

PC-CRASH

КОМПЬЮТЕРНАЯ ПРОГРАММА
ДЛЯ АНАЛИЗА И МОДЕЛИРОВАНИЯ
ДОРОЖНО – ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ



Version 14.0 /Версия 14.0

Dr. Steffan Datentechnik

г. Линц, Австрия, 2022

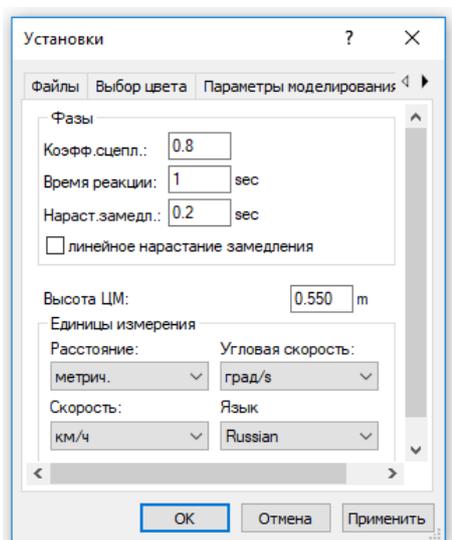
Компьютерная программа «PC Crash» – одна из самых распространенных и функциональных на сегодняшний день компьютерных программ для анализа и моделирования механизма дорожно - транспортных происшествий (ДТП), создатель которой – австрийская фирма Dr. Steffan Datentechnik Ges.m.b.H (DSD).

В программе «PC Crash» нашли применение несколько моделей расчета столкновений: классическая модель удара, а также более совершенные – силовая и сетчатая модели. Важным преимуществом программы является возможность вести расчет параметров движения автотранспортных 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). Выполненное при помощи программы моделирование можно приложить к экспертному заключению в виде проектного файла.

ОБЗОР ОСНОВНЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРОГРАММЫ «PC-CRASH»

Представленный ниже перечень возможностей программы дает обзор по версии «PC Crash 14.0».

Общая характеристика программы



- Непосредственное переключение между различными языковыми версиями программы, не выходя из рабочего проекта.

- Непосредственное переключение между различными единицами измерений (единицами системы СИ и единицами американской системы измерений).

- Руководство пользователя (в виде файла PDF) может быть активировано из самой программы.

- Содержание панелей меню и панелей инструментов могут быть сконфигурированы пользователем по индивидуальным потребностям.

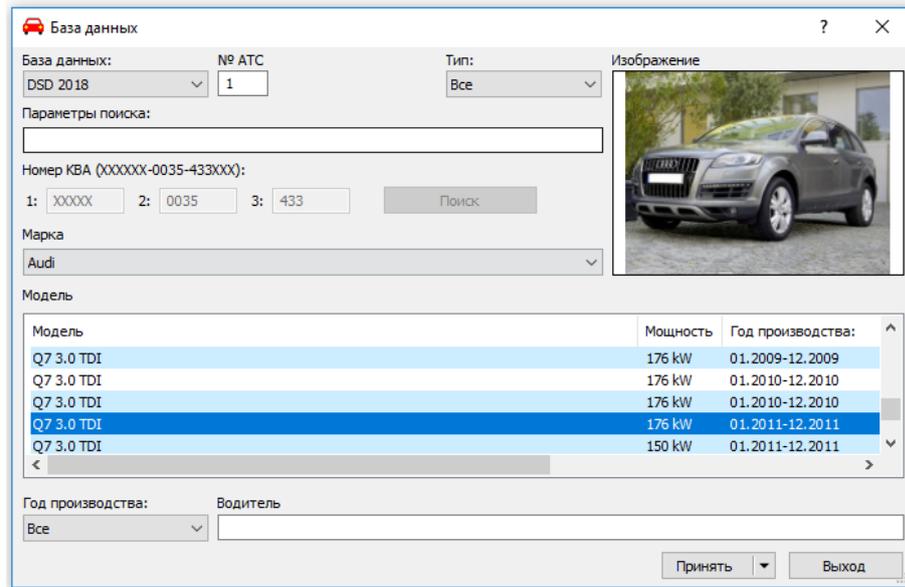
- Наличие «Explorer Toolbar» для быстрой загрузки проектов, объектов моделирования, графических изображений способом «перетаски и оставь».

- Автоматическое сохранение рабочих проектов через промежутки времени, установленные пользователем.

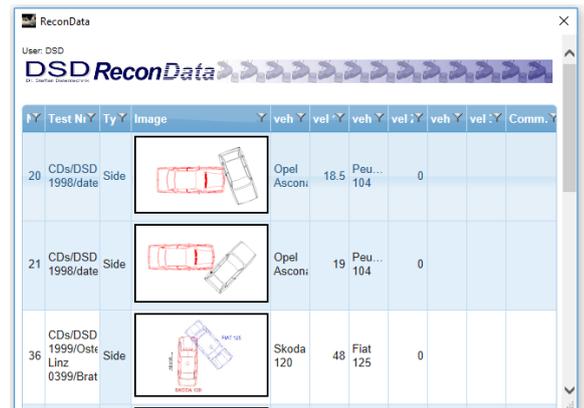
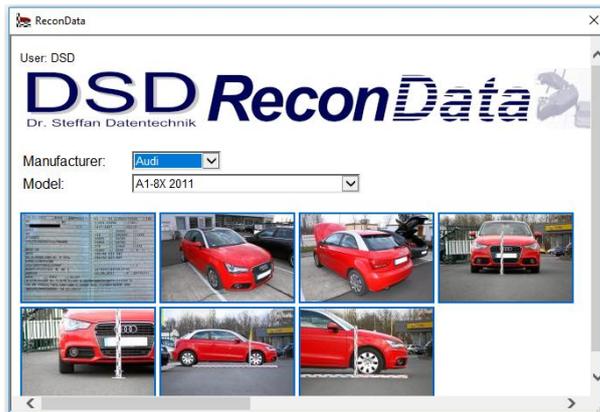
- Функция возврата к последней функции, обеспечивающая до 50 шагов назад.

- Рабочие проекты могут быть сохранены также для применения на более старых версиях программы.

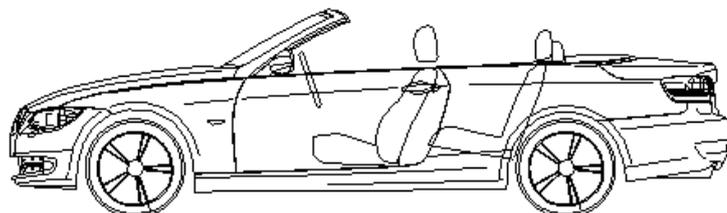
- Возможность загрузки параметров транспортных средств из интегрированной базы данных, которая снабжена фотографиями внешнего вида, что позволяет более точно выбрать искомое транспортное средство.



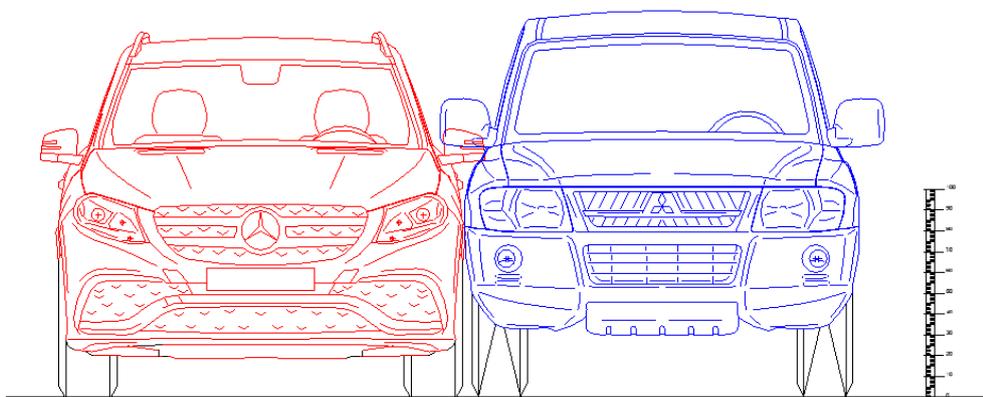
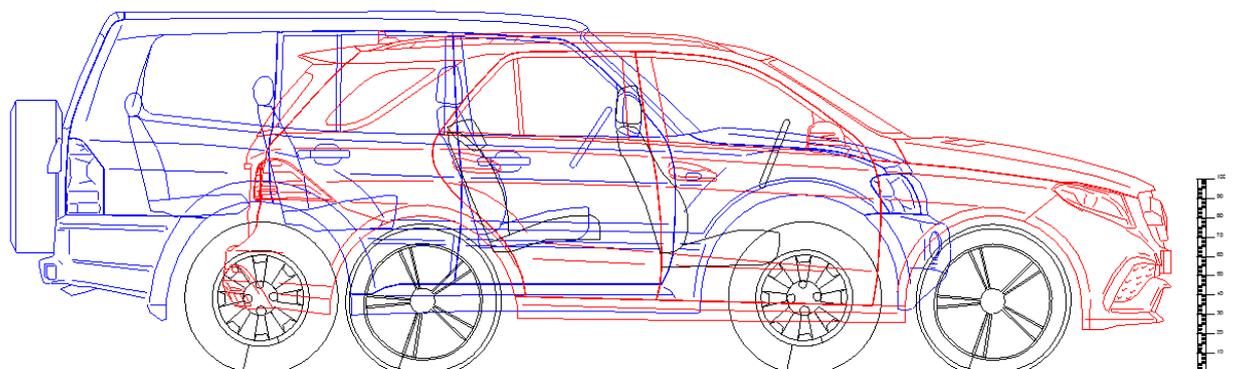
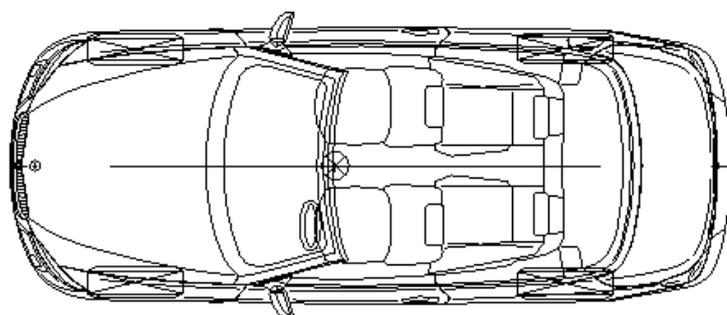
- Доступ через интернет к базе данных «Recon Data», которая содержит фотографии транспортных средств и других объектов с масштабной линейкой, информацию по crash-тестам DSD и др.



