

УДК 656.08

ХОДОСКИН Д. П., канд. техн. наук,  
ст. преподаватель кафедры «Управление автомобильными перевозками и дорожным движением»  
E-mail: dlya\_moih\_studentov@mail.ru

ДУБОВИК К. В., магистрант  
кафедры «Управление автомобильными перевозками и дорожным движением»  
E-mail: a779865@gmail.com

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель, Республика Беларусь

Поступила в редакцию 19.07.2023

## АНАЛИЗ ОПЫТА ПРИМЕНЕНИЯ ПРОГРАММ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ

*Растущая моторизация общества является необходимым условием для экономического роста, инновационного развития и сплоченности страны. К сожалению, этот процесс имеет и негативные побочные эффекты, к примеру, дорожно-транспортные происшествия (ДТП) из-за имеющихся недостатков в организации дорожного движения, ошибок водителей, поломки транспорта или проблемы в дорожной инфраструктуре, которые ведут к финансовым издержкам – различного вида потерям и, в худшем случае, – человеческим жертвам. Поэтому необходима надежная, базирующаяся на научных выводах, реконструкция ДТП. Специально разработанное компьютерное программное обеспечение – это новейшая технология, позволяющая объективно произвести подобную реконструкцию. Предлагается рассмотреть опыт различных стран, который в первую очередь направлен на повышение безопасности движения всех участников дорожного движения с помощью разбора и моделирования ДТП с использованием программных продуктов, а затем сравнить их между собой на основе анализа достоинств и недостатков. Однако получить надежные и достоверные результаты расчетов возможно лишь при условии подстановки в формулы фактических числовых значений соответствующих исходных расчетных данных (результатов измерений, параметров и коэффициентов). Это обстоятельство связано с обоснованностью, объективностью и достоверностью выводов эксперта. Поэтому актуальной задачей является повышения достоверности экспертных исследований и сокращения сроков их производства. Применение специального программного обеспечения позволяет значительно повысить эффективность выполняемых работ по решению поставленных задач по трем аспектам: 1) ускоряется процесс расчетов; 2) в качественном плане применение компьютерных программ уменьшает вероятность ошибок арифметического характера; 3) имеется возможность визуализации результатов произведенного исследования.*

**Ключевые слова:** программное обеспечение, моделирование механизма ДТП, экспертиза ДТП, столкновение транспортных средств, моделирование движения автомобиля.

### Введение

Общим при проведении многих видов судебных экспертиз является выполнение расчетов по тем или иным формулам, в которые входят значения соответствующих табличных справочных данных, параметров и коэффициентов. Так, например, формулы, описывающие механическое движение, позволяют эксперту рассчитать параметры, связанные с эффектив-

ностью торможения автомобиля. При этом информацию о числовых значениях величин (времени реакции водителя, коэффициенте сцепления, временных параметрах тормозной системы и др.), входящих в формулы, эксперт выбирает самостоятельно из научно-технической и справочной литературы, исходя из собственного опыта и существующих рекомендаций [1–4].

Однако всегда ли выбор эксперта точен? Методики, применяемые в практике автотехнической экспертизы, основаны на законах физики, теоретической механики, теории и конструкции автомобилей, теории соударения и т. д. При этом, как правило, происходит упрощение применяемых математических зависимостей. Это связано с тем, что при производстве экспертизы может быть ограничено число задаваемых исходных параметров для упрощения процесса вычисления, что приводит к снижению достоверности результата.

На данный момент можно выделить три компании, поставляющие подобное программное обеспечение:

– IbV Informatik GmbH, производящая компьютерные модули CARAT (Computer Assisted Reconstruction of Accidents in Traffic);

– Dr. Steffan Datentechnik, поставляющая на рынок программу PC-Crash и ей сопутствующие модули (PCRect);

– Dr. Werner Gratzler – ANALYSER PRO.

### Основная цель

Общая задача моделирования – изменяя значения задаваемых параметров и характеристик, возможно точно воспроизвести процесс ДТП. Решающим признаком правильно произведенного моделирования является соответствие моделируемого движения ТС объективным данным (расположению и характеру зафиксированных следов, мест столкновений, конечных положений ТС) при заданных исходных данных и допустимых значениях выбираемых параметров. Добиться этого достаточно трудно. Имитационная модель не способна формировать свое собственное решение в том виде как это имеет место в аналитических моделях.

