

Реконструкція механізму дорожньо-транспортних пригод: сучасні підходи та технології

Сергій Данець

кандидат технічних наук, перший заступник директора, Харківський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр Міністерства внутрішніх справ України, м. Харків, Україна, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4155-1856>, e-mail: danez@ukr.net

Олег Кучерявенко

головний судовий експерт відділу інженерно-транспортних досліджень, Харківський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр Міністерства внутрішніх справ України, м. Харків, Україна, ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-2521-4457>, e-mail: oleg3791@ukr.net

Досліджено сучасний стан і перспективи розвитку судово-автомобільної експертизи в Україні. Проаналізовано структуру причин аварійності. Розглянуто методологію моделі ВАДС і застосування детермінованого підходу до аналізу ДТП. Особливу увагу приділено впровадженню новітніх апаратних засобів: LiDAR-сканування, даних EDR і БПЛА. Обґрунтовано переваги застосування спеціалізованого програмного забезпечення (PC-Crash, PC-Rect, Virtual CRASH) для створення точних цифрових двійників сцени події та візуалізації доказів у суді.

Ключові слова: судово-автомобільна експертиза; реконструкція ДТП; система ВАДС; LiDAR; EDR; БПЛА; PC-Crash; Virtual CRASH; 3D-моделювання.

Reconstruction of Traffic Accident Mechanism. Modern Approaches and Technologies

Serhii Danets, Oleh Kucheriavenko

The paper examines the current state and development prospects of forensic automotive expertise in Ukraine. The structure of accident causes is analyzed. The methodology of the VADS model and the application of a deterministic approach to accident analysis are considered. Particular attention is paid to the implementation of the latest hardware tools: LiDAR scanning, EDR data, and UAVs. The advantages of using specialized software (PC-Crash, PC-Rect, Virtual CRASH) to create accurate digital twins of the scene and visualize evidence for court proceedings are substantiated.

Keywords: forensic automotive expertise; traffic accident reconstruction; VADS system; LiDAR; EDR; UAV; PC-Crash; Virtual CRASH; 3D modeling.

Аналіз стану аварійності та задач автомобільної експертизи. Сучасний стан дорожньо-транспортного травматизму в Україні залишається критичним чинником, що визначає розвиток судово-автомобільної експертизи (далі — CATE). Спираючись на дослідження А. Кашканова, М. Слотвинського та В. Семенюка, слід констатувати, що, попри зниження абсолютних показників кількості дорожньо-транспортних пригод (далі — ДТП), важкість їхніх наслідків (кількість травмованих і загиблих) демонструє тенденцію до зростання [1; 2].

За результатами аналізу причини аварійності можна розподілити так:

- 1) помилки та неправильні дії учасників руху (водіїв, пішоходів) — приблизно 86 % від загальної кількості;

- 2) технічні несправності транспортних засобів — 8 %. Згідно з даними спеціальних досліджень [1, табл. 1.2], цей сегмент має таку структуру:

- несправності гальмівної системи — 47,1 %;
- рульове керування — 16,4 %;
- несправності шин — 13,9 %;
- прилади освітлення та сигналізації — 7,4 %;
- ходова частина — 6,2 %;
- інші (дзеркала, скло, зчіпні пристрої тощо) — 9 %.

- 3) незадовільний стан доріг і дорожньої інфраструктури — приблизно 6 % [1].

Для виконання задач CATE застосовують модель ВАДС (водій — автомобіль — дорога — середовище). У цій системі ДТП



розглядають як «розлагодження» взаємодії між її ланками. Методологічно виокремлюють два основні підходи:

- імпровізаційний підхід (базується на статистичних закономірностях усієї множини чинників, дає змогу прогнозувати кількість і характер майбутніх пригод у регіоні);
- детермінований підхід (передбачає дослідження конкретної ДТП як наслідку дії специфічних чинників за допомогою аналізу механічної взаємодії об'єктів) [1].

Сучасна експертна практика потребує переходу від застарілих методик до інтегрованих цифрових рішень. Порівняльний аналіз демонструє суттєву різницю в точності та глибині досліджень.

Важливим кроком до модернізації української експертизи стала локалізація провідного програмного забезпечення (далі — ПЗ). Зокрема, завдяки зусиллям експерта Одеського науково-дослідного інституту судових експертиз Міністерства юстиції України Євгенія Бульбаки професійні комплекси *PC-Crash* і *PC-Rect* отримали україномовний інтерфейс, що значно підвищило ефективність їх упровадження в роботу державних експертних установ [3].

Сучасні технічні засоби збору даних (Hardware). Запровадження передових апаратних рішень дає змогу отримати об'єктивну доказову базу, недоступну для традиційних методів огляду.