- Возможность использования масштабных изображений автотранспортных средств (напр., база масштабных изображений «Autoview» (опционально)), что позволяет профессионально выполнять трасологические исследования для сравнения соответствия повреждений по их расположению и размерам.



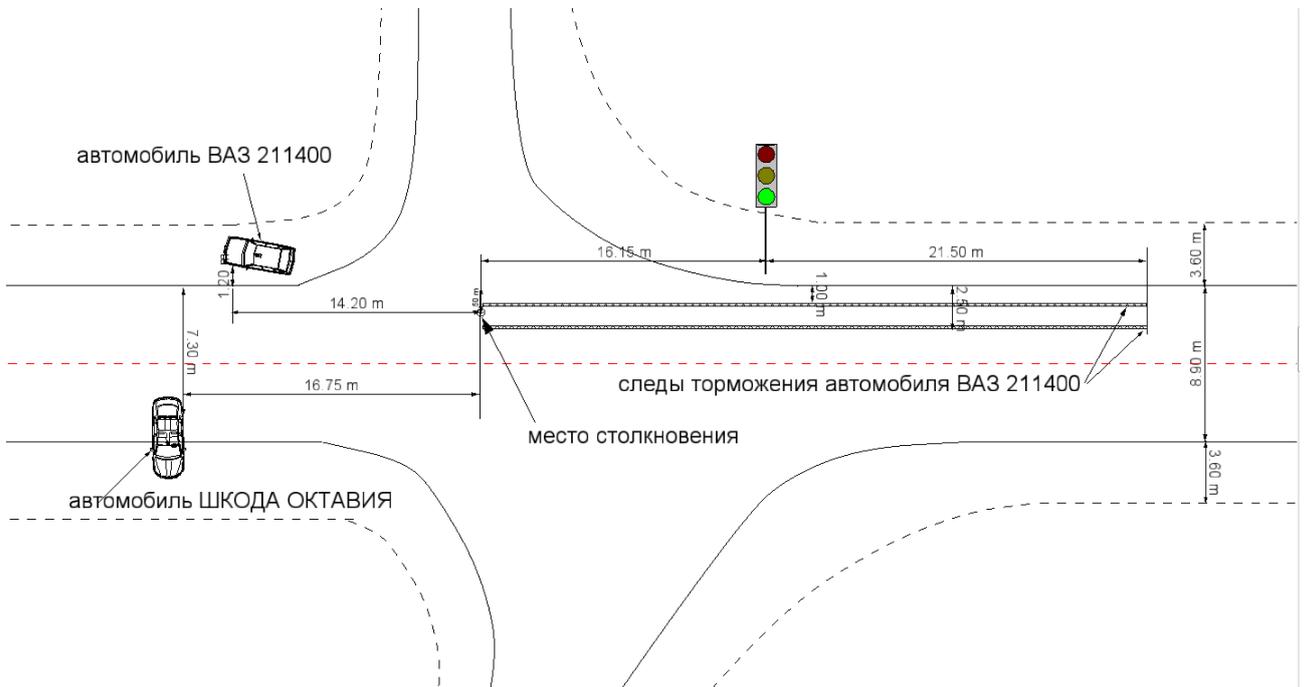
BMW 3 Cabrio 4.6l 1.78 2.78 1.50 0 80 1730



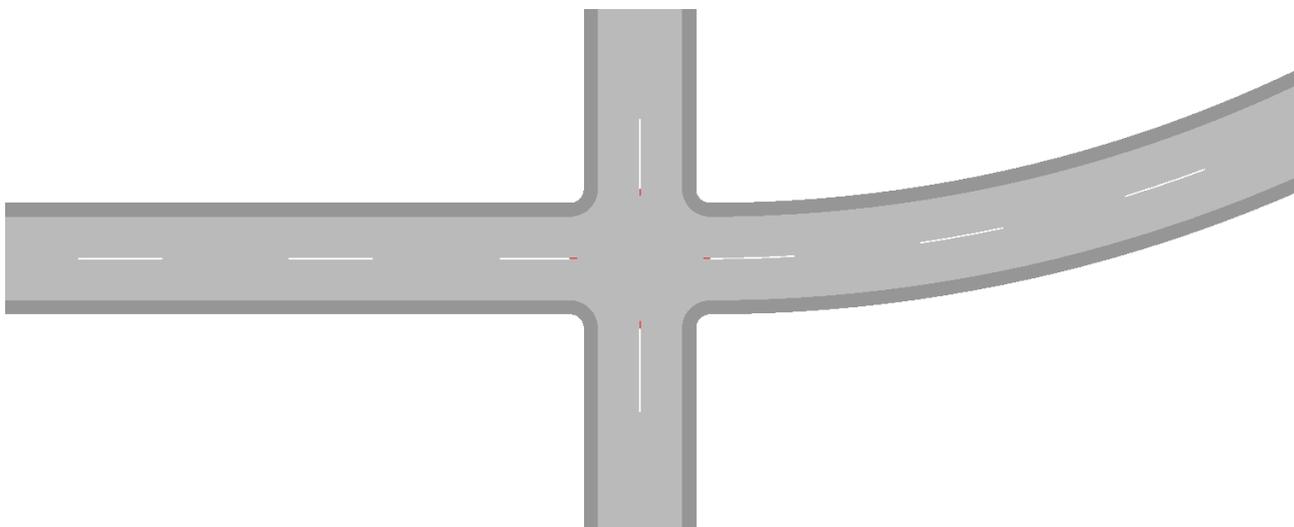
- Возможность использования для визуализации в формате 3D масштабных пространственных форм транспортных средств и других объектов.



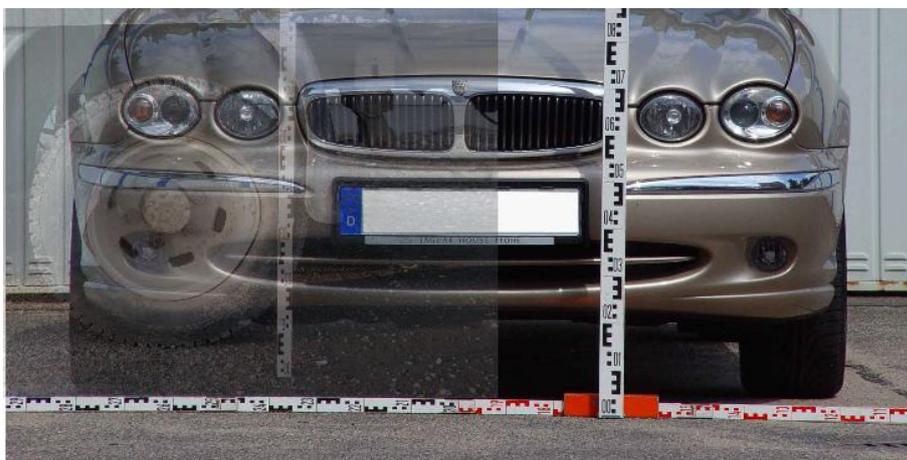
- Собственная многофункциональная чертежная программа, позволяющая создавать графические изображения любой сложности (напр., масштабный чертеж согласно схемы ДТП):



- Возможность использовать имеющиеся графические изображения стандартных элементов дороги (прямой/ криволинейный участок дороги, перекресток):



