs. Empirical Solutions for Vehicle/Pedestrian Collisions// SAE Technical Paper 2003-01-0883.
87. Searle J. A., Searle A. The Trajectories of Pedestrians, Motorcycles, Motorcyclists, etc., Following a Road Accident // Society of Automotive Engineers Technical Paper 831622, 1983.
88. Han I., Brach R. M. Throw Model for Frontal Pedestrian Collisions // SAE International Congress, March 2001, paper 2001–01-0898
89. Field J. Pedestrian/vehicle collisions, investigation in the 21st century. West Midlands Police, 2000. 63 p.
90. Happer A., Araszewski M., Toor A., Overgaard R., Johal R. Comprehensive Analysis Method for Vehicle/Pedestrian Collisions // Society of Automotive Engineers Conference, SAE Paper No. 2000-01-0846. 2000

91. Becke M., Golder U. Rutschweiten von Fussgaengern auf nasser Fahrbahn // Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik. December 1988. Pp. 327–328.
92. Boff K., Lincoln J. Engineering data compendium: Human perception and performance. Wright-Patterson Air Force Base, OH: Armstrong Medical Research Laboratory, 1988.
93. Kloeppel E., Peters R., James C., Fox J., Alicandri E. Comparison of older and younger driver responses to emergency driving events // Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society, 1994.
94. McGehee D., Mazaee E., Bladwin G. Driver reaction time in crash avoidance research: Validation of a driving simulator study on a test track // Proceedings of the International Ergonomics Association 2000 Conference, 2000.
95. Sens M., Cheng P., Weichel J., Guenther D. Perception/reaction time values for accident reconstruction // Society of Automotive Engineers Paper. No. 890732. 1989.
96. H Appel; G Sturtz; L Gotzen «Influence of impact speed and vehicle parameter on injuries of children and adults in pedestrian accidents», 1975
97. H Burg and H Rau. Handbuch der Verkehrsunfallrekonstruktion. Verlag Information Ambs GmbH, 1981
98. J. A. Searle, «The physics of throw distance in accident reconstruction», Society of Automotive Engineers, 1993
99. A K Evans, R Smith «Vehicle speed calculation from pedestrian throw distance» Department of Mathematical Sciences, De Montfort University, Leicester, UK, 1999.
100. Associate professor Inhwon Han, professor Raymond M. Branch «Throw model for frontal pedestrian collisions», Uni. Notre Dame USA, 2001
101. Amrit Toor and Michael Araszewski. Theoretical vs. empirical solutions for vehicle/pedestrian collisions. ASME Paper, (2003-01-0883).
102. D P. Wood 1, CK Simms and D G Walsh «Vehicle–pedestrian collisions: validated models for pedestrian impact and projection» Dublin, Department of Mechanical Engineering, Trinity College, Dublin, 2004

103. Phd. Milan Batista «A simple throw model for frontal vehicle-pedestrian collision», Uni. Ljubljana, 2008
104. S. Richardson, N. Josevski, A.Sandvik, T. Pok, T. Lange Orton, and B. Winter «Pedestrian Throw Distance Impact Speed Contour Plots Using PC-Crash», RMIT University, 2015
105. Ph.D. Eng. Kubiak P., Ph.D. Eng. Wozniak M., Eng. Jablonski R., Prof. Ozuna G., Ph.D. Eng. De La Fuente P. «Determination of Energy Deformation with using NHTSA Stiffness Coefficient” - International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT) Volume 4, Issue 4, October 2014
106. Berends, E.M. De invloed van automassa op het letselrisico bij botsingen tussen twee personenauto's, 2009
107. European Conference of Ministers of Transport/EKMT 2006
108. Rosén, E., Stigson, H. & Sander, U. (2011) Accident Analysis and Prevention
109. Rosén, E Pedestrian fatality risk 2011
110. William Rosenbluth Black Box Data from Accident Vehicles, Methods of Retrieval, Translation and Interpretation US 2014
111. D. Wood and C. Simms Coefficient of friction in pedestrian throw, Impact – Journal of ITAI, vol 9 no 1, p12-14, Jan 2000
112. Jean-Philippe Depriester, Comparison of several methods for real pedestrian accident reconstruction, Criminal Research Institute of the French National Gendarmerie, Paper Number 05 – 0333
113. Inhwon Han, Throw model for frontal pedestrian collision, Uni. Notre Dame, 2001

114. Jesse Kendall, P.E., Forensic Scientist Kenneth Alvin Solomon, Ph.D., P.E., Post Ph.D., Chief Scientist, Air bag deployment criteria, Institute of Risk & Safety Analyses, 2014
115. European Conference of Ministers of Transport (ECMT), 2006
116. Eugene Won, Jinwon Kim. A Comparative Study Between EDR Speed and Actual Vehicle Speed by Vehicle Maneuver // The 23rd International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles (ESV), Seoul, Republic of Korea, May 27- 30, 2013. Conference Proceedings. Paper Number ESV 13-0127-W. — URL: <http://www-esv.nhtsa.dot.gov/Proceedings/23/isv7/main.htm>

## Приложения



УМВД России по Вологодской области

**У П Р А В Л Е Н И Е**  
**МИНИСТЕРСТВА ВНУТРЕННИХ ДЕЛ**  
**РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**ПО ГОРОДУ ВОЛОГДЕ**  
 (УМВД России по г. Вологде)

Отдел государственной инспекции  
 безопасности дорожного движения

ул. Гагарина, 66, Вологда, 160002

тел. (8172) 79-45-18, 53-07-00

24.07.2018 № 9/10124

на № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

Разработчику программы  
 «МИАС ОБДД»

Тюлькину Евгению  
 Викторовичу

### АКТ

о внедрении программы «Многоуровневой информационно-аналитической системы организации безопасности дорожного движения»

«Программа многоуровневой информационно-аналитической системы организации безопасности дорожного движения» («МИАС ОБДД»), разработанная Тюлькиным Евгением Викторовичем, применяется в практике работы специалистов подразделения ОГИБДД УМВД России по г. Вологде.