LiDAR і 3D-сканування. Користування наземними лазерними сканерами забезпечує фіксацію геометрії місця події та структури фасадів у діапазоні 10—100 м. Згідно зі стандартами *iSCAN*, для задач реконструкції оптимальним є рівень точності *LOA 30* (± 5 мм) [4]. Це створює «цифровий двійник» сцени ДТП, де положення кожної деталі (слідів, уламків, ТЗ) зафіксовано з міліметровою точністю.

EDR (Event Data Recorders). Застосування даних електронних реєстраторів («чорних скриньок») дає змогу відновити динаміку руху за 5 с до зіткнення: швидкість, статус гальмування, кут повороту керма та прискорення [1]. Проте для коректної реконструкції критично важливим є перерахунок вимірювань (*Delta-v*) від місця встановлення

датчика до центра мас (CG) автомобіля, що потребує спеціальних математичних трансформацій [5].

БпЛА (UAV). Інтеграція безпілотних літальних апаратів у практику огляду місця події радикально змінює швидкість створення планіметричних схем. Завдяки аерофотозйомці створюють високоточні ортофотоплани, що стають основою для подальшого 3D-моделювання, мінімізуючи час перекриття руху на магістралях.

Спеціалізоване програмне забезпечення для реконструкції (Software). Сучасний програмний інструментарій дає змогу експертові відійти від плоских схем до об'ємного моделювання складних фізичних процесів.

1. *PC-Crash*. Базовий європейський інструмент для моделювання ДТП. Програма послуговується імпульсно-поштовховою та кінетичною моделями удару. Головною перевагою є наявність модуля *Crash 3* для розрахунку енергетичного еквівалента швидкості (EES), а також багатомасових моделей тіла людини для аналізу травматизму водіїв і пішоходів. ПЗ дає змогу докладно враховувати жорсткість кузова, роботу підвіски й деформацію шин [6].
2. *PC-Rect*. Потужний інструмент фотограмметрії, що дає змогу трансформувати звичайні фотографії та відеозаписи з місця пригоди у масштабовані плани. Це забезпечує найбільш якісну реконструкцію слідової інформації для подальшого імпорту в симуляційні середовища [6].
3. *Virtual CRASH*. Пакет симуляції, що базується на законах Ньютона та пройшов розгалужену валідацію на базі краш-тестів *RICSAC*. Програма дає змогу проводити високоточне моделювання наїздів на пішоходів і зіткнень з мотоциклами [3]. Окремим досягненням є можливість застосування штучних нейронних мереж (ANN) для прогнозування ступеня вини учасників (*fault rates*) на основі аналізу великих масивів даних попередніх сценаріїв [6].

Висновки. Інтеграція сучасного апаратного (*LiDAR*, *EDR*, БпЛА) і програмного забез-

печення (*PC-Crash*, *Virtual CRASH*) у практику CATE забезпечує перехід від суб'єктивних оцінок до науково обґрунтованої реконструкції. Це дає змогу:

- мінімізувати вплив людського чинника та виключити арифметичні помилки через застосування вбудованих оптимайзерів;
- підвищити об'єктивність висновків завдяки застосуванню даних електронних систем безпеки автомобіля;
- створювати наочну візуалізацію (2D/3D анімації), яка є критично важливою для належного сприйняття технічних доказів у судовому процесі.

Перелік джерел посилання

1. Кашканов А. А. Технології підвищення ефективності автотехнічної експертизи дорожньо-транспортних пригод : монографія. Вінниця, 2018. 160 с.
2. Слотвинський М. С., Семенюк В. В. Аналіз оперативної інформації по ДТП в Луцьку. *Новітні технології розвитку автомобільного транспорту* : наук. пр. Міжнар. наук.-практ. конф. (Харків, 16—19.10.2018). Харків, 2018. С. 440. URL: <https://dspace.khadi.kharkov.ua/handle/123456789/9900> (дата звернення: 12.04.2026).
3. Validation and study of Virtual CRASH / Virtual CRASH, LLC : web. 2024. URL: <https://www.vcrashusa.com/validation> (дата звернення: 12.04.2026).
4. 3D Scanning Accuracy Standards: Quality Control & Validation Guide / iSCANO : web. 2025. URL: <https://www.iscano.com/blog/3d-scanning-accuracy-standards> (дата звернення: 12.04.2026).
5. Scurlock B., Rich A., Poe K. Corrections to Off-Axis Δv Measurements from Event Data Recorders. 2020. 49 p. URL: https://hal.science/hal-02319921v4/file/OffAxisDeltaV_SCURLOCK_RICH_POE_v3.4.pdf (дата звернення: 12.04.2026).
6. Соколов О. В. Аналіз програмного забезпечення по дослідженню ДТП. *Новітні технології розвитку автомобільного транспорту* : наук. пр. Міжнар. наук.-практ. конф. (Харків, 16—19.10.2018). Харків, 2018. С. 443. URL: <https://dspace.khadi.kharkov.ua/handle/123456789/9900> (дата звернення: 12.04.2026).