### Основная часть

Исследование на имитационной модели состоит из серии прогонов (опытов). В ходе каждого прогона задается комплекс исходных данных и запускается процесс моделирования. С помощью анимации, визуализирующей те-

чение процесса и полученных результатов расчета, дается оценка соответствия моделируемого движения ТС объективным данным. Как правило, результаты первых прогонов далеки от желаемых. После анализа результатов выполняется целенаправленное изменение варьируемых параметров и производится следующий прогон. Далее цикл повторяется. Желаемый результат достигается итерационными методами, основанными на многократных поисковых шагах в пространстве управляемых параметров. Имитационное моделирование в большей степени искусство, нежели наука. Искусством моделирования могут овладеть те, кто наряду с глубокими знаниями динамики автомобиля, теории удара, опытом проведения экспериментальных исследований, обладает интуицией, позволяющей на основе анализа полученных результатов выбрать правильное направление дальнейших шагов. Имитационное моделирование представляет собой весьма трудоемкое средство, требующее большого объема и высокого качества исходных данных, обширной и пополняемой базой параметров автомобилей, высокой квалификации эксперта, больших затрат времени.

Поэтому, прежде чем приступать к моделированию с использованием программы, следует убедиться, что задача не решается с использованием традиционных экспертных методик. В том случае, когда задача может быть сведена к простой модели и решена аналитически, не стоит прибегать к имитации. Имитационное моделирование с использованием компьютерных программ – сложный и дорогостоящий инструмент незаменимый при решении определенного класса задач, не заменяющий, а дополняющий традиционные методы автотехнических исследований [5].

Далее кратко рассмотрим возможности имеющихся программных продуктов. Для каждого из них на первом этапе необходимо обеспечить правильный процесс собирания всех имеющихся следов и их задокументировать (рисунок 1).



Рисунок 1 – Сохранение и документация следов на месте ДТП

1. *AnalyzerPro* – программное обеспечение для реконструкции и просчета ДТП. Оно включает в себя мощный чертежный инструментарий для подготовки схемы ДТП в двухмерном и трехмерном виде. *AnalyzerPro* – проверенная программа, выдающая надежные расчеты. В ней содержится база данных автомобильных шин.

Эта информация позволяет произвести симуляцию движения заданного транспортного средства максимально приближенно к реальности, принимая во внимание реакционные силы в его колесах. Таким образом, в программе *AnalyzerPro* возможен анализ в трехмерном разрешении и с учетом всех возможных физических

параметров. Данное программное обеспечение доступно на нескольких языках: немецком, английском, итальянском, испанском, хорватском, словенском, чешском и с 2018 года – на французском и русском. Программа ежегодно обновляется и совершенствуется дополнительными функциями. Для подробного моделирования происшествия необходимо задать соответствующие данные транспортного средства (рисунок 2). Это можно сделать вручную либо с помощью базы данных, интегрированной в программу, содержащей около 6000 автомобилей и постоянно пополняющейся.

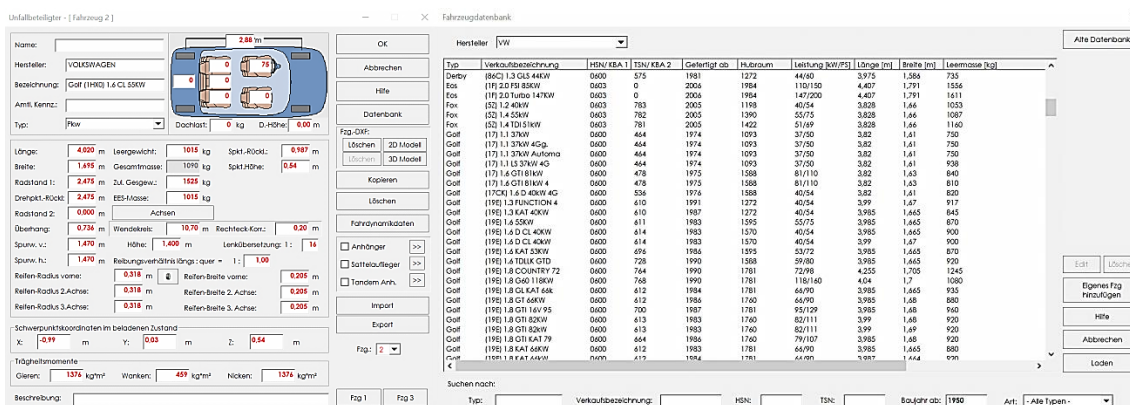


Рисунок 2 – Ввод данных

Программа *AnalyzerPro* проверяет в ходе моделирования физическую достоверность расчетов и предупреждает пользователя об

ошибке в случае, если результаты противоречат законам механики (рисунок 3).

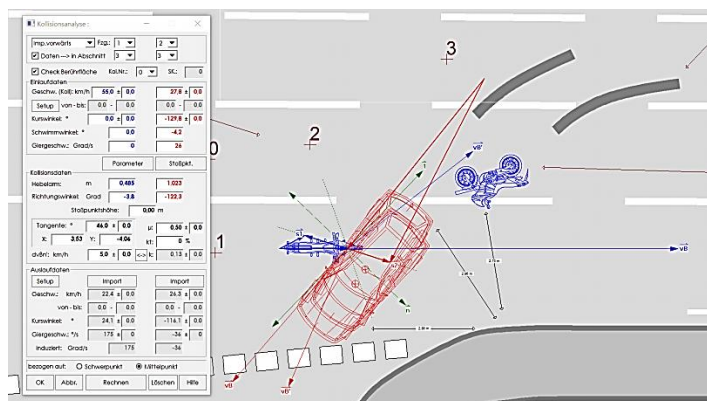


Рисунок 3 – Кинематический анализ движения транспортного средства

2. Ввиду постоянно возрастающих объемов работ по автотехническим экспертизам, необходимостью увеличения производительности труда экспертов-автотехников, повышения достоверности экспертных исследований и сокращения сроков их производства, в ГУ СЗРЦСЭ было признано целесообразным организовать производство автотехнических экспертиз с использованием современного программного обеспечения. С этой целью ГУ СЗРЦСЭ в 1999 году завершил разработку про-

граммы «*AUTO-GRAF 1.1*». Программа представляет собой графический редактор, позволяющий строить масштабные схемы ДТП и тем самым – моделировать обстановку места происшествия. При создании графического редактора «*AUTO-GRAF 1.1*» было обеспечено его соответствие не только общепринятым стандартам на предназначенные для работы с графическими объектами программные продукты, но и требованиям, вытекающим из экспертной практики. Такой подход позволил снизить тру-

доемкость построения схем и повысить их точность. Программа располагает базой в 170 автомобилей (практически все автомобили отечественного производства). При отсутствии в базе автомобиля какой-либо модели она может быть введена в базу экспертом самостоятельно при помощи имеющегося в программе шаблона автомобиля.

Программа содержит полную базу дорожных знаков и разметки, а также элементов вещественной обстановки на месте ДТП (дома, светофоры, деревья, пешеходы и т. д.). Кроме этого, в программу введен такой удобный инструмент, как шаблоны перекрестков. С их помощью эксперт в кратчайшие сроки может создать перекресток необходимой конфигурации с требуемой шириной проезжих частей. Программа проста в использовании и легка в освоении, тем не менее в большой степени повышает наглядность и достоверность экспертных исследований.

3. Движение автомобиля является сложным процессом, который зависит от особенностей его конструкции (параметров двигателя, трансмиссии, подвески, колес, геометрии кузова, распределения нагрузки относительно опорных точек), от характера взаимодействия с дорожным покрытием, от особенностей дорожной поверхности, от особенностей окружающей среды и т. д. Учесть при определении параметров движения автомобиля по возможности большее число влияющих на него параметров позволяют компьютерные программы динамического моделирования их движения и их столкновений. Летом 1999 года ГУ СЗРЦСЭ были приобретены два программных продукта австрийского разработчика Dr. Steffan Datentechnik Ges.m.b.H: программа динамического моделирования механизма движения автомобилей и их столкновений «PC Crash» (версия 5.1) и программа преобразования двухмерных изображений (фотографий) «PC-RECT» (версия 2.4) [6].

«PC Crash» – одна из самых распространенных и функциональных на сегодняшний день компьютерных программ для анализа и моделирования механизма ДТП, создатель которой –

австрийская фирма Dr. Steffan Datentechnik Ges.m.b.H (DSD). В программе «PC Crash» нашли применение несколько моделей расчета столкновений: классическая модель удара (рисунок 4), а также более совершенные – силовая (рисунок 5) и сетчатая (рисунок 6) модели. Важным преимуществом программы является возможность вести расчет параметров движения транспортных средств и других объектов в динамике – с учетом действительных их параметров, а также окружающей среды и управляющих воздействий. Кроме того, в программе нашли применение и кинематические модули расчета. Результаты моделирования, полученные при работе с программой «PC Crash», могут быть представлены как текстовые файлы, содержащие исходные и расчетные данные, а также могут быть выведены в виде диаграмм и таблиц. Для визуализации выполненного моделирования служат – 2D (вид сверху на рабочий стол) и 3D анимации (пространственный вид). Кроме того, выполненное моделирование можно приложить к экспертному заключению в виде проектного файла.

Вопросы реконструкции ДТП, решаемые при помощи программного продукта «PC Crash»: 1) место столкновения и положения транспортных средств и других объектов; 2) режимы движения; 3) реконструкция действий водителя (место реагирования); 4) параметры тяжести ДТП; 5) возможный ущерб; 6) правдоподобность столкновения (сочетаемость повреждений, последовательность событий).

Основные функции программного продукта «PC Crash» [10]: 1) моделирование среды движения в 3D, с учетом локальных поверхностей, бокового ветра; 2) моделирование динамики транспортных средств (в том числе – автопоездов) в 3D; 3) моделирование столкновений в 3D; 4) моделирование многосоставных моделей; 5) моделирование движения пассажиров; 6) моделирование движения транспортных средств и других объектов в кинематике; 7) модули для прикладных расчетов.