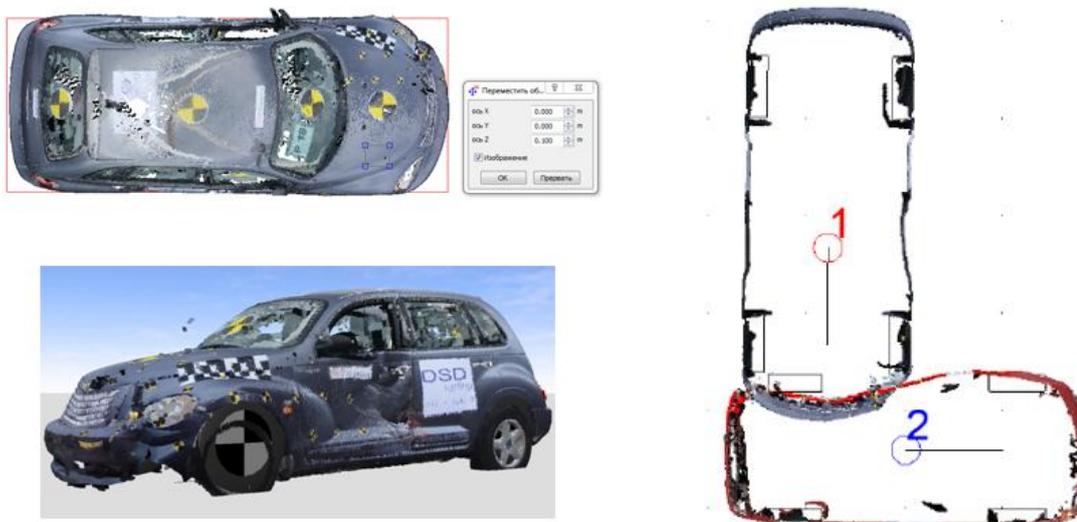
- Возможность загружать и обрабатывать битовые изображения (BMP), включая взаимное наложение этих изображений



- Возможность создавать пространственные графические объекты любого профиля, экспортировать в формат Direct X ,DXF и VRML(*.WRL). Возможность импортировать ранее созданные трехмерные графические изображения (формат DXF и VRML (*.WRL))



- Возможность обработки и применения при моделировании сканированных пространственных поверхностей автотранспортных средств.



- Возможность использования при моделировании параметров дорожной поверхности согласно данным, полученных путем пространственного сканирования (asc,xyz, rgb формат).

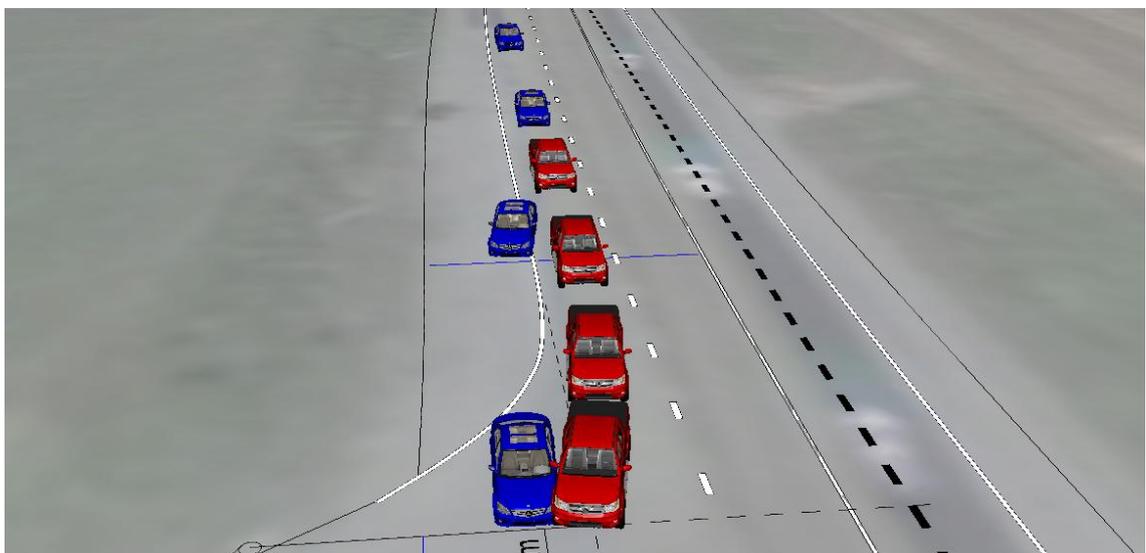
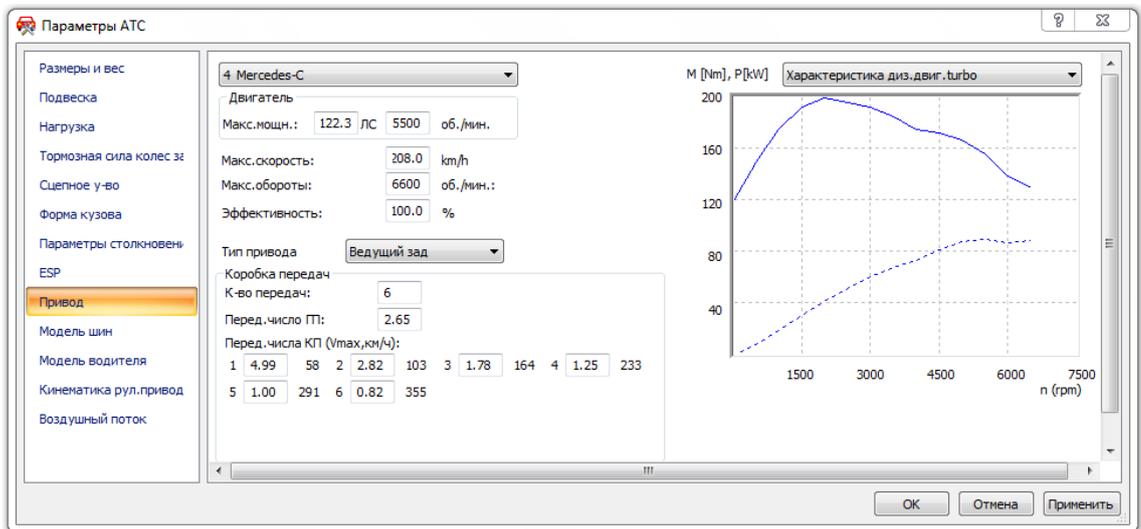
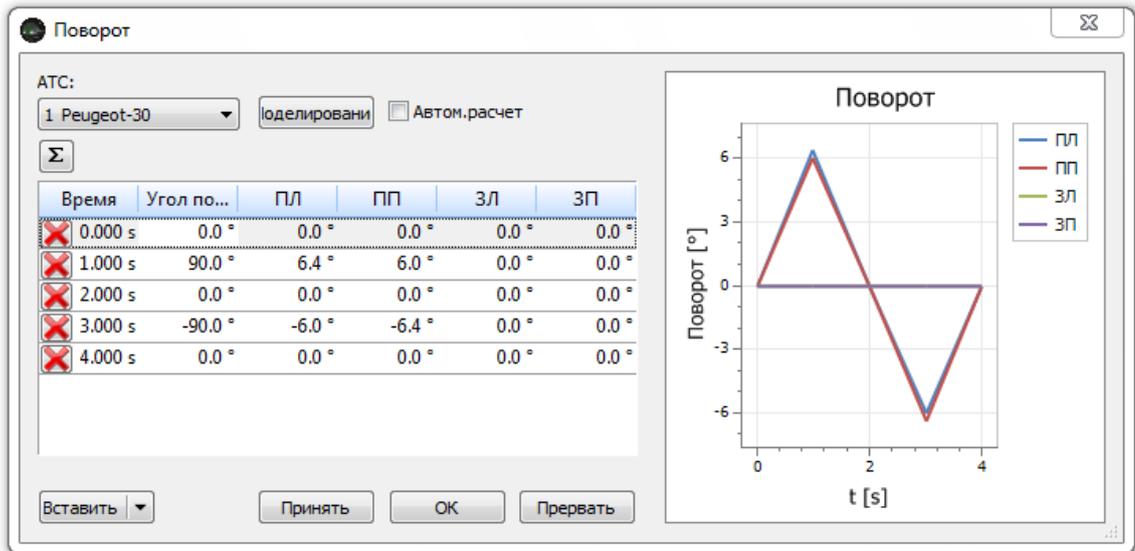


Моделирование движения в динамике

- Одновременно можно моделировать движение до 32 транспортных средств (одиночных автомобилей, в том числе – многоосных, а также автомобилей с прицепом (с поворотной или центральной осью, том числе – с эксцентрично расположенным сцепным устройством) или полуприцепом). Имеется также возможность моделировать движение транспортных средств на гибкой сцепке.

