

## **ВПЛИВ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ДАНИХ НА РЕЗУЛЬТАТИ РОЗСЛІДУВАННЯ ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНИХ ПРИГОД**

*Розглянуті питання невизначеності довідкових та розрахункових параметрів при проведенні експертиз дорожньо-транспортних пригод, та її вплив на інтерпретацію аналітичних результатів досліджень і розрахунків.*

За даними Департаменту ДАІ МВС України на дорогах країни в дорожньо-транспортних пригодах (ДТП) в 2014 році загинуло 4,5 тис. людей та 32,4 тис. людей отримало травми різного ступеня важкості [1].

Основними причинами виникнення ДТП на автомобільних дорогах України є недотримання водіями і пішоходами Правил дорожнього руху (ПДР) – перевищення швидкості, порушення правил обгону, маневрування, керування транспортними засобами в нетверезому стані, перехід пішоходом проїзної частини у невстановленому місці; помилки водія в керуванні автотранспортними засобами (АТЗ) – недотримання безпечної дистанції та ігнорування вимог технічних засобів організації дорожнього руху (дорожніх знаків, розмітки тощо); зниження працездатності водія; порушення правил експлуатації АТЗ та їх незадовільний технічний стан; поганий стан та утримання дорожнього покриття; незадовільна організація дорожнього руху [1-3].

ДТП можна охарактеризувати як “розлагодження” взаємодії системи водій – автомобіль – дорога – середовище. Як правило, пригоди розвиваються за декілька секунд, а інколи за долі секунди. Більшість ДТП викликається не одною, а декількома причинами [2-4]. Це в значній мірі ускладнює їх аналіз, який повинен виявити умови, що сприяли пригоді, та визначити дії її учасників. Розглянемо особливості виникнення невизначеності довідкових та розрахункових параметрів в задачах автотехнічної експертизи дорожньо-транспортних пригод.

Означення терміну «невизначеність», що використовується в багатьох галузях науки відповідно до діючої в даний час редакції «Міжнародного словника основних та загальних термінів в галузі метрології», таке: «Параметр, що пов'язаний з результатом вимірювань і характеризує розсіювання значень, які з достатніми підставами можуть бути приписані вимірюваній величині». Цим параметром може бути, наприклад, стандартне відхилення чи кратне йому число, ширина довірчого інтервалу. В загальному, невизначеність вимірювань має багато складових. Деякі з цих складових можна оцінити на основі статистичного розподілу результатів ряду спостережень та охарактеризувати своїми стандартними відхиленнями. Інші складові, які також можуть бути виражені у вигляді стандартних відхилень, оцінюють на основі очікуваних розподілів ймовірностей, на підставі досвіду чи іншої інформації. Ці два випадки кваліфікують як оцінювання типу А і типу В відповідно [5].

Невизначеність вимірювання не означає сумніву в достовірності вимірювання, навпаки, знання невизначеності передбачає збільшення ступеня. Об'єктивність висновків, отриманих в процесі проведення автотехнічної експертизи ДТП суттєво залежить від достовірності результату вимірювань та прийняття значень вхідних величин, вибору методики проведення досліджень.

При розслідуванні дорожньо-транспортних пригод передусім виникає питання – чи була у водія транспортного засобу можливість запобігти ДТП шляхом своєчасного гальмування. Для ухвалення обґрунтованого рішення слідчий або суддя вимушений призначати судову дорожньо-транспортну експертизу. В роботі [4] професор Д.Ф. Тартаковский звертає увагу на деякі деталі, які можуть мати вирішальний вплив на результат справи.

В ході експертизи виконуються розрахунки параметрів гальмування: початкової швидкості автомобіля, гальмівного і зупинного шляху, часу гальмування і тому подібне.

Первинні фактичні дані про обставини ДТП встановлюються співробітниками ДАІ на місці пригоди: оглядом, поясненнями водія, свідченнями потерпілого і тому подібне. Інформацію про числові значення величин (параметрів і коефіцієнтів), що входять в розрахункові формули, експерт, як правило, вибирає самостійно з довідкової або науково-технічної літератури, виходячи зі свого досвіду, існуючих рекомендацій і конкретних умов ДТП.

