

О.В.Сараєв, С.В.Данець

Харківський національний автомобільно-дорожній університет
**ВИКОРИСТАННЯ ПРИКЛАДНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ ПРОГРАМ ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ
ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНОЇ ПРИГОДИ**

Розглянуті основи дослідження дорожньо-транспортної пригоди з використанням прикладних комп'ютерних програм. Дана оцінка функціональним можливостям цих програм, особливо програмі CARAT, яка офіційно застосовується в Україні. Визначена необхідність подальшого впровадження новітніх автоматизованих технологій в процес дослідження дорожньо-транспортної пригоди.

Ключові слова. Дорожньо-транспортна пригода, дослідження, комп'ютерна програма, транспортний засіб, рух, моделювання

Рис 7. Літ 11.

А.В.Сараєв, С.В.Данець

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИКЛАДНЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ ПРОГРАММ ПРИ
ИССЛЕДОВАНИИ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНОГО ПРОИСШЕСТВИЯ**

Рассмотрены основы исследования дорожно-транспортного происшествия с использованием прикладных компьютерных программ. Дана оценка функциональным возможностям этих программ, особенно программе CARAT, которая официально применяется в Украине. Определена необходимость дальнейшего внедрения новейших автоматизированных технологий в процесс исследования дорожно-транспортного происшествия.

Ключевые слова. Дорожно-транспортное происшествие, исследование, компьютерная программа, транспортное средство, движение, моделирование

O.Sarayev, S.Danez

USE OF APPLIED COMPUTER PROGRAMS AT RESEARCH OF ROAD ACCIDENTS

The basics of research of road accidents using computer applications are considered. The functionality of these programs, especially the CARAT program, which is officially introduced in Ukraine is assessed. The necessity of further introduction of new automated technologies in the process of investigating a traffic accident is determined.

Object of study - computer applications for research of road accident circumstances.

The purpose of the article- introduction and development of new technologies (in Ukraine) of automation of the road accident research process, calculating the parameters of vehicles motion.

Research methods - functional analysis of computer applications of road accident research. Software modeling of parameters of vehicles motion.

The results given in this article may be used for development and improvement of modern software, designed to study the circumstances of road accidents.

The projected assumption regarding the development of the object of research - during the introduction of new automated technologies of road accidents research (in Ukraine) thereraised a major problem. The results of road accident study made by automated means and methods of foreign production may differ materially from the same accident investigation, but made by the traditional expert technique, which was approved in Ukraine. The resolution of this problem is possible only by improving the scientific and methodological base.

Keywords: traffic accident, research, computer software, vehicle, movement simulation.

Постановка проблеми. У зв'язку з розвитком комп'ютерних технологій та появою на ринку України різних програмних продуктів, як правило імпортованих, які використовуються при проведенні експертного дослідження дорожньо-транспортної пригоди (ДТП), виникла нагальна потреба у вивченні цих програм і застосуванні їх на практиці.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Розроблені та втілені в практику теоретичні основи та методики експертного дослідження при проведенні автотехнічних експертиз, що застосовуються експертами на сьогоднішній день, були затверджені міністерствами юстиції та внутрішніх справ України ще наприкінці минулого сторіччя [1, 2, 3, 4].

За сучасними напрямками застосування для потреб автотехнічної експертизи комп'ютерні програми можна поділити на такі групи [5, 6, 7]:

- програми для креслення – PC-Draw, Corel-Draw, Plan, пакет програм «Cad Zone»;
- фотометричні програми – PC-Rect, PhotoModeler Pro, завданням яких є відображення всіх об'єктів, зображених на фотознімку, зверху (сліди гальмування, осипання скла та уламків, розташування транспортних засобів та інших учасників та об'єктів, що мають відношення до ДТП), з дотриманням при цьому всіх пропорцій відстаней і розмірів як у повздовжньому, так і в поперечному напрямках;

- програми для проведення розрахунків параметрів руху – ARC (Accident Reconstruction Calculator), AR Pro (Accident Reconstruction Professional), CPASH-2000, Analyzer Pro, WinKol (Kollision), CRASH-3, Rec-Tec, Drive-3, RWD та інші;
- програми для аналізу часово-просторового відношення – Titan, Slibar+;
- демонстраційні (симуляційні) програми, що відображають у двовірному (2D) або в тривірному (3D) форматі рух і взаємодію учасників ДТП – SMAC (The Simulation Model of Automobile Collisions), CARAT, V-SIM, PC-Crash та інші.

Невирішені раніше частини загальної проблеми. Прикладні програми, які можуть використовуватися в експертній практиці, призначені, перш за все, для підтвердження та візуалізації логічної й обгрунтованої версії, яку експерт-автотехнік повинен мати ще до початку роботи з програмою. Жодна програма не може замінити експерта, а призначена вона для того, щоб з меншими витратами отримати якісніший результат. Тому використання технічних засобів не звільняє експерта від певних знань і досвіду, які треба постійно удосконалювати.