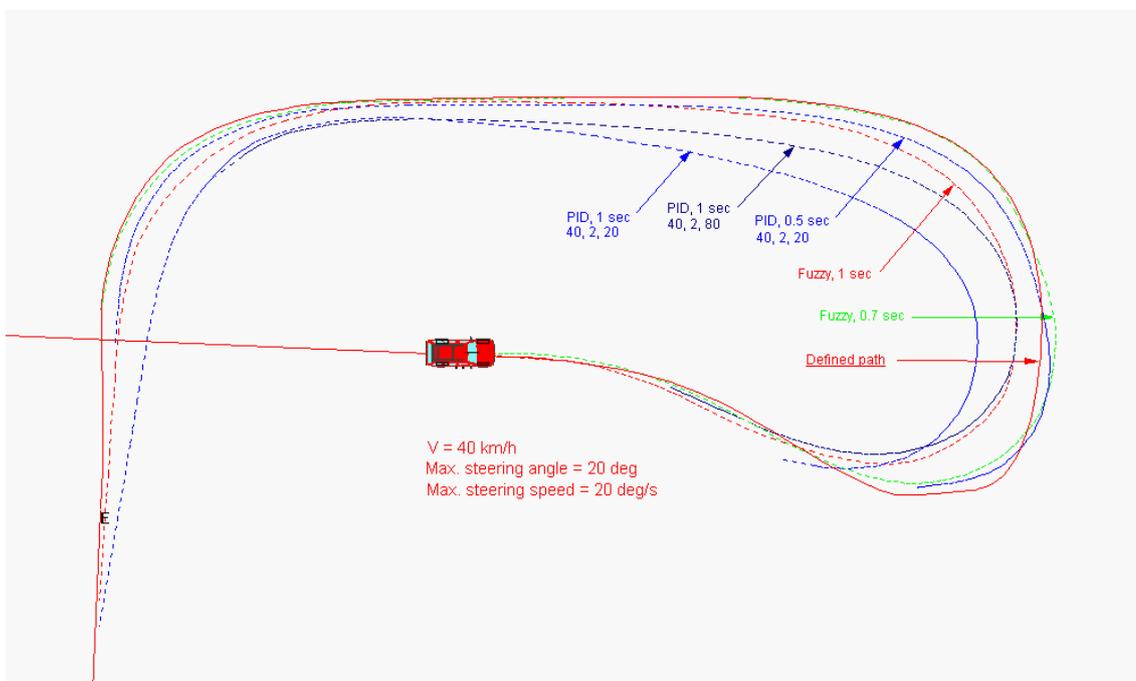


- Программа позволяет моделировать движение в динамическом режиме, т.е. с учетом параметров и характеристик транспортного средства, параметров опорной поверхности (коэффициент сцепления колес с дорогой, учитывая локальные поверхности с иным коэффициентом сцепления), окружающей среды (напр., профиль придорожных склонов; сила и направление бокового ветра), а также управляющих воздействий водителя (поворот рулевого колеса, нажатие на педали акселератора и тормоза). При этом, при моделировании разгона и других динамических режимов используются действительные характеристики двигателя и трансмиссии автомобиля. При моделировании процесса торможения могут быть учтены индивидуальные характеристики сцепления и затормаживания каждого из колес. Возможность моделирования движения транспортных средств с системой ABS (Antilock Braking System) и ESP (Electronic Stability Program), а также системой автоматического торможения (Brakingassistsystem – BAS) и системой адаптивного круиз-контроля (Adaptive Cruise Control – ACC).



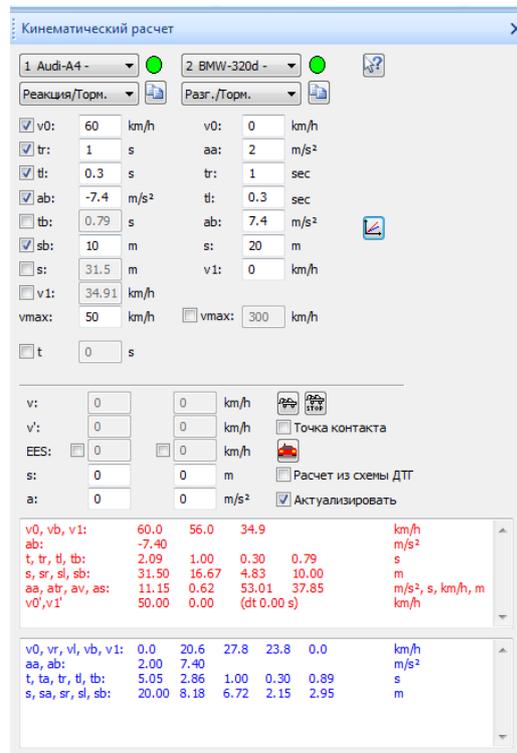


В программе применяется математическая модель водителя, предназначенная для обеспечения движения транспортного средства по заданной траектории (в зависимости параметров его движения АТС, характеристик опорной поверхности и критериев математической модели водителя).

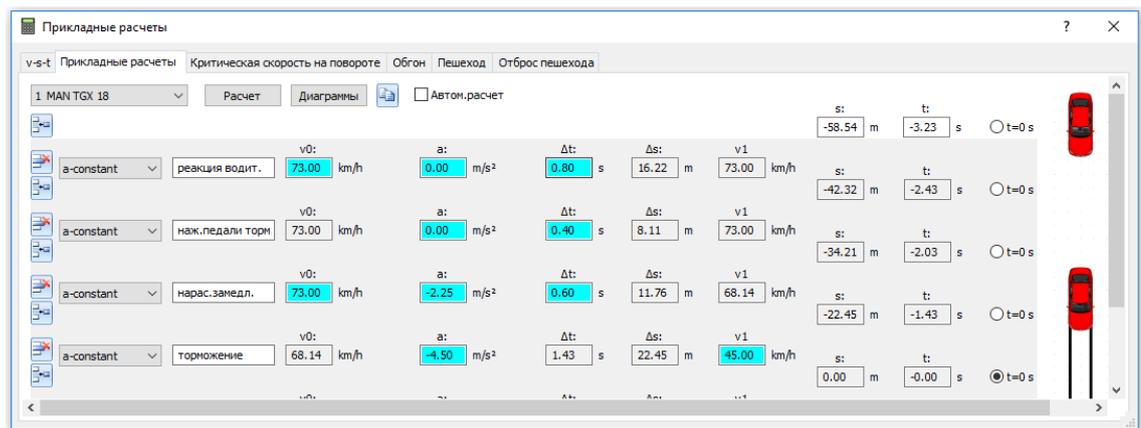


Моделирование движения в кинематике

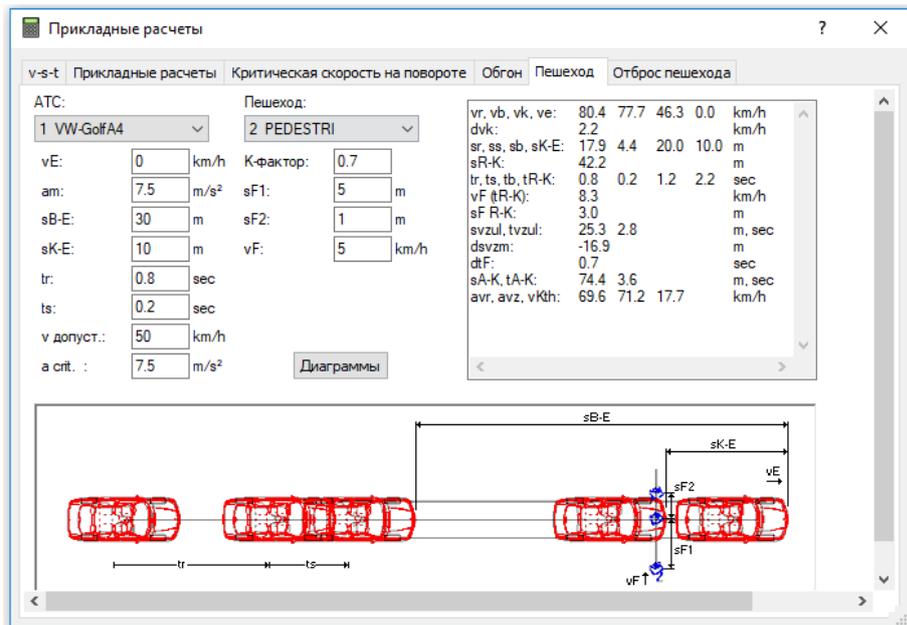
- Автоматизированный расчет стандартных процессов движения («реакция – торможение», «разгон – реакция – торможение др.)



