

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Механіко-технологічний факультет

УДК 631.372-027.45

ПОГОДЖЕНО

Декан механіко-технологічного факультету

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

технічного сервісу та інженерного
(назва кафедри)
менеджменту ім. М.П.Момотенка

Вячеслав БРАТШКО

(підпис)

(ім'я, прізвище)

Іван РОГОВСЬКИЙ

(підпис)

(ім'я, прізвище)

«___» _____ 2023 р.

«___» _____ 2023 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему «Удосконалення автотехнічної експертизи технічного стану
автомобіля і дорожнього середовища»

Спеціальність 274 «Автомобільний транспорт»
(код і назва)

Освітня програма «Автомобільний транспорт»
(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна
(освітньо-професійна, або освітньо-наукова)

Гарант освітньої програми

доктор технічних наук, професор
(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Валерій ВОЙТЮК
(ім'я, прізвище)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

к.т.н., доц. каф.
(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Людмила ТІТОВА
(ім'я, прізвище)

Виконала:

(підпис)

Андрій БАЙТАЛОХА
(ім'я, прізвище)

КИЇВ – 2023

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Механіко-технологічний факультет

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри технічного сервісу та
інженерного менеджменту ім. М.П.Момотенка

Д.Т.Н., проф.
(науковий ступінь, вчене звання)

Іван РОГОВСЬКИЙ
(ім'я, прізвище)

(підпис)

2023 р.

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Андрію Анатолійовичу Байталосі
(прізвище, ім'я по батькові)

Спеціальність 274 «Автомобільний транспорт»
(код і назва)

Освітня програма «Автомобільний транспорт»
(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

(освітньо-професійна, або освітньо-наукова)

Тема магістерської кваліфікаційної роботи «Удосконалення автотехнічної експертизи
технічного стану автомобіля і дорожнього середовища»

затверджена наказом ректора НУБіП України від «30» грудня 2022 р. № 1944 «Є»

Термін подання завершеної роботи на кафедру _____

(рік, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи Науково – технічна література: результати
науково-дослідних робіт по літературних джерелах з безпеки дорожнього руху

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Аналіз стану питання досліджень, мета, задачі дослідження
2. Теоретичне вивчення впливу параметрів технічного стану транспортного засобу та
дорожнього середовища на реконструкцію дорожньо-аварійних подій
3. Методика розрахунку проведення технічного огляду автомобіля для визначення
уповільнення, гальмівної колії та швидкості транспортного засобу
4. Результати експериментальних досліджень ефективності гальмування автомобіля

Перелік графічного матеріалу Електронна презентація на 14 слайдах

Дата видачі завдання «11» листопада 2022 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи _____

(підпис)

Людмила ТІТОВА

(ім'я прізвище)

Завдання прийняв до виконання _____

(підпис)

Андрій БАЙТАЛОХА

(ім'я прізвище)

ЗМІСТ

НУБІП України

2. Оцінка стану безпеки та якості технічного стану ТЗ

НУБІП України

3... Оцінка впливу на ефективність процесу гальмування ТЗ безпечного стану

НУБІП України

РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ АВТОМОБІЛЯ І ДОРОЖНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Вихідні матеріали при призначенні автотехнічної експертизи, що враховує

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ЕФЕКТИВНОГО ГАЛЬМУВАННЯ ТЗ І СТАНУ

2. Обладнання та засоби проведення експериментальних досліджень

НУБІП України

Результати експериментальних досліджень ефективності.....

НУБІП України

5. Методика застосування коефіцієнтів, що враховують технічний стан ТЗ

і дороги, що використовуються в розрахунках автотехнічної експертизи під..

НУБІП України

РОЗДІЛ 4. ДОСЛІДЖЕННЯ У РОЗРАХУНКАХ АВТОТЕХНІЧНОЇ

Е

Вастосування методики автотехнічної експертизи при реконструкції ДТП з

Є

НУБІП України

Практичне застосування методики автотехнічної експертизи при

Реконструкції ДТП з урахуванням технічного стану ТЗ та дороги.....

№.3. Висновки до 4 розділу

92

В

НУБІП України

Б

В

Н

Ф

Ф

НУБІП України

М

И

В

Ы

НУБІП України

К

Ф

Р

И

Е

НУБІП України

Ф

А

Ы

И

НУБІП України

Х

Т

Д

Ж

Е

В

ВСТУП

Згідно зі статистикою 20-25% усіх дорожньо-транспортних пригод (ДТП) відбуваються через неналежний стан підсистеми «дорога», а за технічним станом транспортних засобів (ТЗ) у розвинених європейських країнах – за даними Всесвітньої організації охорони здоров'я – не менше 2:4%.

У поєднанні з факторами підсистем «водій» та «дорожнє середовище» ДТП суттєво збільшується. У разі виникнення аварійно - небезпечної дорожньо-транспортної ситуації (ДТС) дії водія спрямовані на запобігання ДТП, з метою збереження свого життя, життя людей, що беруть участь у ДТП, та зниження

загальної тяжкості наслідків ДТП. У таких ситуаціях водій не враховує стан та якість підсистеми «дорога», інстинктивно концентруючи увагу на екстремуму чи робочому гальмуванні транспортного засобу. В експертній практиці у зв'язку з цим, часті питання експертам зводяться до визначення швидкості МС

- та її зупинного шляху, тобто. питання для оцінки технічної можливості запобігання ДТП. При реконструкції ДТП з урахуванням технічного стану автомобіля та дорожнього середовища, очевидно, повинні бути враховані для підсистеми «автомобіль»: параметри гальмування (уповільнення),

маневрування автомобіля з використанням кермової системи та системи тяги, технічний стан цих систем, значення гальмівного та зупинного шляхів та інших факторів; для підсистем «дорога» та «дорожнє середовище»: рівність та зчеплення покриттів проїжджої частини та узбіччя, міцність та стан

дорожнього одягу, геометричні параметри проїжджої частини та узбіччя, поздовжні та поперечні ухили, радіуси кривих у плані та профілі, відстань видимості.

Чинна практика виробництва автотехнічних експертиз не вимагає кількісного обліку оцінки та загального пробігу автомобіля та його віку параметрів, що впливають на загальний технічний стан автомобіля, рівня

реалізованих у конструкції властивостей керованості, стійкості та прохідності тощо. Вона не враховує багато інших факторів. Діюча практика здійснюється на основі загальних та давно прийнятих алгоритмів, методик, методів,

приймів, технологій, що рекомендуються методичними виданнями та документами. Вона не бере участі у формуванні та розвитку бази знань з розвиненим математичним забезпеченням на користь вирішення проблеми забезпечення безпеки дорожнього руху (БДР), не дозволяє вирішувати прогностичні завдання у зв'язку з безперервним зростанням чисельності та різноманіття конструкцій ТЗ, напруженості дорожнього руху. Аналіз використовуваних методів розрахунку та рекомендованих методик реконструкції ДТП, розроблених для виконання автотехнічних експертиз ще в 80-ті дозволяє легко дійти висновку про те, що процедура реконструкції ДТП

має значну кількість недоліків, що потребують їх подолання. У цій роботі, зокрема, розглянуто завдання розробки науково-методичного забезпечення для виконання експертного дослідження з урахуванням технічного стану ТЗ та автомобільної дороги. Необхідність у визначенні додаткових параметрів оцінки їх параметрів та умов руху у цій задачі, тобто. у підсистемі «автомобіль - дорога», таких як колійність на проїжджій частині, стан покриття в різних погодно-кліматичних умовах, знос покриття, зчипні властивості та шерсткість дорожнього покриття та ефективність гальмування тощо. пояснює актуальність дослідження та визначає його метою підвищення точності та

достовірності вихідних даних розрахунків при оцінці гальмівного та зупинного шляху ТЗ, ефективності його гальмування та швидкості руху ТЗ. Якісний аналіз дорожніх умов та точне визначення ефективності гальмування

ТЗ створюють можливість відповіді на питання – яка ймовірність скоєння ДТП через незадовільний стан досліджуваної підсистеми?

Мета магістерської кваліфікаційної роботи – підвищення достовірності результатів експертних досліджень автотехнічної експертизи, що враховує стан автомобіля та дорожнього середовища при реконструкції ДТП.

Завдання дослідження:
виконати аналіз проблеми аварійності на автомобільному транспорті з метою визначення статистики ДТП, які враховують технічний стан транспортного

засобу та дорожнього середовища.

дійснити оцінку впливу на ефективність процесу гальмування ТЗ під час виробництва автотехнічної експертизи безпечного технічного стану автомобіля та дорожнього середовища.

ослідити матеріали за вихідними даними, що використовуються в діючій практиці призначення автотехнічної експертизи з метою виявлення недоліків науково-методичного забезпечення виробництва експертного дослідження.

Об'єктом дослідження є параметри технічного стану гальмівної системи автомобіля – коефіцієнт ефективності гальмування ТЗ та стану дорожнього середовища – коефіцієнт зчеплення колеса з дорогою, шорсткість дорожнього покриття, гідравлічна шорсткість, колійність на дорожньому покритті.

Предметом дослідження є процес гальмування (уповільнення) ТЗ з урахуванням технічного стану автомобіля та дорожнього середовища.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ ТА РІВНЯ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ З БЕЗПЕКИ ДОРОЖНОГО РУХУ

наліз проблеми аварійності на автомобільному транспорті

Автомобільний транспорт є частиною єдиної транспортної системи країни, має високу мобільність і сприяє створенню комфорту і зручності при перевезенні пасажирів і вантажу. За останні десять років відзначається різка динаміка збільшення автомобілів, що припадають на тисячу жителів. Згідно зі статистичними даними (рисунок 1.1) середня кількість автомобілів з кожним роком збільшується [1,2,3,4]. Інтенсивне зростання автомобілізації підвищило якість життя суспільства, проте це призвело і до збільшення рівня дорожньо-транспортного травматизму (ДТТ) внаслідок ДТТ. Також процес зростання автомобілізації в Україні пов'язаний з негативними явищами пов'язаними з недостатньо розвиненою мережею автомобільних доріг, її дефектами, низькою пропускною здатністю її ділянок, відсутністю достатньої кількості місць зберігання автомобілів та паркувальних місць. До негативних наслідків даних явищ можна віднести загори на дорозі, забруднення повітря та поверхні вздовж автомобільних доріг, шумове забруднення міського та приміського середовища, збільшення кількості аварій та жертв ДТТ.



Рис. 1.1 Динаміка продажів малої комерційної техніки



Рис. 1.2. Динаміка ДТП в Україні за 2010–2019 рр

За питомими показниками аварійності та наслідків ДТП Україна також є одним з лідерів серед європейських країн. За даними Організації економічного співробітництва та розвитку (англ. Organization for Economic Co-operation and Development (OECD)) та Управління безпеки дорожнього руху Департаменту превентивної діяльності Національної поліції України у 2015 році Україна входила в ТОП-10 країн світу за смертністю на дорозі в результаті ДТП на загиблих від ДТП в розрахунку на 1 млн транспортних засобів [76] (рис. А4 Додатку А).

Рис. 1.3. Кількість ДТП із загиблими та пораненими

Кількість ДТП з постраждалими

I квартал

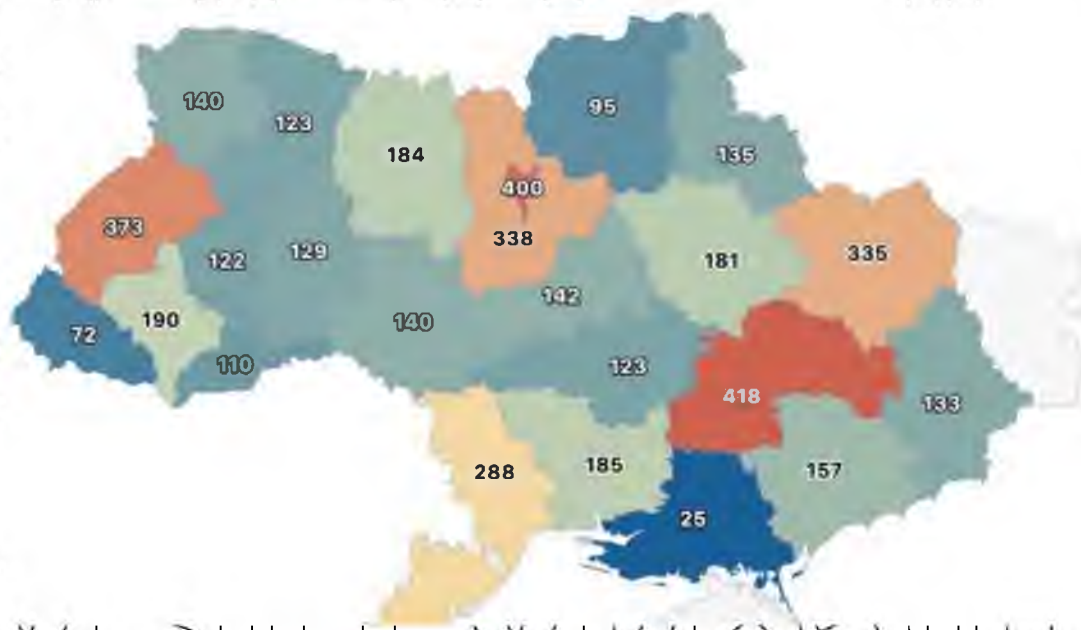


Опендатабот

© 2023 Опендатабот — відкриті дані

За кількістю ДТП із загиблими та/або травмованими за перші 3 місяці 2023 лідером є Дніпропетровщина — 418 випадків. Це 9% від загальної кількості аварій з постраждалими. В антитопі також опинилися Київ — 400 ДТП з жертвами та Львівська область — 373 аварії.

"Цьгоріч Дніпропетровщина впевнено лідирує в усіх антирейтингах ДТП: у цьому регіоні загально найбільша кількість аварій з постраждалими, зокрема, найбільше летальних ДТП, та друге місце в Україні за кількістю травмованих", — йдеться у повідомленні.



НУБІП УКРАЇНИ



Крім того, за 3 місяці 2023 року 571 дитина була травмована в ДТП та 26 дітей загинуло. Ці показники співвідносні зі статистикою 2021 року.

Світова статистика показує, що ДТТ набуває з кожним роком дедалі більшого соціального та економічного значення, на його частку, за даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), припадає 30-40% і більше всіх смертей від нещасних випадків. На автомобільному транспорті відбувається понад 98 % від усіх транспортних пригод, у ДТП у світі щорічно гине 1,2 млн. осіб та понад 15 млн. одержують поранення [6]. Статистика свідчить про динамічне зростання цих цифр, якщо не вживати рішучих заходів щодо попередження ДТП. Виходом із ситуації - системний підхід до проблеми безпеки, експертна оцінка ДТП, розробка та реалізація пріоритетних заходів зниження ДТТ.

Велике значення у сфері забезпечення БДД має чітке визначення масштабів та характеру ДТТ, вироблення стратегії, створення спеціальних органів та консолідація зусиль у масштабах країни з метою вирішення проблеми БДР. Кожна країна розробляє політику (програму) забезпечення безпеки дорожнього руху, що є основою визначення загальнонаціонального плану конкретних дій у сфері забезпечення БДД.

Ще в 80-ті роки ХХ століття в ряді зарубіжних розвинених країн була визнана потреба в системному підході, що зосередився на вдосконаленні

дорожньої інфраструктури, технічної безпеки автомобіля (особливо пасивної безпеки) та дотриманні правил дорожнього руху (ДДР).

При такому підході поряд із законодавчими заходами стали широко застосовуватися й інші, націлені на досягнення кінцевого результату заходи, такі як автоматизований поліцейський контроль; податкові стимули; технічні розпорядження, найбільш досконалі інформаційні системи та бази даних з ДТП та травматизму, а також незалежні розслідування та наукове вивчення ДТП [7]. Прикладом розробки системного підходу - стратегії в галузі забезпечення безпеки дорожнього руху може бути досвід Швеції («Vision Zero»), Великобританії («Tomorrow's Roads: Safer For Everyone») та інші.

Системний підхід дозволяє комплексно вивчати взаємодіючі фактори, їх особливості та обмеження, дозволяє розглянути підсистеми у системі ВАДС.

Одне з основних завдань ВАДС скоротити кількість ДТП та постраждалих.

ДТП - подія, що виникла в процесі руху дорогою транспортного засобу та за його участю, за якого загинули або поранені люди, пошкоджені транспортні засоби, споруди, вантажі або завдано іншої матеріальної шкоди [8]. ДТП класифікуються, згідно з Правилами обліку та аналізу дорожньо-

транспортних пригод на автомобільних дорогах України [9], за дев'ятьма видами: зіткнення, перекидання, наїзд на транспортний засіб, що стоїть, наїзд на перешкоду, наїзд на пішохода, наїзд на велосипедиста, наїзд на гужовий транспорт, падіння пасажирів, інший вид ДТП [8,9]. Найпоширенішими видами ДТП є зіткнення транспортних засобів та наїзди на пішоходів.

Незважаючи на запровадження програм, спрямованих на підвищення рівня безпеки дорожнього руху, та деякі покращення в статистиці, яких досягла Україна за останні роки (див. рис. 1.1), проблема ДТП є критичною, адже за результатами 2017 року в країні за добу відбувається близько 445 ДТП, в яких 95 людей травмується, а гине щонайменше 9 людей [73], і за останні роки ці показники майже не змінились. Це вимагає від України запровадження цілого комплексу завдань, спрямованих на підвищення БДР.

Причинами високого рівня аварійності на автошляхах країни є:

– недостатній рівень правової культури учасників дорожнього руху внаслідок відсутності ефективного контролю з боку поліції та неналагодженості роботи систем автофіксації порушень;

– недотримання елементарних вимог безпеки (перехід пішоходами дороги за межами облаштованих переходів; користування мобільними телефонами за кермом автомобіля, нехтування ременями безпеки, перевезення маршрутними ТЗ кількості пасажирів більшої, ніж наявність посадкових місць тощо);

– безкарність осіб, які спричинили правопорушення на транспорті;

стан автомобільних доріг (особливо у весняний період);

технічний стан транспортних засобів;

відсутність єдиних правил обліку ДТП, неякісна робота структур, що збирають дорожню статистику, вивчають причини ДТП і на основі отриманих результатів досліджень створюють плани та рекомендації для практичних рішень з метою запобігання ДТП у майбутньому.

Дослідження аспектів транспортного процесу та дорожньо-транспортних пригод засновано на аналізі складної картини взаємодії ланок системи ВАДС. ДТП можна охарактеризувати як «розлагодження» взаємодії

системи ВАДС [1]. Найчастіше, пригоди розвиваються за декілька секунд або за доли секунди. Переважна більшість дорожньо-транспортних пригод спричиняється декількома причинами (рис. 1.2). Ці обставини значно ускладнюють аналіз ДТП, головною метою якого є виявлення умов, що сприяли пригоді, та визначення дій її учасників.

Аналіз причинно-наслідкових зв'язків механізму ДТП (рис. 1.2) дозволяє виділити три основні групи причин виникнення аварійних ситуацій:

група – недотримання учасниками руху діючих ПДР та помилки водіїв в управлінні ТЗ;

група – порушення правил експлуатації ТЗ та їх несправність;

група – незадовільний стан дорожнього покриття та низький рівень організації дорожнього руху.

Переважна більшість ДТП за офіційними статистичними даними [1-3] спричиняється причинами, що формують першу групу. Діючи Правила дорожнього руху [7] виділяють такі основні обставини в виникненні аварійної ситуації: небезпека для руху та перешкода для руху. При виникненні небезпеки для руху (наприклад, у разі перетину смуги руху транспортного засобу якимось-небудь об'єктом, іншим ТЗ або пішоходом) ПДР дозволяють водію використовувати тільки гальмування. У разі виникнення перешкоди для руху (наприклад, коли об'єкт перешкоди нерухомий або рухається в зустрічному чи попутному напрямі) ПДР дозволяють водію використовувати як гальмування, так і маневр в рівній мірі. Маневрування з технічної точки зору важче і небезпечніше ніж екстрено загальмувати ТЗ, тому близько 16 % ДТП є наслідком порушення маневру ТЗ (табл. А2 Додатку А), а в усіх інших випадках водій повинен був застосовувати екстрене гальмування.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

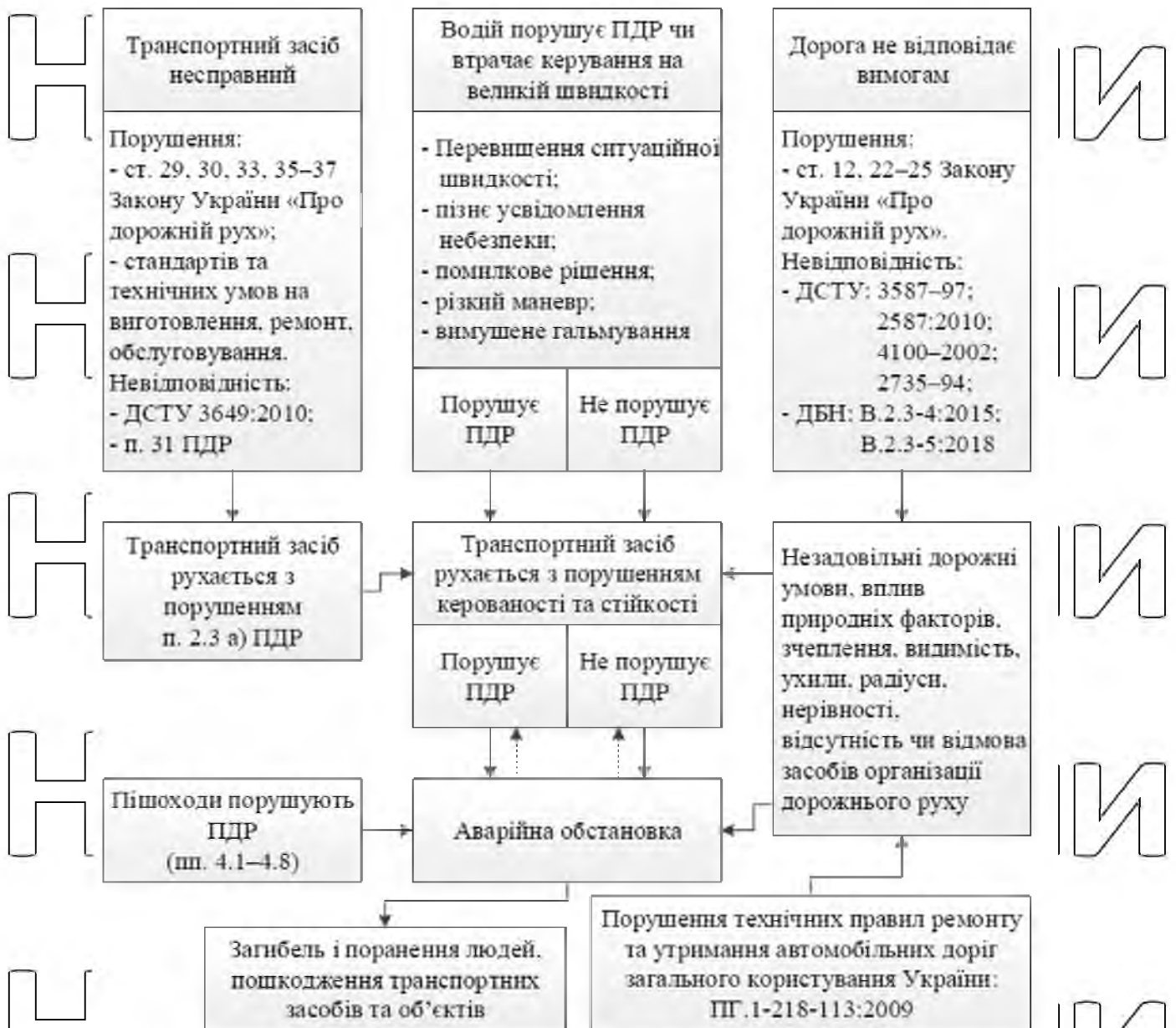


Рис. 1.5. Причинно-наслідкові зв'язки механізму ДТП

Друга група причин ДТП, пов'язана з порушенням правил експлуатації ТЗ та їх несправністю. За інформацією Міністерства інфраструктури України автомобільна транспортна система країни має близько 9,2 млн. транспортних засобів, у тому числі: близько 6,9 млн. легкових автомобілів, 250 тис. автобусів, 1,3 млн. вантажних ТЗ, 840 тис. мототранспорту [8]. Термін служби ТЗ в середньому розрахований на 8–10 років експлуатації. Згідно з даними статистики середній вік автомобільного парку України становить близько 20 років (друге місце в світі – після Куби) і має тенденцію до збільшення. Старіння автомобіля супроводжується порушенням його працездатності

– виникненням відмов і несправностей. Аналіз ДТП спричинених відмовами і несправностями ТЗ (табл. А3 Додатку А) показує, що їх переважна більшість (близько 90%) спостерігається в таких елементах як гальмівна система, рульове керування, шини, прилади освітлення і сигналізації, ходова частина.