Применение данной программы показало её эффективность в решении сложных вопросов по определению параметров движения транспортных средств и определения степени виновностей водителей в ДТП.

Использование программы также облегчает систематизацию и обработку информации для выявления причин аварийности, позволяет осуществлять мониторинг по сегментам УДС.

Начальник ОГИБДД  
 УМВД Росси по г. Вологде,  
 подполковник полиции



Макаровский Ю.И.



ПРАВИТЕЛЬСТВО САНКТ-ПЕТЕРБУРГА  
КОМИТЕТ ПО БЛАГОУСТРОЙСТВУ  
САНКТ-ПЕТЕРБУРГА  
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОЕ  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ  
ДОРОЖНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ  
«ЦЕНТР»

(СПб ГУДП «ЦЕНТР»)

Малый пр., в.о., д.68, Санкт-Петербург, 799406

тел. (812) 677-71-05, факс (812) 677-60-35

E-mail: [info@spbdp.ru](mailto:info@spbdp.ru)

ру 406 028 300 480 000 922 12 в ОАО «Банк Санкт-Петербург»

Дополнительный офис «Галваскэйп»

и/с 301 01 8 109 030 000 00 790. БИК 044031790

ИФНС 78/202/1254, КПП 780101001

### АКТ

о внедрении в рабочий процесс результатов научной работы аспиранта кафедры НТТМ СПб ГАСУ, Е.В. Тюлькина – программы МИАС ОБДД

Методика микромоделирования процесса ДТП, разработанная Е.В. Тюлькиным – программа Многоуровневая Информационно Аналитическая Система Организации Безопасности Дорожного Движения (МИАС ОБДД) применяется в работе СПб ГУДП «Центр» в Транспортной автоколонне. МИАС ОБДД применяется для обучения водителей и решения вопросов в случае ДТП.

Применение данной программы показало ее эффективность в решении сложных вопросов степени виновности водителей в ДТП. А также используется в процессе обучения персонала и при инструктаже водителей.

Директор СПб ГУДП «Центр»



Чернышенко Б.В.



СПБ ГБУ "Городской центр  
социальных программ  
и профилактики асоциальных  
явлений среди молодежи "КОНТАКТ"



09.10.2015 № 1801-15

### АКТ

о внедрении в рабочий процесс результатов научной работы аспиранта кафедры НТТМ  
СПб ГАСУ, Е.В. Тюлькина – программы МИАС ОБДД

Методика микромоделирования процесса ДТП, разработанная Е.В. Тюлькиным – программа Многоуровневая Информационно Аналитическая Система Организации Безопасности Дорожного Движения (МИАС ОБДД) применяется в работе СПб ГБУ «ГЦСП «Контакт» в транспортном отделе. МИАС ОБДД применяется для обучения водителей и решения вопросов в случае ДТП.

Применение данной программы показало ее эффективность в решении сложных вопросов степени виновности водителей в ДТП. А также используется в процессе обучения персонала и при инструктаже водителей.

Начальник транспортного отдела  
СПб ГБУ «ГЦСП «Контакт»



В.И. Вишнев



**ИНТЕЛЛЕКТ-ПРО**

Интеллектуальный подход к пожаротушению

Россия, г. Санкт-Петербург,  
Либавский переулок, д. 5, лит. 3, оф. 1  
8-800-250-32-29  
nofire@iprospb.ru  
<http://iprospb.ru/>

Исх. №01-290919 от 29.09.2019 г.

Генеральному директору  
ООО «КиТ Оценка»  
Тюлькину Е.В.

**Благодарственное письмо.**

ООО «Интеллект-Про» является партнером ООО «КиТ Оценка» с 2017 г.  
Наша компания использует систему «Помощник ОСАГО», разработанную ООО «КиТ Оценка» и размещенную по адресу [www.accident.zone](http://www.accident.zone), для выявления потребностей в установке систем автоматического пожаротушения на транспорте и спецтехнике по случаям возгорания транспортных средств при ДТП. Система показала себя как надежный и полезный инструмент анализа.

Генеральный директор  
ООО «Интеллект-Про»



/ Кузьмин С.С.



**ИЧЭУ «Межрегиональный центр независимой экспертизы»**

Адрес: 350063, Россия, г. Краснодар, ул. Кубано-Набережная, 150  
 ИНН 2308980596 КПП 230801001 БИК 040349585  
 ОГРН 1122300002318 дата присвоения 04.05.2012 г.  
 ОКПО 09393805 ОКАТО 03401364000

**Исх.№316 от 02.10.2019г.**

**ООО «КиТ оценка»  
 Ген.директору  
 Тюлькину Е.В.**

ИЧЭУ «Межрегиональный центр независимой экспертизы» успешно сотрудничает с ООО «КиТ оценка» с 2016 года.

Для соответствия требованиям законодательства РФ, руководство «Центра» пришло к решению о внедрении программы accident solver (помощник ОСАГО).

Используя специальный доступ к программе - автоматизированного рабочего места эксперта (АРМ) автотехника, расположенного на сайте [www.accident.zone](http://www.accident.zone), позволило оптимизировать работу, ускорить и увеличить качество проводимых экспертных исследований в ИЧЭУ «Межрегиональный центр независимой экспертизы» г.Краснодар по всем видам и любой сложности дорожно-транспортных происшествий (ДТП).

**С уважением,  
 Директор ИЧЭУ**



**Моисеев Ю.А.**