Мета дослідження. Втілення і розвиток в Україні новітніх технологій автоматизації процесу дослідження механізму дорожньо-транспортної пригоди, вимірювання та розрахунку параметрів руху транспортного засобу.

Основні результати дослідження. Перші програми створення графічного зображення місця ДТП для поліції США та Канади почали застосовуватися на практиці з 1990 р. і до теперішнього часу триває постійна модернізація таких програмних продуктів. Для складання масштабної схеми на місці ДТП уваги безумовно заслуговує комплекс програмного забезпечення під загальною назвою «Cad Zone» [5, 7].

«Cad Zone» – це пакет програм, розроблених у США для працівників поліції, який складається з декількох програмних продуктів, таких як: «Fire Zone» (зона вогню), «Crime Zone» (зона злочину), «Crash Zone» (зона аварії), «Quick Scene» (швидка сцена), «CZ Point Cloud» (хмара точок) та інші.

Програма «Crash Zone» призначена безпосередньо для використання поліцейськими, що документують події ДТП. При її використанні, побудова перетинань будь-якої кількості доріг не створює проблем і здійснюється тільки вибором їх напрямків. Масштаб перехрестя можна змінювати й наносити необхідні лінії розмітки на проїзні частини. Особливістю програми є можливість збору даних із попередніх «схем» і значне зменшення часу для створення нових рисунків. За наявності такого, створеного раніше та збереженого шаблону можна одержати графічне зображення необхідного місця відразу. При цьому залишиться тільки внести транспортні засоби та слідову інформацію в правильні позиції. Програмне забезпечення дозволяє уточнювати механізм події. При цьому є можливість провести анімацію руху автомобілів, як до, так і після зіткнення в 2D та 3D вигляді (рис. 1).

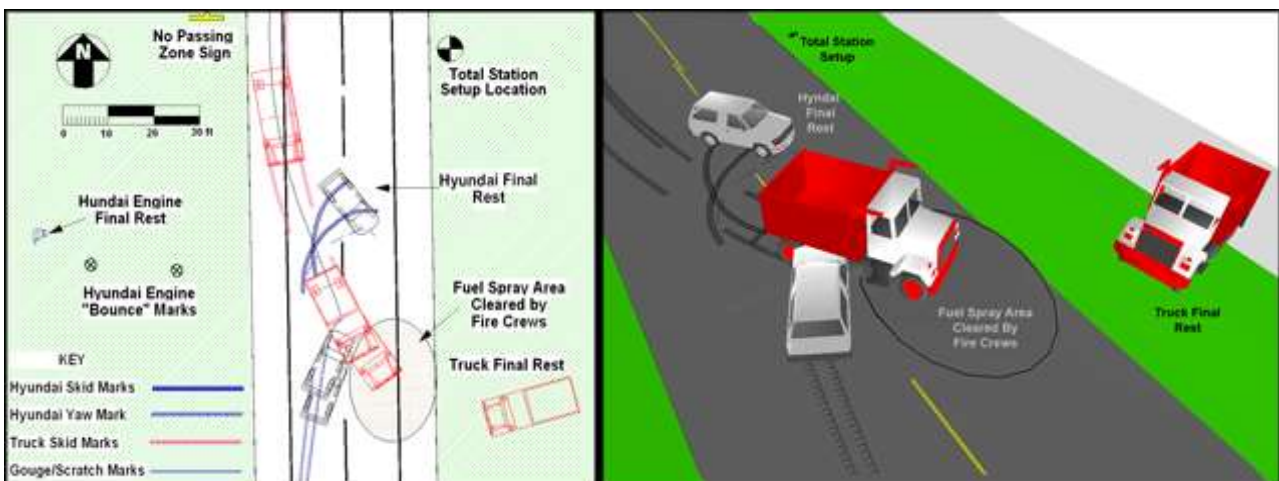


Рис. 1. Анімація можливого руху транспортних засобів під час ДТП у програмному пакеті «Card Zone»

Програма «Quick Scene» (більш проста версія програми «Card Zone») дає можливість поліцейським легко складати професійного вигляду схеми місця події з використанням ноутбука

за 5–10 хвилин. Ця програма також містить у собі великий діапазон можливостей, що дозволяє не тільки креслити дороги та їх перетинання, а також візуально контролювати проведення вимірювань і виключити ймовірність утворення промахів на схемі. Програма «Quick Scene» використовується в патрульних машинах для створення як схеми місця ДТП, так і механізму ДТП в цілому (рис. 2).

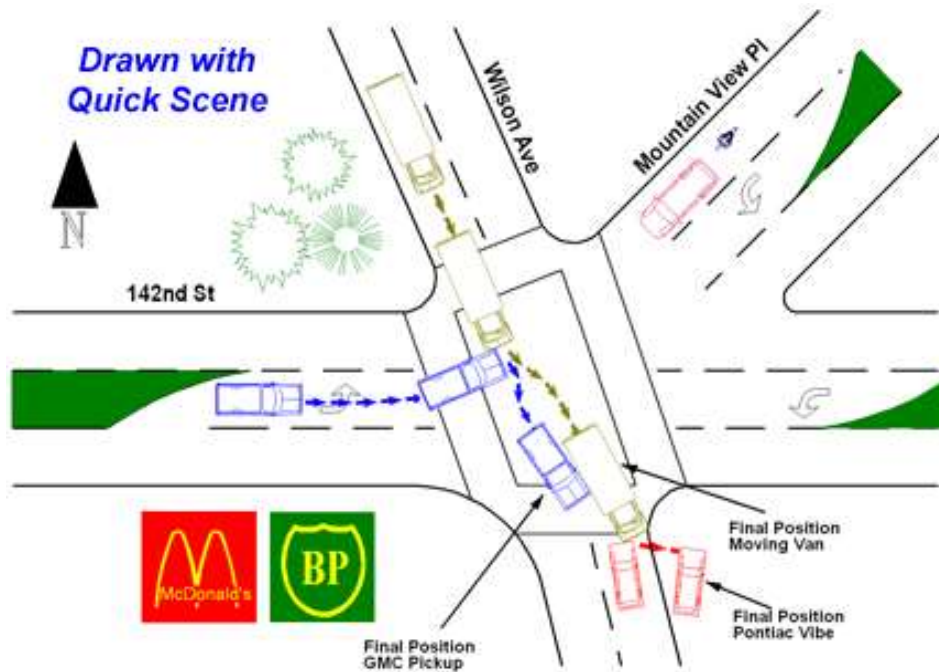


Рис. 2. Проект схеми ДТП у програмі «Quick Scene» з відображенням характеру руху транспортних засобів та їх взаємного розташування

Сучасним програмним продуктом, що дозволяє проводити симуляцію (відтворення) дорожньо-транспортної пригоди, є програма CARAT-3, можливості та ефективність застосування якої при виконанні автотехнічних експертиз були апробовані на базі НДЕКЦ при ГУМВС України в Харківській області [6]. Комп'ютерна програма CARAT-3 призначена для моделювання динаміки та кінематики руху автотранспортних засобів та аналізу їх зіткнень при ДТП. До складу цієї програми входить модуль для креслення, що дає можливість викреслювати ескізи з відображенням елементів дороги та інших об'єктів, які відносяться до місця пригоди. Всі складені креслення можуть бути збережені та за необхідності неодноразово використовуватися. Є можливість використовувати виміри, виконані методом трикутників і створювати таким чином точні креслення, які б відповідали обставинам місця пригоди. Існує також можливість сканувати малюнки або ескізи, завантажувати їх як графічні файли для подальшої роботи. Програма приймає креслення в dxf-форматі. За допомогою програми можна проводити моделювання руху ТЗ та інших об'єктів на всіх стадіях ДТП з проведенням обчислень параметрів руху. Обчислення можуть проводитися як у динамічному (беручи до уваги зовнішні сили, що діють на автомобіль), так і в кінематичному (беручи до уваги тільки рух) режимі. Зіткнення будь-яких автотранспортних засобів та об'єктів можуть моделюватися необмежену кількість разів. Моделювання виконується в двовимірному (2D) або тривимірному (3D) зображенні. Зображення можуть бути прозорими, що дозволяє легко розглянути всі деталі об'єктів і слідів, нанесених на схему. Є можливість додавати до результатів розрахунків графічні діаграми співвідношення відстані й часу, а також зміни швидкості та прискорення (сповільнення).

Для аналізу процесів руху використовується просторова модель автомобіля у вигляді макета кузова, по якому розподілена вся маса автомобіля та коліс (маса, яких прийнята рівною 0), з'єднаних з кузовом через підвіску. Передні колеса за необхідності можна «повернути» в потрібному напрямку, крім того, всім колесам можна задати певні зміщення, обумовлені деформацією направляючої системи підвіски. Важливим елементом в математичному моделюванні є модель шин. У програмі використовуються моделі шин «IPG-Tire». Автомобілі, що використовуються для моделювання, можуть бути укомплектовані шинами з будь-яким

допустимим навантаженням і висотою малюнка протектора. Характеристики залежності коефіцієнта зчеплення від швидкості для кожної шини можуть бути запрограмовані окремо.

Стандартний розподіл гальмівних сил може бути визначений окремо для кожного автомобіля. Є можливість враховувати при моделюванні наявність або відсутність у автомобіля антиблокувальної системи гальм (ABS) [8]. Поворот кермового колеса, сила натиснення на педаль гальма та положення педалі акселератора можуть бути задані у вигляді функцій часу. У режимі моделювання руху автомобіля по заданій траєкторії програма автоматично намагається здійснити необхідний поворот кермового колеса для забезпечення руху по заданій траєкторії. При розгляді руху автомобіля в динамічному режимі враховуються насамперед зовнішні сили, які діють на його колеса, вплив дорожньої поверхні й аеродинамічні сили. Реакції дорожньої поверхні визначаються: типом приводу (передній, задній або повний), потужністю двигуна й положенням дросельної заслінки. Ці сили генеруються в процесі руху (розгону, гальмування, при повороті кермового колеса або при дії відцентрової сили при русі на закругленні дороги). Задати всі ці параметри можна за допомогою інструментарію програми (рис. 3).