Згідно з вимогами ПДР, заборонено експлуатувати ТЗ з несправностями, які впливають на БДР: з несправностями рульового керування, гальмівної системи, зовнішніх світлових приладів, склоочисників і склообмивачів вітрового скла, коліс і шин, двигуна, інших елементів конструкції [77].

Третя група причин дорожньо-транспортних пригод пов'язана з незадовільними дорожніми умовами та неналежною організацією дорожнього руху. Дорожні умови визначаються сукупністю чинників, що характеризують стан дороги і видимість, та є залежними від атмосферних явищ. Вони визначають якість зчеплення коліс автомобілів з дорогою, величину зупинного шляху, можливості маневрування і безпечного проїзду та враховуються при вивченні обставин дорожньо-транспортних пригод [80, 81]. Недоліки в організації дорожнього руху (погана видимість дорожньої розмітки та знаків, відсутність світлофорного регулювання, тощо) можуть стати супутньою причиною виникнення ДТП.

Одне проблемні питання дослідження дорожньо-транспортних пригод властиві як нашій країні, так і міжнародному суспільству в цілому. Це багатостороння проблема, рішення якої залежить від багатьох факторів, починаючи з політики в галузі безпеки руху і закінчуючи дослідженням обставин та механізму ДТП. Очевидно, що для покращення дорожньої безпеки в Україні слід звернутись до позитивного досвіду інших країн.

Одні з кращих показників з динаміки зростання дорожньої безпеки показала Німеччина. Її заходи та програми підвищення безпеки руху стали основою для створення єдиної європейської програми «Нульової смертності на дорогах», яка далі поширилася на Австралію та США. Заходи єдиної європейської програми дозволили знизити смертність на дорогах в період з 2001 по 2010 рік на 50%, потім, від 2010 до 2020 року – ще на 50%.

Статистичні дані аварійності дозволяють визначити випадки ДТП у системі «Водій-Автомобіль-Дорога-Середовище» (ВАДС) для кожної підсистеми [1,2,3,7,10]. Підсистема «Середовище» (підсистема С) для кожного випадку ДТП несе супутній характер, будучи джерелом впливу зовнішніх факторів на підсистеми «Водій», «Автомобіль», «Дорога» (підсистеми В, А, Д), таких як наявність снігу, ожеледиці, туману, дощу та інші, у дорожньо-транспортній ситуації (ДТС). У системі ВАДС ДТП є результатом несприятливого поєднання ряду причин та факторів, що виникають при взаємодії підсистем один з одним. З метою підвищення БДД необхідно підсистемно виявляти фактори ризику в підсистемах $B \leftrightarrow A$, $A \rightarrow D$, $D \leftrightarrow B$ з урахуванням впливу підсистеми С, що надалі дозволить визначити заходи щодо підвищення БДД.

Аналіз статистики аварійності дозволив виявити участь усіх підсистем у ДТП від загальної кількості ДТП за період із 2020 р. 2022 р. (значення виділено круглим контуром, %), а також аналіз обставин та умов ДТП виявив взаємодію підсистем у ДТП (значення виділено квадратним контуром, %).

До основних причин ДТП підсистеми Д відносять: недоліки у будівництві та реконструкції вулиць та автомобільних доріг, їх експлуатації, недостатня освітленість або її відсутність у темний час доби, наявність колійності, тріщин та вибоїн на дорожньому покритті, робота та інформативність засобів регулювання та дорожніх знаків та розмітки та інші

При реконструкції ДТП важливо зафіксувати всі причини та фактори, що створили ДТЗ, розглянути останню комплексно з урахуванням впливу всіх підсистем.

Досліджуючи чинники і чинники, створили ДТС, необхідно враховувати те, що у формування ДТС, велике значення надають умови (підсистема З).

Фактори, показники ризику та взаємодія підсистем В, А, Д, С представлені в додатку 1. При виробництві автотехнічних експертиз для підсистеми В основними показниками є значення часу реакції водія, для підсистеми А -

параметри гальмування та параметри маневрування автомобіля, технічний стан ТЗ підсистеми Д - рівність і зчеплення покриттів проїжджої частини та узбіччя, міцність та стан дорожнього одягу, геометричні параметри дороги (ширина проїжджої частини та узбіччя), поздовжні ухили, радіуси кривих у плані та профілі, відстань видимості, стан елементів інженерного обладнання та облаштування дороги [12, 19, 22, 25].

1.2. Оцінка стану безпеки та якості технічного стану ТЗ та дорожнього середовища

Підсистеми "Автомобіль", "Дорожнє середовище" є не тільки невід'ємним компонентом системи ВАДС, але і складовою частиною автомобільно-дорожнього комплексу. Це взаємодія автомобіля через колеса з дорожнім покриттям, що є механічною моделлю транспортного процесу, призначену для забезпечення безперервного, комфортного, зручного та безпечного руху.

При русі по дорозі за наявності нерівностей, що чергуються, на покритті ТС рухаються нерівномірно, відчуваючи при цьому удари і вертикальні коливання коліс, кузова та інших частин конструкцій. Відмінність мікропрофілю шляхом руху лівих і правих коліс викликає поперечні коливання, при цьому виникають зміни за величиною динамічні сили, які діють як у дорожнє покриття, і на ТС. Враховуючи дані наслідки, проєктувальники, шляховики та фахівці в галузі автомобільно-дорожнього комплексу повинні дотримуватись нормативних вимог. Однак не завжди витримуються рекомендовані нормативними документами і майже кожна дорога є послідовним чергуванням оптимальних і допустимих геометричних елементів [43, 50]. Технічний рівень, експлуатаційний стан, транспортно- та техніко-експлуатаційний стан та якість дорожнього середовища повинні відповідати чинним нормативним вимогам. Параметри та комплексна характеристика дорожнього середовища, що дозволяють оцінити стан її безпеки та якості.

Дорожнє середовище є сукупністю конструктивних та експлуатаційних

властивостей, що знижують ймовірність ДТП, тяжкість їх наслідків та негативний вплив на підсистему С. Оцінити безпечний стан МС можна за допомогою параметрів активної, пасивної, післяаварійної та екологічної безпеки ТЗ.

В експертній практиці при дослідженні ТЗ фахівці приділяють увагу вивченню обставин, пов'язаних з експлуатаційними властивостями ТЗ, зокрема швидкісним, гальмівним параметрам, стійкості ТЗ. Одна з розрахункових величин у існуючій методиці автотехнічних експертиз щодо зупинного шляху це коефіцієнт ефективності гальмування (K_E), враховує експлуатаційні умови гальмування. Навантажені ТЗ мають збільшений гальмівний шлях. При розслідуванні подій значення коефіцієнта K_E вибирається в залежності від коефіцієнта зчеплення колеса з дорогою ρ і маси ТЗ. При цьому слід враховувати тип транспортного засобу, його стан, конструкцію гальм, наявність підсилювачів їх приводу.

Діючі методики оцінки параметрів руху ТЗ та дослідження певних видів ДТП містяться в переліку робіт, які рекомендовані Міністерством Юстиції України [160]. Крім того існує перелік рекомендованих робіт, які використовуються в експертній практиці Європейської мережі криміналістичних установ [89], до якої входить Державний науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України та його підрозділи в обласних центрах.

Протягом останніх десятиріч почали з'являтися нові монографії, науково-методичні та дисертаційні роботи, присвячені проблемам розвитку автотехнічної експертизи ДТП [161–187]. Актуальними є роботи присвячені впровадженню в експертну практику сучасних цифрових засобів дослідження аварійних ситуацій та спеціальних програмних продуктів [46, 54, 56, 188–196].

Окремим перспективним напрямом є використання інформації з електронних систем керування, безпеки і комфорту ТЗ для встановлення обставин ДТП. Це стало можливим завдяки розвитку технологій фіксації руху ТЗ в процесі ДТП: системи GPS позиціонування місцезнаходження ТЗ, системи EDR – реєстрація

даних про події, ACN – Automated Crash Notification (автоматизовані системи повідомлення про ДТП) [36, 197–205]. Автоматизовані системи реєстрації параметрів руху забезпечують високу достовірність вихідних даних для встановлення механізму виникнення окремих аварійних ситуацій на основі фундаментальних законів руху [1, 9, 20].

Сучасна САТЕ є експертним дослідженням, метою якого є визначення механізму і обставин ДТП на основі психофізіологічних характеристик її учасників, показників якості та технічного стану ТЗ, параметрів дороги, інших факторів (рис. 1.6)



Рис. 1.6. Узагальнений перелік завдань САТЕ

Чинний закон України «Про судову експертизу» [90], визначає правові, організаційні і фінансові засади судово-експертної діяльності. Його метою є забезпечення правосуддя України кваліфікованою, об'єктивною та незалежною експертизою, яка орієнтована на широке використання досягнень

науки і техніки. З нього стає зрозумілим, що проведення САТЕ при її проведенні вимагає наявності та застосування спеціальних знань в галузі психофізіології, метрології, механіки. Ці знання повинні відповідати сучасному рівню розвитку цих наук. Експерт повинен володіти знаннями теорії та практики водіння автомобіля, знати та вміти використовувати сучасну нормативно-технічну базу – стандарти, норми, правила.

Ситуація 1. Коефіцієнти та параметри, які набувають статусу доказів та використовуються експертом в розрахунках і дослідженнях, приймаються прокурором, слідчим і судом на віру та не піддаються оцінюванню обґрунтованості їх вибору і перевірки, як це вимагає КПК України [208].

Причинами такого стану є:

недостатній рівень спеціальних знань у представників суду, обвинувачення і дізнання;

впевненість представників правосуддя в непогрішимості експерта, тому що за законом експерт несе особисту відповідальність за свій висновок, у відповідності до закону він не обмежений у виборі та використанні довідкових даних.

Ситуація 2. Коефіцієнти і параметри, які експерт приймає за довідковими таблицями, є по суті результатами вимірювань, що не вкладаються у вимоги Закону України «Про метрологію та метрологічну діяльність» [20].

Достовірні значення деяких вихідних даних можна отримати за допомогою якісних приладів шляхом прямого вимірювання параметрів на місці ДТП. Проте це не завжди можливо з об'єктивних причин, і експерти вимушені користуватись даними протоколів патрульної служби, довідкової літератури або спеціальних довідкових таблиць. В цьому випадку, слід розуміти, що довідкові дані є усередненими значеннями множини вимірювань відповідних показників у репрезентативної групи однотипних автомобілів в заданих контрольованих умовах, отриманими в результаті статистичної обробки. Отже, індивідуальні показники конкретних об'єктів будуть мати відхилення від довідкового середнього значення, тобто буде присутне

розсіювання (невизначеність). Одна справа, якщо експерт буде знати, що відхилення індивідуальних показників від довідкового значення для кожного об'єкта не перевищують, наприклад одного відсотка. А, якщо розсіювання складає десятки відсотків? Це зовсім інша справа. То саме відноситься і до довідкових даних спеціальної технічної літератури.

Ситуація 3. Визначення параметрів руху транспортних засобів при САТЕ виконується без оцінювання похибки одержуваних результатів. Це також є невідповідністю щодо вимог Закону України «Про метрологію та метрологічну діяльність».

Практично всі розрахунки, виконувані за формулами, використовують величини, отримані з відповідних довідкових таблиць чи експериментально, є типовим випадком непрямих вимірювань. Тобто таких, результат виміру яких визначається за формулою, а величини, які входять в формулу, знаходять шляхом вимірювань [10-14]. Відповідно, розрахункові значення повинні містити оцінку похибки результату у відповідності до вимог вище згаданого Закону [20].

Врахування невизначеності розрахункових значень змінює характер результатів розрахунку. Детерміновані значення перетворюються у імовірнісні, оскільки всі довідкові коефіцієнти та параметри, що визначаються дослідним шляхом, оцінюються з деякими похибками. Ні теоретично, ні практично, абсолютно точних вимірювань не буває. В заданих умовах кожний довідковий коефіцієнт або параметр є середньостатистичним значенням певного показника генеральної сукупності однотипних об'єктів. Однакові показники навіть двох автомобілів будуть мати різницю. Це обумовлено експлуатаційними та технологічними причинами. Отже потрібно пам'ятати, що фактичне значення показника може приймати любе значення в межах можливого розсіювання.

При дослідженні механізму ДТП часто виникає необхідність вирішення питань, пов'язаних із стійкістю та керованістю МС. Питання керованості та стійкості ТЗ є одним із найскладніших. Керованість і стійкість є важливими

експлуатаційними властивостями ТЗ, проте досі немає загальноприйнятого визначення їх.

Під стійкістю розуміють властивість ТЗ протистояти занесенню, ковзанню, перекиданню. Розрізняють поздовжню та поперечну стійкість ТЗ, більш ймовірна та небезпечна втрата поперечної стійкості [22].

Порушення стійкості відбувається в результаті дії збурювальних сил, наприклад, поривів бокового вітру, ударів коліс про нерівність дороги, колійності, а також через різкий поворот керованих коліс водієм. Втрата стійкості може бути викликана і технічними несправностями (неправильне

регулювання гальмівних механізмів, зайвий люфт у рульовому управлінні або його заклинювання, прокол шини та ін.) ТС, змінивши напрямок руху і відхилившись навіть на невеликий кут, може через короткий час опинитися на

смузі зустрічей. Так, якщо ТЗ, що рухається зі швидкістю 80 км/год, відхилиться відпрямолінійного напрямку руху всього на 5° , то через 2,5 с він переміститься у бік майже на 1 м і водій може не встигнути повернути ТС на колишню смугу [19,22,61].

Часто ТС втрачає стійкість під час руху дорогою з поперечним ухилом (косогору) і за повороті на горизонтальній дорозі. Поперечному ковзанню шин по дорозі протидіють сили зчеплення, які залежать від коефіцієнта зчеплення.

На сухих, чистих покриттях сили зчеплення досить великі, і ТС не втрачає стійкості навіть за великої поперечної сили. Якщо дорога покрита шаром

мокрого бруду або льоду, ТС може занести навіть у тому випадку, коли він рухається з невеликою швидкістю порівняно пологою кривою. Особливо

небезпечним є поєднання криволінійної ділянки дороги із поперечним ухилом.

Для створення необхідної безпеки руху на дорогах з малим радіусом повороту влаштовують односхилий поперечний профіль - віраж. На віражі проїжджа частина та узбіччя мають поперечний нахил до центру кривої. Таким чином,

ТЗ та дорога взаємопов'язані.

До дорожнього середовища пред'являють нормативні вимоги та правила, порядок проведення ремонту та утримання, вказівки щодо

забезпечення безпеки руху на автомобільних дорогах [8,11,12,13,14,15,16,17].

Автомобільні дороги протягом усього чи окремих ділянок залежно від розрахункової інтенсивності руху поділяються на категорії - 1-а, 1-б, II, III, IV,

Показники безпечного стану та якості дорожнього середовища включають:

транспортно-експлуатаційні показники (ТЕП);

показники дорожніх умов, що супроводжують виникнення ДТП, значення яких повинні перевищувати нормативно допустимих (Пду);

показники належної якості покриття доріг (Пкп);

показники безпечного руху та поліпшення його організації (Пбр).

До ТЕП відносяться: забезпечена швидкість, пропускна здатність, рівень завантаження її рухом, безперервність, комфортність та безпека руху, здатність

пропускати автомобілі та автопоїзди з осьовим навантаженням та вантажопідйомністю (або загальною масою), відповідними категоріями

Швидкість руху оцінюють за експлуатаційним коефіцієнтом

забезпеченості розрахункової швидкості [12,15]:

де V_{max} - максимальна швидкість руху кожному ділянці експлуатованої дороги, V - розрахункова швидкість цієї категорії дороги.

Однак важливо врахувати те, що технічний рівень та експлуатаційний стан підсистеми Д повинні забезпечити можливість БДР одиночних

автомобілів за сприятливих ($K_p > 1$) та несприятливих погодньо-кліматичних умов ($0,5 < K_p < 0,75$) з максимальними швидкостями відповідної категорії

дороги, що експлуатується. Допустимі значення V_{max} всім категорій доріг представлені у таблиці 1.1 [15,17].

Таблиця 1.1

Допустимі значення V_{max} залежно від погодно-кліматичних умов			
Умови погоди та рельєфу місцевості	Допустимі значення V_{max} для категорій доріг, км/год		
	I-a	I-b	
За сприятливих погодно-кліматичних умов			
В основному протягом дороги			
На важких ділянках пересіченої місцевості			
На важких ділянках гірської місцевості			
За несприятливих погодно-кліматичних умов			
В основному протягом дороги			
На важких ділянках пересіченої місцевості			
На важких ділянках гірської місцевості			

Стан безпеки руху на автомобільній дорозі оцінюється коефіцієнтом подій (K_p), коефіцієнтом аварійності (K_a) (для ділянок доріг з рівнинної та горбистій місцевості), та різницею коефіцієнтів (K_a) (на сусідніх ділянках для

г

і Показники ПДР, що супроводжують виникнення ДТП, значення яких не повинні перевищувати нормативно допустимих, дозволяють визначити відхилення від норм дефектів, що існують в момент ДТП, і недоліків дороги [9,12,13,14,15]. Таким чином, це дозволить точніше визначити винуватця ДТП.

Відповідно до досліджень Некрасова В.К. до дефектів і недоліків дорожнього покриття відносять деформації та руйнування зношування або стирання, лущення, викрашування, обламування кромки, хвилі, гребінки, зрушення, вм'ятини, тріщини, сітка тріщин, колю, вибоїни [18].

м

і

Одним із показників Пкд є тип покриття (дорожнього полотна) визначається відповідно до категорії дороги та інтенсивності руху транспортного потоку. Термін служби покриття оцінюють за зчипними характеристикам та зносу поверхні дорожнього покриття. З урахуванням рівня автомобілізації, інтенсивності руху, погодно-кліматичних умов, що склався, виявляють основні недоліки доріг у процесі їх експлуатації, що впливають на безпеку руху: утворення колії на поверхні проїжджої частини; знос покриттів автомобільними шинами; зменшення коефіцієнта зчеплення. Усі перелічені вище недоліки є причинами ДТП.

1.3. Оцінка впливу на ефективність процесу гальмування ТЗ безпечного технічного стану автомобіля та дорожнього середовища

Тип покриття та тривалість його експлуатації. Зі збільшенням терміну експлуатації після будівництва або ремонту дорожнього одягу знижується через зменшення шорсткості. Коефіцієнт зчеплення φ найбільш стійкий у цементобетонних покриттях в сухому стані при тривалості їх служби до 10-12 років, а у асфальтобетонних - 5-8 років. При стиранні (зносі) покриття на 50-автомобілів, через що зменшується [53,54].

Шорсткість покриття та мікрошорсткість його кам'яного матеріалу. Чим більша шорсткість, тим значніша площа контакту покриття з шиною і вищий рівень зачеплення, що зумовлює зростання. Велика шорсткість покриття сприяє зниженню коефіцієнта зчеплення φ . При нормальній шорсткості покриття шина зберігає контакт із проїжджою частиною і при дощі не утворюється суцільного шару води, що знижує зчеплення шини та покриття

Великий вплив має власна шорсткість кам'яного матеріалу покриття (мікрошорсткість), що запобігає виникненню елементів рідинного тертя на поверхні виступів мікрошорсткості. Допустимі значення глибини западин шорсткості за значенням у (літні та зимові умови)

Таблиця 1.2

Нормативні значення глибини закладення шорсткості

Мінімальна середня глибина закладення шорсткості методом «піщаної плями», мм

ϕ

Асфальтобетонне покриття

Цементобетонне покриття

Нерівності на проїжджій частині.

Вони збільшують частоту

застосування вертикального навантаження. Коефіцієнт зчеплення у знижується через умови, що змінюються в місці контакту шини з дорогою і через підстрибування коліс на нерівностях. Дослідження показують, що рівність покриття, загалом, має другорядне значення для безпеки дорожнього руху. Однак нерівності дорожнього покриття у поєднанні з несприятливими погодними умовами можуть спричинити збільшення ДТП [6, 10].

Вологість покриття. При дощі коефіцієнт зчеплення у зменшується через те, що з вологи, пилу, частинок гуми, крапель нафтопродуктів тощо. утворюється рідкий бруд, по якому, як по мастилу, прослизують колеса.

Значення коефіцієнта зчеплення при цьому майже вдвічі менше, ніж при русі по сухому покриттю. На вологих, але листих покриттях менше, ніж на сухих, але більше, ніж на покриттях з рідким брудом. На вологій і мокрій поверхні істотно знижується зі зростанням ϕ_a . Зчеплення залежить від типу покриття та властивостей гуми протектора, таким чином, чим більша площа контакту шини з дорогою, тим більший коефіцієнт зчеплення ϕ .

На мокрих дорогах зчеплення визначається гідродинамічними властивостями плівки води між шиною і дорогою та здатністю малюнка протектора видавлювати та видаляти рідину із зони контакту вузькими прорізами та відкритими канавками, що служать для видалення води із зони контакту.

При малій U_a та тонкій водяній плівці на поверхні мокрої дороги вода майже повністю видавлюється і відводиться з площини контакту виступів

малюнок протектора з полотном дороги (рисунок 1.8а), коефіцієнт зчеплення не набагато менше, ніж на сухій дорозі.

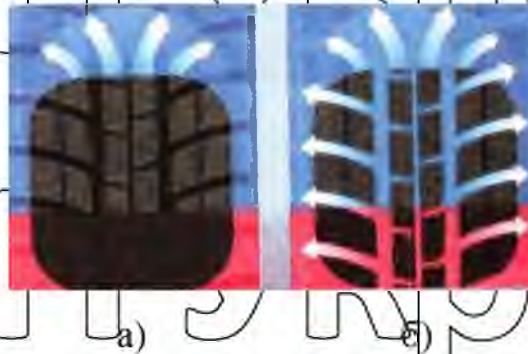


Рис. 1.8 Схема відведення води з мокрої поверхні дорожнього покриття з

малюнком протектора шини

Зі збільшенням товщини шару води і V_a різко зростає об'єм води, що підлягає витісненню, видалення із зони контакту не може, тим самим падає у (рисунок 1.8 б).

На рисунку 1.6 при товщині води 6 мм і залишковій глибині малюнка протектора 1,5 мм при $V_a=80$ км/год знижується до 0 з'являється аквапланування.

Аквапланування обумовлено виникненням таких факторів як V_a , тип та залишкова висота протектора, рівень внутрішнього тиску в шині та кількість води на дорозі. На рисунку 1.9 представлені стадії руху мокрою дорогою на різних швидкостях руху.



Рис. 1.9 Зміна площі контакту з дорогою шини в міру зростання V_a

Виникає катастрофічна ситуація, аквапланування значно знижує, ТЗ

також ковзає, як і по голому льоду.

НУБІП УКРАЇНИ

Таблиця 1.3

Значення ϕ при акваплануванні

Швидкість руху автомобіля, км/год	Коефіцієнт зчеплення для різних типів дорожнього покриття	
	Асфальт	Дощ
0-10	0,8-0,9	0,7-0,8
10-20	0,7-0,8	0,6-0,7
20-30	0,6-0,7	0,5-0,6
30-40	0,5-0,6	0,4-0,5
40-50	0,4-0,5	0,3-0,4
50-60	0,3-0,4	0,2-0,3
60-70	0,2-0,3	0,1-0,2
70-80	0,1-0,2	0,0-0,1
80-90	0,0-0,1	0,0-0,1
90-100	0,0-0,1	0,0-0,1

Значення коефіцієнта зчеплення значно знижуються на мокрому і зледенілому покритті, що веде до збільшення гальмівного шляху. Для шин, що

експлуатуються у зимовий час, зчеплення покращують за рахунок правильного вибору конструкції шини, рисунка протектора, у тому числі із шинами. При русі колеса відбувається деформація матеріалів шини, які у площі контакту

супроводжуються місцевим прослизанням елементів малюнка протектора щодо дороги. Ступінь прослизання впливає на шини з покриттям.