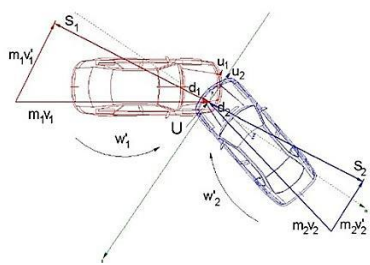


Рисунок 4 – Классическая модель столкновения

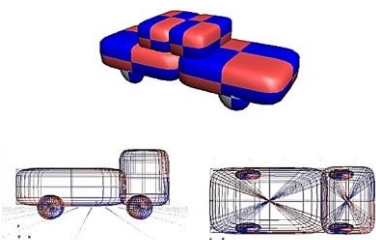


Рисунок 5 – Силовая модель анализа столкновения

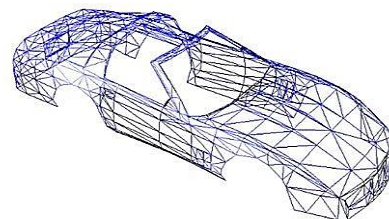


Рисунок 6 – Сетчатая модель анализа столкновения

Программный продукт «PC Crash» предназначен для моделирования дорожных происшествий, и имеет широкий спектр возможностей в этой области. Вот некоторые из основных возможностей программы:

1. Моделирование столкновений: PC-Crash позволяет создавать и моделировать различные типы столкновений, включая фронтальные, задние, боковые, перекрестные и другие.

2. Импорт и создание 3D-моделей: программа позволяет импортировать 3D-модели автомобилей и дорожных объектов из различных форматов, включая файлы CAD. Также можно создавать 3D-модели автомобилей и дорожных объектов непосредственно в программе.

3. Расчет физических параметров: PC-Crash позволяет рассчитывать физические параметры столкновений, такие как скорость, ускорение, силы и т. д.

4. Создание анимации: программа позволяет создавать анимацию столкновений, что может помочь визуализировать события и лучше понять, что произошло во время ДТП.

5. Создание отчетов: PC Crash имеет возможность создавать отчеты о моделировании, которые могут использоваться в судебных процессах и для страховых претензий.

6. Моделирование условий: программа позволяет моделировать различные условия, такие как погодные, состояние дороги, транспортное средство, и т. д.

7. Учет физических свойств материалов: PC Crash учитывает физические свойства материалов, из которых сделаны автомобили и дорожные объекты, что позволяет создавать более точные модели столкновений.

8. Моделирование поведения пассажиров: программа позволяет моделировать поведение пассажиров в автомобиле во время столкновения, что может помочь оценить возможные травмы и др.

Это лишь некоторые возможности програм-

мы «PC Crash», и она имеет множество других функций, которые могут быть полезны в моделировании дорожных происшествий [7; 8].

4. Программные инструменты CarSim, BikeSim и TruckSim моделируют и анимируют динамические испытания автомобилей (рисунок 7), мотоциклов (рисунок 8), скутеров, гоночных автомобилей и грузовиков с использованием стандартных ПК с ОС Windows. Математические модели, основанные на многолетних исследованиях в области динамики автомобилей, с высокой точностью имитируют торможение, управляемость, плавность хода, устойчивость и ускорение. Основные модели могут быть расширены с помощью другого программного обеспечения, такого как Simulink. Внутренний набор инструментов языка VS Command добавляет мощную возможность программирования во время выполнения, которая позволяет пользователям писать свой собственный код в решатель, с помощью которого можно определять новые переменные, импортировать и экспортировать переменные, выполнять основные математические функции (включая ветвление) или даже добавлять новые дифференциальные уравнения.

Программа подходит для использования с Computer Vision Toolbox и Image Processing Toolbox для передовых систем помощи водителю (ADAS), а также для разработки и тестирования автономных транспортных средств.

CarSim, TruckSim и BikeSim используются по всему миру более чем 200 университетами и государственными исследовательскими лабораториями. Вот несколько преимуществ: 1) CarSim, TruckSim и BikeSim – это отдельное приложение. Для моделирования не требуется никакого другого программного обеспечения; 2) имеет стандартный интерфейс для MATLAB/Simulink; 3) используется крупнейшими производителями транспортных средств (мотоциклов);