Достовірність висновків експертизи залежить від того, наскільки адекватно початкова інформація відбиває дійсність, чи завжди вона точна і достовірна. Можна стверджувати, що повністю ця умова при проведенні експертизи не виконується ніколи. Причини можуть бути різними: невизначеність словесного, якісного опису навколишнього середовища, стану транспортного засобу і дорожнього покриття, неминучий випадковий розкид дійсних значень розрахункових величин відносно рекомендованого довідкового значення, їх залежність від впливаючих чинників та ін. Таким чином, використовувана інформація завжди несе в собі елементи невизначеності, і це може привести до сумнівів в правильності висновків експертизи.

Розглянемо вплив невизначеності значень двох основних параметрів, використовуваних при обчисленнях гальмівної ефективності автомобіля: часу реакції водія і коефіцієнта зчеплення шин автомобіля з дорогою.

Звернемося до простого прикладу. Початковими величинами при обчисленні швидкості автомобіля перед наїздом являються довжина гальмівного шляху і коефіцієнт зчеплення. Неточність у визначенні значень цих параметрів відразу ж призводить до неточності визначення швидкості. І якщо при дещо розмитих межах сліду гальмування довжину гальмівного шляху ще можна виміряти з прийнятною погрішністю, то достовірно оцінити значення коефіцієнта зчеплення, користуючись рекомендованими довідковими даними, значно важче. У таблицях приводяться дискретні значення коефіцієнта зчеплення "від" і "до" тільки залежно від виду дорожнього покриття і стану його поверхні, підрозділяючи покриття на сухі та мокрі, чисті та брудні, гладкі та шорсткі і тому подібне. При цьому значення коефіцієнта зчеплення, навіть для покриттів одного і того ж виду, істотно відрізняються. Так, за довідковими даними, для сухого і чистого асфальтобетонного покриття коефіцієнт зчеплення дорівнює 0,70-0,80, тоді як для мокрого він майже удвічі менший - 0,35-0,45. Але ж те, що одній людині здається чистим і сухим, може здатися іншої брудним і мокрим! Про яку достовірність оцінки значення коефіцієнта зчеплення може йтися, якщо первинною відправною точкою тут є суб'єктивна думка індивідуума. Адже окрім виду і стану дорожнього покриття на значення коефіцієнта зчеплення чинять вплив такі чинники, як швидкість автомобіля, стан протекторів, температура дорожнього покриття, завантаженість автомобіля та ін.

Для розрахунку повного зупинного шляху автомобіля потрібне знання часу реакції водія. І тут довідкові таблиці рекомендують диференційовані, але вже точно фіксовані значення часу реакції, створюючи, таким чином, враження їх визначеності. Але ж це уявна визначеність, наслідуючи яку суд може дійти помилкового висновку про винність або невинність водія.

На обмеженість традиційного детерміністського підходу при розрахунках вказував, наприклад, визнаний авторитет в області автотехнічної експертизи В. А. Ілларіонов. У підручнику, виданому ще в 1989 р., він писав, що, враховуючи неминуче розсіяння довідкових параметрів і коефіцієнтів відносно їх табличних значень, для розрахунків параметрів гальмівної ефективності автомобіля необхідно застосовувати статистичні методи. Проте, говорив він, "впровадженню статистичних методів перешкоджають їх складність і відсутність експериментальних даних про розсіяння і закони розподілу вірогідності довідкових значень. Однак, з урахуванням загальних тенденцій розвитку науки впровадження статистичних методів в майбутньому представляється неминучим.

На сьогодні сталися не дуже значні позитивні зрушення в практичній реалізації поставлених завдань, хоча у технічній літературі практично не зустрічається описи результатів скільки-небудь детальних досліджень, пов'язаних з проблемами невизначеності

розрахункових і експериментальних даних. У таблицях як і раніше приводяться дискретні, фіксовані значення параметрів і коефіцієнтів, створюючи ілюзію їх достовірності все більшою і більшою їх диференціацією. Звичайно, вказані В. А. Ілларіоновим перешкоди до впровадження статистичних методів мають місце. Але, думається, що складність методів не найголовніша причина цього. Набагато важливіше те, що, мабуть, через недостатню спеціальну технічну підготовку або через недооцінку можливостей статистичних та сучасних математичних методів для юридичної практики, слідчими працівниками, суддівським корпусом і адвокатами, експертами, ці методи залишаються все ще не затребуваними. Тільки їх затребуваність забезпечить проведення відповідних досліджень.