Слід також відзначити, що на вологому та мокрому покритті значення ϕ суттєво знижуються зі зростанням швидкості. На мокрих дорогах зчеплення визначається гідродинамічними властивостями плівки води між шиною та

покриттям та здатністю малюнка протектора видавлювати та видаляти рідину із зони контакту. Тут важливим фактором є поперечний ухил дороги,

призначений за конструкцією видаляти воду з поверхні дороги. Створюється аквапланування, у якому шина хіба що «пливе» поверхнею, повністю втрачає зчеплення з дорогою, а автомобіль втрачає керуваність.

Тип рисунка протектора шин. На вологому покритті шини з малюнком протектора, що має більшу розчленованість, забезпечують вищий коефіцієнт зчеплення. Шини з малюнком протектора підвищеної прохідності на м'якому

снігу та недостатньо ущільненому ґрунті мають більший коефіцієнт зчеплення, ніж шини з дорожнім малюнком. При повному стиранні малюнка

протектора шини (знос шини) коефіцієнт зчеплення знижується на 35-45%. Дуже значно він зменшується при русі на вологих та брудних покриттях (приблизно ще на 20-25%) [34,49,55]. Дослідження показали, що до головних

факторів, що впливають на інтенсивність зношування покриттів шипованої гумою, відносяться властивості матеріалів покриття та тип асфальтобетонної суміші. Встановлено, що найважливішим чинником є властивості щебеню. До

основних характеристик щебеню відносяться опірність абразивному зносу та вміст великої фракції. Чим більший вміст великого щебеню, тим менший знос.

При проектуванні асфальтобетонної суміші слід визначати адгезію щебеню з бітумним в'язким та необхідність введення адгезійних добавок.

При надлишку органічного в'язучого матеріалу в покриттях (особливо у спекотну погоду). У жарку погоду в'язучий матеріал виступає на поверхню

покриття і призводить до зменшення коефіцієнта зчеплення порівн.

Замаслювання проїжджої частини. Замаслювання дорожнього покриття нафтопродуктами значно знижує як на сухих, так і на вологих покриттях, в середині смуги руху коефіцієнт зчеплення майже на 30 % менше, ніж у країв цієї смуги [53,54].

На утворення колійності безпосередньо впливають інтенсивність руху, швидкість руху, відсоткова кількість автомобілів із шипованою гумою. При збільшенні цих параметрів процес колееутворення посилюється.

Для зниження зносу покриттів без шкоди безпеки руху пропонуються такі заходи:

- зниження інтенсивності руху на автомагістралях (переорієнтація транспортних потоків, транзит тощо);
- регулювання періоду дозволеного використання шипованої гуми та обмеження кількості шипів на шині;
- обмеження швидкості руху на зимовий період.

ослідження чинної практики призначення автотехнічної експертизи

Встановити причини та фактори, що сприяють виникненню та розвитку ДТП можна лише шляхом детального дослідження дорожньої обстановки та її

вимірювань. Чим більш повні та достовірні дані, тим більш об'єктивно та детально буде відтворено механізм ДТП.

Залежно від відомчої приналежності організації, що досліджує ДТП,

розрізняють службове розслідування та судову експертизу [6, 8, 10, 22, 23, 35].

Службове розслідування проводять працівники організацій, яким належать

ТЗ, причетні до ДТП, або співробітники дорожніх служб, які здійснюють нагляд за даною ділянкою дороги з метою встановлення обставин, умов та причин виникнення ДТП, виявлення порушень встановлених норм і правил, а також у розробці заходів щодо усунення причин пригод [6, 9, 10, 22, 23, 35].

Судова експертиза - процесуальна дія, що веде обставини справи про ДТП з метою виявлення фактичних даних, які можуть бути доказом для встановлення істини за матеріалами кримінальної та цивільної справ. Судова автотехнічна

експертиза встановлює науково обґрунтовану характеристику процесу ДТП, визначення об'єктивних причин ДТП та поведінки окремих учасників.

Види експертиз із розслідування ДТП представлені на рисунку 1.14.

Остаточне і достовірне виведення автотехнічної експертизи залежить від того, наскільки адекватно вихідна інформація відповідає дійсності, чи завжди вона точна і правдоподібна. Іноді ця умова, під час виконання експертизи, не виконується [25, 36]. Серед причин невиконання умови можуть бути:

невизначеність словесного та якісного опису навколишнього оточення, стану ТЗ та дорожнього покриття, неминучий випадковий розкид дійсних значень розрахункових величин щодо рекомендованого довідкового значення, їх

залежність від факторів, що впливають [6, 35-42]. Автотехнічна експертиза є вирішальною відповіддю при дослідженні питань обставин ДТП та визначає важливу роль у взаємодії підсистем у двоелементному зв'язку у системі ВАДС. Автотехнічна експертиза спрямована на визначення параметрів та характеристик технічного стану автомобіля та супутніх факторів, що знижують БДР (рисуюнок 1.10).

Основні питання, що вирішуються автотехнічною експертизою під час реконструкції ДТП з урахуванням технічного стану ТЗ та дороги:

чи відповідали дії водіїв вимогам ПДР у цій ДТП за вказаних дорожньо-кліматичних та технічних умов? [7].

чи гальмівний шлях ТЗ при V_a з урахуванням параметрів дороги?

и мав водій технічну можливість запобігти ДТП та уникнути наїзду на пішохода (зіткнення, перекидання)?

кий стан проїжджої частини та узбіччя, на якому сталося

ДТП? [6,10].

и відповідають вимогам нормативних документів геометричні параметри, стан дорожнього покриття та узбіччя ділянки дороги, на якій сталася ДТП?

и є наявність інженерних споруд (опор шляхопроводів, освітлювальних щогли, огорож тощо) і як вони розташовані щодо проїжджої частини?

кими були погодно-кліматичні, аеродинамічні та часові умови на момент ДТП?

стан облаштування місця ДТП засобами, регулюючими дорожній рух (світлофори, дорожні знаки, розмітка тощо)?

к оцінюється якість утримання ділянки дороги, де сталося ДТП, дорожньо-експлуатаційною організацією?

кий нормативно-технічної документацією регламентовані експлуатаційні характеристики ділянки дороги, позначеному схемі ДТП?

и є дефектом дороги яма в асфальтовій її частині, позначена у схемі ДТП, і чи перебуває цей дефект у допустимих нормативно-технічної документацією межах?

кщо дефект дороги дома ДТП відповідає нормативно-технічної документації, чи перебуває з технічної погляду у причинного зв'язку з фактом ДТП така невідповідність?

кими вимогами нормативних документів мали керуватися посадові особи організації, відповідальні за експлуатацію цієї ділянки дороги задля забезпечення безпеки руху, і чи відповідають їхні дії цим вимогам?

ослідження обстановки дома ДТП: стан дорожнього покриття проїжджої частини, узбіччя, ділянки поза дорожнього полотна;

изначення значень параметрів та коефіцієнтів, що характеризують рух ТЗ та

інших об'єктів на місці ДТП: коефіцієнта зчеплення, опору переміщенню ТЗ та інших об'єктів на поверхні дороги (ущелини), величини уповільнення при гальмуванні на даній ділянці, опору кочення, стан завантаження ТЗ тощо,

изначення стану дороги у місці ДТП наявності ухилів у поздовжньому та поперечному напрямку, закруглень; становлення технічної можливості запобігання ДТП з урахуванням стану дороги, її облаштування (дорожніх знаків тощо) та інших обставин, пов'язаних з особливостями дороги та довкілля.

Ймовірність виникнення ДТП встановлюють залежно від дорожніх умов, які за даними слідчого огляду та виду ДТП могли сприяти розвитку аварійної ситуації. Наприклад, при занесенні або перекиданні ТЗ на кривій у плані встановлюють ймовірність виникнення ДТП в залежності від радіусу кривої, швидкості руху та коефіцієнта поперечного зчеплення коліс з покриттям. Сукупність дорожніх умов та факторів, що призводять до небезпечної ситуації на початковій стадії ДТП, називають обстановкою місця події.

Висновки до розділу 1

Проведений у розділі 1 аналіз стану БДР та рівня наукових досліджень у цій сфері дозволяє зробити висновки про те, що БДР все ще залишається актуальною проблемою суспільства, вирішувати яку необхідно системно. Системний підхід дозволяє охопити усі компоненти ВАДС. Сукупність ТЗ та дорожнього середовища, будучи механічною моделлю транспортного процесу, повинна забезпечувати безпеку на дорогах. Виявлення факторного простору та оцінка його впливу на механізм ДТМ української України необхідна. Розглянуті показники аварійності, фактори та причини, що впливають на ДТП, існуючі науково-методичне забезпечення та розрахункові методи, прилади та обладнання, що застосовуються при виробництві автотехнічної експертизи, що враховує технічний стан ТЗ та дорожнього середовища, дозволили зробити висновок, що процедура реконструкції ДТП має ряд недоліків.

Під час дослідження обставини ДТП важливо враховувати параметри дороги, тобто ширину проїжджої частини та узбіччя; тип дорожнього покриття; стан дорожнього покриття на час ДТП; значення ухилів або радіусів повороту в метрах; дальність видимості у напрямку руху учасників ДТП, а також видимість конкретного об'єкта (пішохода, перешкоди тощо); наявність

штучного висвітлення на момент ДТП; наявність дорожніх знаків у напрямку руху ТС, а також засобів регулювання (світлофорів, регулювальників); у разі ДТП на регульованому та нерегульованому перехресті за необхідності подати на експертизу режим роботи світлофорних об'єктів на момент ДТП. Також важливо врахувати параметри технічного стану ТС - ефективність гальмування ТС, оскільки значення ефективності гальмування змінюються в залежності від ступеня завантаження ТС.

Під час огляду місця ДТП у протоколах необхідно враховувати докладні додаткові дані про умови руху, такі як наявність колійності на проїжджій частині, стани покриття з урахуванням погодно-кліматичних умов, зносу покриття тощо. Ємні та точні вихідні дані, отримані при ДТП, а надалі при проведенні автотехнічної експертизи, що враховує технічний стан ТС та дорожнього середовища, дозволять підвищити рівень достовірності висновків експертних досліджень.

РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ АВТОМОБІЛЯ І ДОРОЖНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

ПРИ РЕКОНСТРУКЦІ ДТП

іхідні матеріали при призначенні автотехнічної експертизи, що враховує
технічний стан автомобіля та дорожнього середовища

У справах про ДТП у постанові чи ухвалі про призначення експертизи, а
також у завданні спеціалісту на дослідження повинні бути наведені такі
відомості:

- **дорожні умови:** ширина проїжджої частини та узбіччя; тип
дорожнього покриття (асфальт, бетон тощо); стан дорожнього покриття на
момент ДТП (сухе, вологе, мокре тощо); на ухилі, підйомі або повороті дороги,
де сталася ДТП - вказати значення ухилів або радіус повороту в метрах;
дальність видимості дороги у напрямку руху учасників ДТП, а також
видимість конкретного об'єкта (наприклад – видимість пішохода, перешкоди
тощо); наявність штучного освітлення на момент ДТП (включено, вимкнено),
наявність дорожніх знаків у напрямку руху транспортного засобу, а також
засобів регулювання (світлофорів, регулювальників); у разі ДТП на
регульованому перехресті (зазначити, який сигнал світлофора горів у
напрямку руху транспортного засобу, або який сигнал горів у момент ДТП); у
разі ДТП на регульованому перехресті необхідно подати на експертизу режим
роботи світлофорних об'єктів на момент ДТП, а також відстані від
світлофорних об'єктів до меж проїжджих частин;

- **технічний стан ТЗ:** стан гальмівної системи та рульового
управління, шин (докладно про тип та модель шини, тиск у ній, глибину
протектора) транспортного засобу; наявність слідів гальмування
транспортного засобу (довжина сліду; відстань від початку сліду гальмування
до місця зіткнення (наїзда), або від місця зіткнення (наїзда) до кінця сліду
гальмування; вказати швидкості руху транспортних засобів перед зіткненням
(обов'язково навіть за наявності слідів гальмування); ступінь завантаження

транспортного засобу (водій, водій та пасажир тощо);

стан учасників ДТП: на якій годині керування транспортним засобом сталася ДТП (у разі зіткнення для обох учасників); наявність алкогольного чи наркотичного сп'яніння.

- **погодні умови на момент ДТП:** наявність дощу, снігу тощо, що обмежують оглядовість водію;

- **супутні умови:** обмеження видимості праворуч, ліворуч, попереду (наприклад - ТС, що йдуть у сусідніх, крайніх рядах, припарковані ТС тощо).

Для провадження експертизи у розпорядження експерта мають бути надані матеріали справи (протокол місця огляду ДТП зі схемою ДТП; протокол огляду та перевірки технічного стану МС, довідка з ДТП, пояснення водіїв та свідків), достатні для повного та об'єктивного дослідження. Однак цих даних

для дослідження не достатньо. Для автотехнічного дослідження особливе

значення мають технічні дані, необхідні повного відновлення механізму ДТП:

координати місця ДТП;

характеристика проїжджої частини та її стану, зокрема, ширина, тип та стан дорожнього покриття, значення коефіцієнта зчеплення, поздовжніх та

поперечних ухилів, наявність закруглень та їх довжини та радіуси, стан

узбіччя, наявність дефектів на покритті та їх розміри;

тип та технічний стан ТЗ, його завантаження,

видкість руху ТЗ та пішоходів (якщо вона встановлена);

довжина та характер слідів гальмування або кочення коліс;

розташування ТЗ та інших об'єктів та предметів на проїжджій частині;

характеристики видимості та оглядовості з місця водія.

У ухвалі має бути зазначено, чи застосовував водій гальмування (у тому числі й екстрене), якщо застосовував, то на яку відстань перемістилося ТЗ у

загальмованому стані до місця удару (наїзда) та після нього. При розслідуванні

ДТП, пов'язаних із занесенням та перекиданням ТЗ, виникають питання щодо визначення причини втрати поперечної стійкості та які особливості автомобільної дороги, ТЗ та режиму руху сприяли цьому [35,37].

Протокол місця огляду ДТП містить опис та характеристику всіх елементів місця події [23]. До основних елементів місця ДТП належать: ілянку дороги або вулиці (із зазначенням назв) з їх проїзною частиною, узбіччями та тротуарами;

стан дорожнього покриття (сухий, мокрий, брудний, зледенілий і т.д.) та особливості (колю, вибоїни); наявність та розташування навколишніх предметів (будинки, дерева тощо), що обмежують видимість;

б'єкти, які є результатом ДТП;

Стіх становинце біля і щодо одне одного; ехнічні засоби організації дорожнього руху (дорожні знаки, покажчики, світлофори, лінії розмітки тощо).

Крім цього, у протоколі місця огляду ДТП вказують стан погоди та видимість у момент огляду.

Схема до протоколу огляду ДТП є обов'язковим додатком до протоколу огляду місця ДТП і є планом місцевості з графічним зображенням обстановки події. Схема фіксує координати ТЗ та пішоходів після події, а також їх зразкове розташування та траєкторію руху перед аварією.

Довідка з ДТП містить відомості, які стосуються як моменту огляду місця події, а й моменту події, тобто самої ДТП [35,37].

Виробництво експертного дослідження ДТП здійснюється на основі певних методів та прийомів дослідницької діяльності експерта.

При дослідженні зіткненні або наїзду проводиться аналіз ДТП, визначається момент виникнення небезпеки для руху, розраховується віддалення ТЗ від місця зіткнення або наїзду в момент виникнення небезпеки для руху, розраховується відстань, необхідна для його зупинки в ДТС (зупинний шлях), вирішується питання про технічну можливість запобігання водієм ДТП [6,22,25,35,36,37,48].

Досліджуючи ДТП, експерт використовує необхідні дані з постанови та інших матеріалів, поданих у його розпорядження, які він не має права

змінювати, навіть якщо їхня достовірність викликає у нього сумніви. Як правило, вихідних даних, що надаються, недостатньо для детального розрахунку, і значну частину параметрів експерт вибирає з довідників, нормативних актів, інструкцій підприємств-виробників тощо. [6,22,25,35,36], наприклад, коефіцієнт зчеплення (μ); радіуси повороту; поздовжній (β) та поперечний ($\beta_{\text{поп}}$) ухили, коефіцієнт ефективності гальмування ТС K_g .

Проте слід зазначити, що вихідні дані, що вибираються з різних нормативних джерел характеризують деяку безліч аналогічних явищ. Їх значення є середніми і ставляться до конкретного ДТП опосередковано (найбільш ймовірно). Таким чином, чим точніше та докладніше вихідні дані представлені у матеріалах ДТП, тим більш достовірні та точні розрахунки та висновки експерта.

рівень впровадження інформаційних технологій в практику розв'язування задач автотехнічної експертизи дорожньо-транспортних пригод

За останні роки інформаційні технології знайшли широке застосування під час виконання експертних досліджень, що характерні у розслідуванні самих різних злочинів. Виокремилися такі основні шляхи безпосереднього застосування комп'ютерної техніки в судовій експертизі [3, 8, 19, 45]: математизація окремих ланок експертного дослідження; повна автоматизація аналізу речових доказів; створення діалогових систем. Для потреб автотехнічної експертизи розроблені комп'ютеризовані методики дослідження механізму ДТП, визначення місця зіткнення автомобілів, комплексного оцінення ДТП тощо. Початком впровадження інформаційних технологій в практику автотехнічної експертизи стало моделювання ДТП, створення комплексних програмних продуктів (рис. 2.1), окремого програмного забезпечення для виконання допоміжних розрахунків та формування експертних висновків. Переваги нововведень: виконується значно більший об'єм розрахунків; зменшується ймовірність арифметичних помилок; з'являється можливість візуалізації результатів досліджень.



Рис. 2.1 Приклад дослідження ДТП на основі слідової інформації з місця ДТП у програмі Virtual Crash 3.0

Сучасні інформаційні технології дослідження ДТП (рис.2.1) можна класифікувати за призначенням, адекватністю результатів реконструкції, використовуваним математичним апаратом, вимогами до продуктивності електронно-обчислювальних машин та необхідним рівнем підготовки фахівців.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

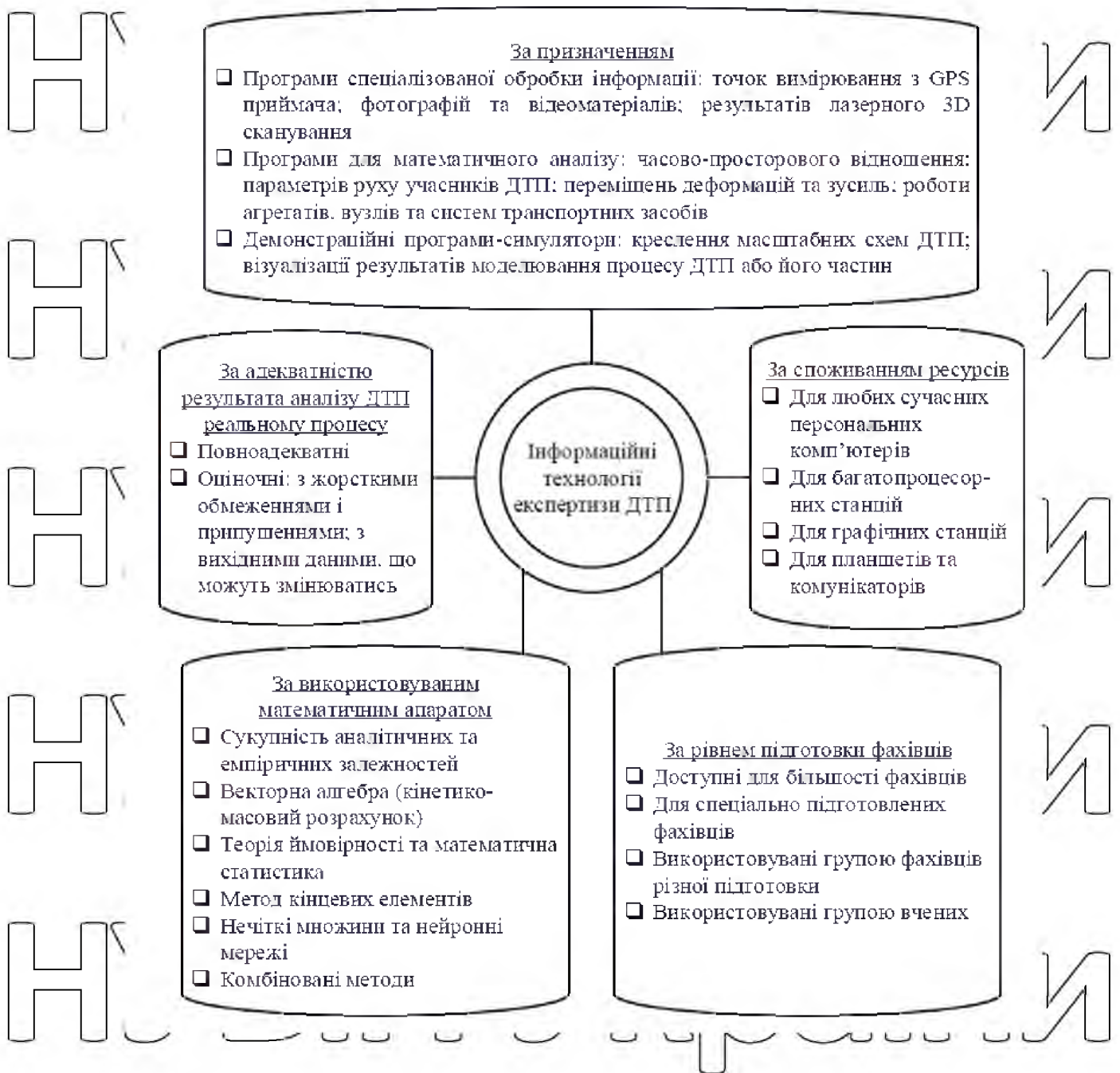


Рис. 2.2 Класифікація інформаційних технологій експертизи ДТП

Усі комп'ютерні програми, що використовуються для потреб автотехнічної експертизи, можна поділити за такими напрямками застосування:

– фотограмметричні програми: PC-Rect [22], PhotoModeler Pro

[23], Photorect [24], їх завданням є корекція перспективи тобто

трансформація звичайних фотографій в зображення в ортогональній

проекції, що використовуються для виконання усіх видів масштабних

вимірювань розташування об'єктів на місці ДТП;

– програми просторово-часового аналізу руху ТЗ та пішоходів в умовах ДТП: Sybid Titan [25], Cyborg Idea SLIBAR+ [26];

– графічні редактори, що дозволяють будувати масштабні схеми ДТП: AutoCAD [227], Auto-Graf [22], Sybid Plan [29], MapScenes [23], пакет програм «Cad Zone» [12];

– програми визначення параметрів руху учасників ДТП в заданих умовах: AR Pro [231], Analyzer Pro [232], WinKol (Kollision) [233], Crash [188], Rec-Tec [234], MonDiaFor «HADI-15» + Road Accident [235], та

інші (в тому числі розроблені за участі автора – комплексна програма для автотехнічної експертизи аварійних ситуацій, які мали місце в темну пору доби [2, 15]; програма для оцінювання гальмових властивостей автомобілів в умовах експлуатації [19, 25]);

– системи візуального моделювання дорожньо-транспортної ситуації: SMAC [36], Sybid eSURV [237], CARAT [19], Sybid V-Sim rash [19], «Експертиза ДТП» [23] та інші.

На думку авторів [4, 8, 15, 18, 19] розвиток автотехнічної експертизи ДТП не можливий без застосування автоматизованих цифрових систем

виміру й розрахунку різних параметрів на всіх етапах дослідження обставин дорожньо-транспортних пригод:

– використання лазерного сканування місця ДТП, за результатами якого можливе автоматизоване складання цифрової масштабної схеми ДТП та встановлення усіх характерних розмірів [19];

– використання записів EDR (реєстраторів даних про події), які фіксують параметри руху транспортних засобів до та після виникнення аварійних ситуацій і забезпечують об'єктивною інформацією слідство на етапі доекспертного розрахунку;

– використання спеціальної цифрової апаратури для виконання слідчих експериментів та прикладних програмних продуктів для встановлення механізму ДТП

Автоматизація експертних досліджень є основою забезпечення

стабільної та високої якості автотехнічних експертиз ДТП, підвищення продуктивності праці експертів, суттєвого скорочення термінів виконання експертиз [4, 8, 15, 19].

Не зважаючи на те, що кожна сучасна методика експертного дослідження аварійних ситуацій, заснована на використанні комп'ютерів, має свою специфіку та зорієнтована на вирішення конкретної задачі під час аналізу різних об'єктів [9, 15], вони мають ряд загальних властивостей.

1. В основі цих методик лежить принцип системної організованості об'єкту пізнання, принцип використання математичного апарату та кількісної визначеності, алгоритмічний та функціональний підхід щодо процесу пізнання об'єкту.

2. Ланкою, що передуює формуванню і застосуванню певної методики дослідження, її методологічною передумовою є математичне моделювання об'єкту та всебічне вивчення алгоритму процесу його пізнання. В даному контексті моделювання допускає створення моделі порівняльного аналізу ознак чи моделі об'єкту аналізу, а не лише побудову моделі рішення задачі.

3. У структурі кожної з методик можна виокремити характерні для них елементи: визначення мети та постановка завдання дослідження; поділ завдання на окремі підзадачі; дефініція конкретних прийомів та засобів їх реалізації; практична діяльність, що складається з визначеного комплексу операцій; отримання результату і його оцінення; прийняття рішення.

Ні одна методика, що базується на використанні комп'ютерів, не містить усього процесу рішення експертної задачі. Їх застосування загалом автоматизує та підвищує об'єктивність лише певної операції (групи операцій), яка може відноситися як до оцінення отриманих результатів, так і до самого процесу пізнання. Отже використання інформаційних технологій ні в якому разі не виключає використання якісного підходу до об'єкту пізнання.

На даний час система автотехнічної експертизи ДТП має, з погляду вимог автоматизації та системних вимог, багато недоліків, фундаментальними причинами яких є:

1. Несистемний розвиток діючих методик експертного дослідження, його інформаційного, математичного та інших видів забезпечення. Це призводить до неможливості формування експертом системного розуміння об'єкта дослідження – ДТС що передувала ДТП, дослідження усіх сторін функціонування об'єктів ДТС – водіїв, пішоходів, ТЗ, ділянки дороги, що унеможлиблює системне оцінення впливу відхилень від норм показників функціонування цих об'єктів на результати ДТП та існування технічної можливості у водія запобігти виникненню аварійної ситуації.

2. Відсутність відповідної наукової теорії дослідження різних видів ДТП, застосовної для розв'язання фактичних питань аналізу ДТП, зазвичай складно формалізованих, пов'язаних з ударним процесом взаємодії об'єктів ДТП та рухом ТЗ в екстремальних умовах. Це призводить до якісних помилок та низького рівня точності початкових параметрів руху ТЗ перед ДТП, недостатньої достовірності сформованих експертних висновків.

3. Відставання рівня автоматизації існуючої системи автотехнічної експертизи від рівня розвитку електронно-обчислювальної техніки, ускладнює здійснення ітераційних досліджень властивостей застосовуваних математичних моделей. Це призводить до значного збільшення часу та зниження результативності виконання експертом досліджень.

Недостатня якість кваліфікаційної підготовки фахівців щодо системного сприйняття ДТП на усіх стадіях їх дослідження. Це призводить до виникнення проблем обґрунтування змісту інформаційного поля аналізу ДТП, проблем збереження низького рівня довіри до результатів роботи в колі учасників дослідження ДТП, проблем їх системної взаємодії.

Універсальним способом усунення вказаних недоліків є методологія системного аналізу, заснована на принципах необхідності та достатності комплекту функціональних елементів. Вона визначає границі досліджуваної системи; прозорість структури міжелементних зв'язків та кожного елементу, форми перетвореної інформації; фізичну суть загальносистемних критеріїв якості функціонування і масиву часткових критеріїв тощо [1, 31-33].

визначення уповільнення ТЗ з урахуванням стану автомобіля та дорожнього середовища

2.3.1 Вплив ефективності гальмування ТС на достовірність висновків експертного дослідження

В експертній практиці значна кількість ДТП тією чи іншою мірою пов'язана з гальмуванням, яке умовно відрізняється на службове та екстрене. Так зване службове гальмування застосовується водієм у заздалегідь помічений час та місце, не викликаючи занесення чи втрати керування ТЗ. В екстрених випадках, при появі на близькій відстані перешкоди, водій, як правило, застосовує інтенсивне гальмування. У подібних ситуаціях водій зазвичай діє без урахування стану та якості дороги. Режим екстреного гальмування несприятливо впливає як механізми гальмівної системи, і на стійкість ТС.

Експертне дослідження процесу гальмування ТЗ зводиться до визначення його швидкості та зупинного шляху. Гальмування є процес, що залежить від коефіцієнта зчеплення ср шини коліс з дорожнім покриттям і зовнішніх факторів. Шина колеса є єдиним сполучним елементом між ТС та дорожнім покриттям. Шина забезпечує не тільки зчеплення колеса з дорогою, але й передачу тягових та гальмівних зусиль, амортизацію сил, що виникають при наїзді на нерівності та дефекти дороги, керованість та безпечний рух автомобіля, динамічність та плавність ходу, у тому числі при маневруванні, у різних профілях дороги і т.д. Зчеплення шин є важливим фактором безпеки дорожнього руху. Під час руху шина сприймає та передає дотичні сили, що виникають у контакті з дорогою під впливом тягових та гальмівних зусиль [25]. При русі до колеса прикладені (рисунк 2.3) нормальне навантаження p , поздовжня сила p , момент M , що крутить, що забезпечують підтримку прямолінійного руху з лінійною швидкістю V_a і викликають реакції дороги K_2 і K_x [6, 35, 36, 37].

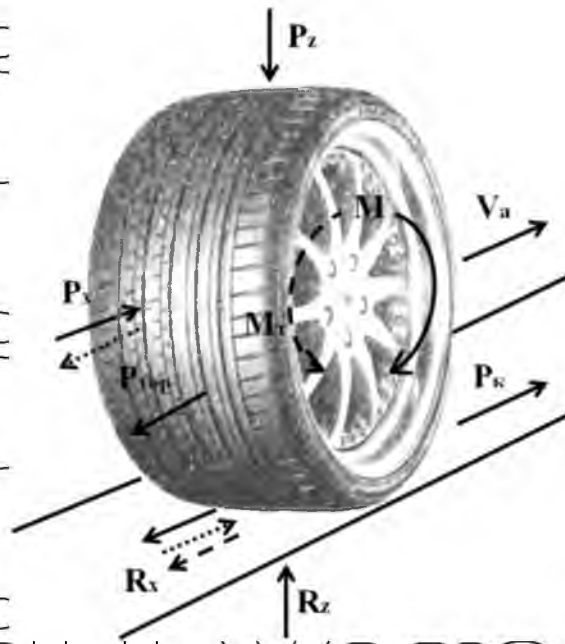


Рис. 2.3. Сили та моменти у площині кочення колеса при різних режимах кочення: вільний рух колеса; провідний режим; гальмівний режим; V_a –

лінійна швидкість та напрямок руху; P_x , P_z – поздовжнє та вертикальне

навантаження (подовжня та вертикальна реакція дороги); M – крутний момент, M_t – гальмівний момент (момент тертя); R_x – тягова (дотична) сила

Режими кочення колеса відрізняються за напрямками додатка M та R_x . У

всіх випадках дотичні реакції опорної поверхні p спрямовані у бік,

протилежний до напрямку поздовжніх сил P_x , прикладених до колеса. Якщо

буде виконана умова $P_x = R_{x \max}$ (Поздовжня сила дорівнює максимально

можливої опорної реакції; R_x – сила тертя F), то колесо втрачає зчеплення з

дорогою. У результаті, для стійкого поступального руху автомобіля має

виконуватися умова:

$$\begin{aligned} P_x &< R_{x \max} \\ P_x &< F \end{aligned} \quad (2.1)$$

Також у площині кочення колеса виникають бічні сили та моменти,

прикладені до колеса, під час руху ТЗ по кривій у плані, при маневруванні, у

тому числі через поперечні ухили дорожнього покриття. Під дією цих сил

напрямок руху відхиляється від площини кочення колеса (β – кут бокового

відведення) [6, 25, 50]. У таких випадках шина деформується і починає частково проєлизати у зоні контакту. Збільшення δ збільшує зону ковзання, що, згодом, призведе до втрати зчеплення колеса з дорогою.

Таким чином, на величину та характер зчеплення (умови контакту шини з дорогою) впливають не лише внутрішні властивості конструкції шини, але й зовнішні фактори: погодні умови, ухили дорожнього покриття, радіуси поворотів доріг, стан покриття, наявність дефектів тощо.

Сумарна гальмівна сила на шинах усіх гальмівних коліс обумовлена сумарним гальмівним моментом (рисунки 2.2):

$$P_m = \frac{M_m}{r} \quad (2.2)$$

де: M_m – гальмівний момент, r – радіус кочення колеса.

Можна не враховувати сили опору коченню, в цьому випадку максимальна величина гальмівної сили обмежується силою зчеплення між шинами гальмівних коліс і опорною поверхнею, тоді гальмівна сила дорівнюватиме:

де: G_a – маса ТЗ, (φ_x – коефіцієнт поздовжнього зчеплення шини з дорогою).

Якщо гальмівна сила перевищує силу зчеплення, колеса блокуються, відбувається їх «юз» та шини ковзають по опорній поверхні. Тоді рівняння силового балансу для випадків гальмування буде:

де: P_d – сила опору дороги, P_v – сила опору повітря. Таким чином, величина уповільнення уз матиме вигляд:

де: δ_m – коефіцієнт обліку обертових мас, g – прискорення сили тяжіння, що дорівнює $9,81 \text{ м/с}^2$.

У зв'язку з тим, що сили опору коченню та повітря зазвичай малі порівняно з гальмівною силою, то їх можна знехтувати [22]. Тоді уповільнення

транспортного засобу при повному використанні зчеплення шин з дорогою буде визначено за формулою 2.6.

$$j_z = \frac{\varphi_f}{K_e} g \quad (2.6)$$

де: φ_f - фактичне значення коефіцієнта зчеплення, яке має бути

в
и
За відсутності експериментальних даних коефіцієнт зчеплення φ вибирають за нормативними значеннями залежно від типу та стану покриття проїжджої частини у місці події. Знак "+" у формулі 2.6 береться у разі руху транспортного засобу на підйомі (під кутом площини дороги), а знак "-" руху на спуску [22,25,62].

е
При проведенні автотехнічних експертиз значення коефіцієнта визначається залежно від коефіцієнта зчеплення p . Якщо при гальмуванні всі колеса транспортного засобу рухалися в заблокованому стані («юзом»), то рекомендуються наступні максимальні значення коефіцієнта ефективності

я

а

н

ш

р

и

ш

в

н

я

де: $K_e = 1,2$ при $\varphi > 0,7$; $K_e = 1,1$ за $\varphi = 0,5 \div 0,6$; $K_e = 1,0$ при $\varphi < 0,4$. Якщо гальмування ТЗ здійснювалося без блокування коліс, значення коефіцієнта φ необхідно вибирати з розроблених автором табличних значень, представлених у главі 3, з урахуванням виду, стану покриття і типу ТЗ. Результати отримані на підставі досліджень, які проводяться автором на дорогах Т-У категорій, згідно з ГОСТ Р51709-2001 «Автотранспортні засоби. Вимоги безпеки до

визначення уповільнення транспортного засобу з урахуванням стану дорожнього середовища.

Прийняття рішень під час розв'язування задач автотехнічної експертизи здійснюється в умовах неповноти інформації, інакше кажучи в умовах невизначеності.

В залежності від причин появи невизначеність поділяють на такі види (рис. 2.3)



Рис. 2.4 Види невизначеності

Зокрема розрізняють невизначеність [14, 23]

- кількісну, спричинену великою кількістю елементів ситуації;
- інформаційну, спричинену неточністю інформації або її недостатністю внаслідок дії соціальних, технічних чи інших причин;
- професійну, викликану недостатнім професіоналізмом особи, що приймає рішення;
- обмежувальну, причиною якої є наявність обмежень при прийнятті рішень, наприклад обмеження в засобах, коштах, часі тощо;
- вартісну через надто дорогу чи недоступну плату за визначеність;
- зовнішнього середовища, причиною якої є реакція середовища на процес прийняття рішення.

Заразом, невизначеність може мати нечітку або стохастичну природу. В

процесі прийняття рішень стохастична невизначеність з'являється під час користування даними, які мають не точні значення, а їх статистичні оцінки. Крім того, будь-якій ситуації експертного оцінювання властива нечітка невизначеність, яка може бути об'єктивною, характерною для всіх реальних величин або суб'єктивною, характерною для природи людей в цілому, та пов'язаною зі спроможністю людини оцінювати інформацію. Суб'єктивна невизначеність спричиняється:

- неповнотою знань експерта про властивості об'єктів;
- недостатньою впевненістю експерта в правильності своїх оцінок;
- суперечливістю знань експерта;
- нечіткістю представлення вихідної інформації;
- неоднозначністю природної мови та можливою недовизначеністю понять і термінів;

особливостями об'єднання індивідуальних експертних оцінок тощо. Встановлення обставин ДТП є мультидисциплінарним завданням, призначеним для реконструкції причин аварії та її перебігу. Це вимагає, крім широких знань з різних технічних напрямків, застосування навичок аналізу результатів досліджень з інших галузей природничих наук (медицина, психологія, токсикологія, судова генетика, тощо).

Оцінюванню невизначеності результатів розрахунку при реконструкції ДТП присвячено багато науково-дослідних робіт. Зокрема, дослідники зосереджувались на таких питаннях, як:

- дослідження ефективності методів аналізу невизначеності;
- застосування детермінованих методів встановлення невизначеності: метод екстремальних значень; метод різниць в різних його формах;
- застосування імовірнісних методів визначення невизначеності: байєсівський аналіз та умовна імовірність невизначеності; аналіз гіпотез за допомогою байєсівських мереж та коефіцієнта імовірності;
- спрощений (Гаусс) метод;
- метод, заснований на описі стохастичних процесів;

- метод Монте-Карло ;
- параметрична чутливість до невизначеності;
- невизначеність вимірювань, виконаних на місці ДТП;
- планування експериментів;
- сприйняття перешкод, час реакції водія та час до зіткнення;

- невизначеність обчислення швидкості;
- невизначеність обчислення гальмівного шляху;
- невизначеність формул аналізу маневрування ТЗ;
- верифікація програм моделювання динаміки руху ТЗ, включаючи

часткові системи (наприклад, рульове управління, привід, підвіска, ABS, ESP);

- моделювання невизначеності зіткнення;
- невизначеність перетворення даних, записаних EDR;
- аналіз ДТП з точки зору їх попередження та підвищення безпеки

руху.

Враховуючи розглянуте вище та діючі науково-методичні рекомендації щодо питань підготовки та призначення судових експертиз [8], загальна невизначеність результатів автотехнічної експертизи ДТП буде формуватися за схемою, представленою на рис. 2.4.

Спеціалістами SAE Інтернешнл, Інституту судових експертиз в Кракові та науковцями Варшавського технологічного університету були проведені дослідження можливості застосування методів оцінювання невизначеності для математичних моделей, що використовуються для аналізу аварійних ситуацій (табл. 2.1). Як видно з цієї таблиці, найбільш універсальним і доцільним для застосування є метод екстремальних значень.

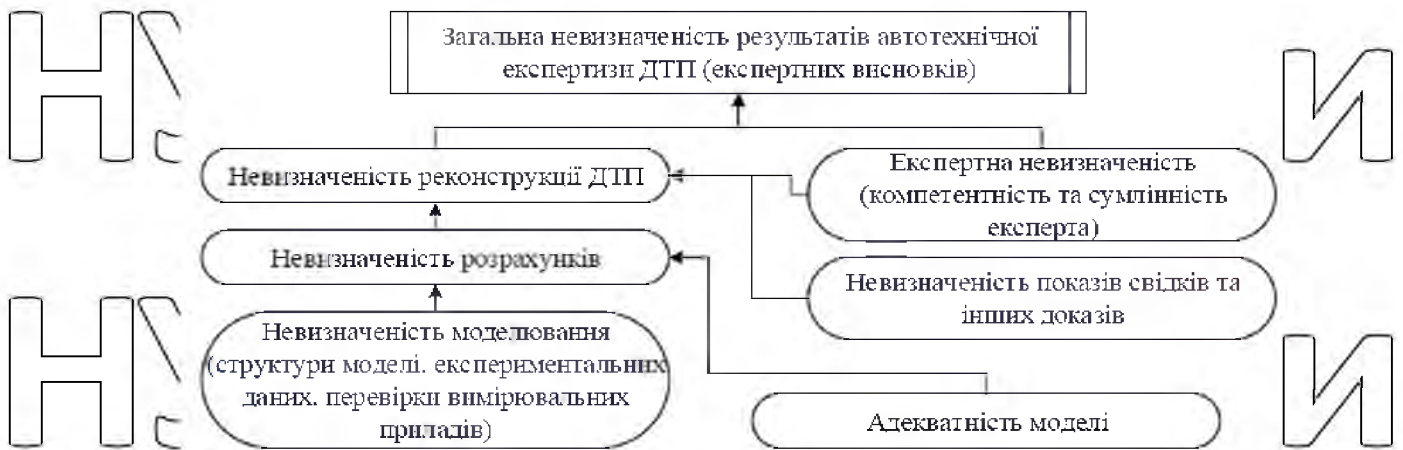


Рис. 2.4 Схема формування невизначеності в структурі рішення задач автотехнічної експертизи ДТП

Таблиця 2.1

Можливості застосування методів оцінювання невизначеності при експертизі ДТП

Методи	Вид математичної моделі	
	Аналітична	Імітаційна
Детерміновані	Екстремальних значень	+
	Різниць	+
Імовірнісні	Гаусса	-
	Опису стохастичних процесів	+/-
	Монте-Карло	+/-

«+» – легко застосувати; «+/-» – наявні труднощі; «-» – неможливо застосувати

Відповідно до методу екстремальних значень [21, 27], похибку отриманих результатів (коефіцієнт величини розкиду значень розрахункового параметра), яка пов'язана з неможливістю у певному випадку визначити точну величину досліджуваного параметра, можна визначити виходячи з рівняння.

В даний час основним методом аналізу ДТП є аналіз за допомогою математичних моделей системи ВАДС [8, 15]. При цьому застосовуються різні обчислювальні моделі: аналітичні та імітаційні, рівень складності яких може впливати на невизначеність результатів аналізу.

НУБІП України

V_a – швидкість руху автомобіля;

Y – переміщення автомобіля в напрямку початкового руху; ϕ – коефіцієнт

зчеплення коліс з дорогою;

k_m – коефіцієнт корегування маневру;

g – прискорення вільного падіння;

S_0 – зупинний шлях автомобіля;

t_1 – час реакції водія на дорожню ситуацію;

t_2 – час спрацювання гальмівної системи ТЗ;

t_3 – час наростання сповільнення ТЗ.

Проаналізуємо вплив невизначеності значень двох головних параметрів,

які враховуються під час визначення ефективності гальмування автомобіля:

коефіцієнта зчеплення коліс автомобіля з дорогою та часу реакції водія.

Час реакції водія є об'єктом вивчення психологів, фізіологів та інженерів. Існує проста і складна реакція людини [6, 11]. Відгук

випробовуваного на одиничний сигнал (звуковий, світловий тощо) є простою

реакцією, яка характеризує в основному швидкість передачі сигналів в його нервовій системі. Оцінювання простої реакції, як правило, здійснюється з

метою визначення професійної придатності людини – пілота літака, водія

автомобіля тощо. Складна реакція супроводжується вибором людиною

способу реагування як відповіді на наявну сукупність подразників та умов їх

виникнення. Час складної реакції викликає інтерес при розслідуванні ДТП, оскільки він у певного водія не може бути постійним.

Час реакції визначається інтервалом часу, який починається з появою

подразника у полі зору водія та закінчується початком дії на органи керування

ТЗ (кермо, важелі зчеплення, гальма, газу). Цей час залежить від багатьох

факторів, таких як досвід і професійна підготовка водія, його вік; швидкість руху ТЗ; умови руху ТЗ; інтенсивність інформаційного навантаження;

індивідуальні особливості водія, тривалість робочої зміни тощо.

Розрізняють моторний та латентний періоди часу реакції [17, 19, 32].

Латентний період є прихованим. Він характеризує час, потрібний водієві для усвідомлення ДТС і прийняття рішення для початку моторної реакції.

Моторний період зазвичай триває на порядок менше латентного. Він

вимірюється з моменту закінчення латентного періоду і до початку дії на орган керування автомобілем. Тільки при мінімальних значеннях часу реакції моторний період може бути порівнянний з латентним. Наприклад, для ТЗ

середнього класу моторний період складає $(0,16 + 0,08)$ с.

Вивчення робіт присвячених дослідженню часу реакції людини показує, що він змінюється в широких межах, однак під час вибору значень часу реакції для розрахунків ефективності гальмування ТЗ слідчий, експерт чи суддя

використовують довідкові таблиці даних, які містять фіксовані значення, що

відповідають певній ДТС. Табличні дані містять діапазон часу реакції в

інтервалі значень від 0,3 до 1,4 с. Наприклад, для ДТС, що свідчила про велику імовірність виникнення ДТП, в таблиці вказано час реакції 0,8 с; для ДТС, коли на дорозі несподівано з'являється пішохід – 1,2 с. В обох випадках ці

значення реакції водія є середніми, вони не несуть інформацію про

невизначеність часу реакції окремого водія чи усієї сукупності водіїв. Для

формування об'єктивного експертного висновку важливо оцінити величину невизначеності та її вплив на достовірність результатів дослідження. Якщо

уявити собі, що для певної ДТС час реакції водія, що попав у ДТП, був

вказаний не точно 1,2 с, а з врахуванням невизначеності – $(1,2 \pm 0,4)$ с. В

цьому випадку при швидкості 25 м/с (90 км/год), враховуючи задані значення часу реакції, відстань, пройдену ТЗ в першому випадку було б

оцінено в 30 м. Для другого випадку вона б складала (30×10) м, тобто

знаходилась би в діапазоні значень від 20 до 40 м.

В наведеному прикладі було прийнято розсіяння часу реакції в 33,3% $(1,2 \pm 0,4)$ с. Виникає питання, чи може бути таким фактичне розсіяння? Для

відповіді на поставлене питання, наведемо результати ряду експериментів з

дослідження часу реакції людини.

Збільшення швидкості руху ТЗ на зношених шинах або по брудних покриттях призводить до різкого зниження коефіцієнта зчеплення.



Рис. 2.4 Деформація профілю шини та знос при різному тиску в ній: а) рівномірне знос протектора при нормальному тиску; б) нерівномірне бічне знос по плечах протектора при зниженому тиску

Таблиця 2.2

Результати вимірювання значень коефіцієнтів зчеплення для різних умов

експлуатації

Вид покриття		Сухий асфальт	Мокрий асфальт	Сніг	Лід
Тип шин					
Рекомендовані значення для визначення показників гальмування ТЗ		0.70-0.80	0.40-0.60	0.20-0.40	0.05-0.10
Літні	без АБС	0.65-0.88	0.51-0.75	0.22-0.34	0.06-0.08
	з АБС	0.78-1.07	0.56-0.85	0.26-0.37	0.07-0.1
Всесезонні	без АБС	0.65-0.80	0.46-0.71	0.29-0.41	0.08-0.12
	з АБС	0.68-0.89	0.52-0.77	0.33-0.45	0.09-0.14
Позашляхові	без АБС	0.59-0.78	0.53-0.72	0.18-0.42	0.07-0.15
	з АБС	0.72-0.86	0.57-0.82	0.20-0.45	0.09-0.20
Зимні без шипів	без АБС	0.60-0.86	0.48-0.65	0.33-0.46	0.09-0.19
	з АБС	0.67-0.95	0.51-0.90	0.33-0.50	0.12-0.21
Зимні з шипами	без АБС	0.56-0.83	0.45-0.57	0.22-0.50	0.10-0.26
	з АБС	0.52-0.74	0.60-0.97	0.36-0.54	0.10-0.28
Усі типи шин	без АБС	0.56-0.88	0.45-0.75	0.18-0.50	0.06-0.26
	з АБС	0.52-1.07	0.51-0.97	0.20-0.54	0.07-0.28

Наведені у табл. 2.2 показники свідчать про застарілість рекомендованих значень, оскільки за останні десятиліття дещо змістились та розширились можливі інтервали зміни значень коефіцієнта зчеплення. Виконані розрахунки показують, що ймовірність попадання можливих значень коефіцієнта зчеплення в рекомендований раніше діапазон дорівнює 43%-86%.

Результати аналізу розрахункових даних з визначення похибки встановлення величини зупинного шляху в залежності від коефіцієнта зчеплення та швидкості руху ТЗ подані на рисунках 1.9, 1.10, а відносної різниці розрахунку значень відхилення ТЗ в напрямку перпендикулярному початковому напрямку руху на рисунку 1.11. З даних рисунків видно, що при розрахунку зупинного шляху за діючою методикою мінімальна різниця між найбільшим та найменшим значеннями складає 20%, а максимальна різниця для випадку екстреного гальмування на льоду складає 316%. Якщо прийняти рекомендовану залежність за еталонну можна виявити резерви підвищення точності моделювання при уточненні вихідних даних та самої класичної

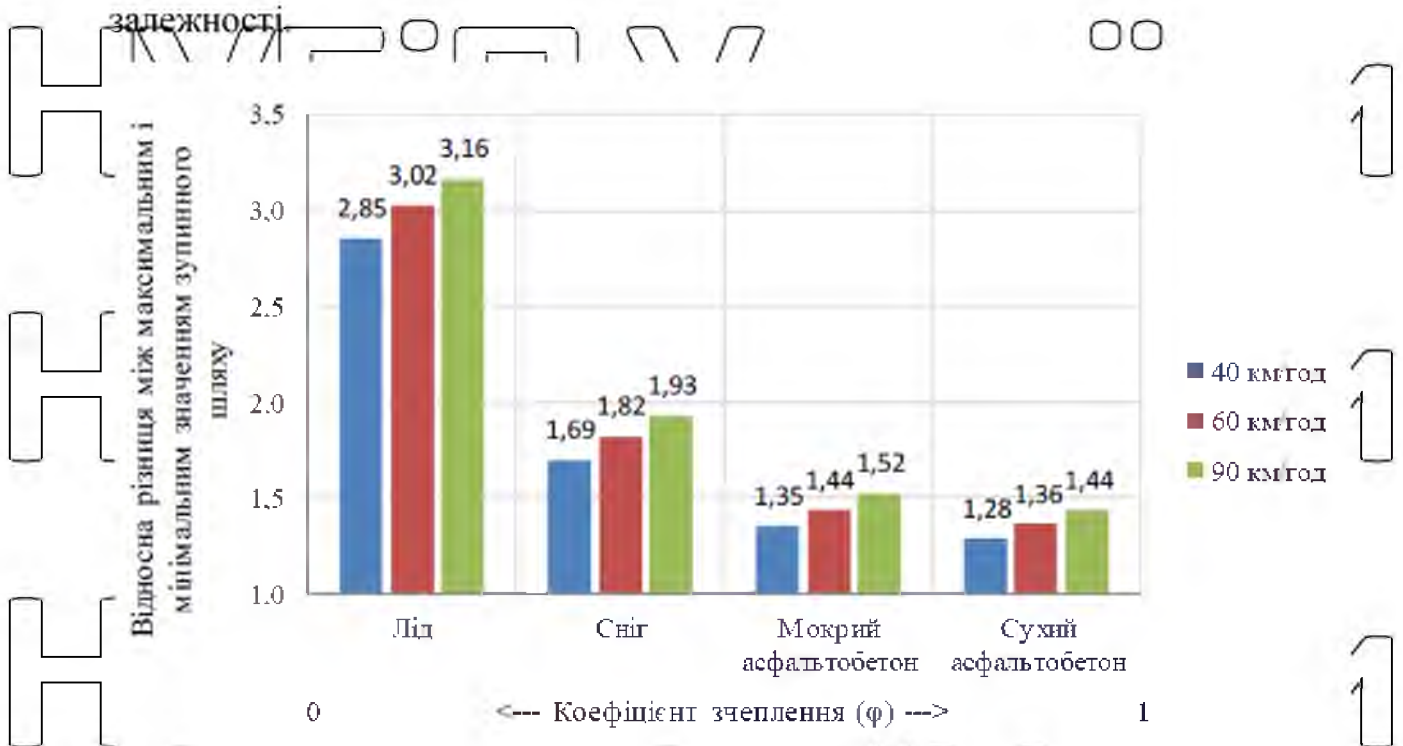


Рис. 2.5 Зміна похибки розрахунку зупинного шляху ТЗ шляху ТЗ за рекомендованими значеннями коефіцієнта зчеплення

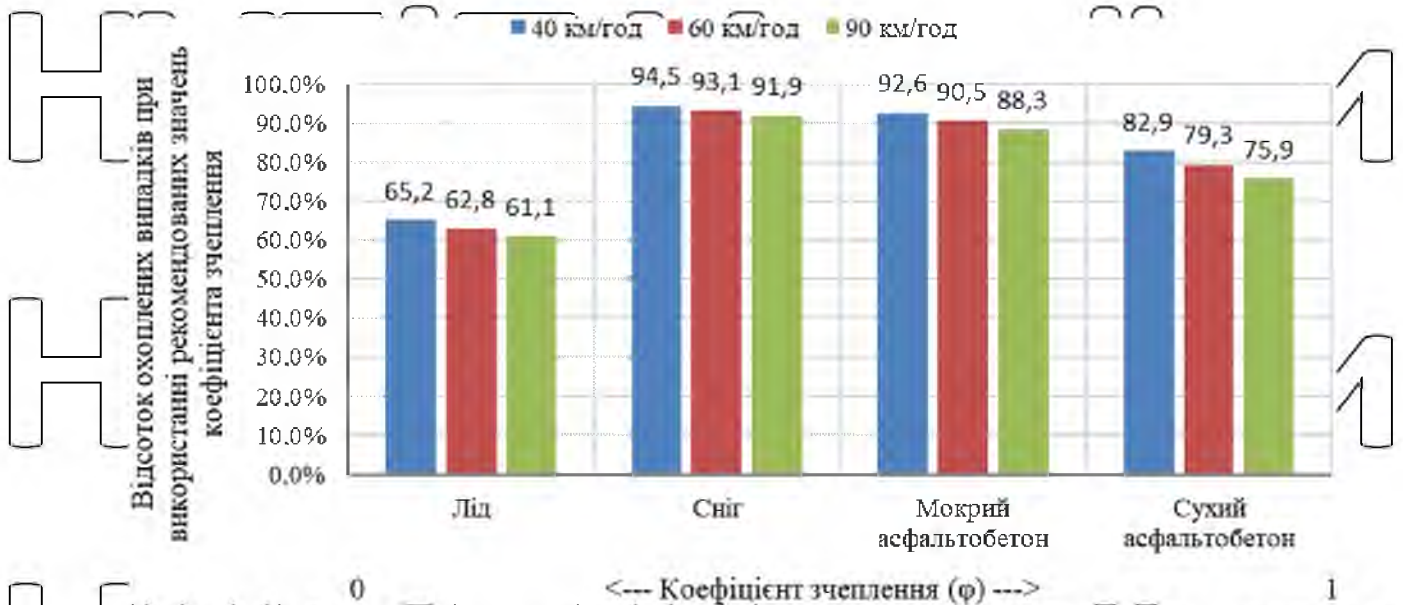


Рис. 2.5 Відсоток охоплених випадків при розрахунку зупинного шляху ТЗ за рекомендованими значеннями коефіцієнта зчеплення

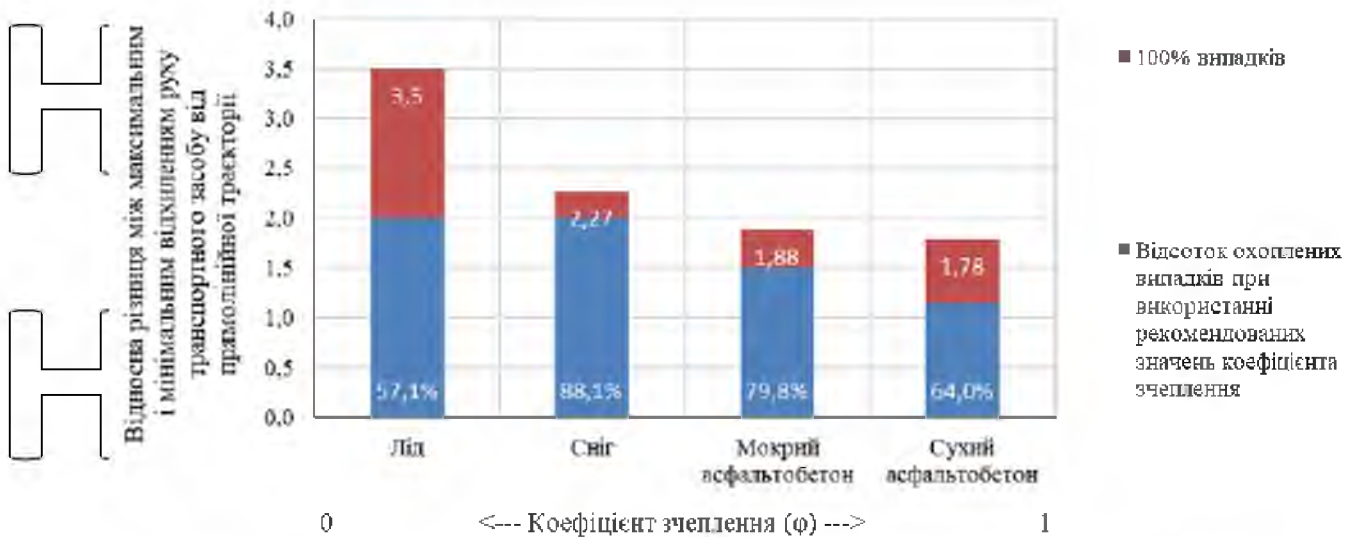


Рис. 2.7 Відносна різниця розрахунку значень відхилення ТЗ в напрямку перпендикулярному початковому напрямку руху

Так врахування наявності чи відсутності ABS на досліджуваному ТЗ дозволяє зменшити діапазон можливих значень величини зупинного шляху на 7-12%, а відхилення транспортного засобу в напрямку перпендикулярному початковому напрямку руху на 12-20%. Врахування типу шин, встановлених на ТЗ, для випадку взаємодії із дорогою покритою ожеледицею або засніженою дорогою підвищує точність розрахунків зупинного шляху на 32-41%, а відхилення ТЗ в напрямку перпендикулярному початковому напрямку руху на 11-43%.

Слід відзначити суттєву залежність коефіцієнта зчеплення від швидкості руху транспортного засобу, бокового відведення коліс, температури та тиску в шинах, зношеності шин, товщини водяної плівки на поверхні дорожнього покриття, багатьох інших факторів. Так, в експериментальних дослідженнях зчепних властивостей автомобільних шин на асфальтобетонному покритті коефіцієнт зчеплення при швидкості руху ТЗ 40 км/год дорівнював 0.65, а при швидкості руху ТЗ 100 км/год – 0.34 [27].

Отже, все сказане підтверджує припущення про ненадійність табличних даних та необхідність проведення поглиблених досліджень невизначеності вихідних даних, які використовуються для рішення задач автотехнічної експертизи ДТП.

Висновки до розділу 2

Високий рівень травматизму і смертності на дорогах є проблемою, яка притаманна міжнародному суспільству в цілому та Україні зокрема. Сучасний стан аварійності потребує створення рекомендацій та формування заходів щодо підвищення безпеки дорожнього руху, поглибленого вивчення умов та причин ДТП, з врахуванням затвердженого переліку завдань автотехнічної експертизи.

З метою підвищення якості розслідування обставин ДТП та досягнення об'єктивного висновку під час слідства і суду Міністерством юстиції України затверджені науково-методичні рекомендації щодо підготовки та призначення судових експертиз та виконання експертних досліджень, які передбачають перелік основних питань з автотехнічної експертизи. Відповіді на ці питання визначаються за формулами, відомими з теорії експлуатаційних властивостей ТЗ. При цьому розрахунок параметрів руху транспортних засобів при автотехнічній експертизі виконується без оцінювання похибки одержуваних результатів, що не задовольняє вимоги Закону України «Про метрологію та метрологічну діяльність». Це визначає актуальність удосконалення методів розв'язування задач автотехнічної експертизи дорожньо-транспортних пригод.

Теоретичне дослідження впливу коефіцієнтів стану ТС - ефективність гальмування ТЗ для різних дорожніх покриттів, що враховує завантаження ТЗ, дорожнього середовища - $k_{сдп}$ - коефіцієнт стану дорожнього покриття, $k_{ш}$ - коефіцієнт шорсткості поверхні дорожнього покриття, $k_{гид}$ - коефіцієнт гідравлічної шорсткості, $k_{кол}$ - коефіцієнт калійності дорожнього покриття, дозволило більш ґлибоко розрахункові залежності визначення швидкості ТЗ перед початком гальмування, зупинного та гальмівного шляхів.

Проведені дослідження дорожнього середовища в цьому розділі показали, що існуюче науково-методичне забезпечення необхідно доповнити новими параметрами, що уточнюють завантаження ТЗ, експлуатаційний стан та вид дорожнього покриття кожної категорії доріг. Дослідження впливу цих

факторів на досліджувану функцію (процес гальмування), деякі фактори об'єднані в укрупнені пари або групи, деякі через незначущість, незначний вплив або через багатofакторність дослідження опущені.

Таким чином, для оптимального планування експерименту як основні змінні фактори, що впливають на гальмування (уповільнення) ТЗ, були обрані параметри дорожнього середовища $k_{стп}$ - коефіцієнт стану дорожнього покриття, $k_{шп}$ - коефіцієнт шорсткості поверхні дорожнього покриття, $k_{гшп}$ - коефіцієнт гідравлічної шорсткості, $k_{кол}$ - коефіцієнт колійності дорожнього покриття.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ЕФЕКТИВНОГО ГАЛЬМУВАННЯ ТЗ І СТАНУ ДОРОЖНОГО ПОКРИТТЯ

ілі, завдання та об'єкти експериментальних досліджень

Відповідно до метою справжньої роботи та на підставі даних, наведених у першому розділі, були поставлені завдання та мета дослідження параметрів та факторів підсистем «Автомобіль» та «Дорога», що впливають на результати розрахунків методики реконструкції ДТП.

Метою експериментального дослідження є встановлення зв'язків між факторами, що варіюються, і вимірюваними змінними, а також визначення експериментальних залежностей і підтвердження теоретичних досліджень, наведених у другому розділі.

У роботі ставляться завдання експериментального дослідження ефективності гальмування ТЗ та стану дороги визначити:

1 Вплив факторів, що впливають на параметр підсистеми А-Д коефіцієнт зчеплення біля покриття, залежно від стану та виду покриття.

алежність параметра підсистеми А-Д - коефіцієнта зчеплення від отриманих значень шорсткості покриття, а також за умови мокрого покриття з водяною плівкою від 2 мм і більше.

алежність параметра підсистеми А-Д коефіцієнта зчеплення від отриманих значень колійності на дорожньому покритті.

ідхилення отриманих експериментально значень параметрів та факторів від нормативних табличних даних.

повільнення фактичне ТЗ з різним ступенем завантаження.

араметр підсистеми А - коефіцієнт D_0 , виходячи з отриманих значень уповільнення ТЗ, параметра підсистеми А-Д - коефіцієнта зчеплення.

к об'єкт дослідження виступають підсистеми А і Д. До дослідження підсистеми А приймаються ТЗ категорій ($M_1, M_2, M_3, N_1, N_2, N_3$) з різним ступенем завантаження (маси ТЗ) зі справною гальмівною системою.

Фіксування уповільнення фактичного виконувалося за допомогою вимірювача ефективності гальмівних систем "Ефект-02".

До експериментальних ділянок дорожнього середовища, у яких відбуваються систематичні ДТП, відносяться ділянки автомобільних доріг різних категорій та видом покриттів. Вибір підсистем Д ґрунтувався високого ступеня аварійності за останні 5 років, на термінах експлуатації покриття, ступеня зносу, інтенсивності руху ТЗ та аварійності, так само виконувався візуальний огляд стану підсистем Д. Весь експеримент розбитий на чотири етапи - чотири періоди року з різним температурним режимом і умовами.

Методологічні основи досліджень

Дана робота базується на використанні теоретичного та емпіричного рівнів пізнання з метою отримання нових знань про предмет дослідження.

Концепція, що розроблюється, містить способи оцінювання та зменшення невизначеності параметрів, які впливають на прийняття рішень при розслідуванні ДТП, визначені на основі систематизації та корегування отриманих і відомих знань. Для формування висновків використовуються емпіричні дані, встановлені шляхом спостереження та вимірювання.

Фундаментальною основою виконаного наукового дослідження є пошуковий експеримент з оцінки процесів функціонування системи ВАДС в розслідуванні дорожньо-транспортних пригод. На основі сформованої наукової гіпотези та розроблених теоретичних положень було отримано математичні моделі предмета дослідження та висвітлено досліджувані процеси, визначені шляхи підвищення точності та об'єктивності автотехнічної експертизи ДТП і методи їх реалізації. Результати прогнозування, що базуються на систематизації отриманих даних, перевірялись багатофакторним експериментом.

Невіддільною частиною розробки концепції є виключення суб'єктивності пояснення результатів, що передбачає несприйняття на віру неперевіраних тверджень. Забезпечення належного ступеня адекватності (валідності) результатів досліджень здійснювалось шляхом документування

виконаних вимірювань і спостережень, що створює умови для критичної оцінки та додаткового підтвердження (у разі необхідності) отриманих наукових положень (рис. 3.1).



Рис. 3.1. Етапи наукового дослідження

Прийняття рішень в автотехнічній експертизі ДТП відбувається в умовах невизначеності, які характеризуються недостатньою кількістю інформації для раціональної організації дій. Якість процесу напрацювання рішень залежить від достатності врахування всіх факторів, які впливають на результат прийнятих рішень. Невизначеність можна ліквідувати повністю або частково такими шляхами: набуттям інформації, якої не вистачає; поглибленим вивченням наявної інформації.

Точність встановлення обставин ДТП залежить від прийнятого діапазону значень параметрів, які описують певну дорожньо-транспортну ситуацію.

Зміни значень цих параметрів впливають на результати аналізу ДТП. Виникає питання, в якую точністю ми можемо визначити значення, важливі для встановлення обставин ДТП, і наскільки задані параметри є достовірними. Це питання схематично представлено на рисунку 3.2.

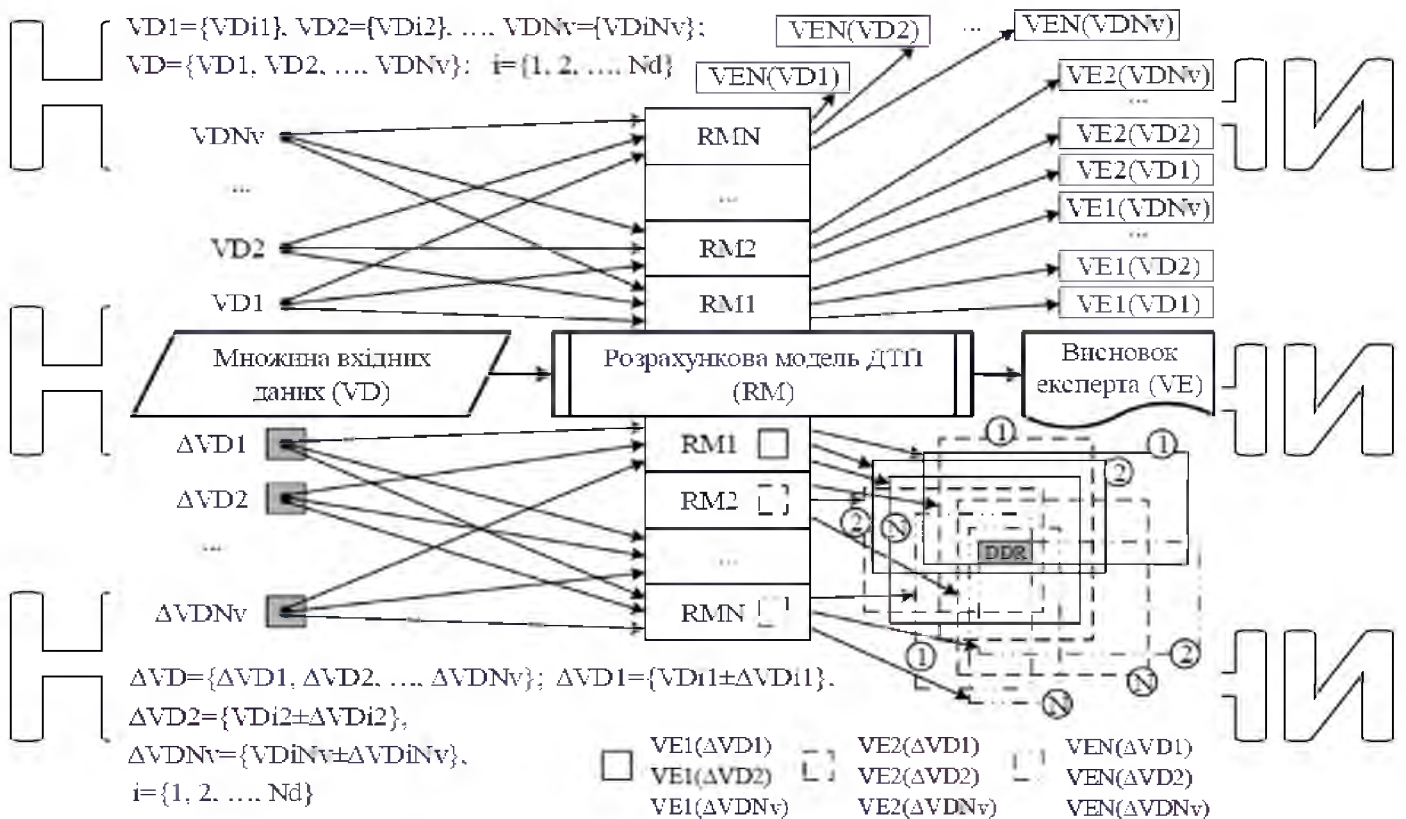


Рис. 3.2 Залежність варіацій результатів встановлення обставин ДТТІ в д
врахування невизначеності аналізованих даних

Врахування невизначеності значень вихідних даних призводить до розширення діапазону початкових параметрів ΔVD та перетворення розрахункового кола результатів експертизи $VE(\Delta VD)$ у величезний (але обмежений) діапазон результатів. Він може бути представлений у вигляді діапазону рішень, адекватного використаному методу аналізу та діапазону вихідних параметрів. Для технічної точності найбільш важливим діапазоном рішень може бути підмножина суми діапазонів рішення, визначена на основі дорогих та трудомістких експериментів.

Максимальну точність рішення будь-якої задачі забезпечує аналітичний метод. У разі неможливості застосувати цей метод при рішенні певної задачі, необхідно зробити припущення для спрощення процесу дослідження, або застосувати інші математичні методи: чисельні, асимптотичні, статистичні, бульові, нечітких множин, нейронних мереж тощо. Дослідження та

підтвердження наукових гіпотез роботі базувалось на використанні системного підходу. При визначенні наукової проблеми на основі вивчення робіт попередніх дослідників використано методи аналізу та синтезу. Достовірність та точність результатів автотехнічної експертизи ДТП підвищується шляхом використання методів обробки результатів вимірювань та обчислення похибок вихідних матеріалів, методів зменшення невизначеності довідкових та розрахункових параметрів. Для оцінювання якості розслідування та проведення автотехнічних експертиз ДТП використано методи системного аналізу та теорії прийняття рішень. При розробці математичних моделей оцінювання коефіцієнта зчеплення коліс автомобіля з дорожнім покриттям, відстані видимості об'єктів при русі автомобіля в темну пору доби та швидкості руху пішоходів застосовані методи теорії нечітких множин та нейронних мереж. При розробці математичних моделей оцінювання часу сенсомоторної реакції водія та емпіричних моделей оцінки ефективності гальмування ТЗ використано методи математичної статистики, теорії імовірності та регресійного аналізу. Для розробки та рішення детермінованих математичних моделей з оцінки параметрів руху ТЗ використано методи диференціального та інтегрального числення. Для дослідження математичних моделей складних видів ДТП застосовано аналітичний метод. При розробці моделі оцінювання надійності і безпеки функціонування ТЗ в системі ВАДС застосовано метод нечітких когнітивних карт. Для отримання нових наукових даних та підтвердження адекватності розроблених математичних моделей використано експериментальні методи, теорію похибок та теорію невизначеності вимірювань. Для порівняльного аналізу теоретичних та експериментальних даних застосовано метод комп'ютерного моделювання.

Розвиток сучасних методів автотехнічних досліджень ДТП пов'язаний з використанням цифрових технологій на всіх етапах експертного дослідження

(рис. 3.3).

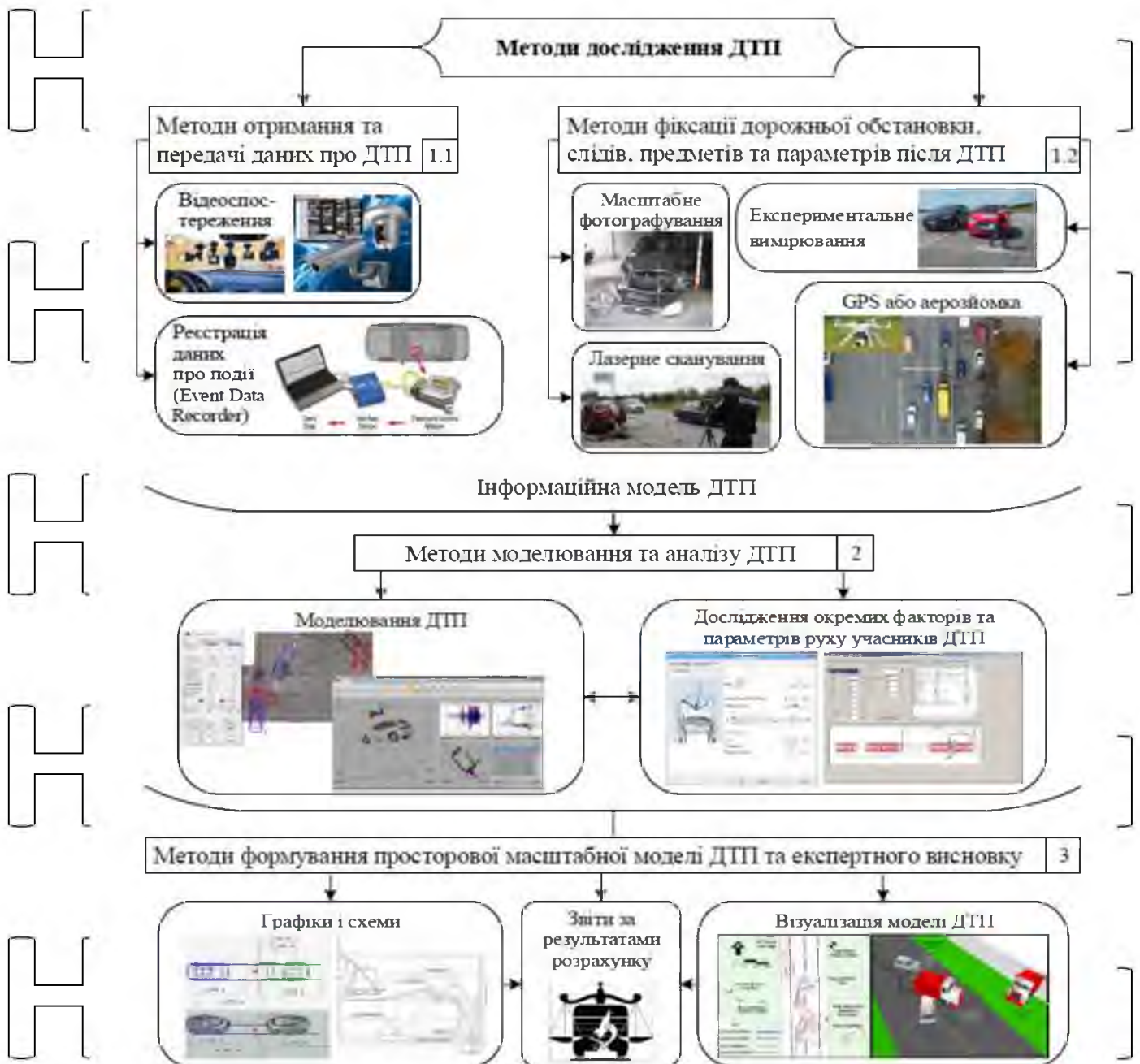


Рис. 3.3 Сучасні методи дослідження ДТП та порядок їх застосування

бладнання та засоби проведення експериментальних досліджень технічного стану ТЗ та дорожнього середовища

3 метою вимірювання ефективності гальмівних систем ТС

використовувався прилад «Ефект-02». Зовнішній вигляд приладу та розташування його під час проведення вимірів представлені рисунку 3.4.

вимірів представлені рисунку 3.4.



Рис. 3.4 Зовнішній вигляд приладу та розташування його під час проведення

вимірів: а) Зовнішній вигляд приладу «Ефект-02»: 1 – електронний блок, 2 – індикатор, 3 – кнопка «вибір», 4 – кнопка «скасування», 5 – кнопка «введення», 6 – тумблер включення живлення, 7 – роз'єм кабелю живлення, 8 – роз'єм кабелю датчика зусилля, 9 – датчик зусилля.

Вимірювання приладом "Ефект-02" проводилися на ТЗ. Після встановлення приладу, його прогрівання, вибору за допомогою кнопок 3, 5 характеристики ТЗ (категорії) ТЗ розігнали до швидкості близької до 40 км/год, потім гальмували. На індикаторі зняли результати перевірки ТЗ щодо його уповільнення.

3.4. Модель оцінювання відстані видимості об'єктів при русі автомобіля в темну пору доби

Темна пора доби є найбільш небезпечним періодом експлуатації транспортних засобів та руху пішоходів (близько 52% випадків загибелі водіїв та 71% випадків загибелі пішоходів відбуваються в темну пору доби та сутінки, незважаючи на зниження інтенсивності руху в 3–10 рази) [33, 34]. Безпека руху ТЗ в темну пору доби залежить на 97–99% від зорової та на 1–3% від слухової інформації про дорожню обстановку [2]. Цьому сприяють такі фактори: відсутнє або незадовільне освітлення проїзної частини; незадовільний

технічний стан системи освітлення ТЗ; засліплювання водія світлом фар зустрічного ТЗ; підвищена втомлюваність водія внаслідок відсутності фізіологічного методу перебудови свого режиму для роботи вночі; неповна оцінка реальної нічної дорожньої обстановки, аналогічного керуванню ТЗ вдень; брак досвіду і професійних прийомів керування ТЗ в темну пору доби.

Існує багато різних методів, засобів і технологій, що застосовуються для оцінювання видимості об'єктів на дорозі в нічний час з метою забезпечення роботи систем активної безпеки ТЗ та допомоги водію [17, 35], організації та керування дорожнім рухом [337-339] та автотехнічної експертизи ДТП [8, 34].

Для пошуку об'єктивної відповіді на питання щодо правильності обрання швидкості руху в темну пору доби та технічної можливості у водія уникнути наїзду на пішохода або перешкоду при розслідуванні механізму ДТП експериментально визначається відстань видимості об'єктів на дорозі в умовах, аналогічних умовам в момент виникнення аварійної ситуації [9].

Історія розвитку систем головного освітлення автомобілів розпочалась з 1898 року із застосування електричних ламп накаливання, які змінили галогенні лампи, впроваджені у 1971 році. З 1992 року отримали застосування ксенонові лампи головного освітлення, з 2007 року – світлодіодні, а з 2014 року

– лазерно-люмінофорні. За останні 25 років значно покращились оптичні системи фар, використовувані датчики, програмні та електронні компоненти інтелектуальних освітлювальних систем ТЗ [34]. За даними аналітичних звітів

з розвитку світового ринку автомобільної світлотехніки на даний час в ТЗ використовуються три основних типи джерел освітлення: галогенне, ксенонове та світлодіодне (табл. 3.1), причому доля автомобілів з галогенними джерелами складає 70-80% [31, 44].

Для вимірювання візуальної реакції людини на світло використовують такі фотометричні параметри як сила світла, світловий потік, освітленість, яскравість та світлова ефективність [2, 17, 33]. Якість світла автомобільних фар можна оцінити за його дальністю, шириною, комфортом (охватом зони погляду водія) та рівнем незручностей для інших учасників дорожнього руху

відповідно до міжнародних вимог (наприклад, Правил ЄЕК ООН R1, R2, R8,

НУБІП УКРАЇНИ

Таблиця 3.1

Основні показники автомобільних систем головного освітлення для ТЗ

Показник/Тип фар	категорії М1		
	Галогенні	Ксенонові	Світлодіодні (LED)
Термін служби, год	до 1000	до 3000	від 10000 до 100000
Номінальна напруга, В	12	85, для імпульсу до включення (10-20 кВ)	12
Номінальна потужність, Вт	55-65	35	до 20
Світловий потік, лм	1000-1650	2800-3200	800-1700 і більше
Вартість	низька	висока	висока

В темну пору доби за умовами безпеки руху необхідно щоб відстань видимості дорожніх об'єктів S_V була більшою ніж зупинний шлях ТЗ S_0

$$S_V \geq S_0 + S_S \quad (3.1)$$

де S_S — інтервал безпеки до перешкоди.

В практиці встановлення обставин ДТП Європейської мережі установ судової експертизи [9] зупинний шлях визначають за виразом.

Освітленість, необхідна для виявлення перешкоди, залежить від прозорості атмосфери та кольорового контрасту предметів розрізнення. Її наближено можна визначити за емпіричною формулою

$$E_n = 0,2 + 0,01 \cdot S_0 \quad (3.2)$$

Сумарна сила світла фар та освітленість, необхідна для виявлення перешкоди на відстані S_V , пов'язані залежністю

$$I = E_n \cdot S_V^2 \quad (3.3)$$

Наскільки погіршується видимість дорожніх об'єктів водієм від фар

зустрічних автомобілів оцінюють коефіцієнтом засліплення

$$C_S = (I_S + I_F) / I_S \quad (3.4)$$

де I_S – сила світла, що спричиняє ефект засліплення,

I_F – сила світла фар зустрічного автомобіля, що потрапляє в очі водія.

Відстань видимості дорожніх об'єктів (рис. 3.5) залежить від освітленості дороги E , створеної на відстані d та освітленості, необхідної для виявлення перешкоди



Рис. 3.5 Фактори, що визначають відстань видимості дорожніх об'єктів

темну пору доби



Рис. 3.6 Фактори, що визначають потенціал реалізації зчепних властивостей коліс автомобіля з дорожнім покриттям

Здатність з достатньою точністю оцінити якість тертя між шиною і дорогою важлива для оптимізації роботи систем керування та безпеки ТЗ (ABS – антиблокувальна система гальм, ESP – система курсової стійкості автомобіля, ACC – адаптивний круїз-контроль, превентивні системи безпеки, керування дорожнім рухом та обслуговуванням доріг).

В США та Європі інформація електронних систем керування, безпеки і комфорту ТЗ успішно використовується з метою встановлення обставин ДТП. Це стало можливим завдяки розвитку технологій фіксації руху ТЗ в процесі ДТП: системи GPS позиціонування місцезнаходження ТЗ, реєстратори даних про події – Event Data Recorder, ACN – Automated Crash Notification (автоматизовані системи повідомлення про о ДТП) [36, 204, 205].

Автоматизовані системи реєстрації параметрів руху забезпечують високу достовірність вихідних даних для встановлення механізму виникнення

Практика показує, що використання інформації з електронних систем, що фіксують параметри руху ТЗ в процесі ДТП, не завжди можливе.

Відповідно до Інструкції з передової практики реконструкції обставин ДТП Європейської мережі установ судової експертизи [89] оцінювання взаємодії шин з дорогою може виконуватись шляхом слідного експерименту в дорожніх умовах місця події або аналогічних йому. Експериментально визначають

коефіцієнт зчеплення та (або) показники ефективності гальмування (гальмівний шлях, сповільнення), значення яких характеризують процеси тертя в контакті шин з дорогою.



Рис. 3.7 Прилад для вимірювання коефіцієнта зчеплення ППК, що використовується в експерименті

Технічні характеристики приладу: тип приладу – переносний, ударної дії; межі виміру коефіцієнта зчеплення 0,05-0,65; межа основної наведеної похибки вимірювання $\pm 5\%$; величини поздовжніх та поперечних ухилів ділянок вимірювання не повинні перевищувати відповідно 100 та 60%, маса приладу 25 кг; маса ударного вантажу $9 \pm 0,05$ кг; кількість вимірів на одній ділянці 5; габаритні розміри приладу у зібраному вигляді 160x730x1760 мм; час приведення приладу в робочий стан із транспортного 5 хв. Вартість 84400 грн.

Проведення експериментальних досліджень щодо визначення коефіцієнта зчеплення

Під час проведення експерименту з вимірювання зчепних якостей покриттів застосовувався вибірковий контроль. Вибірковий контроль призначений для обстеження ділянок доріг завдовжки трохи більше 1 км.

Вимірювання зчепних властивостей дорожнього покриття за допомогою портативного приладу ППК виконувались смугами накату кожної смуги руху. Необхідна кількість вимірів на 1 км дороги коливається від 2 до 6.

Стан дорожніх покриттів зчепними якостями оцінювалося шляхом порівняння фактичної величини коефіцієнта зчеплення з його гранично

допустимою величиною (рекомендованою).

Методика проведення експериментальних досліджень виконана в дповідно до [15,26,27,30,31,50,51,72-74]. Алгоритм виконання експерименту представлений рисунку 3.11. Відповідно до нормативу [31], не рекомендується проводити вимірювання зчпних якостей дорожнього покриття під час дощу, а також протягом 2-3 годин після нього. Однак з метою отримання фактичних значень коефіцієнта зчплення та порівняння їх з нормативними на мокрому покритті експеримент було проведено.

Алгоритм проведення експериментальних досліджень щодо визначення

коефіцієнта зчплення

еобхідно дотриматися умов безпеки під час проведення експерименту.

ізуально оцінити умови експлуатації експериментальної ділянки (стан покриття, знос, сітка тріщин, колійність тощо) (рис. 3.8).



Рис. 3.8 Стан експериментального покриття у різні періоди року: а) при $t = +10-15^{\circ}\text{C}$; б) при $t = -10-0^{\circ}\text{C}$

становити прилад ППК-МАДИ на ділянку, що експериментально досліджується.

рухомий вантаж закріпити у верхньому положенні стійки і зафіксувати клямкою, а шайбу, що реєструє, підняти до рухомої муфти (рисунк 3.8)

Звільнити рухомий вантаж від клямки. При цьому перевірити - чи вантаж ковзає по стійці, ударяється об рухому муфту, яка через тягаючі тяги проводить в рух імітатори шини, змушуючи їх ковзати по поверхні покриття. Реєструюча шайба, переміщаючись разом з муфтою, реєструє найнижче її положення. Ділянка нижньої частини стійки має шкалу, відградуйовану в

значеннях коефіцієнта зчеплення, за якою зчитують результати вимірювань.



Рис. 3.9 Вимірювання коефіцієнта зчеплення у зимовий період

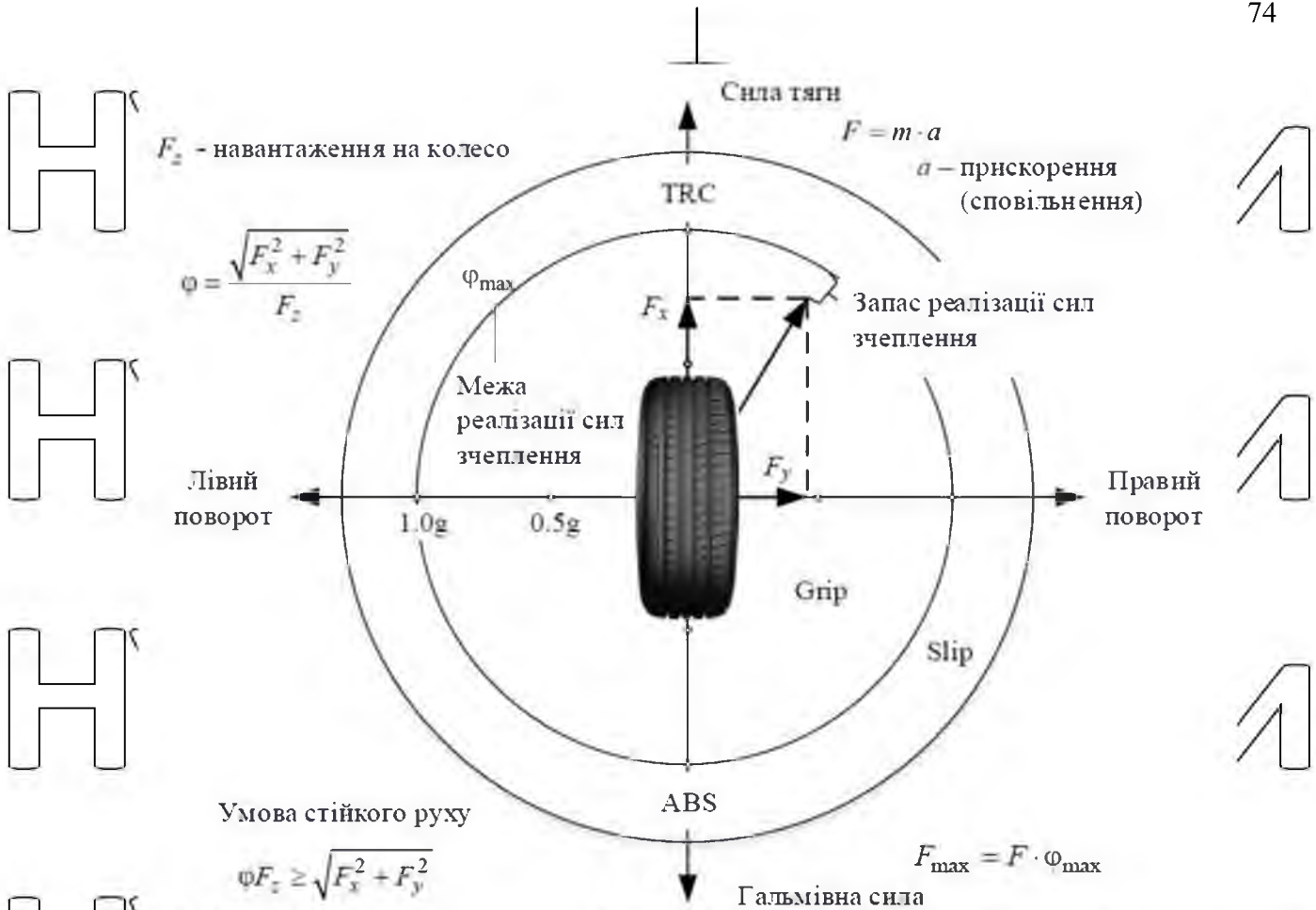
Безпека руху досягається здатністю долати високі сповільнення при гальмуванні, а на повороті великі поперечні прискорення з відповідними боковими уводами, та мати мінімальну схильність до аквапланування. Відповідно до фізичних законів тертя, сила тертя, яку необхідно подолати,

якщо потрібно перемістити тіло по рівній поверхні, залежить лише від ваги тіла (нормальної сили, що діє вертикально на основу) та спряжені матеріалів між основою та тілом [17]. Низькі значення коефіцієнта зчеплення (коефіцієнта тертя покою) ϕ позначають гладку слизьку поверхню сполучених

матеріалів з низьким тертям. При високих значеннях ϕ підвищуються сили тертя, які необхідно подолати або передати (поздовжні, поперечні, бічного уводу). Тертя в значній мірі визначає фізику водіння автомобіля на початку руху, при прискореннях, гальмуванні і на поворотах. Поздовжні і поперечні сили векторно додаються в результуючу силу, що передається шиною на дорогу (рис. 3.11). Ця результуюча сила збільшується зі зростанням зчіпної здатності дороги і шини або навантаження на колеса.

Виходячи з рис. 3.6, коефіцієнт тертя (зчеплення) можна знайти за значенням сил тертя в поперечному і поздовжньому напрямках та навантаженням на колесо.

$$\phi = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} / F_z \quad (3.5)$$



Фиг. 3.10 Сили в колі-тертя шини

Таблиця 3.3

Фактори впливу на коефіцієнт зчеплення коліс автомобіля здоровнім покриттям

Фактор	Універсальна множина	Терми для оцінок
1	2	3
jq – інтегральний показник «шини – дорога»	(0–10) б	низький ($jq1$), нижче середнього ($jq2$), середній ($jq3$), вище середнього ($jq4$), високий ($jq5$)
N – навантаження на колесо	(150–875) кг	низьке ($N1$), середнє ($N2$), повне ($N3$)

1	2	3
V – швидкість автомобіля	(0–130) км/год	низька ($V1$), нижче середньої ($V2$), середня ($V3$), вище середньої ($V4$), висока ($V5$)
BS – конструкція гальмівної системи	(1, 2, 3) б	без ABS ($BS1$), з ABS ($BS2$), з ABS та ВА ($BS3$)

Таблиця 3.4

Рекомендовані значення інтегрального показника «шини-дорога» jq

Тип покриття	Стан шини	Стан покриття		
		Сухе	Мокре чисте	Мокре брудне
1	2	3	4	5
Цементобетонне	Нова*	7,85-8,34	6,38-6,87	3,92-4,41
	Зношена**	8,83-10,0	4,91-5,40	1,96-2,45
Асфальтобетонне з шорсткою обробкою	Нова	7,85-8,34	5,89-6,38	4,41-5,40
	Зношена	8,83-10,0	4,41-4,91	2,45-3,43
Гарячий асфальтобетон без шорсткої обробки	Нова	7,85-8,34	4,91-5,89	3,43-3,92
	Зношена	8,83-10,0	3,92-4,41	2,43-2,94
Холодний асфальтобетон	Нова	5,89-6,87	3,92-4,91	2,94-3,43
	Зношена	7,36-8,34	2,45-3,43	1,96-2,94
Чорно-щебенеve та чорно-гравійне з шорсткою обробкою	Нова	5,89-6,87	4,91-5,89	2,94-3,43
	Зношена	7,36-8,34	3,43-4,41	1,96-2,94
Чорно-щебенеve та чорно-гравійне без шорсткої обробки	Нова	5,4-5,89	4,41-4,91	2,43-2,94
	Зношена	6,38-7,36	2,45-3,43	1,96-2,45
Щебенеve та гравійне	Нова	5,89-6,87	5,40-5,89	2,43-2,94
	Зношена	7,36-8,34	3,92-4,41	1,96-2,45
Ґрунтове покращене	Нова	4,41-4,91	2,45-3,92	1,96
	Зношена	5,4-5,89	1,96-2,94	1,96

НУБІП України

1	2	3	4	5
Ріхлий сніг	Нова	1.47-3.43		
	Зношена	1.18-2.45		
Укочений сніг після проходу грейдера	Нова	2.35-2.75		
	Зношена	1.67-2.06		
Укочений рівний сніг без обледенілої поверхні	Нова	2.16-2.45		
	Зношена	1.47-1.77		
Укочений рівний сніг з обледенілою поверхнею	Нова	1.18-1.47		
	Зношена	1.18-1.47		
Укочений рівний сніг з обледенілою поверхнею після розкиду піску по нормі 0.1 м ³ на 1000 м ² дороги	Нова	1.67-1.86		
	Зношена	1.47-1.67		
Укочений рівний сніг з обледенілою поверхнею після розкиду піску по нормі 0.4 м ³ на 1000 м ² дороги	Нова	2.45-3.73		
	Зношена	1.96-2.94		
Ожеледиця	Нова	0.88-1.47	0-0.78	
	Зношена			

*Нова – до 50% зменшення висоти рисунку протектора.

**зношена 50-100% але не менше 1,6 мм.



Рис. 3.11 Фактори, які впливають на час реакції водія

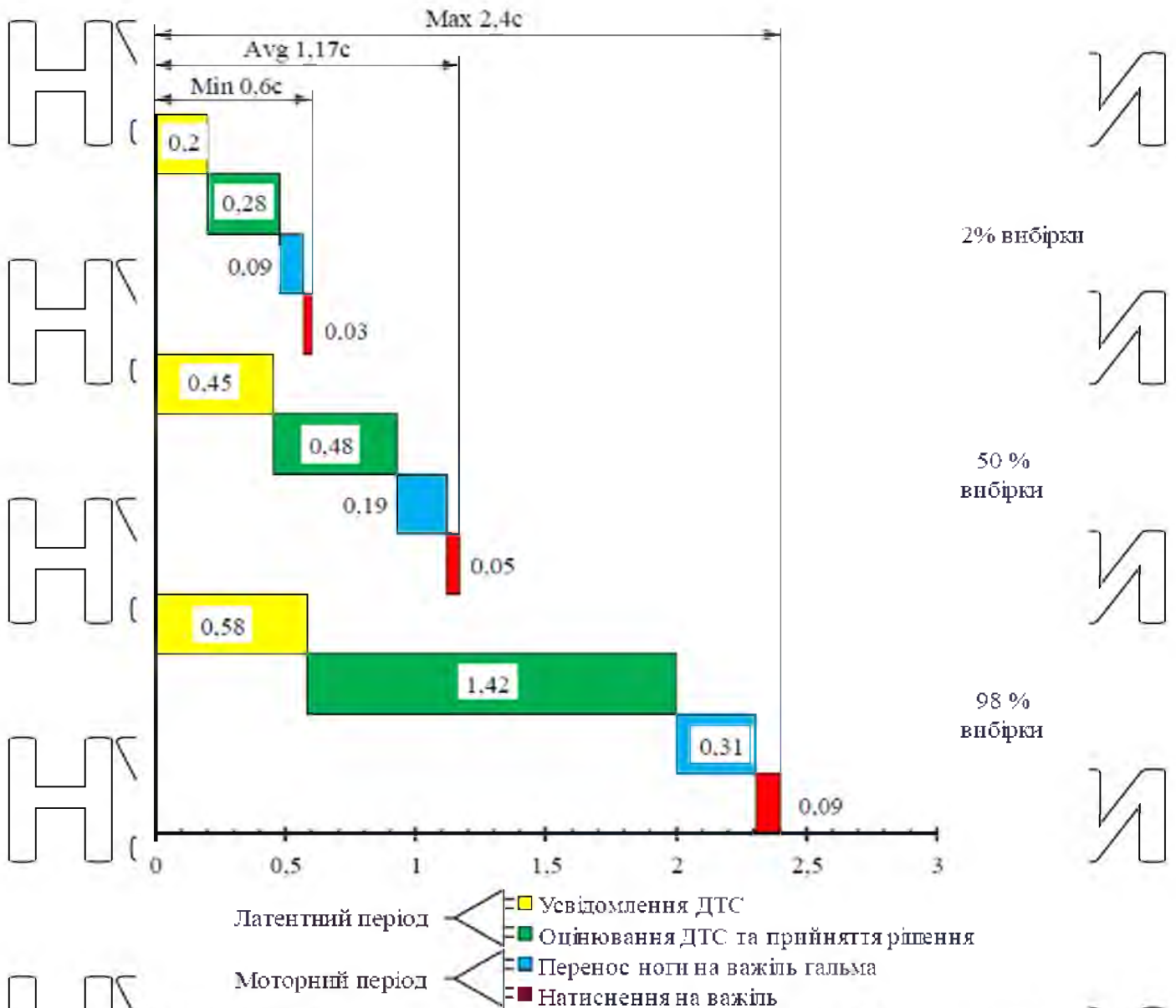


Рис. 3.12 Граничні значення часу сенсомоторної реакції водія на неочікуваний сигнал та обсяги досліджень для складних та вільних ДТС

3.5. Оцінювання динаміки екстреного гальмування автомобіля та його траєкторії руху

Стійкість автомобіля визначається бічними реакціями опорної поверхні, які діють з боку дороги на його колеса. Бічні сили виникають від відцентрового ефекту при повороті, від поперечного ухилу дороги, вітру тощо. Якщо вони менші граничної величини бічної реакції, то колесо буде рухатись по заданій траєкторії і незначно відхилитись від неї тільки за рахунок бічного зсуву. Якщо ж гранична величина бічної реакції перевищена, колесо втрачає стійкість, оскільки починається бічне ковзання. Таким чином, стійкість колеса (див. рис.

3.12) забезпечується за умови.

$$R_{\Sigma} = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} \leq \phi_{\max} \cdot R_z \quad (3.6)$$

де R_{Σ} – сумарна нормальна реакція в площині контакту з опорною поверхнею;

R_x, R_y, R_z – реакції в поздовжньому, поперечному та вертикальному напрямів контакті опорної поверхні з колесами автомобіля;

ϕ_{\max} – значення коефіцієнта зчеплення, яке можна реалізувати при найсприятливіших умовах.

У разі застосування екстреного гальмування для попередження ДТП виникає висока імовірність блокування коліс ТЗ і як наслідок втрати курсової чи траєкторної стійкості в залежності від співвідношення блокованих і неблокованих коліс.

У випадку розвороту поздовжньої осі автомобіля від прямолінійного напрямку руху на кут 20° і більше водій втрачає можливість виправити ситуацію за допомогою наявних органів керування автомобілем [87, 175]. Для попередження таких випадків на сучасних ТЗ встановлюють ABS, EBD, ESP тощо [5, 8, 17].

Стандартами [17], які регламентують вимоги до гальмівних систем ТЗ, допускається наявність різниці величин гальмівних сил на різних колесах (в певних межах) та існування нерівномірності спрацювання гальмівних механізмів коліс однієї осі. Такі відхилення можуть призводити до розвороту ТЗ навколо свого центра ваги, але процес гальмування можна вважати безпечним у разі дотримання габаритів коридору гальмування шириною 3,5 м (рис. 3.15).

Отже, безпека руху ТЗ забезпечується дотриманням граничних значень гальмівного шляху та утриманням його в межах заданої смуги руху (коридору безпеки). Максимально допустимий розворот автомобіля обчислюють з умови

$$\frac{B_{sr}}{2} \leq y + L_a \sin \gamma + \frac{B_a}{2} \cos \gamma \quad (3.7)$$

де B_{sr} – ширина коридору безпеки (смуги руху);

y – відхилення центра мас ТЗ у поперечному напрямку;

L_a та B_a – довжина і ширина ТЗ;

γ – курсовий кут, який характеризує поздовжньої осі ТЗ.

Процес гальмування може супроводжуватись криволінійним рухом ТЗ, незалежно від положення рульового колеса. Це можливо у тому випадку, коли на колесах автомобіля виникає суттєва різниця між поздовжніми реакціями, спричинена різними експлуатаційними, технологічними чи конструктивними факторами. Наслідком цих подій є виникнення поворотальних моментів, які сприяють розвороту ТЗ в горизонтальній площині. Під дією цих моментів ТЗ починає втрачати стійкість, що може призвести до заносу чи перекидання.

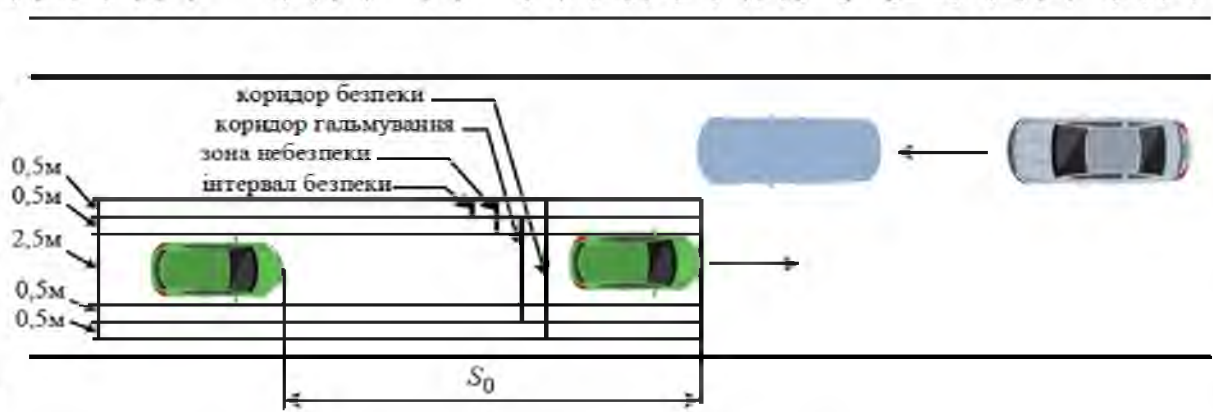


Рис. 3.15 Коридор безпеки

Для двовісного автомобіля залежно від характеру перебігу процесу гальмування можна виділити динамічну стадію і стадію дії усталеного сповільнення.

Динамічна стадія характеризується зростанням гальмових сил на колесах автомобіля від нуля до значень, які обмежуються зчепними якостями коліс з дорожнім покриттям та залежать від тиску створеного в гальмізному приводі. Динамічна стадія при екстремому гальмуванні триває близько 0,5 с. Її тривалість залежить від індивідуальних особливостей водія, дорожніх умов та конструктивних особливостей транспортного засобу. З моменту досягнення максимального сповільнення і до моменту повної зупинки ТЗ триває стадія дії усталеного сповільнення.

3.6. Визначення зупиночного та гальмівного шляху автомобіля з урахуванням впливу конструкції гальмівної системи

Удосконалення конструкції гальмівних систем та алгоритмів їх функціонування призвело до відчутної різниці показників ефективності гальмування сучасних ТЗ у порівнянні з ефективністю гальмування застарілих ТЗ [41, 44]. Історія впровадження систем зменшення гальмівного шляху автомобілів розпочалась з антиблокувальної системи гальм (ABS), основним призначенням якої є запобігання блокуванню коліс під час гальмування, збереження курсової стійкості автомобіля та керованості. З 2004 року ABS є частиною стандартної комплектації усіх нових автомобілів, що продаються у Євросоюзі [8, 19]. В сучасних автомобілях ABS як правило є частиною більш складної електронної системи гальмування, в склад якої також можуть входити: система розподілу гальмівних зусиль, система електронного контролю стійкості, система екстреного гальмування.

Основним призначенням системи розподілу гальмівних зусиль (EBD) є попередження блокуванню задніх коліс шляхом керування гальмівним зусиллям задньої осі. Вона працює на компонентній базі ABS і припиняє свою роботу з початком блокуванню ведучих коліс.

Система електронного контролю стійкості (ESP) є системою активної безпеки високого рівня, яка призначена для динамічної стабілізації автомобіля в критичних ситуаціях. ESP включає в себе ABS, EBD, систему електронного блокуванню диференціала (EDS) та систему запобігання буксуванню (ASR). З 2011 року ESP є частиною стандартної комплектації усіх нових легкових автомобілів, що продаються у Євросоюзі, США та Канаді.

Система екстреного гальмування – це адаптивна система призначена для підвищення ефективності використання водієм робочої гальмівної системи в екстреній ситуації. Застосування систем екстреного гальмування може бути вирішальним фактором для попередження ДТП чи зменшення їх наслідків за рахунок скорочення гальмівного шляху автомобіля на 15-45% [3, 41]. Існує два види систем екстреного гальмування: система допомоги при екстреному

гальмуванні (ВА), яка дозволяє реалізувати максимальне гальмівне зусилля у разі натиснення водієм на важіль гальма, та система автоматичного екстреного гальмування, яка створює часткове чи максимальне гальмівне зусилля без участі водія. В системах автоматичного екстреного гальмування крім основної реалізується ряд інших функцій шляхом поєднання роботи систем активної і пасивної безпеки автомобіля, що перетворює їх у так звані превентивні (попереджуючі) системи безпеки.

Процес гальмування ТЗ з електронною системою гальмування можна відобразити за допомогою гальмівної діаграми (рис. 3.16). Криві 1, 2 та 5 (рис. 3.16) відображають процес гальмування ТЗ у класичному вигляді, коли дія сил опору руху (опір коженню коліс, опір повітря та опір підйому) може бути врахована лише протягом часу t_4' .

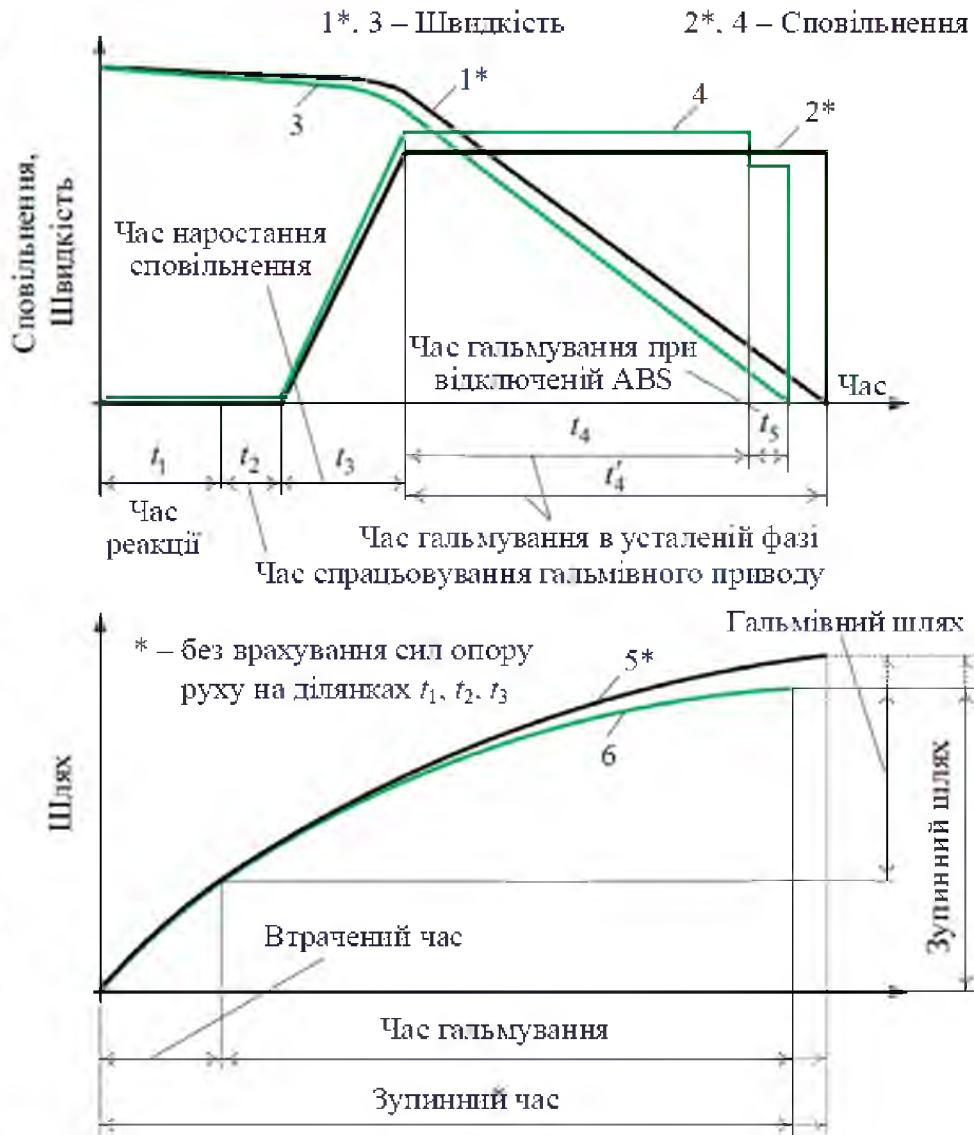


Рис.3.16 Параметри процесу гальмування ТЗ

У відповідності з п. 12.2. ПДР України, в умовах недостатньої видимості або в темну пору доби швидкість руху ТЗ повинна забезпечувати можливість зупинити транспортний засіб в межах дистанції видимості дороги. У випадку осліплення необхідно обов'язково зупинитись, проте велика кількість водіїв внаслідок осліплення короточасним, тому не зменшують швидкість руху автомобіля, а лише слідкують за незмінністю положення рульового колеса. Проте автомобіль постійно відхиляється від напрямку руху і внаслідок цілого ряду причин, навіть при низькій швидкості, здатен вийти за межі смуги руху.

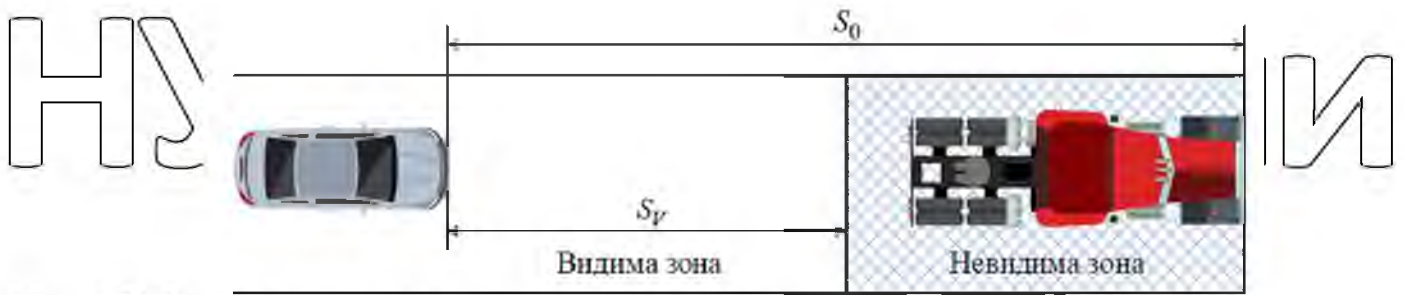


Рис. 3.17 Видима і невидима зони зупиночного шляху автомобіля

Видимість дороги, доєить часто більша, ніж видимість перешкоди на ній. Це відбувається внаслідок того, що видимість перешкоди визначається контрастністю фону і об'єкту. Слід враховувати, що у разі збігу кольорів об'єкта і фону (наприклад, мокрий темний асфальт та темний мокрий одяг пішохода), об'єкту слабо відрізняється від фону, а тому його важко розпізнати. Оскільки водій вибирає швидкість руху за умовами видимості дороги, то в момент появи перешкоди в полі зору, у нього відсутня технічна можливість уникнути ДТП.

Висновки до розділу 3

Невизначеність значень часу реакції водія при провадженні АТЕ дорожньо-транспортних пригод може призвести до отримання протилежних висновків при тлумаченні аналітичних результатів досліджень і розрахунків. Для підвищення ефективності традиційних методів та зменшення впливу суб'єктивних факторів при підготовці експертних висновків запропоновано до застосування удосконалену математичну модель оцінювання сенсомоторної фази реакції водія, яка додатково враховує вплив тривалості роботи водія та інтенсивності руху. Запропонована модель, порівняно з діючою методикою, зменшує імовірність появи помилок I-го роду на 19% та помилок II-го роду на 32%.

Для оцінювання динаміки екстреного гальмування автомобіля та його траєкторії руху необхідно визначити закони зміни сил і моментів, діючих на автомобіль в процесі гальмування. Основними факторами, які суттєво впливають на зміну траєкторії руху автомобіля при гальмуванні, є

нерівномірній дії гальмівних моментів, поперечне зміщення центру мас автомобіля, нерівномірний розподіл коефіцієнта зчеплення по бортам та колесам автомобіля. Розроблена математична модель дозволяє врахувати стохастичну та нечітку невизначеності при встановленні параметрів гальмування, що звужує діапазон можливої похибки моделювання на 39%.

Порівняння результатів моделювання (за запропонованою методикою) та експериментальних даних показало середню відносну похибку 4,58%, максимальна похибка не перевищувала 7,82 %.

Діючі нормативи та методики визначення показників ефективності екстреного гальмування при експертизі ДТП потребують врахування роботи сучасних електронних систем активної безпеки автомобіля, розвитку конструкції автомобільних шин, психологічних аспектів керування автомобілем в екстрених ситуаціях. Розроблена математична модель для

визначення зупиночного та гальмівного шляху автомобіля з урахуванням впливу конструкції гальмівної системи дозволяє мінімізувати похибку моделювання показників ефективності екстреного гальмування сучасних автомобілів категорії М1 в межах 5-23%. Діюча методика виявилася точнішою

лише для автомобілів без ABS в діапазоні швидкостей від 45 км/год до 85 км/год.

Конструкція сучасних ТЗ дозволяє застосовувати одночасно маневрування та гальмування за рахунок впровадження ABS, які, як правило, є частиною більш складної електронної системи гальмування, що також може містити: EBD, ESP, BA тощо. В роботі запропоновані математичні моделі оцінювання параметрів маневрування автомобіля придатні до застосування у діючій методиці при необхідності аналізу маневрування з гальмуванням сучасних ТЗ обладнаних ABS та BA.

Запропонована модель оцінювання надійності і безпеки функціонування транспортного засобу в системі ВАДС дозволяє врахувати взаємний вплив факторів, які визначають надійність системи людина-машина, та на основі їх ранжування розробити заходи з підвищення безпеки руху. Можливими

сферами застосування методу є людино-машинні системи з безперервним характером діяльності людини (до них відноситься система ВАДС), в яких відсутні чіткі межі між виконуваними операціями, що ускладнює збір статистики за імовірностями їх правильного виконання.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 4 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ РУХУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

4.1 Програма експериментальних досліджень та реєстраційно-вимірвальна апаратура

В процесі проведення слідчого експерименту під час дослідження обставин ДТГП мають місце труднощі з об'єктивним визначенням відстані видимості дороги та об'єктів дорожньої обстановки в темну пору доби, оцінюванням зчипних якостей дорожніх покриттів та автомобільних шин, параметрів ефективності гальмування та маневрування з гальмуванням ТЗ, обладнаних сучасними мехатронними гальмівними системами. Ці обставини стали передумовою формування програми-методики експериментальних досліджень, виконаних в рамках даної магістерської роботи.

Мета експерименту полягає в отриманні статистичного матеріалу, необхідного для перевірки адекватності запропонованих математичних моделей та підтвердження висунутих теоретичних положень.

В рамках проведення експериментальних досліджень виконувались такі основні завдання:

- перевірка висунутих у роботі наукових гіпотез;
- перевірка адекватності (налаштування) запропонованих математичних моделей на основі отриманих нових статистичних даних;
- проведення випробувань з метою оцінювання відстані видимості дороги та об'єктів дорожньої обстановки в темну пору доби;
- проведення випробувань з метою оцінювання взаємодії автомобільних шин з дорогою при екстремому гальмуванні ТЗ;
- проведення випробувань з метою оцінювання траєкторії руху ТЗ при екстремому гальмуванні;
- проведення випробувань з метою оцінювання параметрів маневрування з гальмуванням ТЗ, обладнаних сучасними мехатронними гальмівними системами.

Усі експериментальні дослідження проводились у такій послідовності:

- обґрунтування переліку вимірюваних показників;
- вибір обладнання та вимірювальної апаратури;
- вибір режимів випробувань в дорожніх умовах;
- вимірювання обраних показників.

Таблиця 4.1

Досліджувані показники та засоби їх вимірювання

Вид випробування 1	Показники, що підлягають фіксації 2	Вимірювальна апаратура та доп.міжні засоби 3
Оцінювання відстані видимості дороги та об'єкт в дорожній обстановці в темну пору доби	<p>Основні:</p> <p>дальність світла фари, контраст об'єкта розрізнення з фоном, розташування перешкоди (об'єкта) в поперечному профілі дороги, режим роботи фари (ближнє, дальнє світло), відстань видимості об'єктів.</p> <p>Додаткові:</p> <p>критична освітленість об'єкта, відстань між зустрічними автомобілями при оцінюванні впливу сліпучої дії фар</p>	<p>Спостерігачі з гостротою зору 0.9-1.0, люксметр Voltcraft MS-1300, люксметр ЮН16, лазерний дальномір SNDWAY SW-T100, 20-ти метрова рулетка, жилет зі світловідбивальними елементами, світловідбивач, ліхтар, пронумеровані фішки, крейда для розмітки проїзної частини.</p>
Інерційне оцінювання взаємодії автомобільних шин з дорогою при екстремому гальмуванні ТЗ	<p>Тип і стан дорожнього покриття, тип і стан шин, навантаження на колесо, початкова швидкість гальмування ТЗ, конструкція гальмівної системи ТЗ (наявність ABS, BA), усталене сповільнення ТЗ</p>	<p>Деселерометри MANA VZM 100, MANA VZM 300</p>

Оцінювання траєкторії руху ТЗ при екстремому гальмуванні	Початкова швидкість гальмування ТЗ, сповільнення ТЗ, початковий напрямок руху, час гальмування, переміщення в поздовжній та поперечній площині, курсовий кут	Деселерометри МАНА VZM 100, МАНА VZM 300, лазерний дальномір SNDWAY SW-T100
Оцінювання параметрів маневрування з гальмуванням ТЗ, обладнаних сучасними мехатронними гальмівними системами	Прискорення в поздовжній, поперечній та вертикальній площині, початкова швидкість маневрування поздовжні та поперечні переміщення необхідні для виконання маневру	Вимірювально-реєстраційний комплекс для вивчення мобільних машин та їх елементів «ВДЕММ 4-001», лазерний дальномір SNDWAY SW-T100

Технічні параметри вимірювальної апаратури, що використовувалась під час експериментальних досліджень наведені в табл. 4.2-4.5.

Таблиця 4.2


Технічна характеристика люксметрів

Прилад/Параметр	Votcraft MS-1300	Ю116
Загальний вигляд		
Країна виробник	Німеччина	СРСР
Діапазон вимірювань	від 0.01 до 50000 лк	від 0.1 до 100000 лк

Похибка вимірювань	$\pm 5\% + 10$ одиниць в діапазоні (< 10.000 лк) $\pm 10\% + 10$ одиниць в діапазоні (> 10.000 лк)	$\pm 10\%$, (з додатковими насадками $\pm 5\%$)
Робоча температура	від 0 до $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$	від -10 до $+35\text{ }^{\circ}\text{C}$
Вага	160 г	850 г
Габарити приладу	188 x 64,5 x 24,5 мм	210 x 125 x 85 мм
Габарити фотосенсора	115 x 60 x 27 мм	185 x 105 x 55 мм
Живлення	Батарея 12В	-

Таблиця 4.3

Технічна характеристика дальноміра

Прилад/Параметр	SNDWAY SW-T100	
	1	2
Загальний вигляд		
Країна виробник	Китай	
Тип лазера	Клас II 635 нм, < 1 мВт	
Діапазон вимірювань	від 0.05 до 100 м	
Похибка вимірювань	± 2 мм	
Додаткові функції	Обчислення площі, обчислення об'єму	
Робоча температура	від 0 до $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$	
Захист	IP54 (від дощу, пилу та падінь)	
Вага	250 г	
Габарити приладу	112 x 50 x 25 мм	
Живлення	3 x 1.5V AAA	

4.2. Визначення відстані видимості дорожніх об'єктів в темну пору доби

доби

Основними задачами даного експериментального дослідження є:

- вимірювання відстані видимості дороги та об'єктів дорожньої обстановки в темну пору доби за умов відсутності світла фар зустрічного автомобіля;

- вимірювання відстані видимості дороги та об'єктів дорожньої обстановки в темну пору доби при дії світла фар зустрічного транспортного засобу;

Експериментальні дослідження здійснювалися з 2003 року, зокрема з виїздом на місце ДТП або в дорожніх умовах, наближених до ДТП. При цьому, врахуванню підлягали усі фактори, що можуть вплинути на видимість дороги та об'єктів на ній: погодні умови (дощ, туман, сніг); дорожні умови (тип і стан покриття, його колір, ухили дорожнього полотна, наявність розмітки, інших засобів організації дорожнього руху); транспортні умови (склад потоку, наявність та розташування можливих перешкод, присутня кольорова гама), освітленість дороги та об'єктів дорожньої обстановки (штучне і природне освітлення, наявність дії фар інших ТЗ).



Рис. 4.1 Допоміжні засоби при проведенні експериментальних досліджень

Оцінювання видимості виконувалось у прямому та зворотному напрямках дороги трьома спостерігачами окремо, на основі чого визначались усереднені дані.



Рис. 4.2 Одні з багатьох ТЗ, що були задіяні у випробуваннях ефективності гальмівних систем

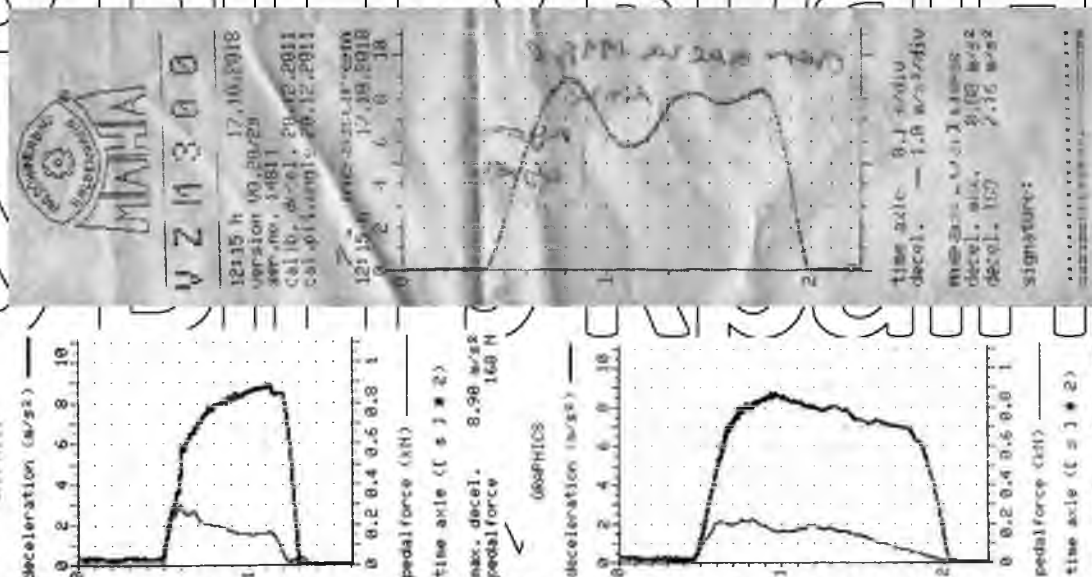


Рис. 4.3 Приклади протоколів вимірювання динаміки гальмування ТЗ

Отримані результати вимірювання сповільнення ТЗ при екстремому гальмуванні разом з експериментальними даними Вінницького та Житомирського ІДЕ КЦ за період з 1.09.2016 по 5.05.2019 було об'єднано в одну базу, яка має характеристики подані в таблиці 4.7.

Таблиця 4.7

Кількість виконаних дослідів (досліджуваних ТЗ)

Категорія ТЗ Дорожнє покриття	M 1	M 3	N 1	N 2	N 3	N 3 та O
Сухий асфальтобетон	648(182)	48(8)	86(12)	64(11)	52(9)	38(6)
Мокрий асфальтобетон (плівка 0,2мм)	184(52)	34(11)	72(23)	46(14)	8(2)	-
Укочений сніг	96(28)	-	28(7)	10(4)	-	-
Ожеледиця	52(15)	-	16(4)	8(2)	-	-

Результати узагальнення виконаних досліджень для сухого асфальтобетонного покриття подано на рисунку 4.14. Аналіз результатів

виконувався засобами MS Excel. Подані показники отримані для 95% рівня довіри. Обробка результатів досліджень показала, що процес гальмування ТЗ є стохастичним і дуже добре описується нормальним законом. Отримані експериментальні дані добре корелюють з іншими результатами досліджень ефективності гальмування ТЗ.

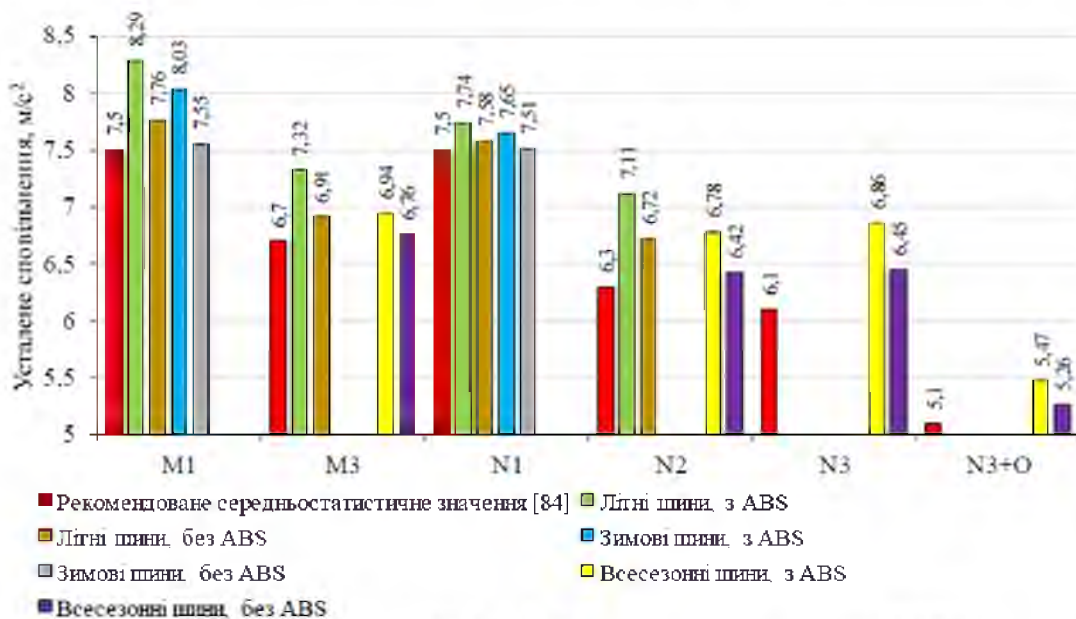


Рис. 4.4 Усереднені показники усталеного сповільнення на сухому асфальтобетоні

Висновки до розділу 4

1. Виконані експериментальні дослідження з оцінювання видимості дороги та об'єктів дорожньої обстановки в темну пору доби показали, що:

- при дії світла фар зустрічного транспортного засобу на відрізу дороги 0,2 км водії дещо втрачають видимість, при $S_a = 110$ м відстань видимості скорочується на 15 %, а при відстані $S_a = 70$ м зменшується на 23 %, подальше зближення автомобілів майже не позначається на зміні видимості;

- освітленість, необхідна для розрізнення об'єкта в певній дорожньо-транспортній ситуації, зростає зі збільшенням відстані до нього та є змінною величиною;

- для ближнього світла фар освітленість дороги у світлі фар ТЗ найбільш бурхливо зростає при скороченні відстані до ТЗ з 40 до 10 м, освітленість дороги при роботі дальнього світла фар змінюється аналогічно на відстанях від 70 до 10 м;

Проведено дослідження ефективності гальмування ТЗ категорій ТС (М1, М2, М3, N1, N2, N3) з різним ступенем завантаження з метою отримання розширених значень ефективності гальмування. Поставлені завдання третього розділу досягнуто. Виконано порівняння отриманих експериментально значень параметрів та факторів із нормативними даними.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Вирішити проблеми безпеки дорожнього руху можна лише системно, з урахуванням взаємодії всіх підсистем системи ВАДС. Актуальність у вивченні технічного стану автомобіля та дорожнього середовища обумовлена багатьма факторами, але статистичні дані, що ростуть, вимагають рішучих заходів у сфері реконструкції, аналізу та експертизи ДТП. У роботі виявлено факторний простір та виконано оцінку його впливу на механізм ДТП. Розглянуті показники аварійності, фактори та причини, що впливають на ДТП, існуючі методи та розрахункові методики, дозволили зробити висновок, що процедура реконструкції ДТП з урахуванням параметрів технічного стану ТЗ та дороги має низку недоліків.

У роботі досягнуто наступних результатів:
 виконано аналіз проблеми аварійності на автомобільному транспорті з метою визначення статистики ДТП, які враховують технічний стан транспортного засобу та дорожнього середовища.
 здійснено оцінку впливу на ефективність процесу гальмування ТЗ при виробництві автотехнічної експертизи безпечного технічного стану автомобіля та дорожнього середовища.

обліжено матеріали за вихідними даними, що використовуються у діючій практиці призначення автотехнічної експертизи з метою виявлення недоліків науково-методичного забезпечення виробництва експертного дослідження

обґрунтовано розрахункові методи для автотехнічної експертизи, що визначають уповільнення ТЗ з урахуванням технічного стану автомобіля та дорожнього середовища з метою підвищення точності розрахунків.

розроблено методику обліку при автотехнічній експертизі технічного стану ТЗ з використанням коефіцієнта ефективного гальмування ТЗ та дорожнього середовища - коефіцієнтів стану дорожнього покриття, шорсткості, гідравлічної шорсткості, колійності.

експериментально оцінено величину відхилення фактичних значень параметрів дороги від нормативних з метою підтвердження зниження якості та безпечного

стану дорожнього покриття, що впливають на результати розрахунків експертного дослідження.

астосовано розроблену методику автотехнічної експертизи при реконструкції ДТП з урахуванням технічного стану ТЗ та дороги для ДТП з метою оцінки точності розрахунків розробленого науково-методичного забезпечення та об'єктивності висновків експертного дослідження.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Road traffic injuries. World Health Organization Веб-сайт. URL: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs358/en/> (дата звернення 01.10.2018).
2. Статистика. Патрульна поліція України. Веб-сайт. URL: <http://patrol.police.gov.ua/statystyka/> (дата звернення 15.01.2020).
3. В Україні найвища смертність від ДТП в Європі (ІНФОГРАФІКА). ТЕКСТИ.org.ua. Веб-сайт. URL: http://texty.org.ua/pg/news/textynewseditor/read/87057/V_Ukrajini_najvyshha_smernist_vid_DTP (дата звернення 01.10.2018).
4. Правила дорожнього руху України. Київ: Укрспецвидав, 2020. 64 с.
5. Статистичні дані по галузі автомобільного транспорту. Міністерство інфраструктури України. Веб-сайт. URL: <https://mtu.gov.ua/content/statistichni-dani-po-galuzi-avtomobilnogo-transportu.html> (дата звернення 05.10.2018).
6. Який середній вік автопарку буде в Україні через 5 і 10 років? AUTO.RIA.com™. Веб-сайт. URL: <https://auto.ria.com/news/autolaw/232129/kakoj-srednij-voznrast-avtoparka-budet-v-ukraine-cherez-5-i-10-let.html> (дата звернення 05.10.2018).
7. Інструкція про призначення та проведення судових експертиз та експертних досліджень. Наказ Міністерства юстиції України 08.10.98 № 53/5 (у редакції наказу Міністерства юстиції України від 26.12.2012 № 1950/5 зі змінами № 1350/5 від 27.07.2015, № 1420/5 від 26.04.2017).
8. Науково-методичні рекомендації з питань підготовки та призначення судових експертиз та експертних досліджень (у редакції наказу Міністерства юстиції України від 26.12.2012 № 1950/5 зі змінами № 1350/5 від 27.07.2015).
9. Три тисячі смертей щорічно: чи покращиться дорожня безпека в Україні? AUTO.RIA.com™. Веб-сайт. URL: <https://auto.ria.com/news/autolaw/256184/tri-tysyachi-smertej-ezhegodno-uluchshitsya-li-dorozhnaya-bezopasnost.html> (дата звернення 08.10.2018).
10. Опубликовано статистика ДТП в Украине в 2018 году // Первый

автоклуб «Автоуа». Веб-сайт. URL: <http://autonews.autoua.net/novosti/20627-opublikovana-statistika-dtp-v-ukraine-v-2018-gody.html#!> (дата звернення 08.05.2019).

11. Не за склом: стан справ з ДТП в Україні за 2017 рік.

AUTO.RIA.com™: Веб-сайт. URL: <https://auto.ria.com/uk/news/autolaw/236137/ne-za-steklom-kak-obstoyalj-dela-s-dtp-v-ukraine-v-2017-godu.html> (дата звернення 03.10.2018).

12. Про схвалення Стратегії підвищення рівня безпеки дорожнього руху в Україні на період до 2020 року. Законодавство України. Веб-сайт. URL:

<http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/481-2017-%D1%80> (дата звернення 05.10.2018).

13. Рейтинг країн за рівнем смертності у ДТП: Україна в десятці (інфографіка). Інформаційне агентство УНІАН. Веб-сайт. URL:

<https://www.unian.ua/society/2088789-reyting-krajin-za-rivnem-smertnosti-u-dtp-ukrajina-v-desyatci-infografika.html> (дата звернення 01.10.2018).

14. Кашканов А. А. Технології підвищення ефективності автотехнічної експертизи дорожньо-транспортних пригод: монографія. Вінниця: ВНТУ, 2018. 160 с.

15. Кужель В. П., Кашканов А. А., Кашканов В. А. Методика зменшення невизначеності в задачах автотехнічної експертизи ДТП при ідентифікації дальності видимості дорожніх об'єктів в темну пору доби: монографія. Вінниця: ВНТУ, 2010. 200 с.

16. Кашканов В. А., Ребедайло В. М., Кашканов А. А., Кужель В. П. Інтелектуальна технологія ідентифікації коефіцієнта зчеплення при автотехнічній експертизі ДТП: монографія. Вінниця: ВНТУ, 2011. 128 с.

17. Кашканов А. А., Ребедайло В. М. Вплив фактора видимості на вибір безпечної швидкості руху автомобіля вночі. Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету. 2002. №17. С. 62-66.

18. Кашканов А. А., Кужель В. П. Принципи та моделі оцінки ефективності автомобільних фар. Вимірювальна та обчислювальна техніка в

технологічних процессах. 2002. № 2. С. 139-143.

19. Кашканов А. А., Крешенецький В. Л., Біліченко В. В. Конструкція і стан автотранспортних засобів в проблемі забезпечення безпеки дорожнього руху. Системні методи керування, технології організації виробництва, ремонту і експлуатації автомобілів. 2003. Вип. 17. С. 62-65.

20. Кашканов А. А. Застосування нечіткої логіки в автомобільній автоматичній. Автомобільний транспорт. 2003. № 13. С. 58-61.

21. Кашканов А. А., Кужель В. П. Вплив засліпленості водія на вибір безпечних режимів руху. Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2003.

№ 5. С. 63-66.

23. Кашканов А. А., Кужель В. П. Аналіз методів і засобів діагностування автомобільних фар. Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. 2004. №7(77). Ч.1. С. 25-29

24. Rotshtein A., Katielnikov D. & Kashkanov A. A fuzzy cognitive approach to ranking of factors affecting the reliability of man-machine systems. Cybernetics and Systems Analysis. Vol. 55, No. 6, November, 2019. P. 958-966. DOI: 10.1007/s10559-019-00206-8.

25. Kashkanov A. A., Rotshtein A. P., Kucheruk V. Yu., Kashkanov V. A. Tyre-Road friction Coefficient: Estimation Adaptive System. Bulletin of the Karaganda University. «Physics» series. 2020. № 2(98). P. 50-59. DOI: 10.31489/2020Ph2/50-59. (Web of Science Core Collection)

1. Struble D. Automotive accident reconstruction: practices and principles.

Boca Raton: CRC Press, 2013. 498 p.

26. Best Practice Manual for Road Accident Reconstruction, ENFSI-BPM-RAA-01. Version 01 - November 2015. European Network of Forensic Science Institutes. 21 p.

27. Закон України «Про судову експертизу». Документ № 4038-XII.

Поточна редакція від 07.11.2015, офіційний веб-сайт Верховної Ради України URL: <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/4038-12> (дата звернення 16.12.2015).

28. Jazar R. N. Vehicle Dynamics: Theory and Application. NY: Springer,

2018. 1015 p.

29. Genta G., Morello L. Automotive chassis. Volume 1: Components design. Springer, 2019. 621 p.

30. Genta G., Morello L. Automotive chassis. Volume 2. System design. Springer, 2019. 825 p.

31. Franck H., Franck D. Mathematical methods for accident reconstruction: a forensic engineering perspective. Boca Raton: CRC Press, 2009. 328 p.

32. Steffan H. Accident reconstruction methods. Vehicle System Dynamics, 2019, Volume 47, Issue 8: P. 1049-1073. DOI: 10.1080/00423110903100440.

33. Про затвердження переліків рекомендованої науково-технічної та довідкової літератури, що використовується під час проведення судових експертиз. Наказ Міністерства юстиції України від 30 липня 2010 року № 1722/5. К., 2017. 94 с.

34. Rotshtein A., Rebedailo V., Kashkanov A. Fuzzy Logic-based Identification of Car Wheels Adhesion Factor with a Road Surface. Fuzzy Systems & A.I. Reports and Letters. 2017. 6(1-3), P. 53-64.

35. Rotshtein A., Kashkanov A. Fuzzy Expert System for Identification of Car Wheels Adhesion Factor with a Road Surface. Proceeding of the 6-th European Congress on Intelligent Techniques and Soft Computing, Aachen, Germany, 2018. p. 1735 - 1740.

36. Можливості використання спеціальних знань при розслідуванні дорожньо-транспортних пригод / Авт.-уклад. С. О. Шевцов. К.: СПД-ФФ Чальцев О. В., 2015. 308 с.

37. Методи оцінки кінематичних і динамічних параметрів транспортних засобів під час зіткнення з урахуванням їх деформування і руйнування. Київський науково-дослідний інститут судових експертиз (КНДІСЕ), К.: КНДІСЕ, 2015. 64 с.

38. Рекомендації щодо використання в практичній діяльності та

комплектування пересувної автотехнічної лабораторії (позитивний досвід роботи відділення автотехнічних експертиз та оцінювальної діяльності НДЕКІД при УМВС України в Харківській області з організації огляду місць дорожньо-транспортних пригод). Київ: Державний науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України, 2016. 32 с.

39. Дячук В. І. Оцінка слідчим висновку експерта-автотехніка як джерела доказів. *Право і Безпека*. 2014. № 1. С. 168-173.

40. Галак І. І. Особливості призначення та проведення технічної експертизи та її роль при розслідуванні ДТП. *Вісник Національного транспортного університету*. 2016. Вип. 26. С. 84-88.

41. Трофименко Н. С. Питання призначення та проведення деяких видів судових експертиз (за матеріалами узагальнення експертної практики). *Вісник Академії митної служби України. Серія: «Право»*. 2018. № 1 (10). С. 107-112.

42. Туренко А. М., Сараєв О. В. Оцінка ефективності гальмування транспортних засобів при дослідженні дорожньо-транспортної пригоди. монографія. Х.: ХНАДУ, 2015. 350 с.

43. Сараєв О. В. Метод оцінки ефективності гальмування транспортних засобів при дослідженні дорожньо-транспортної пригоди: дис. ... докт. тех. наук. Харків: ХНАДУ, 2016. 418 с.

44. Данець С. В. Оцінка параметрів руху транспортних засобів при реконструкції дорожньо-транспортних пригод: дис. ... канд. тех. наук. Харків: ХНАДУ, 2018. 321 с.

45. CRASH-3 Technical manual. U.S. Department of Transportation National Highway Traffic Safety Administration. National Center for Statistics and Analysis Accident Investigation Division. 2016.

46. Cliff W. E., Moser A. Reconstruction of Twenty Staged Collisions with PC-Crash's Optimizer. SAE Paper №2001-01-05-07.

47. Сараєв О. В. Новітні технології дослідження обставин дорожньо-транспортної пригоди. *Вісник Національного транспортного університету*.

2013. Вип. 28. С. 405-414.

48. Косяков В. В., Кучерявенко О. Б. Використання комп'ютерної програми CARAT-3 при проведенні автотехнічних експертиз : метод. рек. К.: ДНДЕКЦ МВС України, 2016. 40 с.

49. The Cad Zone. Веб-сайт. URL: <http://www.cadzone.com> (дата звернення 26.09.2019).

50. Васілевський О. М., Кучерук В. Ю., Володарський С. Т. Основи теорії невизначеності вимірювань : підручник. Вінниця : ВНТУ, 2015. 230 с.

51. Безпека дорожнього руху та деякі правові аспекти: навч. пос. МОН України / Кишун В. А., Кузнецов Р. М., Мурований І. С., Лаба О. В. Луцьк: РВВ ЛНТУ, 2021. 226 с.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України