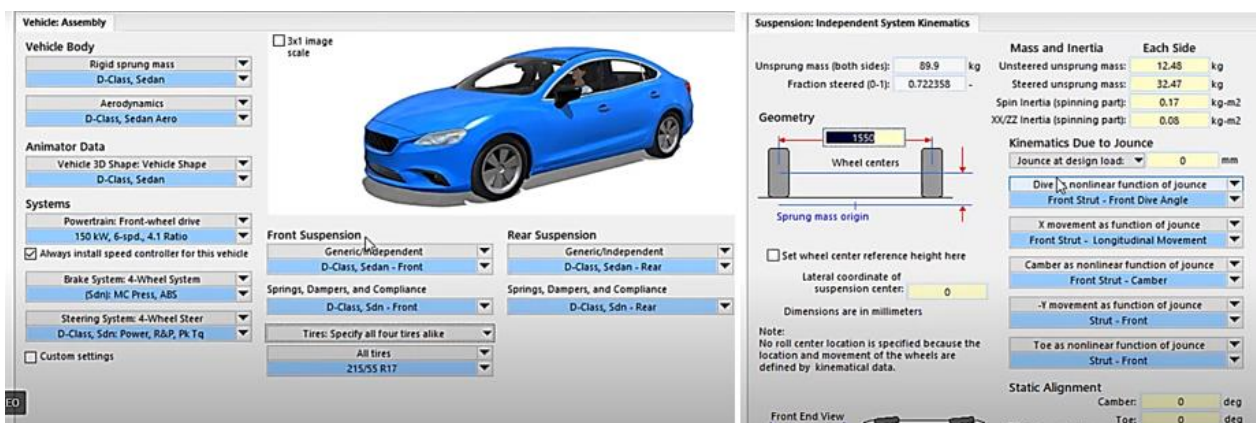


Рисунок 7 – Параметры транспортного средства

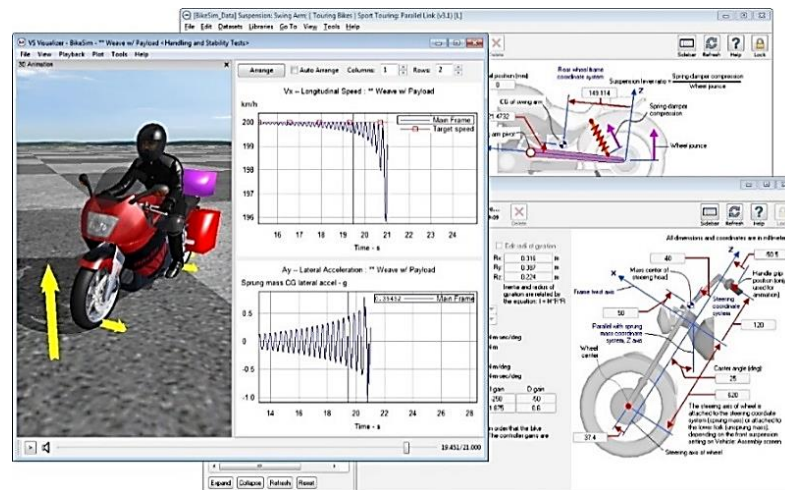


Рисунок 8 – Параметры мотоцикла

4) CarSim, TruckSim и BikeSim позволяет пользователям создавать сложные сценарии и тестировать последовательности событий (рисунки 9–12); 5) имеет интуитивно понятный пользовательский интерфейс и мощные инструменты анализа; 6) поддерживает датчики автомобиля и интерактивный трафик для разработки V2V и ADAS; 7) включает в себя множество примеров автомобилей, дорог и процедур для помощи начинающим пользователям и др.

CarSim, BikeSim и TruckSim используют технологии, впервые представленные в 1990 году и с тех пор постоянно развивающиеся. Эффективные параметрические математические модели воспроизводят динамическое поведение автомобилей на системном уровне под управлением графического пользовательского интерфейса, предназначенного для инженеров, которым необходимо оценить поведение транспортного средства, не тратя недели на обучение. Продукты VehicleSim также включают инструмент VS Visualizer для просмотра симуляций с графиками и фотореалистичной анимацией.

В дополнение к встроенным возможностям моделей BikeSim программные инструменты VehicleSim включают в себя методы расширения возможностей с помощью пользовательских программ и/или подключений к стороннему программному обеспечению: 1) коммерческие среды моделирования Simulink среды моделирования Simulink (MathWorks), LabVIEW (National Instruments) и ASCET (ETAS); 2) среды моделирования, поддерживающие интерфейс функционального макета (FMI); BikeSim может автоматически создавать функциональные макеты (FMU), которые работают во многих внешних программных средах; 3) команды VS (встроенный язык сценариев); 4) работайте с пользовательскими программами (MATLAB, Visual Basic, C/C++) с помощью VS SDK (комплекта для разработки программного обеспечения); 5) запуск с удаленным управлением через Windows COM и другими способами; 6) поддержка тестирования HIL (аппаратное обеспечение в цикле) на основных платформах RT (в реальном времени).



Рисунок 9 – Моделирование движения транспорта

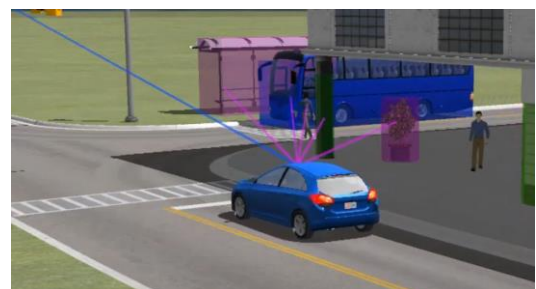


Рисунок 10 – Анимация видимости объектов



Рисунок 11 – Моделирование участков дорог

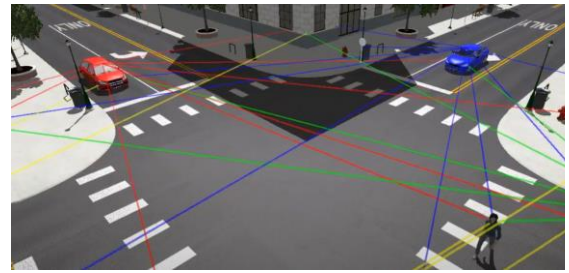


Рисунок 12 – Моделирование проезда перекрестков

SuspensionSim может генерировать пользовательские выходные данные на основе пользовательских спецификаций. Создавайте кинематику подвески и свойства соответствия в Parsfiles для непосредственного использования в CarSim, TruckSim и BikeSim (рисунки 13, 14).

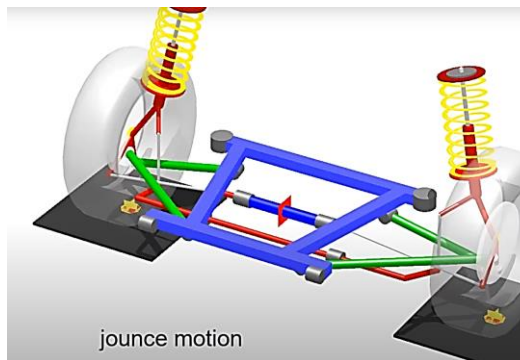


Рисунок 13 – Моделирование отдельных узлов автомобиля

Например, с набором смоделированных тестовых процедур К&С достаточно одного нажатия кнопки, чтобы сгенерировать Parsfile для информации о подвеске/рулевом управлении, которую можно использовать в модели автомобиля VehicleSim [9; 10].

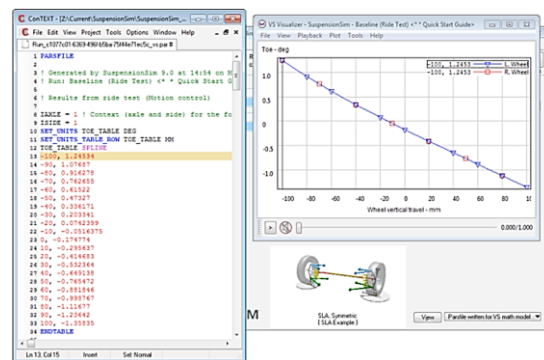


Рисунок 14 – Информация о подвеске/рулевом управлении

5. Компьютерная программа *Cybid V-SIM* дает возможность моделировать движение автомобилей, прицепов и полуприцепов в различной транспортной среде (рисунок 15). Программа обладает графическим редактором, позволяющим пользователю создать транспортную среду, соответствующую месту и времени ДТП. Произведенный анализ, реконструкцию и моделирование возможно представить, как 2D или 3D визуализацию (анимацию). Программа позволяет также моделировать в кинематике (анимация) движение других объектов, например, пешеходов, велосипедистов, мотоциклистов и т. п.

Программа V-SIM имеет графический редактор, который дает возможность построения фрагментов дороги и перекрестков с различными коэффициентами сцепления, уклоном или действием бокового ветра. Имеется обширная база макетов дорожной разметки и дорожных знаков в соответствии со стандартами Российской Федерации, неподвижных моделей автомобилей и других

участников движения, силуэтов человеческого тела, измерительных линий и выносок. В программе Cybid PLAN можно создать практически готовые транспортные среды для программы V-SIM.

Анализ процесса и последствий ДТП может включать в себя: 1) столкновение автомобилей друг с другом; 2) столкновение автомобилей с другими участниками дорожного движения (кинематические объекты); 3) столкновение автомобилей с препятствиями местности.

В зависимости от поставленных целей, программа может применяться в следующих областях: 1) анализ, моделирование и реконструкция ДТП при проведении автотехнической экспертизы; 2) проектирование автомобилей и их компонентов; 3) дорожная инженерия – проектирование автомобильных дорог и их среды. Программа V-SIM имеет встроенную базу данных более чем 12000 автомобилей, которые можно использовать в моделировании. Это автомобили практически всех категорий, имеющие от 1 до 3 осей вме-

сте с полуприцепами и прицепами с центральной осью. Пользователь имеет возможность изменения технических параметров

введенных автомобилей, а также возможность создавать свои собственные.

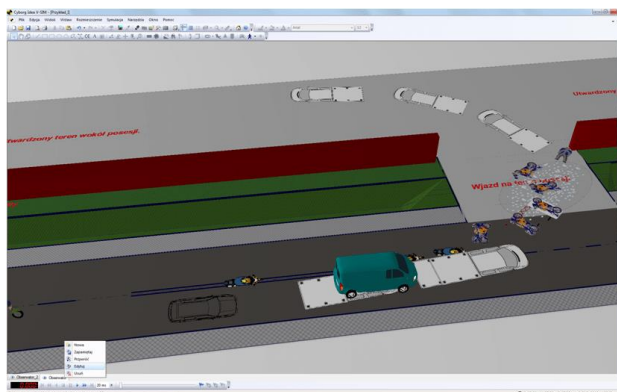


Рисунок 15 – Моделирование столкновения в программе «Cybid V-SIM»



Рисунок 16 – Общий вид схемы моделирования ДТП в программе «Cybid V-SIM»

Программа имеет обширную базу данных кинематических объектов (пешеходы, мотоциклисты, велосипедисты, животные и некоторые железнодорожные объекты (например, трамвай) или специальные (например, комбайн). Для каждого из них можно индивидуально задать траекторию движения, изменение скорости, ускорение/задержку, изменение направления движения и вращения.

Механизм столкновения, а также его последствия, анализируются в трехмерном пространстве (3D) (рисунок 16). Моделировать можно столкновения со скольжением или без него. При анализе столкновения программа может использовать две модели столкновения: 1) силовая модель, в которой силы, действующие между участниками столкновения, изменяются постоянно с момента первичного контакта кузовов до окончательного их разъединения. Эта модель была специально разработана для целей компьютерного моделирования движения ТС и является наиболее приближенной к реальному ходу столкновений ТС; 2) классическая (импульсная) модель, основанная на коэффициенте восстановления всего кузова, вместо показателей жесткости отдельных элементов кузова. Она дает возможность пользо-

вателю изменять автоматически принятые программой параметры.

Моделирование состоит в том, чтобы рассчитать программой последующие этапы движения моделируемых объектов на основе текущего состояния и предполагаемых задач, которые должны быть выполнены во время движения. Программа одновременно рассчитывает последующие состояния трафика и показывает последующие состояния объектов. Моделирование может быть непрерывным, плавным или пошаговым, что позволяет пользователю точно наблюдать объекты на последующих этапах движения. После расчета последовательность моделирования можно затем воспроизвести или перемотать плавно или пошагово.

### Выводы

В таблице 1 представлены результаты сравнительной характеристики рассмотренных программ моделирования.

В отличие от других программ моделирования (как показано в таблице), некоторые из них не предназначены для конкретного моделирования ДТП, PC Crash имеет специализированные инструменты и функции, которые позволяют проводить более точные и реалистичные моделирования ДТП.



Таблица 1 – Сравнительная характеристика программ моделирования ДТП

Наименование показателя	Название программного продукта				
	AnalyzerPro (Германия)	Auto-graf 1.1 (Германия)	PC Crash (Австрия)	CarSim (США)	Cybid V-SIM (Польша)
Доступность	Программа доступна в демоверсии	Программу сложно найти в свободном доступе, даже демоверсию	Программу возможно скачать во взломанном режиме	Программа доступна в демоверсии	Программа доступна в демоверсии
Анализ данных	–	+	+	+	+
Визуализация данных	–	–	+	+	+
Предварительное обучение	+	–	+	–	–
Специализирована на моделирование ДТП	+	–	+	–	–
Сравнение с реальными данными ДТП	+	–	+	–	–

PC Crash позволяет создавать трехмерные модели движения автомобилей, анализировать данные столкновений, визуализировать результаты и сравнивать их с реальными данными. Это позволяет специалистам в области безопасности дорожного движения более углубленно подходить к выявлению причин ДТП и выработать на их основе мероприятия, обеспечивающие более безопасные дорожные условия, предупреждающие ДТП в будущем.

Таким образом, основными отличительными возможностями PC Crash являются: 1) моделирование движения автомобилей: PC Crash позволяет создавать модели движения автомобилей на дороге. Это позволяет анализировать различные сценарии ДТП и предсказывать их последствия; 2) моделирование столкновений: PC Crash позволяет создавать модели столкновений между автомобилями и другими объектами на дороге. Это позволяет анализировать последствия различных видов столкновений и определять причины ДТП; 3) анализ данных: PC Crash позволяет анализировать данные, полученные в результате ДТП, и определять их причины и последствия. Это позволяет улучшать безопасность на дорогах и предотвращать ДТП в будущем; 4) визуализация данных: PC Crash позволяет визуализировать данные, полученные в результате моделирования ДТП. Это позволяет более наглядно представить последствия ДТП и определить наиболее опасные ситуации на дорогах; 5) сравнение с реальными данными: PC Crash позволяет сравнивать результаты моделирования с реальными данными, полученными в результате ДТП. Это позволяет улучшать точность моделирования и повышать эффективность программы.