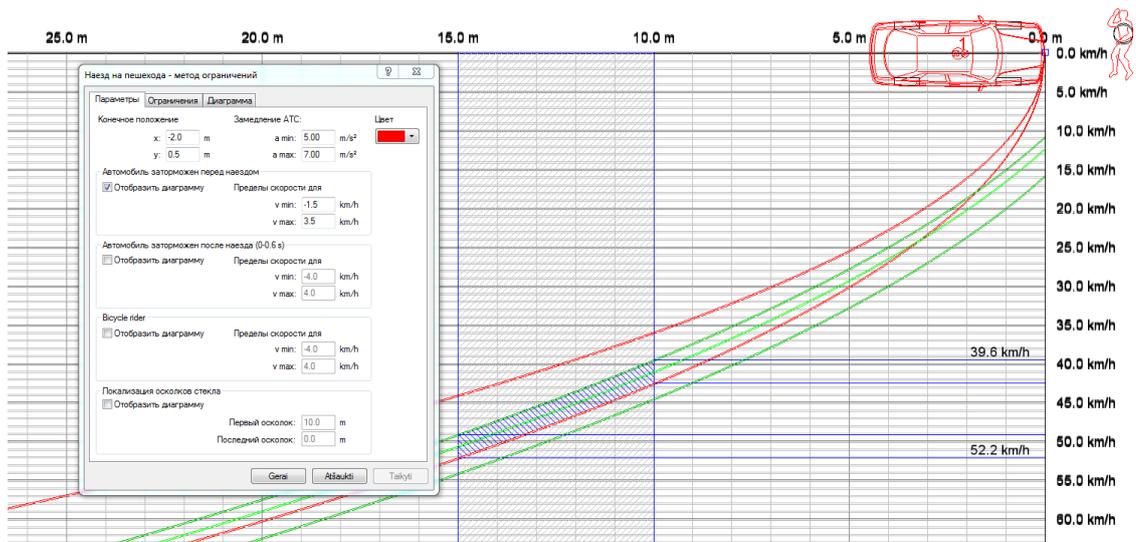
- Расчет произвольного движения в кинематике с фиксацией параметров движения по заданным фазам движения



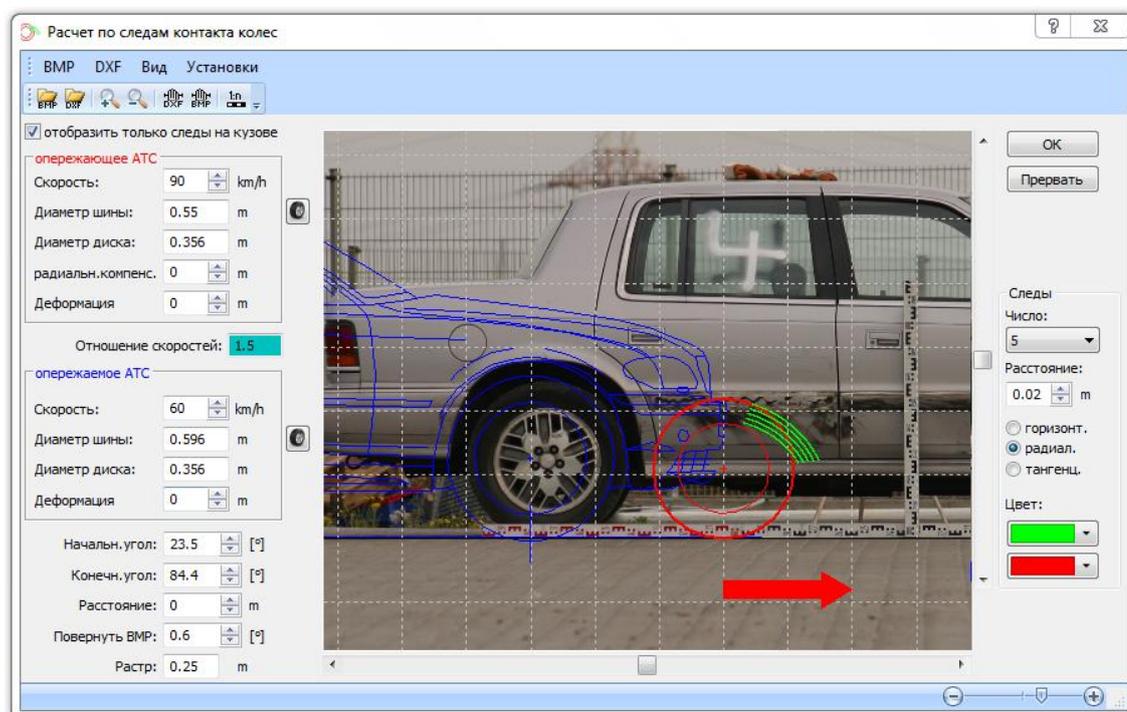
- Автоматизированный расчет технической возможности избежать наезда на пешехода.



- Расчет расстояния отброса пешехода от скорости при наезде



- Расчет относительной скорости автотранспортных средств по следам от шин, образовавшимся на боковой поверхности кузова



Моделирование и расчет столкновений

В программе задействованы 3 модели прямого (динамического) расчета столкновений:

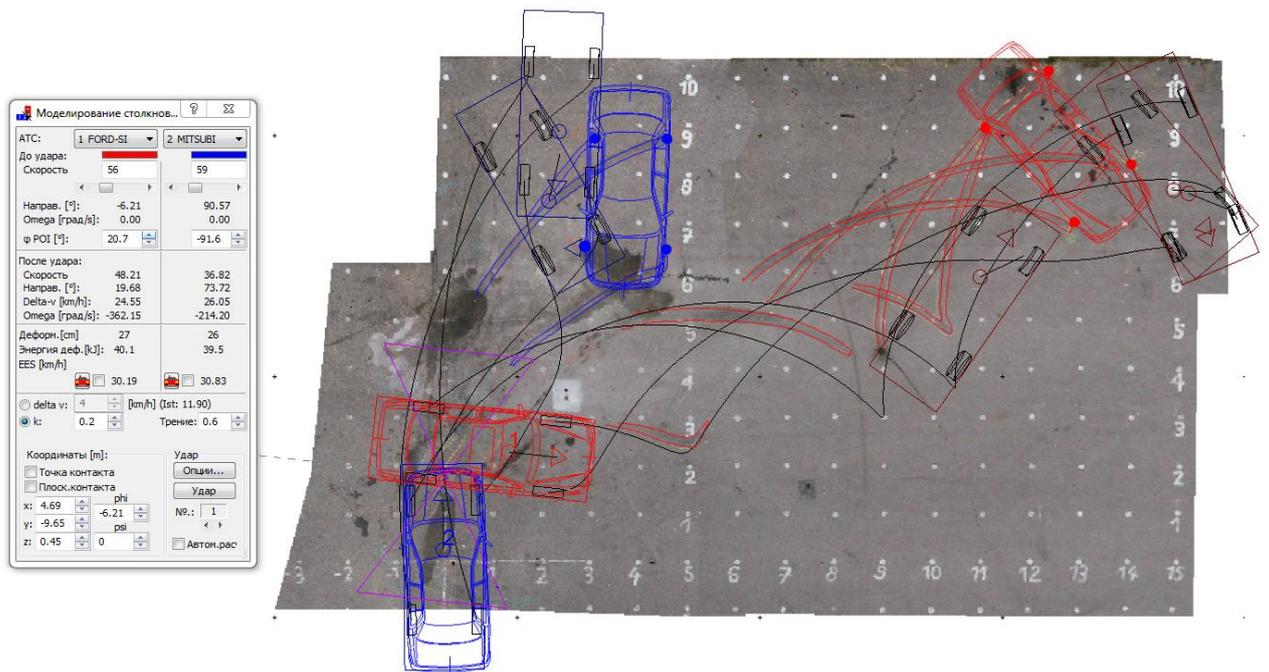
- классическая модель ;
- силовая модель ;
- сеточная модель .

Наиболее распространенным подходом при анализе столкновений является использование классической модели столкновения, которая, несмотря на многие упрощения, позволяет получить достаточно точные результаты. Если процесс столкновения должен рассматриваться во времени, то тогда необходимо применять математические модели удара, построенные на использовании жесткости деформируемых структур соударяющихся объектов, и тогда применяется силовая модель. Если же необходимо рассчитать деформации столкнувшихся объектов, применяется сеточная модель.