Звернемося до питання невизначеності часу реакції. Час реакції людини з різних позицій вивчається психологами, фізіологами, інженерами. Розрізняють просту і складну реакції [2-4]. Проста реакція є відгуком випробовуваного на одиничний сигнал (світловий, звуковий та ін.) і характеризує головним чином швидкість передачі сигналів в його нервовій системі. Контроль простої реакції часто використовується при оцінці професійної придатності людини – водія автомобіля, машиніста електропоїзда. Складна реакція включає вибір людиною реакції у відповідь на поєднання подразників і умов їх виникнення. Саме час такої реакції представляє інтерес у випадках розслідування ДТП. Чи може бути час реакції конкретного водія постійним? Звичайно, не може!

Час реакції, тобто інтервал часу від моменту появи подразника у полі зору водія до початку дії на органи управління автомобілем (педалі гальма, зчеплення, кермо) залежить від багатьох чинників, у тому числі: віку водія; його досвіду і професійної підготовки; умов руху (вночі, вдень, по слизькій дорозі та ін.); швидкості руху; інтенсивності інформаційного навантаження; тривалість робочого часу; індивідуальних особливостей водія та ін.

Розрізняють латентний і моторний періоди часу реакції [4]. Латентний (прихований) період – цей час, необхідний водієві для усвідомлення ситуації і вироблення рішення для початку моторної (рухової) реакції. Відповідно, моторний період – це інтервал часу від початку рухової реакції до початку дії на орган управління автомобілем. Зазвичай моторний період на порядок менше латентного, і лише при дуже малому часі реакції він може бути порівнянний з латентним. Так для автомобіля середнього класу моторний період рівний  $(0,16 + 0,08)$  с.

Аналіз робіт по вивченню часу реакції багатьох людей показує, що він варіює в широких межах, проте при виборі значень часу реакції для розрахунків, пов'язаних з гальмуванням автомобіля слідчий, суддя, експерт користуються довідковими даними, які даються у вигляді фіксованого значення, що відповідає певній транспортній ситуації [2-4]. Таблиці охоплюють діапазон значень часу реакції від 0,3 до 1,4 с. Так для випадку, коли дорожньо-транспортна ситуація, що передувала ДТП, могла свідчити про велику вірогідність її виникнення, в таблиці вказаний час реакції 0,8 с, а для ситуації, коли на проїжджій частині несподівано з'являється пішоход – 1,2 с. Але 0,8 с і 1,2 с – це тільки середні значення, і вони не несуть інформацію про можливе розсіяння (невизначеності) часу реакції окремого водія і усієї сукупності водіїв. Для експерта, адвоката (як, втім, і для суду) важливо оцінити, якою за великою може бути ця невизначеність і як вона позначиться на достовірності експертного висновку. Насправді, уявимо собі, що для відповідної дорожньої ситуації час реакції водія, що потрапив в ДТП, був би вказаний в таблиці не точно 1,2 с, а  $(1,2 \pm 0,4)$  с. Тоді при швидкості 90 км/год (25 м/с), орієнтуючись на табличні значення, відстань, пройдену автомобілем за цей час, в першому випадку ми б оцінили в 30 м, тоді як в другому вона могла б складати  $(30 \pm 10)$  м, тобто бути від 20 до 40 м.

В даному прикладі ми прийняли розсіяння часу реакції в  $\pm 0,4$  с (33,3%). Чи може бути таке розсіяння насправді? Щоб відповісти на це питання, приведемо результати деяких експериментальних досліджень часу реакції.

Дослідження, виконані спортивними психологами [4], показали, що час простої реакції у спортсменів, що займаються одним і тим же видом спорту, істотно розрізняється. Дані про час реакції у 178 чоловіків у віці від 17 до 35 років на світловий сигнал показали, що середнє значення часу реакції в групі дорівнює 0,289 секунд. Мінімальне і максимальне