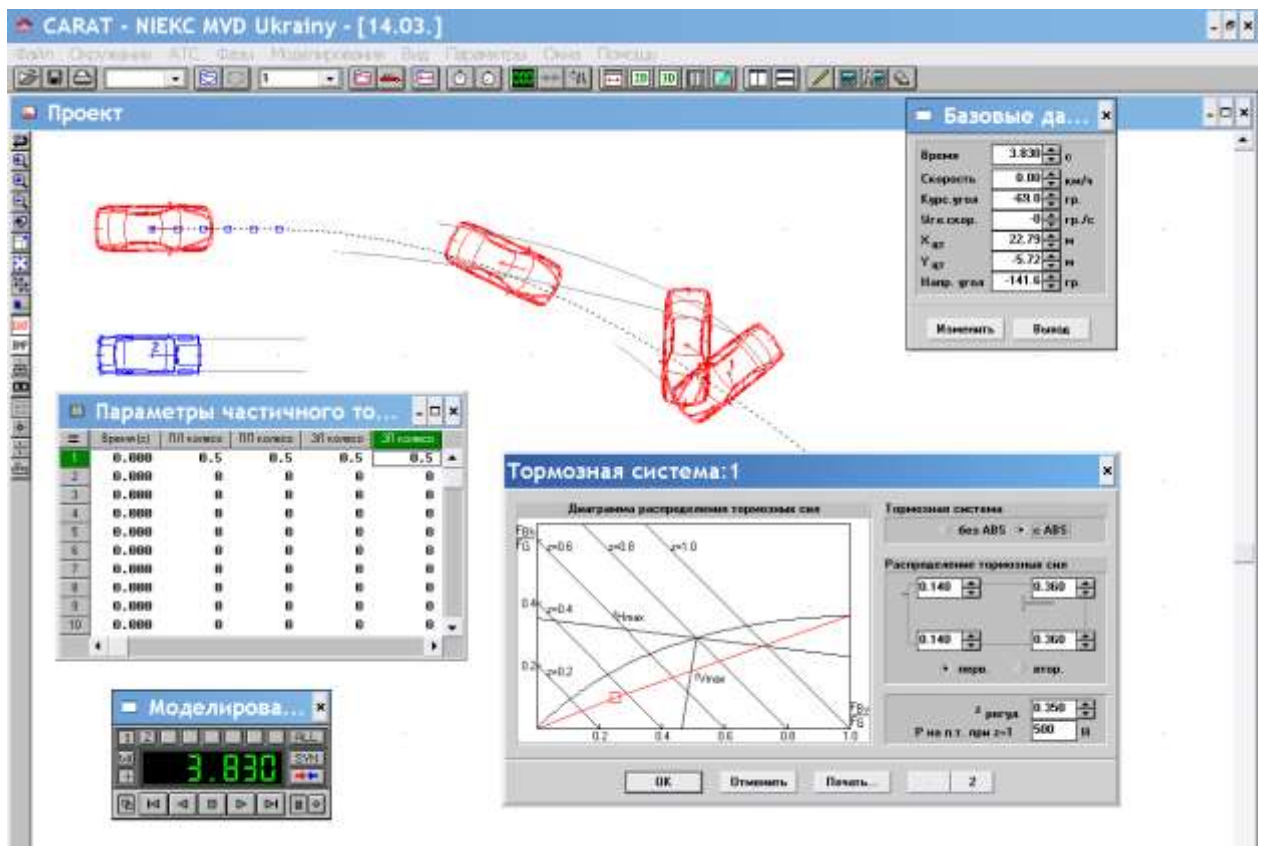


Рис. 3. Моделювання руху транспортного засобу у програмному середовищі CARAT

Щоб перевірити наскільки програма CARAT функціональна і враховує особливості конструкції сучасної гальмівної системи авторами статті було виконано порівняльне моделювання процесу гальмування автомобіля Mercedes S-600 та автомобіля ВАЗ-2111. За результатами моделювання можна зробити такі висновки. По-перше, у шлях гальмування з усталеним сповільненням цих автомобілів практично не відрізняється один від одного, хоча у реальних умовах шлях гальмування з усталеним сповільненням легкового автомобіля, який обладнаний сучасною гальмівною антиблокувальною системою буде завжди меншим ніж у автомобіля, який такою системою не обладнаний. Цьому факту вже було надано пояснення в низки наукових праць [9, 10, 11]. Крім того, можна зауважити на недоліки моделювання процесу гальмування у динамічному режимі програми CARAT – 3, де неможливо порахувати зупинний та гальмівний шлях транспортного засобу, а можливо тільки визначити його координати переміщення з усталеним сповільненням.