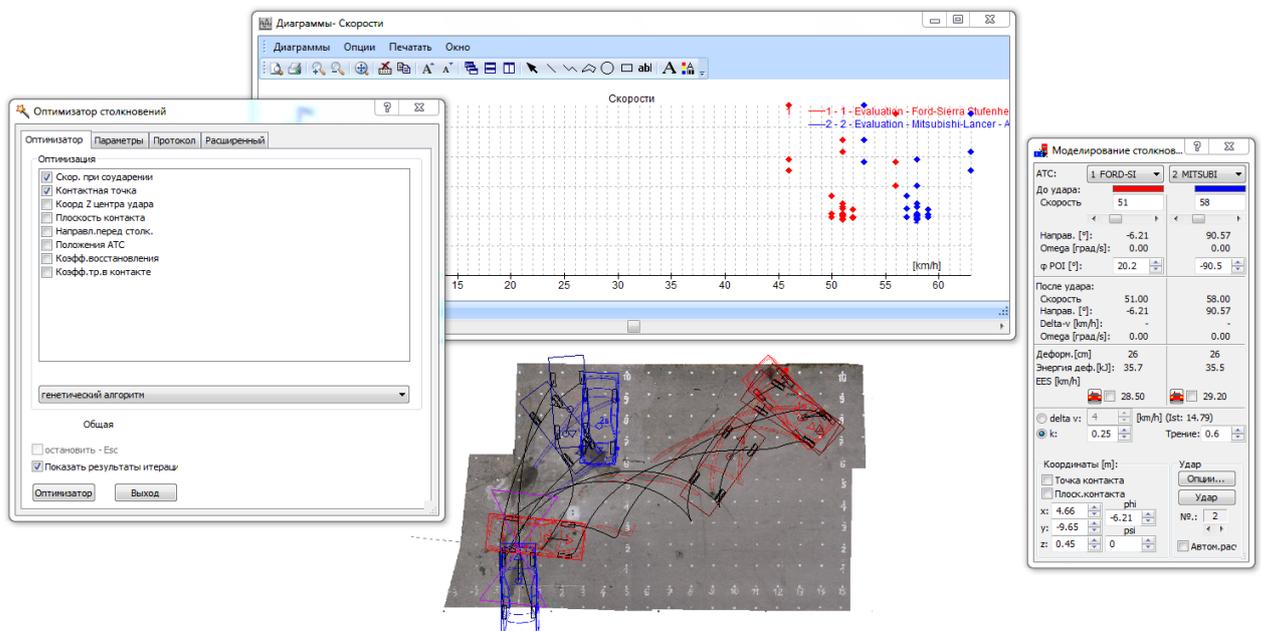
Прямой расчет столкновений для классической модели может осуществляться как в мануальном (ручном), так и в автоматическом режиме (для силовой и сеточной моделей – только в автоматическом режиме). При использовании автоматического режима происходит идентификация удара/контакта в зависимости от заданного времени взаимного внедрения контактирующих тел.

Основными критериями адекватности выполненного моделирования является соответствие:

1. Соответствие полученных путем моделирования конечных положений автотранспортных средств их положениям, восстановленным на основе данных Схемы ДТП и фотоснимков.
2. Соответствие расчетных траекторий движения автотранспортных средств соответствующим следам, образовавшимся на месте ДТП.
3. Соответствие исходной и расчетной интенсивности повреждений автомобилей.



Задачу поиска оптимальных решений в значительной мере облегчает интегрированный в программу оптимизатор, который позволяет в автоматическом режиме осуществлять поиск оптимальных решений по многим критериям (скорости и направления движения непосредственно перед ДТП, значения определяющих столкновение параметров и др.). Такой существенной функции (применение оптимизатора для поиска оптимального решения) не имеет ни одна из применяемых для анализа ДТП компьютерных программ.

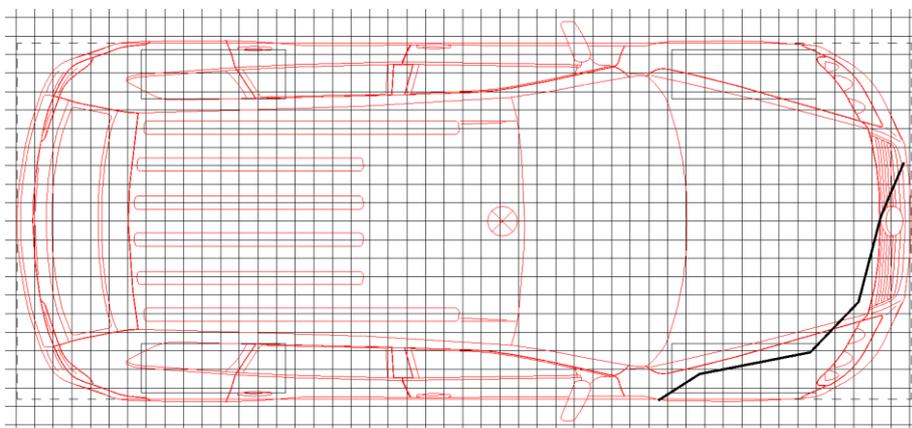


Оценка и расчет энергии деформации

Оценка энергии деформации является одним из основных ключевых моментов при анализе столкновений. Для этого в программе имеются следующие возможности:

- расчет при помощи модуля «Crash 3»;
- автоматизированный расчет, используя фотографии повреждений автомобиля;
- сравнительная оценка, используя интегрированный в программу каталог.

Модуль «Crash 3» предназначен для расчета энергетического эквивалента повреждений EES по величине деформации, с возможностью использования базы данных NHTSA. При этом, величина и объем деформации будут рассчитаны автоматически, когда пользователь определит на масштабной проекции автомобиля линию остаточной деформации.



Расчет Crash 3 EBS

База данных NHTSA | Деформация | EBS

1 Infiniti-F | INFINITI | Другое АТС

No.	Te...	Make	Mo...	Year	Body Style	Mas...	Wh...	Len...	Wi...	CO...	S...	PD...	C1...
62881	6288	INFINITI	EX35	2008	STATION WAGON	2029.0	2.797	4.598	1.780	1.341	56.5	0.0	0.537
63161	6316	INFINITI	EX35	2008	STATION WAGON	2018.0	2.800	4.622	1.774	1.349	56.0	0.0	0.390
49592	4959	INFINITI	FX35	2004	UTILITY VEHICLE	2207.0	2.854	4.798	1.890	1.430	0.0	297.0	0.000
49601	4960	INFINITI	FX35	2004	UTILITY VEHICLE	2198.0	2.850	4.790	1.925	1.426	56.6	0.0	0.369
56651	5665	INFINITI	FX35	2006	UTILITY VEHICLE	2210.0	2.961	4.770	1.896	2.866	56.3	0.0	0.514
58932	5893	INFINITI	FX35	2007	UTILITY VEHICLE	2111.0	2.858	4.810	1.875	1.404	0.0	297.0	0.101
16161	1616	INFINITI	G20	1991	FOUR DOOR SEDAN	1470.0	2.527	4.440	1.699	1.059	47.5	0.0	0.312
62412	6241	INFINITI	G35	2008	FOUR DOOR SEDAN	1823.0	2.847	4.750	1.745	1.415	0.0	297.0	0.040
62421	6242	INFINITI	G35	2008	FOUR DOOR SEDAN	1822.0	2.850	4.733	1.750	1.442	56.0	0.0	0.225
20021	2002	INFINITI	J30	1993	FOUR DOOR SEDAN	1864.0	2.760	4.865	1.770	1.270	56.3	0.0	0.505

Скорость: vt: 0 km/h | <http://www.nhtsa.gov>
 Ширина повреждений: Lt: 3.15 m | <http://www.ncac.nyu.edu>
 Вес испыт. АТС: mt: 2031 kg | нет деформации до

Глубина деформации: $b_0 = 12$ km/h

Квадрат деформации: $n = 2$ | $n = 4$ | $n = 6$

Средняя деформация: $C_{\text{авт}} = \frac{C_1 + \sum_{i=1}^n C_i + \frac{C_n}{2}}{n-1} = 0.125$ m

Постоянная: $b_1 = \frac{V_{\text{т}} - b_0}{C_{\text{авт}}} = -0.96$ km/h / cm

$A = \frac{m_1 \cdot b_0 \cdot b_1}{L_1} = 57129.4$ N/m

$B = \frac{m_1 \cdot b_1^2}{L_1} = 455577$ N/m²

$G = \frac{A^2}{2 \cdot B} = 3582$ N

OK | Отмена | Применить | Справка

Расчет Crash 3 EBS

База данных NHTSA | Деформация | EBS

1 Infiniti-F

$EBS = \sqrt{\frac{2 \cdot E_d}{m}}$: 34.6 km/h

напр. удара (от -45 до 45 гр.): $\theta = -20$ deg

Энергия деформации: Ed: 83288 J

$E_d = \sum_{i=1}^{n-1} W_i \left(\frac{B \cdot (c_{i+1}^3 - c_i^3)}{6 \cdot (c_{i+1} - c_i)} + \frac{A}{2} (c_{i+1} + c_i) + G \right) \cdot (1 + \tan^2 \theta)$

$W_i = L_{i+1} - L_i$

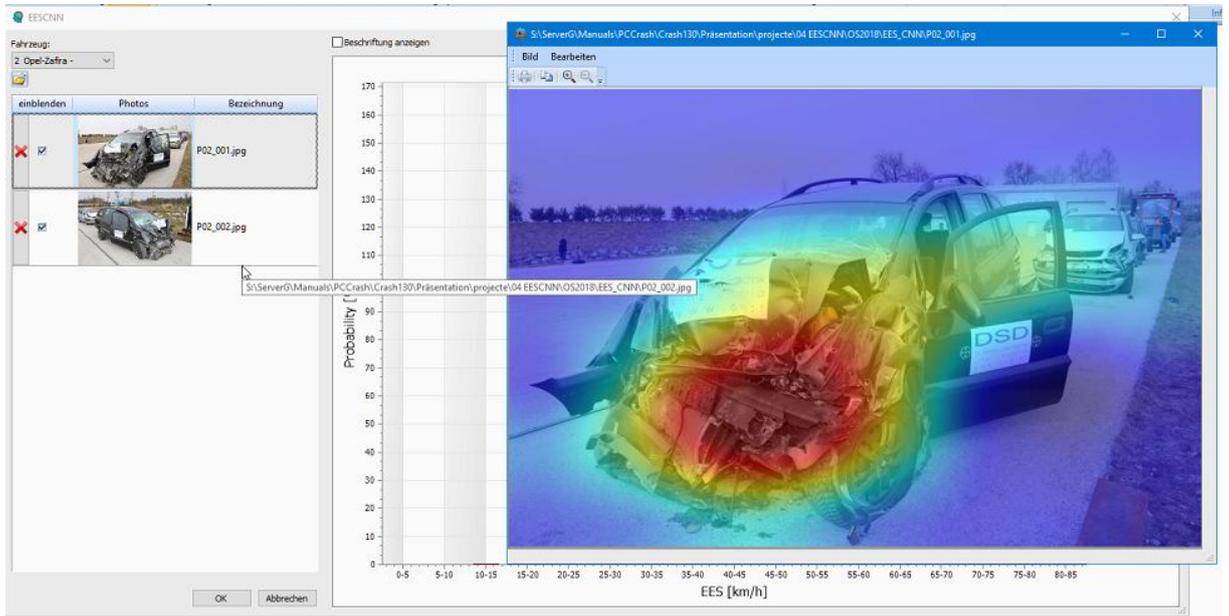
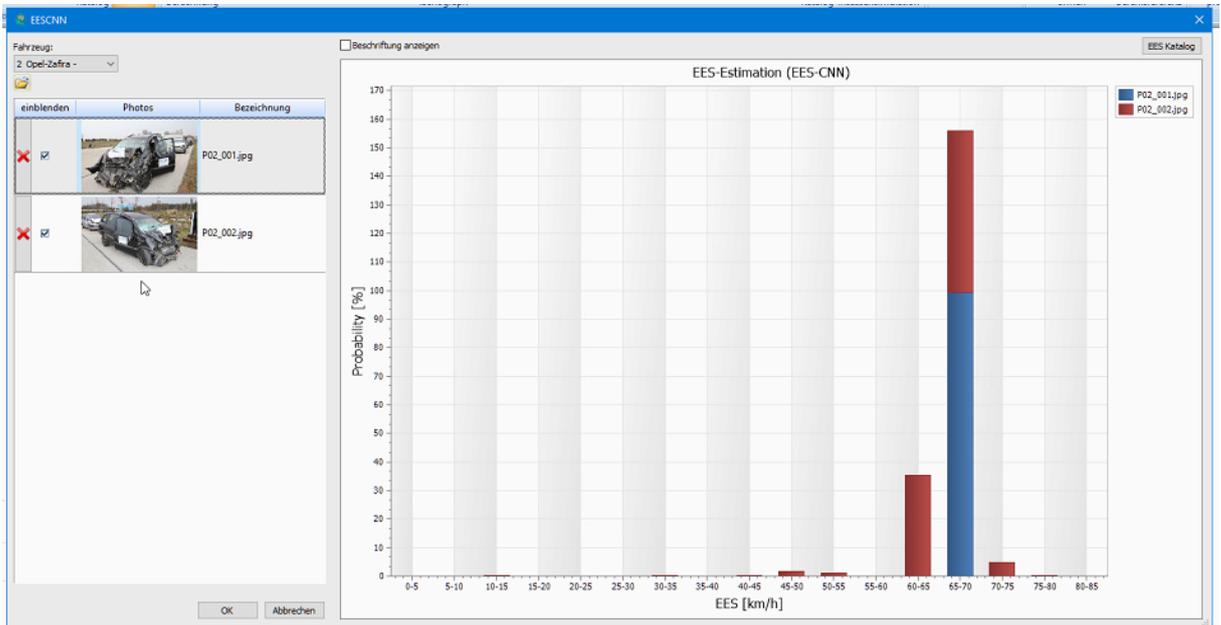
EES: EES: 34.5 km/h

Коэфф. восстановления: k: 0.1

Разница скоростей: v: 3.46 km/h

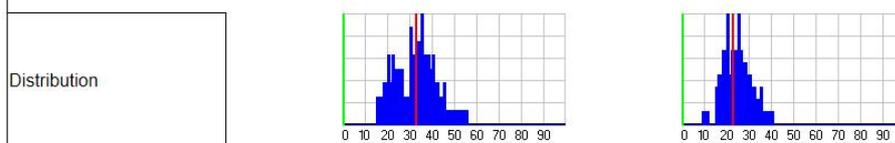
OK | Отмена | Применить | Справка

Начиная с версии программы 13.0 имеется возможность вести автоматизированный расчет энергетического эквивалента повреждений EES на основе технологии сверточных нейронных сетей, используя фотографии повреждений транспортных средств :



Оценить энергию деформации можно также сравнительным путем, воспользовавшись интегрированным в программу каталогом EES.

Min/Max	15-55	9-40	km/h
Average	30.7	23.2	km/h
Median	32.5	22.5	km/h
Standard deviation	9.0	6.4	km/h
Def-Energy Median	50.1	34.4	kJ
Sigma/Median Energy ratio	63	65	%
Quality indicator	●	●	



Кроме того, как дополнительный модуль в программе опционально может быть установлен каталог для визуальной/сравнительной оценки повреждений – “EES Katalog Dr.Melegh”:

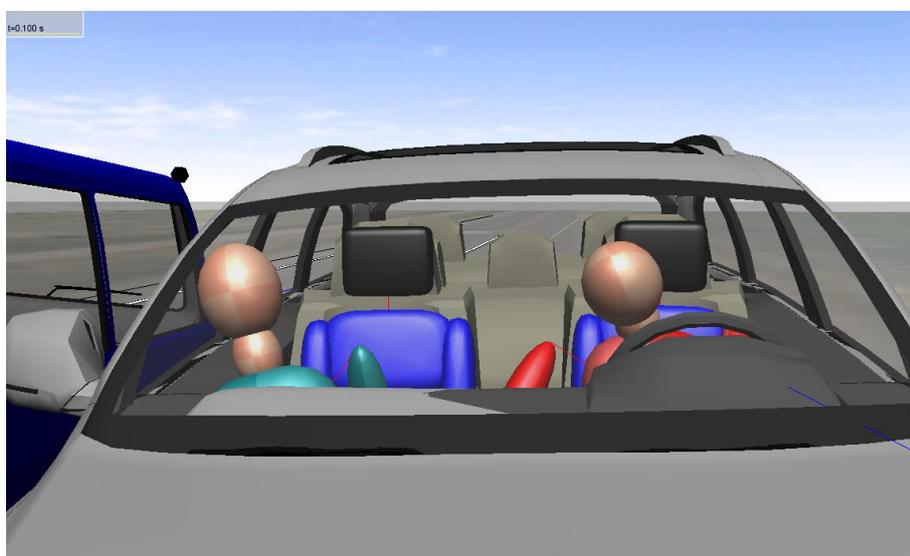
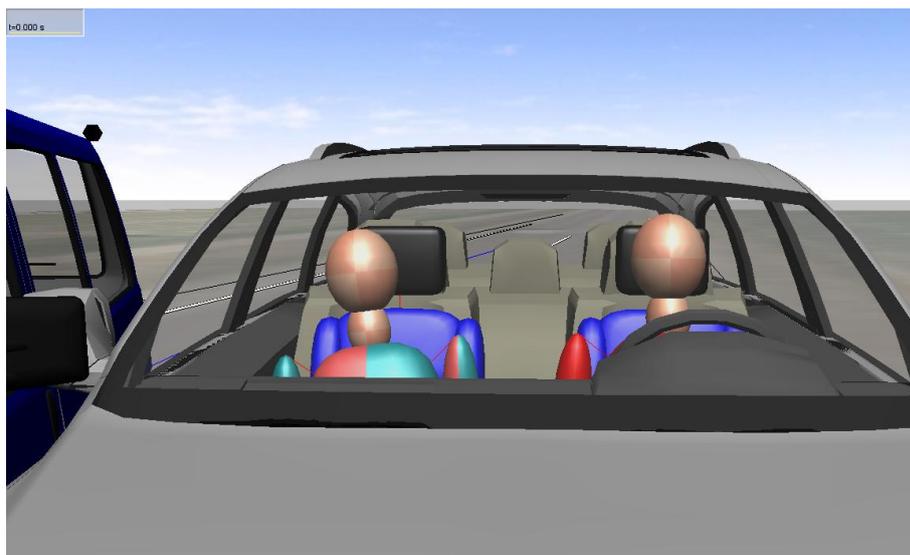


Моделирование с использованием многомассовых систем

В программе имеется возможность применения многомассовых моделей. Многомассовые системы состоят из отдельных тел, соединенных между собой через шарниры и/или при помощи упругих и демпфирующих элементов. Типичные примеры многомассовых систем – пешеходы, пассажиры, двухколесные транспортные средства.

Анализ наезда на пешехода с использованием многомассовой модели пешеходов позволяет не только оценивать скорость при наезде, но и позволяет решать задачи судебной медэкспертизы. Задачи как судебной медэкспертизы, так и криминалистического исследования (напр., установление личности, которая управляла автомобилем) во многих случаях позволяет решать моделирование движения пассажиров в салоне автомобиля.





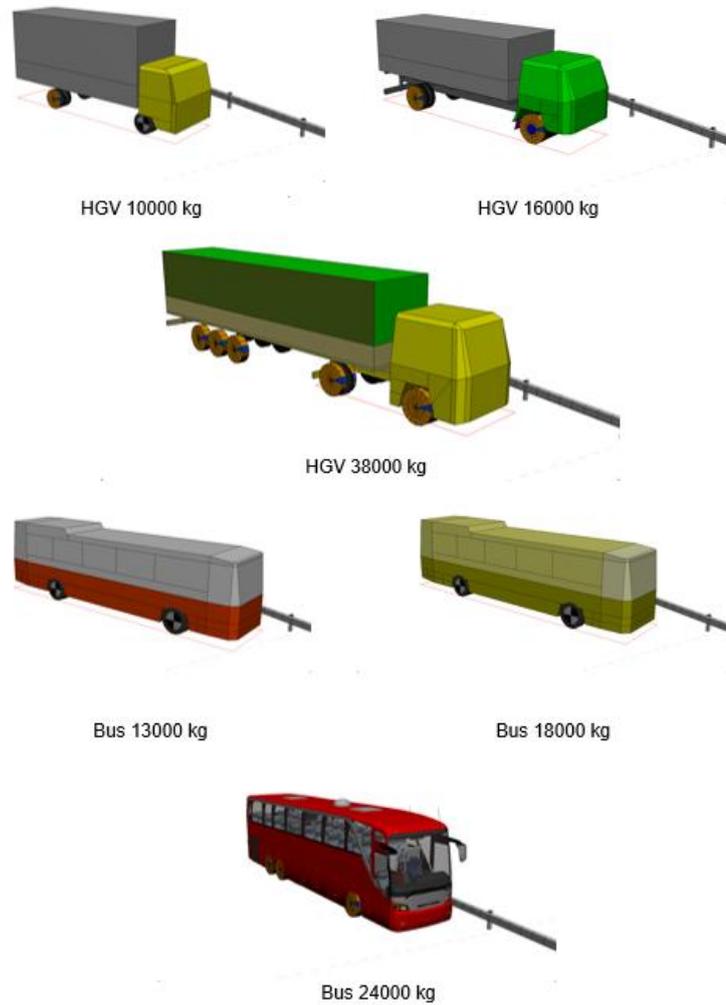
- Моделирование движения транспортных средств при перевозке подвижного (незакрепленного груза), либо при нарушении крепления груза.



Моделирование столкновений транспортных средств с оградительными барьерами

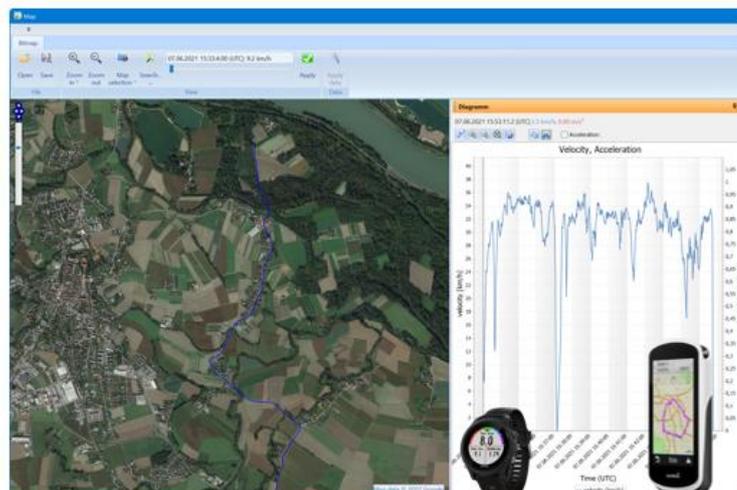
В программе интегрирован модуль MUSIAC для моделирования столкновений транспортных средств с дорожными ограждениями, включающий многие типы стандартных ограждений и специально созданные модели автомобилей:





Импорт и использование внешних данных

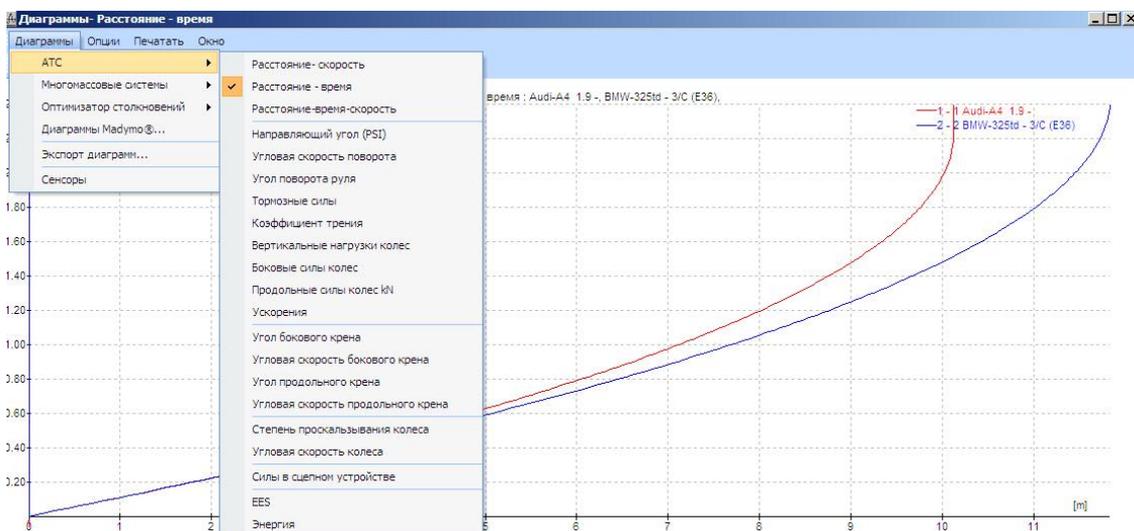
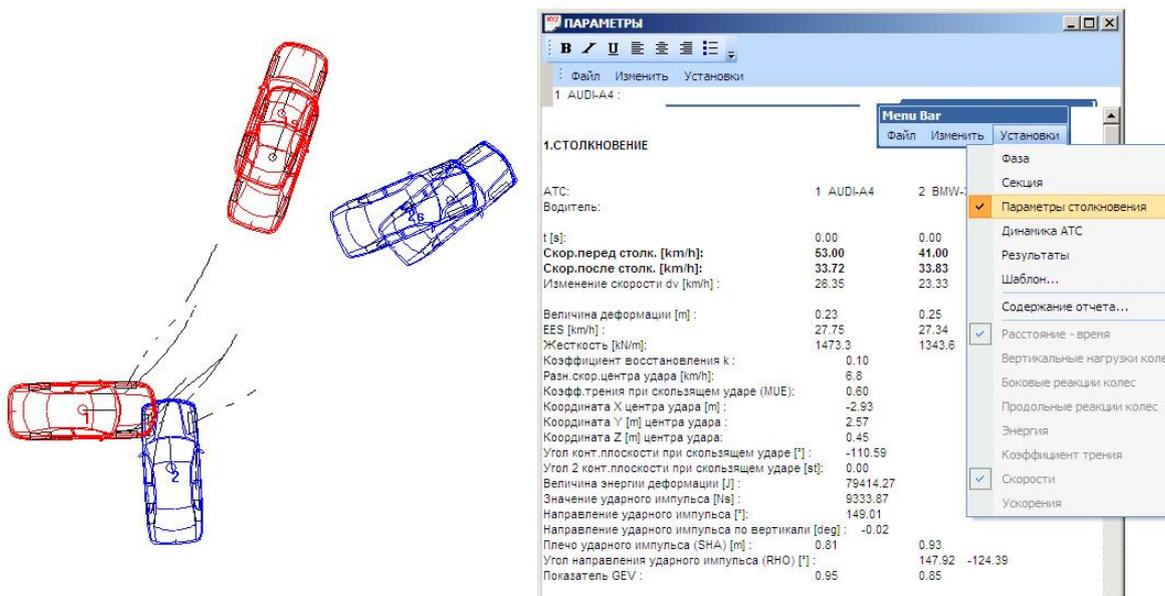
В программе имеется возможность импортировать и использовать при моделировании данные GPS из различных устройств, а также данные цифрового тахографа:



Представление результатов моделирования

Для визуализации механизма ДТП могут применяться:

- генерируемые программой графики и текстовые файлы с набором параметров движения;
- анимации в проекции сверху (2D) и пространственные анимации (3D) из любой точки наблюдения, причем эта точка может быть подвижной, связанной с движением любого объекта (в том числе – вид с места водителя). Кроме того, для этой цели могут применяться движущиеся (анимационные) модели пешеходов.



- в окне 3D (для версии Expert):

- Возможность применить фиксированное или подвижное положение точки наблюдения.
- Генерация анимации 3D, либо последовательности отдельных кадров.
- Возможность применения в анимации движущихся объектов (напр., пешеходов).