## Литература

1. Изосимов, С. В. Актуальные проблемы обеспечения безопасности дорожного движения

на современном этапе / С. В. Изосимов, А. П. Кузнецов, Н. Н. Маршакова // Транспортное право. – 2006. – № 1. – С. 20–29.

2. Иларионов, В. А. Экспертиза дорожно-транспортных происшествий : учеб. для вузов / В. А. Иларионов. – М. : Транспорт, 1989. – 255 с.

3. Применение дифференцированных значений времени реакции водителя в экспертной практике : метод. рекомендации. – Мн. : М-во юстиции, НИИ проблем криминологии, криминалистики и судебных экспертиз», М-во внутренних дел, Гос. экспертно-криминалистический центр, 1997. – 15 с.

4. Применение в экспертной практике экспериментально-расчетных значений параметров торможения автотранспортных средств в разных массовых состояниях на дорогах с различными сцепными качествами : метод. рекомендации. – Мн.: М-во юстиции, НИИ проблем криминологии, криминалистики и судебных экспертиз, М-во внутренних дел, Гос. экспертно-криминалистический центр, 1995. – 12 с.

5. Бекмагамбетов, М. М. Анализ современных программных средств транспортного моделирования / М. М. Бекмагамбетов, А. В. Кочетков // Журнал автомобильных инженеров. – 2012. – № 6 (77). – С. 25–34.

6. Auto-graf 1.1 – Графический редактор для моделирования ДТП [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://studbooks.net/2259756/informatika/auto\\_graf](https://studbooks.net/2259756/informatika/auto_graf) – Дата доступа: 18.03.2023.

7. PC CRASH – Компьютерная программа для анализа и моделирования дорожно-транспортных происшествий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.expertiza-center.ru/node/61> – Дата доступа: 18.03.2023.

8. Richard P. The Traffic Accident Manual – The Only Step-by-Step, How-To Book That You

Absolutely Need But Hopefully Will Not Use. – USA: CRS Press, 1998. – 191 p.

9. CarSim – Mechanical Simulator [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.carsim.com/> – Дата доступа: 18.03.2023.

10. Dean Karnopp. Vehicle Dynamics, Stability, and Control. – Prime Deals, USA, 2013. – 326 p.

11. Cybid V-SIM – компьютерная программа для моделирования и реконструкции ДТП [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://soft.ekc-vector.ru> – Дата доступа: 18.03.2023.

UDK 656.08

KHODOSKIN D. P., Senior lecturer,  
Department «Management of road transport and traffic»<sup>1</sup>  
E-mail: [dlya\\_moih\\_studentov@mail.ru](mailto:dlya_moih_studentov@mail.ru)

DUBOVIK K. V., Undergraduate,  
Department «Management of road transport and traffic»<sup>2</sup>  
E-mail: [a779865@gmail.com](mailto:a779865@gmail.com)

Belarusian State University of Transport, Gomel, Republic of Belarus

*Received 19 July 2023*

## **ANALYSIS OF EXPERIENCE IN APPLICATION OF PROGRAMS FOR SIMULATION OF ROAD ACCIDENTS**

*The growing motorization of society is a necessary condition for economic growth, innovative development and cohesion of the country. Unfortunately, this process also has negative side effects, for example, road traffic accidents due to existing deficiencies in the organization of traffic, driver errors, vehicle breakdowns or problems in road infrastructure that lead to financial costs – of various types. losses and, in the worst case, human casualties. Therefore, reliable, based on scientific conclusions, reconstruction of accidents is needed. Specially developed computer software is the latest technology that allows such a reconstruction to be carried out objectively. It is proposed to consider the experience of various countries, which is primarily aimed at improving the safety of all road users by analyzing and modeling accidents using software products, and then comparing them with each other based on an analysis of advantages and disadvantages. However, it is possible to obtain reliable and reliable calculation results only if the actual numerical values of the corresponding initial calculated data (measurement results, parameters and coefficients) are substituted into the formulas. This circumstance is connected with the validity, objectivity and reliability of the expert's conclusions. Therefore, an urgent task is to increase the reliability of expert studies and reduce the time for their production. The use of special software can significantly increase the efficiency of the work performed to solve the tasks in three aspects: 1) the calculation process is accelerated; 2) in qualitative terms, the use of computer programs reduces the likelihood of arithmetic errors; 3) it is possible to visualize the results of the study.*

**Keywords:** *software, modeling of the mechanism of an accident, examination of an accident, collision of vehicles, modeling of the movement of a car.*

### **References**

1. Izosimov, S. V. Actual problems of road traffic safety at the present stage / S. V. Izosimov, A. P. Kuznetsov, N. N. Marshakova // Transport law. – 2006. – No. 1. – P. 20–29.

2. Ilarionov, V. A. Examination of road accidents: textbook. for universities / V. A. Ilarionov. – M. : Transport, 1989. – 255 p.

3. Application of differentiated values of the driver's reaction time in expert practice: method.