При динамічних розрахунках частіше розглядається криволінійний рух автомобіля, тому поворот кермового колеса має бути поданий у відповідній залежності кута його повороту від часу.

Однак, такий метод визначення повороту кермового колеса в ряді випадків може бути досить трудомістким. Тому в програмі передбачена можливість автоматичного генерування повороту кермового колеса з використанням відносно простої математичної моделі водія. Модель водія при цьому «намагається утримати» транспортний засіб на заданій траєкторії, з урахуванням сил, що діють на автомобіль. До програми вводяться значення часу, швидкостей поступального та обертального руху, курсового та направляючого кутів транспортного засобу та координати розташування його центру ваги по осям X і Y . Після цього проводиться моделювання руху автомобіля за часом (рис. 4).

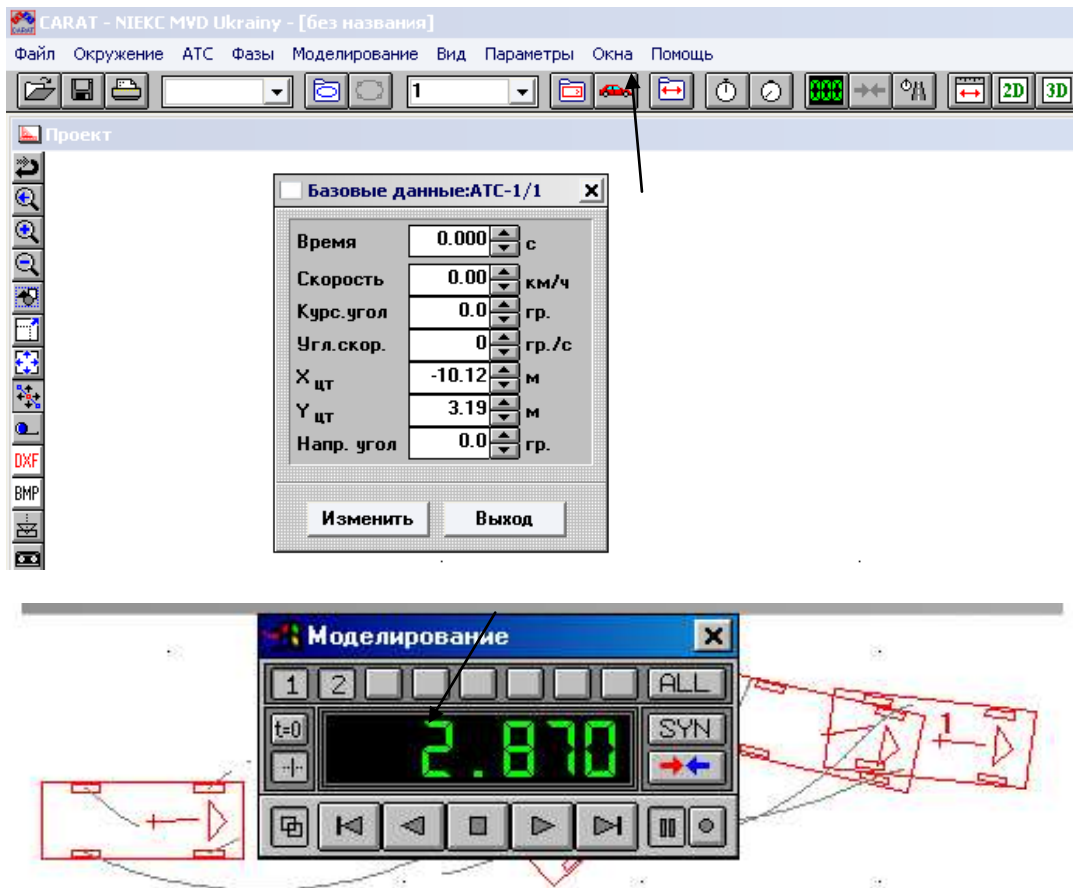


Рис. 4. Моделювання руху транспортного засобу за часом

Для аналізу зіткнення ТЗ у програмі CARAT-3 можуть застосовуватися зворотний і прямий розрахунки. Зворотний розрахунок механізму ДТП виконується на основі кінцевих позицій транспортних засобів та слідової інформації, які зафіксовані на схемі ДТП. Прямий розрахунок – це реконструкція зіткнення двох автомобілів за допомогою математичної моделі, коли початковими параметрами розрахунку є задані швидкості руху й інші параметри. Моделювання руху автомобілів (у тому числі зіткнення) здійснюється на основі використання запрограмованого алгоритму. Розрахований у такий спосіб механізм порівнюється з реальними даними про ДТП і, за необхідності, вносяться зміни до початкових параметрів.

Розрахунки в програмі CARAT-3 проводяться на основі законів збереження кількості руху й моменту кількості руху. Для розрахунку мають бути відомими величини та напрямки ударних імпульсів після зіткнення, а також напрямки початкових імпульсів. Значення імпульсів до контактування розраховуються на підставі того, що вектори ударних імпульсів для обох автомобілів мають бути рівними за величиною та протилежними за напрямками. У подальшому перевіряються умови збереження моменту кількості руху на підставі даних, отриманих при застосуванні закону збереження імпульсу.

При аналізі ДТП, які виникають у разі зустрічних або попутних зіткнень транспортних засобів при використанні тільки рівнянь, що відображає закон збереження імпульсу, виникають проблеми, оскільки незначні зміни кутів векторів імпульсів можуть призвести до значних змін цих

векторів (як за напрямком, так і за кількісним показником). З метою вирішення цієї проблеми в програмі використовується метод розрахунку швидкості руху транспортного засобу, оснований на еквівалентності його кінетичній енергії роботі деформації, яка здійснилась при зіткненні з перешкодою (EES – Energy Equivalent Speed). При цьому, крім закону збереження кількості руху та його моменту, береться до уваги ще й закон збереження енергії. Різниця між енергією системи до зіткнення й енергією системи після зіткнення приблизно відповідає роботі деформації, що оцінюється за ушкодженнями на автомобілях. Роботу деформації можна розрахувати за допомогою відповідних методик. Таким чином, використовується рівняння, яким можна замінити дані про напрямок одного з вихідних імпульсів, що полегшує розрахунок при аналізі ДТП, особливо, коли має місце проковзування. Для методу зворотного розрахунку за значеннями EES коефіцієнт відновлення при ударі не має значення.

Окрім того, у програмі CARAT-3 розглядаються зіткнення, що відбуваються під час проковзування транспортних засобів відносно один одного або без проковзування. Зіткнення без проковзування – це зіткнення двох автомобілів, коли точки контакту обох автомобілів (зони деформації) після зіткнення мають однакову або майже однакову швидкість. Зіткнення із проковзуванням – це зіткнення двох автомобілів з незначним перекриттям при зустрічному або попутному русі, коли один автомобіль під час зіткнення переміщується відносно іншого. Після зіткнення ці автомобілі продовжують рухатися приблизно в початкових напрямках, але під деяким кутом.

Застосовуючи зворотний розрахунок, у програмі CARAT можна змоделювати зіткнення автомобілів, використовуючи отримані дані про рух кожного з них після зіткнення. Причому виконується моделювання багаторазово. При цьому змінюються координати імпульсної точки, напрям ударного імпульсу та коректуючи значення швидкості, еквівалентної енергії деформації до здобуття результату, що приблизно відповідав би механізму даного ДТП (рис. 5).

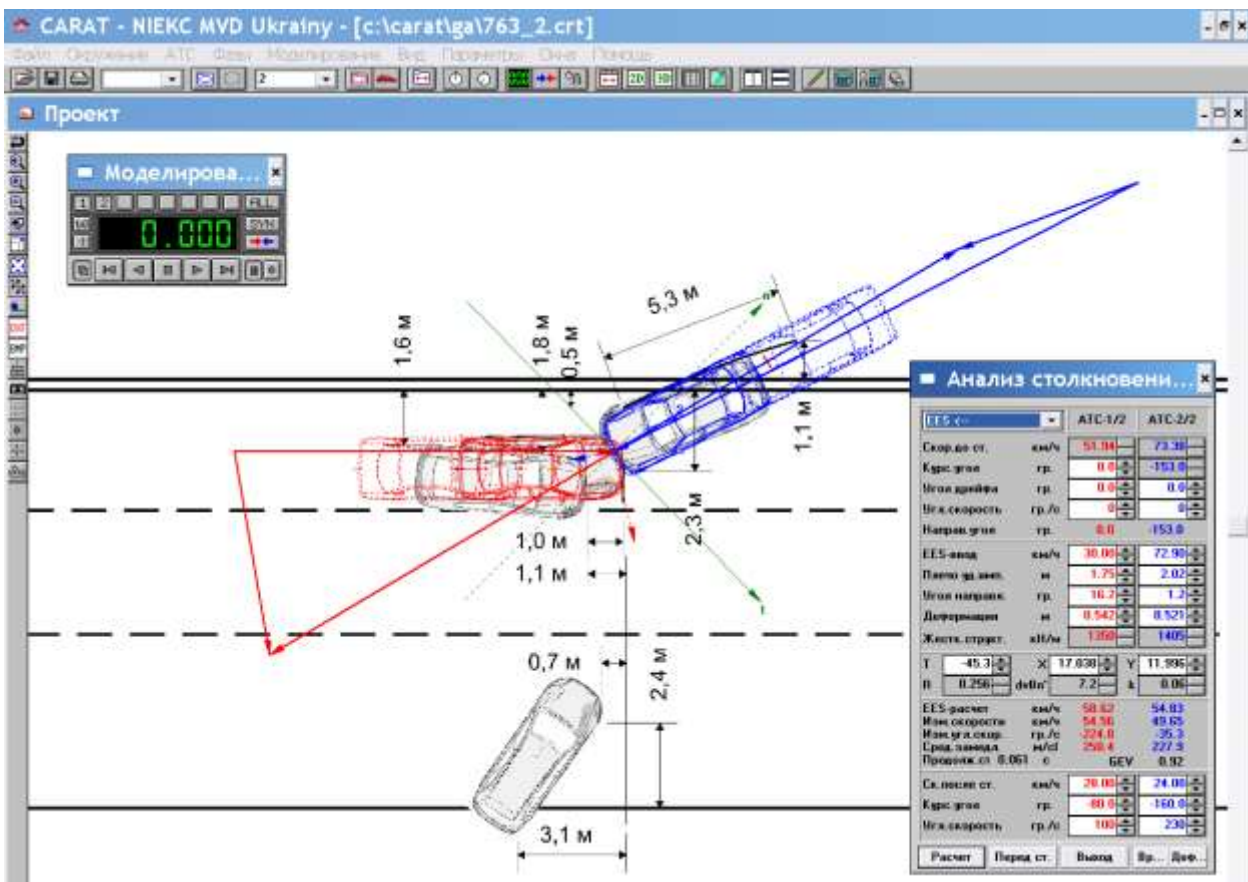


Рис. 5. Симуляція фази зіткнення транспортних засобів

Після завершення моделювання фази зіткнення проводиться симуляція руху автомобілів у фазі зближення (рис. 6).

На підставі виконаного моделювання та симуляції руху транспортних засобів у процесі розвитку ДТП програма CARAT дозволяє отримати наглядний розвиток механізму зіткнення за часом у вигляді схематичного руху або 3D-анімації (рис. 7).

Для розрахунку поступального та обертового руху транспортного засобу у програмі використовуються формули, які описують стан спокою, рух при постійній швидкості, постійному прискоренні та прискоренні, що змінюється лінійно в часі. Вихідні дані можна змінювати, вводячи необхідні числові значення, а також безпосередньо змінюючи положення вузлів графіків на діаграмах. Будь-яка з вищезазначених змін відразу ж приводить до зміни положень транспортних засобів та об'єктів на робочому столі програми. Таким чином, можна відразу перевірити, чи відповідають обчислення реальним фактам.

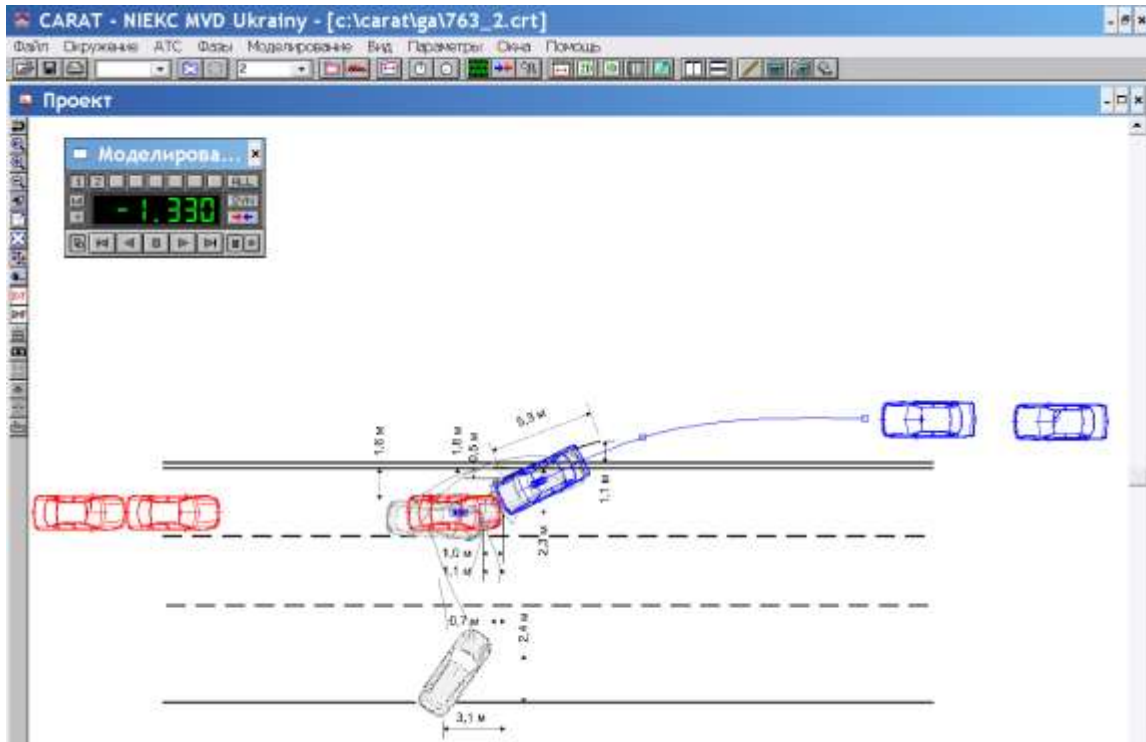


Рис. 6 Симуляція фази зближення транспортних засобів



Рис. 7. Повний механізм зіткнення транспортних засобів (3D-анімація)

До основних переваг програми CARAT-3 належать:

- широкий графічний інтерфейс (креслярська програма для створення ескізів, можливість використання наявних ескізів і файлів у форматі BMP, двох- і трьохвимірних зображень автотransпортних засобів та об'єктів);
- наявність інтегрованої бази даних автотransпортних засобів;
- можливість враховувати основні параметри автотransпортних засобів (габаритні розміри, аеродинамічні властивості, розташування центру ваги, положення педалі акселератора, потужність двигуна, гальмові зусилля на кожному колесі, наявність антиблокувальної системи гальм, тип приводу, кермове керування та налаштування підвіски), об'єктів оточення, умов руху, обставин ДТП;
- моделювання руху в динамічному та кінематичному режимах, і, зокрема по заданій траєкторії;
- наявність модуля аналізу зіткнень.

Недоліками програми CARAT-3 можна вважати відсутність модуля для дослідження складних наїздів на пішохода та недостатня повнота і об'єктивність в дослідженні процесу гальмування транспортних засобів.

Висновки. Використання програмного забезпечення при дослідженні ДТП дозволяє однозначно підвищити ефективність виконуваних робіт - це, по-перше, за рахунок можливості при однакових часових витратах виконати однозначно більший об'єм розрахунків, причому, ймовірність помилок арифметичного характеру при цьому зменшується, по-друге, за рахунок можливості візуалізувати результати проведеного дослідження, що дозволяє подати їх у більш доступній формі.

Перспективи подальших розвідок. Під час впровадження новітніх автоматизованих технологій дослідження ДТП в Україні виникла суттєва проблема. Результати дослідження ДТП, що виконані за допомогою автоматизованих засобів і методів іноземного виробництва можуть суттєво відрізнитися від результатів дослідження того ж ДТП, але виконаного традиційною експертною методикою, яка затверджена в Україні. Вирішення цієї проблеми можливо тільки шляхом подальшого удосконалення науково-методичної бази.

1. Судебная автотехническая экспертиза. – В 2 ч. / под научн. руков. В.А. Иларионова. – Ч. 2. – М.: Министерство юстиции СССР, 1980. – 490 с.
2. Экспертная практика и новые методы исследования / Результаты систематизации экспериментально-расчетных значений параметров торможения автотransпортных средств / Информационный сборник в 3 ч. – М.: ВНИИ судебных экспертиз, 1990. – 28 с.
3. Інструкція про призначення та проведення судових експертиз. Наказ Міністерства юстиції України 08.10.98 №53/5.
4. Науково-методичні рекомендації з питань підготовки та призначення судових експертиз. Наказ Міністерства юстиції України від 08.10.98 №53/5.
5. Перлін С.І. Системи лазерного сканування. Документування обставин дорожньо-транспортних пригод (інформаційний лист) / С.І. Перлін, С.О. Шевцов, О.Б. Кучерявенко, С.А. Буряк. – Х.: НДЕКЦ при ГУМВС України в Харківській області, 2011. – 44 с.
6. Косяков В.В. Використання комп'ютерної програми CARAT-3 при проведенні авто технічних експертиз: методичні рекомендації / В.В. Косяков, О.Б. Кучерявенко. – К.: ДНДЕКЦ МВС України, 2010. – 40 с.
7. Туренко А.М. Автотехнічна експертиза. Дослідження обставин ДТП: підручник для ВНЗ / Клименко В.І., Сараєв О.В., Данець С.В.. – Х.: ХНАДУ, 2013. – 320 с.
8. Автомобильный справочник BOSCH: Пер. с англ. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ЗАО «КЖИ «За рулем», 2004. – 992 с.
9. Суворов Ю.Б. Судебная дорожно-транспортная экспертиза. Судебно-экспертная оценка действий водителей и других лиц, ответственных за обеспечение безопасности дорожного движения, на участках ДТП: учебное пособие для вузов / Ю.Б. Суворов. – М.: Право и закон, 2004. – 208 с.
10. Сараєв О.В. Проблемні питання визначення параметрів руху транспортних засобів при дослідженні ДТП / Вестник ХНАДУ: сб. научн. тр. – Х.: ХНАДУ. - 2013. Вып. 61 – 62. – С. 174-178.
11. Клименко В.І. Дослідження впливу антиблокувальної системи на ефективність гальмування легкового автомобіля / В.І. Клименко, І.А. Давіденко, О.В. Сараєв // Автомобильный транспорт: сб. научн. тр. – Х.: ХНАДУ. – 2011. – Вып. 29. – С. 245–249.

Стаття надійшла до редакції 01.05.2014