значення рівні, відповідно 0,190 і 0,476 с. Найбільше відхилення від середнього значення складало 65%. Результати багатократних вимірів часу реакції в тих же умовах, у двох спортсменів - майстрів спорту (тобто професіоналів) показали, що середні значення часу реакції у них близькі - 0,208 і 0,193 с. Відхилення ж результатів окремих вимірів від середнього значення у одного випробовуваного доходило до 35%, тоді як у іншого не перевищувало 20%. При дослідженні впливу різних чинників на реакцію водіїв в умовах реального транспортного потоку з різною інтенсивністю руху було встановлено, що час реакції водія залежить від можливості прогнозування ним появи сигналу небезпеки і змінюється в межах від 0,4 до 2,3 с на двосмугових дорогах, і від 0,5 до 2,6 с на багатосмугових дорогах. Істотний вплив на можливість виявлення сигналу небезпеки чинить положення сигналу у полі зору водія, оскільки багато об'єктів водій фіксує периферійним зором. При цьому можливість виявлення і пізнання об'єкту залежить від світлових і колірних характеристик об'єкту і фону. Так, яскраве світло стоп-фонаря може бути сприйнятим при відхиленні по горизонталі до  $50^\circ$  від центру поля зору. Мало контрастний же об'єкт, навіть при відхиленні від центру поля зору всього на  $30^\circ$  може бути не виявлений. З'ясувалася істотна різниця в часі реакції на очікувані і несподівані сигнали: збільшується не лише середнє значення часу реакції, але і його розсіяння.

Вивчався вплив напруженості роботи водіїв на якийсь час при русі автомобіля в колоні автомашин. При русі в колоні водій увесь час знаходиться в напрузі і намагається прогнозувати, вгадати поведінку лідера, особливо при малій відстані між машинами або в дуже щільних транспортних потоках. При збільшенні дистанції між автомобілями напруга роботи водія слабшає, і це відбивається на часі реакції. При збільшенні відстані між автомобілями час реакції і його розсіяння збільшується. Так у водія автомобіля, що йде за лідером на відстані близько 15 м, час реакції з вірогідністю 0,95 складав  $(0,6 + 0,2)$  с, а при відстані близько 70 м середнє значення часу і його розсіяння збільшувалося удвічі, тобто до  $(1,2 + 0,4)$  с.

Істотний вплив на швидкість реакції чинить стомлення людини, наростаюче протягом робочого дня. Відомо, що стомлення знижує працездатність. Розрізняють фізіологічне і психологічне стомлення. Перше обумовлене дією на нервову систему людини продуктів розкладання речовин в організмі, друге – перевантаженістю нервової системи. В результаті їх спільної дії час реакції змінюється. У початковій період роботи він зменшується, потім, у міру наростання стомлення, спочатку стабілізується, а потім починає зростати. Зростає і розсіяння значень часу реакції. При появі стомлення час реакції водія збільшувався також і з збільшенням інтенсивності руху. Неважко підрахувати, що тільки за рахунок стомлення водія розсіяння часу його реакції може досягати 25-30%.

Таким чином, результати вимірів показують велику мінливість індивідуального і групового часу реакції різних людей навіть в одних і тих же умовах. Тому завжди залишається сумнів в достовірності набутого експертом табличного значення часу реакції, оскільки існує безліч причин, по яких дійсний час реакції може розходитися з табличним.

Тепер оцінимо невизначеність значень коефіцієнта зчеплення шин з дорогою.

Звичайно, при розслідуванні ДТП найкращим був би вимір коефіцієнта зчеплення для автомобіля – учасника пригоди безпосередньо на місці. Проте, із зрозумілих причин, це не завжди можливо, і експерт вимушений користуватися табличними даними [2-4].

Виникає питання – як використовувати довідкові дані, представлені у формі граничних значень "від" і "до" (наприклад: 0,70-0,80)? Чи має право слідчий або експерт вибрати з цього інтервалу одне, найбільш відповідне на його думку, значення коефіцієнта (наприклад, 0,73), стверджуючи, що коефіцієнт зчеплення з вірогідністю  $P = 1$ , тобто абсолютно точно дорівнює цьому значенню. Цей варіант не витримує критики. Можна з упевненістю сказати, що граничні значення коефіцієнта, що приводяться в таблицях, набуті в результаті статистичної обробки великого об'єму експериментальних даних – результатів вимірів. Але тоді будь-яке вибране експертом значення коефіцієнта зчеплення – це усього лише конкретна реалізація коефіцієнта як випадкової величини, що має розсіяння. Як показано в одній з робіт, значення коефіцієнта зчеплення навіть на одній і тій же ділянці

дорожнього покриття, виміряні через кожні 15-20 см гальмівного шляху, можуть мати розкид в 30-50% [3]. Очевидно, що і усередненому по усій довжині гальмівного сліду значенню коефіцієнта зчеплення буде також властиво випадкове розсіяння. І перед слідчим або експертом має бути поставлене завдання це розсіяння оцінити. Мабуть, ні той ні інший цього зробити не зможуть, оскільки ні в довідкових таблицях, ні в технічній літературі таких оцінок не приводиться.

Як же поступити, якщо в довідкових таблицях вказані тільки нижня і верхня межі значень коефіцієнта? Вихід підказує міжнародне "Керівництво по вираженню невизначеності вимірів" [6]. Згідно з пунктом 4.3.7 цього керівництва, "якщо оцінені тільки межі (верхня і нижня межі) для величини  $X_i$  і можна стверджувати, що для усіх практичних цілей значення  $X_i$  знаходиться в інтервалі від  $X_1$  до  $X_2$ , і немає конкретних відомостей про можливі значення  $X_i$  усередині інтервалу, то можна тільки припустити, що з однаковою вірогідністю  $X_i$  може знаходитися в будь-якому місці в його межах (рівномірний розподіл можливих значень). Тоді  $X_i$  – очікування, або очікуване значення  $X_i$ , є середньою точкою інтервалу  $X_i = (X_1 + X_2)/2$  з відповідними граничними відхиленнями  $\pm \Delta X_i$ . Наслідуючи ці рекомендації, коефіцієнт зчеплення необхідно виражати через його середнє табличне значення з граничними відхиленнями, тобто  $\varphi = \varphi_{\text{ср}} \pm \Delta\varphi$ . Такий підхід відбиває випадкову природу явища і при розрахунках може дати об'єктивніші результати, оскільки враховує невизначеність коефіцієнта зчеплення.

Звернемо увагу, що розкид коефіцієнта зчеплення відносно його середнього табличного значення однаковий за абсолютною величиною для будь-яких покриттів – скрізь  $+ 0,05!$  З фізичної точки зору це важко пояснити, і мимоволі виникає сумнів – чи характеризують рекомендовані довідкові дані дійсність?

На закінчення вкажемо на відчутну залежність коефіцієнта зчеплення від швидкості автомобіля. Так, в експерименті на асфальтобетонному покритті коефіцієнт зчеплення при швидкості автомобіля 10 км/год виявився рівним 0,65, а при швидкості 100 км/ч рівним 0,34. Усе сказане свідчить про ненадійність табличних довідкових даних і про необхідність серйозних досліджень статистичних характеристик параметрів і коефіцієнтів, використовуваних для розрахунків при автотехнічній експертизі.

### Список літературних джерел

1. Аварійність на автошляхах України - Центр безпеки дорожнього руху та автоматизованих систем : офіційний web-сайт Департаменту ДАІ МВС України [електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.sai.gov.ua/uploads/filemanager/file/dtp2014.pdf>.
2. Туренко А. М. Автотехнічна експертиза. Дослідження обставин ДТП : підручник для вищих навчальних закладів / А. М. Туренко, В. І. Клименко, О. В. Сараєв, С. В. Данець. – Харків : ХНАДУ, 2013. – 320 с.
3. Волков В. П. Совершенствование методов автотехнической экспертизы при дорожно-транспортных происшествиях: Монография / В.П. Волков, В.Н. Торлин, В.М. Мищенко, А.А. Кашканов, В.А. Кашканов, В.П. Кужель, В.А. Ксенофонтowa, А.А. Ветрогон, Н.В. Складов. – Харьков: ХНАДУ, 2010. – 476 с.
4. Тартаковский Д.Ф. Проблемы неопределенности данных при экспертизе дорожно-транспортных происшествий / Д.Ф. Тартаковский. – СПб. : Юридический центр Пресс, 2006. – 268 с.
5. International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology. ISO, Geneva, 1993. 92-67-10175-1.
6. Руководство ЕВРАХИМ/СИТАК. Количественное описание неопределенности в аналитических измерениях. 2-е издание, 2000. Пер. с англ. – С.-Петербург: ВНИИМ им. Д.И. Менделеева, 2002. – 149 с.

**Кашканов Андрій Альбертович** - к.т.н., доцент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет.