

АВТОМОБІЛЬНИЙ ТРАНСПОРТ

УДК 656.1

DOI <https://doi.org/10.32782/2521-6643-2025-1-69.25>

Бех П. В., кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри транспортного сервісу та логістики
Українського державного університету науки і технологій
ORCID: 0000-0002-1782-9224

Кузьменко А. І., кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри транспортних технологій та міжнародної логістики
Університету митної справи та фінансів
ORCID: 0000-0001-7278-3647

Рубан О. А., кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри транспортних технологій та міжнародної логістики
Університету митної справи та фінансів
ORCID: 0009-0004-2104-6777

Лашков О. В., старший викладач кафедри транспортного сервісу та логістики
Українського державного університету науки і технологій
ORCID: 0000-0001-7380-987X

РОЗРАХУНОК РЕЖИМІВ УПРАВЛІННЯ АВТОМОБІЛЯМИ ДЛЯ ЗМЕНШЕННЯ ЧИСЛА ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНИХ ПРИГОД

Дослідження факторів, що сприяють виникненню дорожньо-транспортних пригод, показало, що покращення активної безпеки автомобіля та модернізація дорожньої інфраструктури, спрямована на збільшення швидкості та пропускної спроможності, не забезпечує підвищення загальної безпеки системи «водій–автомобіль–дорога». Такі заходи можуть призводити до того, що водій виходить за межі безпечного керування транспортним засобом. Визначено кількісні показники якості керування, що відображають рівень безпеки дорожнього руху. Також представлені значення параметрів керування автомобілем, що відповідають різним типам дорожніх ділянок. Ці показники можуть бути використані водіями як інформаційна підтримка, як елемент взаємодії в системі «водій–автомобіль», а також для моніторингу безпеки дорожнього руху уповноваженими організаціями.

Під час аналізу умов виникнення дорожньо-транспортних пригод було встановлено, що заходи з підвищення активної безпеки системи «водій–транспортний засіб» та дорожньої інфраструктури, спрямовані на збільшення швидкості руху та пропускної здатності, не забезпечують зростання загальної активної безпеки системи відеоспостереження. Такі дії можуть дозволити водієві вийти за межі безпечного контролю над автомобілем. У зв'язку з цим було визначено і запропоновано використовувати як зворотний зв'язок, показники безпеки руху, що дають змогу вносити корективи в дії водія для запобігання дорожньо-транспортним пригодам. Ці показники застосовуються не лише самим водієм, але й слугують основою для встановлення безпечних діапазонів значень, перевищення яких під час руху може стати підставою для адміністративного втручання з боку служб нагляду.

Існує припущення, що поліпшення дорожніх умов, підвищення швидкісних і гальмівних характеристик, стійкості автомобіля, його керованості та функцій активної безпеки сприяє підвищенню загальної безпеки руху. Однак ці твердження суперечать статистичним даним по дорожньо-транспортним пригодам.

Ключові слова: дорожньо-транспортна пригода, транспортний потік, дорожні умови, активна безпека, безпечний режим руху.

Bekh P. V., Kuzmenko A. I., Ruban O. A., Lashkov A. V. Calculation of vehicle driving modes to reduce the number of road accidents

A study of factors contributing to road accidents has shown that improving active vehicle safety and modernizing road infrastructure aimed at increasing speed and capacity does not ensure an increase in the overall safety of the driver-vehicle-road

system. Such measures may lead to the driver going beyond the limits of safe vehicle control. Quantitative indicators of driving quality have been determined, reflecting the level of road safety. The values of driving parameters corresponding to different types of road sections are also presented. These indicators can be used by drivers as information support, as an element of interaction in the driver-vehicle system, and for monitoring road safety by authorized organizations.

During the analysis of the conditions of road accidents, it was found that measures to increase the active safety of the driver-vehicle system and road infrastructure, aimed at increasing the speed of movement and throughput, do not ensure an increase in the overall active safety of the video surveillance system. Such actions may allow the driver to go beyond the limits of safe control over the car. In this regard, it was determined and proposed to use as feedback, traffic safety indicators that allow making adjustments to the driver's actions to prevent road accidents. These indicators are used not only by the driver himself, but also serve as the basis for establishing safe ranges of values, exceeding which while driving may be the basis for administrative intervention by the supervisory services.

There is an assumption that improving road conditions, speed and braking characteristics, vehicle stability, handling and active safety features contribute to overall traffic safety. However, these claims are contradicted by traffic accident statistics.

The average pre-accident behavior of bus, truck, and car drivers has a ratio of 1:0.7:0.5. Analyzing the distance to an accident in the driver-passenger systems, it was found that for drivers with high dynamic characteristics, this distance is 3.3 times smaller than for drivers with low dynamic characteristics.

Key words: road accident, traffic flow, road conditions, active safety, safe driving mode.

Постановка проблеми. Професія водія є однією з найбільш відповідальних та напружених. Вона вимагає значного нервово-емоційного навантаження та постійної зосередженості. Основною метою організації робочого процесу водія є забезпечення умов, які сприятимуть ефективній роботі та збереженню його здоров'я протягом усієї зміни.

Водій повинен постійно отримувати та обробляти значну кількість інформації щодо дорожньої ситуації, стану дороги, навколишнього середовища, засобів регулювання, а також роботи систем і механізмів автомобіля. Окрім цього, він має аналізувати отримані дані та приймати швидкі рішення. Оскільки дорожня ситуація постійно змінюється, ризик помилкових дій залишається високим.

Причини неправильних дій водія можуть бути наступними:

- недостатній час для сприйняття, обробки інформації, ухвалення рішення та виконання необхідної дії;
- сприйняття неправдивої інформації (наприклад, водій помилково приймає червоний сигнал світлофора за зелений);
- хибна інтерпретація коректних даних (наприклад, водій припускає, що жовтий сигнал світлофора зміниться на зелений, але вмикається червоний);
- помилкове рішення (наприклад, замість маневру в небезпечній ситуації водій вирішує гальмувати);
- неправильне управління автомобілем (наприклад, замість натискання на гальмо під час екстреного гальмування водій натискає на педаль газу).

Психічний стан водія безпосередньо впливає на ймовірність виникнення ДТП. Оптимальний психо-емоційний стан дозволяє швидко та точно проходити всі етапи – від сприйняття інформації до виконання дій. Відхилення від цього стану, такі як надмірне збудження або депресія, ускладнюють процес обробки інформації та підвищують ризик помилок. Саме тому психологічні характеристики водія відіграють ключову роль у забезпеченні безаварійного керування.

Детальний аналіз усіх типів ДТП неможливий без визначення факторів, які їх спричиняють. У багатьох країнах громадська думка та офіційна статистика здебільшого пов'язують аварії з помилками водіїв. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, 9 з 10 дорожніх пригод трапляються через дії водіїв, а решта також певною мірою залежить від їхніх рішень. У певній мірі цьому також сприяє стан дорожньої інфраструктури.

Під час розслідування ДТП може виникати враження, що технічна несправність не стала причиною аварії, а основну роль зіграло порушення правил дорожнього руху. Наприклад, наїзд на пішохода зазвичай пояснюють перевищенням швидкості або запізнитим гальмуванням. Однак, якби тиск у пневматичній системі гальм був вищим, а їх налаштування точнішим, трагедії могло б не статися. Такий глибший аналіз причин ДТП дозволяє дійти висновку, що роль технічних несправностей у виникненні аварій є суттєвішою, ніж це часто вважається.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У [1] розглянуто понятійний апарат організації дорожнього руху, транспортне планування міст, технічних засобів організації дорожнього руху, екології й економіки організації дорожнього руху, методи розв'язання транспортних проблем.

Вивченню теоретичних і практичних аспектів організаційно-правового забезпечення безпеки дорожнього руху в Україні присвячена [2]. Спираючись на здобутки вітчизняної юриспруденції, зарубіжний досвід, а також аналіз чинного законодавства, нормотворчої та правозастосовної практики, розроблено концептуальний підхід до вирішення актуальних питань формування та реалізації державної політики у сфері дорожньої безпеки. Обґрунтовано необхідність визнання безпеки дорожнього руху як невід'ємної складової національної безпеки та одного з ключових напрямів державної політики.

В [3] розглянуто понятійний апарат і методологічні основи теорії дослідження операцій, методи рішення оптимізаційних задач за допомогою лінійного, динамічного, нелінійного та цілочисельного програмування, проблеми оптимізації управляючих рішень методом стохастичного програмування, методи імітаційного моделювання.

Дослідження взаємозв'язку між залишковими деформаціями кузова автомобіля та швидкістю руху в момент удару проведено в [4]. Використані чисельні методи рішення обернених задач механіки деформованого твердого тіла: теорія пластичності, теорія пружності, а також методи 3D-моделювання та методи експериментального дослідження деформації макетів і моделей транспортних засобів.

Розгляд теоретичних, законодавчих та практичних проблем адміністративно-правової кваліфікації порушень водіями правил експлуатації автотранспортних засобів наведено в [5]. Аналізується юридичний склад адміністративних проступків, відповідальність за які передбачена КУпАП. Розроблено методичні рекомендації щодо вдосконалення нагляду співробітниками Державної автомобільної інспекції за безпекою дорожнього руху.

З'ясування та узагальнення теоретичних і практичних адміністративно-правових засад оформлення дорожньо-транспортних пригод приведено в [6], вироблення на цій основі пропозицій і рекомендацій щодо вдосконалення законодавства та адміністративної діяльності публічної адміністрації з метою забезпечення прав і законних інтересів постраждалих у ДТП, публічного інтересу держави та суспільства в цілому.

Метою [7] є покращення якості автотехнічної експертизи за рахунок підвищення точності визначення коефіцієнта зчеплення. Досліджено процес екстреного гальмування автомобіля без блокування коліс та зниження похибки визначення коефіцієнта зчеплення при проведенні автотехнічної експертизи.

Рішенням питань визначення швидкості автомобіля перед зіткненням з нерухомою перешкодою при ДТП присвячена [8]. Розроблено методи визначення швидкості автомобіля до удару, які ґрунтуються на дослідженні залишкових деформацій елементів конструкції ушкодженого автомобіля.

Постановка завдання. Метою статті є доповнення заходів з підвищення активної безпеки системи «водій-транспортний засіб» та дорожньої інфраструктури, які спрямовані на збільшення швидкості руху та пропускної здатності, але не забезпечують зростання загальної активної безпеки системи відеоспостереження. Тому пропонується використовувати як зворотний зв'язок, показники безпеки руху, що дають змогу вносити корективи в дії водія для запобігання ДТП. Ці показники застосовуються не лише самим водієм, але й слугують основою для встановлення безпечних діапазонів значень, перевищення яких під час руху може стати підставою для адміністративного втручання з боку служб нагляду.

Виклад основного матеріалу. Існує припущення, що поліпшення дорожніх умов, підвищення швидкісних і гальмівних характеристик, стійкості автомобіля, його керованості та функцій активної безпеки сприяє підвищенню загальної безпеки руху. Однак ці твердження суперечать статистичним даним ДТП. Середні показники передаварійної поведінки водіїв автобуса, вантажівки та легкового автомобіля мають співвідношення 1:0,7:0,5. Аналізуючи дистанцію до аварії в системах «водій-пасажир», встановлено, що для водіїв із високими динамічними характеристиками ця відстань в 3,3 рази менша, ніж для водіїв із низькими динамічними характеристиками [1, 2].

Для розуміння причин впливу режимів руху транспортного засобу на ймовірність ДТП, слід проаналізувати механізм виникнення аварії.

Дорожньо-транспортна пригода трапляється, коли водій не може виконати необхідний маневр для уникнення зіткнення, транспортний засіб з'їжджає з дороги або перевертається під час маневру. Також аварія може статися через неспроможність системи автоматичного гальмування ефективно відреагувати на ситуацію та уникнути зіткнення. Причинами цих ситуацій зазвичай є перевищення безпечних параметрів руху, встановлених водієм, таких як швидкість, дистанція та горизонтальний інтервал. У випадках, коли необхідно знизити швидкість на високих швидкостях, системи активної безпеки автомобіля можуть виходити за межі допустимих значень [3].

Дорожньо-транспортна пригода виникає, коли система автоматичного гальмування не виконує необхідний маневр для уникнення зіткнення або транспортний засіб перевертається під час маневру на дорозі. Такі ситуації трапляються через перевищення безпечних параметрів руху, заданих водієм, зокрема швидкості, дистанції чи горизонтального інтервалу [8]. У випадках, коли потрібне уповільнення на високих швидкостях, система активної безпеки може перевищувати допустимі межі. Наприклад, на великій швидкості може виникати небезпечна ситуація, за якої здатність до уповільнення виходить за граничні значення (рис. 1).

Керованість транспортного засобу дорівнює R до тих пір, поки початкова швидкість гальмування не перевищить безпечне значення V .

Після збільшення V і початку гальмування на швидкості V_i виникає ймовірність ДТП, що дорівнює:

$$P_i = 1 - R_i, \quad (1)$$

де R_i – ситуаційна надійність керування автомобілем.

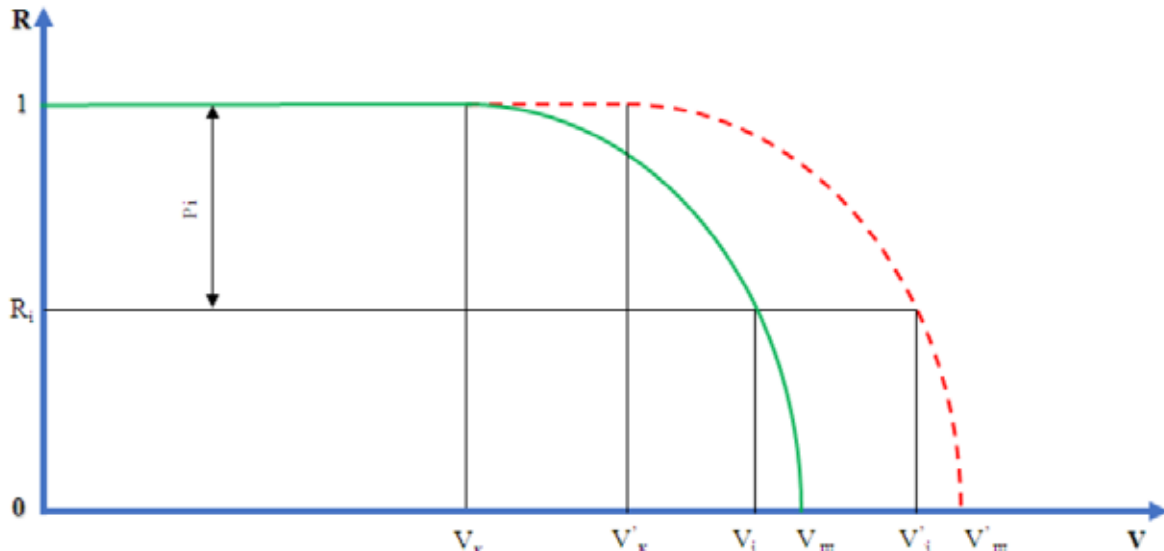


Рис. 1. Залежність швидкості проведення «гальмування» перед небезпечною ділянкою

Примітка: V_k (безпечна швидкість) і V_m (гранична швидкість) після збільшення до V'_k (збільшення безпечної швидкості) і V'_m (збільшення граничної швидкості) відповідно до небезпечного значення

При максимальній швидкості V_m надійність керування автомобілем дорівнює нулю, а ймовірність ДТП дорівнює одиниці. Якщо адгезійні властивості дорожнього покриття та гальмівні властивості автомобіля підвищуються, то водій навчається ефективному методу циклічного гальмування, і крива зниження надійності керування автомобілем зміщується вправо по пунктиру, як показано на рисунку 1.

Збільшення V_k і V_m до V'_k і V'_m відповідно повинно було сприяти підвищенню надійності, але цього не трапляється. Тут із збільшенням V_k і V_m водій збільшує миттєву швидкість V_l [3, с. 447-448]. Це явище можна пояснити за допомогою теорії гомеостазу, тобто, керуючи автомобілем, водій намагається рухатися з максимальною швидкістю через зміну дорожніх умов [4].

«Водій-перевізник» збільшує ситуативну швидкість, не перевищуючи нову безпечну швидкість V . А «водій-порушник» як і раніше виходить за межі безпеки і збільшує швидкість до V'_l , що відповідає рівню ризику P_i . Подібний графік можна побудувати і в разі зменшення гальмівного шляху при незмінній швидкості початку гальмування. Подібні графіки також можна побудувати для таких ситуацій, як об'їзд перешкоди, вхід у поворот і обгін.

З огляду на наведене вище, можна зробити три ключові висновки:

1. Основними умовами безпечного руху є дотримання встановлених обмежень швидкості та підтримання безпечної дистанції між транспортними засобами.
2. Хоча вдосконалення дорожньої інфраструктури та підвищення рівня активної безпеки транспортних засобів покращують технічні можливості, вони водночас створюють передумови для зростання швидкості руху, а не збільшують загальний рівень безпеки на дорогах.
3. Підвищення безпеки дорожнього руху можливе лише за умови зменшення кількості водіїв, які перевищують допустимі межі безпеки. Для цього необхідно вирішити дві важливі задачі. Перш за все, водії мають бути поінформовані про рівень безпеки керування транспортним засобом. Для цього слід забезпечити контроль за показниками безпеки під час руху та передати ці дані відповідним органам, які зможуть вживати заходів у разі порушення безпечних параметрів.

Проведені дослідження дозволили визначити три показники якості керування автомобілем, що характеризують безпеку режиму руху: максимальну швидкість V_{max} , коефіцієнт швидкості k_v та середньоквадратичне відхилення поздовжнього прискорення автомобіля від середнього значення σ_j , так званий шум прискорення [1, 3]. Ці показники фіксуються на всіх етапах руху автомобіля і оновлюється середнє значення кожні 5 км. Потрібно обґрунтувати вибір цих показників.

По-перше, вибір V_{max} як показника максимальної швидкості очевидний і не потребує спеціального обґрунтування. Його значення обмежене правилами дорожнього руху, характеризує діапазон зміни швидкості під час руху. Чим менше k_v , тим більше ситуаційна швидкість автомобіля перевищує середню швидкість транспортного потоку. Згідно з [6], якщо швидкість автомобіля нижча або вища за середню швидкість транспортного потоку і кількість зіткнень відбувається частіше, відстань, пройдена до ДТП, зменшується. Відхилення V_{max} в нижню сторону відповідає значенням k_v , близьким до одиниці. У зв'язку з цим значення k_v необхідно обмежувати не тільки знизу, а й зверху.

Середнє квадратичне відхилення середнього значення поздовжнього прискорення σ_j характеризує швидкість зміни швидкості автомобіля. Підвищення σ_j негативно впливає на безпеку дорожнього руху. Його назвали шумом прискорення, щоб підкреслити його шкідливий вплив на транспортний потік, подібно до шкідливих сигналів у радіоканалах, які називаються шумом [1, 7]. Його величина повинна бути обмежена зверху. Виходячи з використання поняття прискорення, як комплексний показник, що характеризує вплив швидкісних і гальмівних властивостей (динамічності) автомобіля на активну безпеку, прийнято максимальний шум прискорення. Цей показник отримав назву конструктивного шуму прискорення. Значення конструктивного шуму прискорення були розраховані для автомобілів зі статистичними даними про середню виконану роботу до аварії.

За результатами розрахунків побудовано графік залежності середньої роботи перед аварією S_j від величини конструктивного шуму прискорення σ_j (рис. 2).

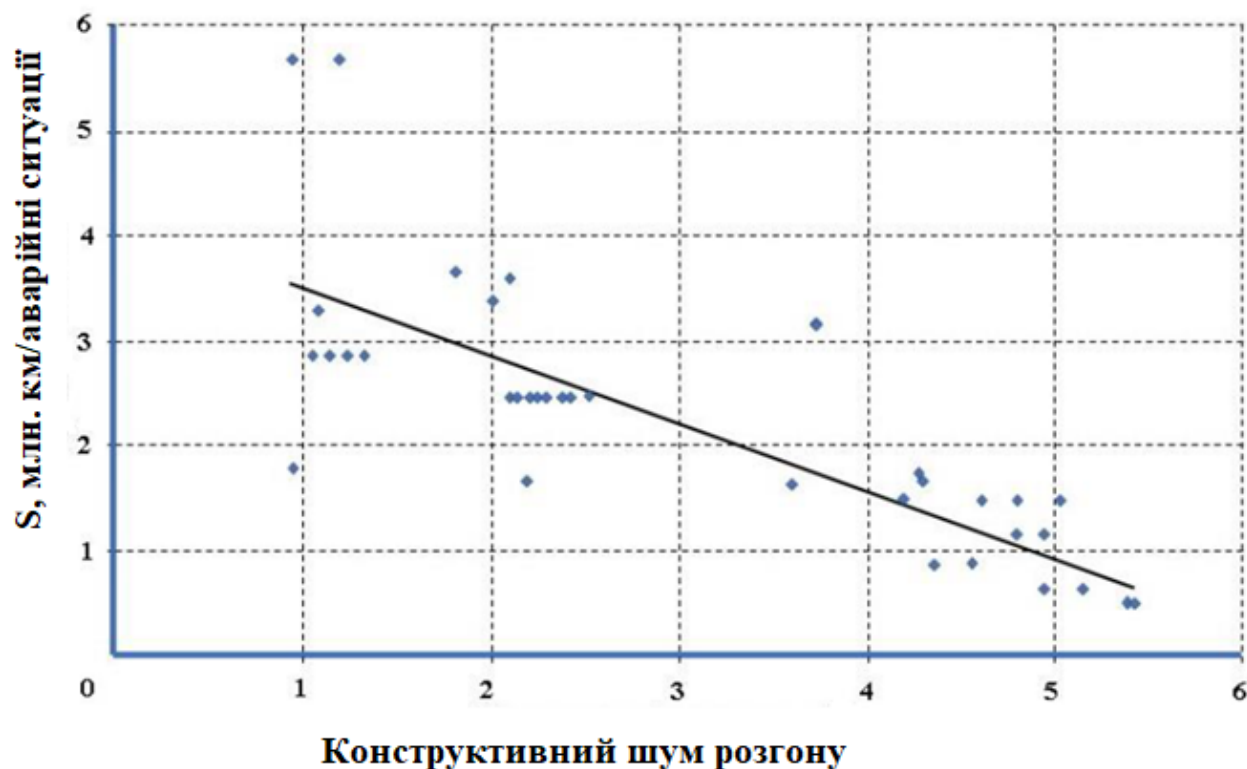


Рис. 2. Залежність передаварійних характеристик автомобіля від величини конструктивного шуму розгону

Як видно на рисунку 2, збільшення конструктивного шуму розгону призводить до зменшення середньої роботи до аварії. Іншими словами, збільшення так званих активних функцій безпеки автомобіля призводить до зниження активної безпеки.

Проведені дослідження дозволили визначити значення показників якості автомобілів, які на перший погляд відповідають різним рівням безпеки руху. Максимальні значення V_{max} становлять +10 км/год до швидкісних обмежень ділянок доріг. За результатами вимірювань були створені гістограми розподілу значень k під час руху по місту та трасі. За нижню межу значень k_v , що відповідають безпечним умовам руху в місті, були прийняті найбільш вірогідні значення k_v 0,45, 0,75 і 0,8 на магістралях і магістральних дорогах відповідно. В якості верхньої межі значення ймовірності k_v перевищували 0,05. Для міста це значення дорівнює 0,75, для шосе – 0,9, а для магістралі – 0,95. Ступінь небезпеки місць ДТП визначається ступенем уповільнення транспортного засобу, який потрапив у нього. Залежно від ступеня уповільнення виділяють такі ступені небезпеки: легкий, середній і критичний. У [1] запропоновано рівняння для визначення середнього значення продуктивності транспортного засобу до аварії з оцінки небезпеки аварії. Шум прискорення можна визначити за формулою:

$$\sigma_j = \frac{j_{max}}{3}, \text{ м/с}^2 \quad (2)$$

Відповідно до нижнього та верхнього значень прискорення визначено порогові значення для застосування відповідних адміністративних заходів у разі, якщо зареєстровані водієм значення під час руху вищі

або нижчі, наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Значення якісних показників керування легковим автомобілем, що відповідають безпечним режимам і режимам руху, які вимагають накладення на водія адміністративного стягнення

Показники	Місто			Шосе			Автомагістраль		
	Безпечно	В межах норми	Небезпечно	Безпечно	В межах норми	Небезпечно	Безпечно	В межах норми	Небезпечно
Максимальна швидкість, V_{max} , км/год	50^{+10}	$50^{+(20...60)}$	$50^{(>60)}$	90^{+10}	$90^{+(20...60)}$	$90^{(>60)}$	110^{+10}	$110^{+(40...60)}$	$110^{(>60)}$
Коефіцієнти швидкості, k_v	0,45...0,75	0,35...0,25	Менше 0,25	0,75...0,9	0,65...0,55	Менше 0,55	0,8...0,95	0,7...0,6	Менше 0,6
Прискорення, σ_j , м/с ²	0,75 та менше	1,0...1,25	Набагато більше 1,25	0,6 та менше	0,75...1,0	Набагато більше 1,0	0,4 та менше	0,5...0,75	Набагато більше 0,75

Щоб знизити ймовірність аварійності та впевнено та безпечно керувати автомобілем, необхідно контролювати максимальну швидкість V_{max} , коефіцієнт швидкості k_v та шум розгону σ_j відповідно до допустимої швидкості в транспортному потоці.

Одним з критеріїв, що впливає на визначення прискорення транспортного засобу у разі аварії, являється просторове розташування та геометрія проїзної частини. В залежності від нерівностей проїзної частини на транспортний засіб діють зусилля, що не розглядаються при проектуванні та виготовленні транспортного засобу. Нерівності проїзної частини можуть бути обумовлені різними причинами від властивостей і особливостей основи та елементів дорожнього одягу. Геометрія проїзної частини є результатом дії достатньої значної кількості факторів. Оцінити вплив кожного з них можливо на основі загальновідомих принципів, які традиційно застосовуються у вирішенні такого роду задач. З урахуванням можливості застосування ІТ-технологій достатньо значні площі дорожнього покриття можуть бути екстрапольовані у просторове геометричне поле, яке є основою для руху транспортних засобів.

Метод кінцевих елементів дозволяє вирішити поставлену задачу. При цьому точність визначення залежить від кількості прийнятих елементів. Найбільший інтерес в цьому сенсі побудова поля проїзної частини в статичному стані, а також зв'язкові зміни геометрії проїзної частини, за якими загалом можливо визначити додаткові зусилля, що виникають під час руху транспортного засобу по проїзній частині, яка має вільну геометрію, що у свою чергу може динамічно змінюватися. Таким чином на основі моделі проїзної частини, що взаємодіє з транспортними засобами, можливо визначити вплив останніх на характеристики комфортності перевезення пасажирів та надійності доставки вантажів.

Геометрія проїзної частини впливає в кінцевому розрахунку на основні логістичні показники транспортних засобів. Одним з таких показників є швидкість транспортних засобів при перевезеннях. В кінцевому розрахунку швидкість транспортних засобів в логістичній системі визначає вартість доставки вантажів, як один із основних критеріїв. Тому поставлена задача визначення безпечних швидкостей руху доставки, є основною і актуальною. Цей критерій залежить від значної кількості факторів, у тому числі локальних нерівностей проїзної частини. Розглядаючи модель взаємодії рухомого складу з проїзною частиною можливо визначити додаткові зусилля, що виникають в результаті руху транспортних засобів по нерівній поверхні. Задача їх визначення зводиться до встановлення функціональної залежності зміни відповідної координати з часом. У подальшому це дає можливість отримання функціональних величин прискорення, які вже безпосередньо можливо використовувати при розрахунках, і визначенні безпечних швидкостей по критерію геометрії дорожнього одягу. Загально відомий принцип Д'аламбер дає можливість розглядання системи динамічної задачі взаємодії «транспортний засіб – дорожнє покриття» через вирішення у статистиці.

Математичну моделі поверхні проїзної частини [9] пропонується представити у наступному вигляді.

Нехай D – деяка область в площині xOy , яка деформується в наслідок ослаблення основи, обмежена замкнутою кусково-гладкою кривою L . Контур L пересікається з будь-якою прямою, паралельною до однієї з осей координат, кінцевому числі точок або кінцевим числом цілих відрізків. Нехай область D визначена у загальному випадку хаотична сітка характерних точок рельєфу та конструкцій (реперів) $D_h = \{(x_i, y_i), i = 1, N\}$ та нехай у вузлах сітки реперів (x_i, y_i) задані значення деякої функції $f_i = f(x_i, y_i)$, отриманої за результатами вимірювання геодезичними службами. Необхідно відновити непереривну всюди $D + L$ функцію, яка приймає завдання значення в вузлах сітки: $u(x_i, y_i) = f_i, i = 1, N$. Ця задача має більше

ніж одне рішення. Розглянемо одну з можливих її рішень у вигляді безперервної кусково-лінійної функції $g(x, y)$ (лінійного сплайну), для якого виконується умови

$$g(x_i, y_i) = f_i, \quad i = \overline{1, N} \quad (3)$$

Щоб побудувати сплайн, розділимо область D на кінцеві елементи, які обираємо у вигляді трикутника з вершинами у вузлах сітки D_k .

Зауважимо, що в n – вимірних ($n > 1$) просторах немає визначеного відношення між загальним числом елементів розбиття та загальним числом вузлів сітки D_h , як це має місце у одновимірному випадку. Тому розбиття на трикутні елементи неоднозначні. Нижче будемо говорити про лінійні, квадратичні та кубічні сплайни у зв'язку з прийнятим розбиттям області D_Δ .

Розглянемо трикутний елемент d_k . Номера вузлів i, j та m вказані у послідовності, відповідний руху проти годинникової стрілки [9]. Відновлена функція $u(x, y)$ обирається лінійною $g(x, y)$ на цьому елементі.

$$g(x, y) = g^k(x, y) = a_1^k + a_2^k x + a_3^k y, \quad (x, y) \in d_k, \quad (4)$$

де a_1^k, a_2^k і a_3^k – постійні, що у загальному випадку відрізняються для різних елементів.

Вони визначаються умовами (3) та ведуть до системи рівнянь

$$\begin{cases} a_1 + a_2 x_i + a_3 y_i = f_i, \\ a_1 + a_2 x_j + a_3 y_j = f_j, \\ a_1 + a_2 x_m + a_3 y_m = f_m, \end{cases} \quad (5)$$

де f_i, f_j, f_m – вказані значення функції в вузлах i, j та m відповідно; верхній індекс « k » пропускається для спрощення запису.

Визначник системи (5)

$$2S^k = 2S = \begin{vmatrix} 1 & x_i & y_i \\ 1 & x_j & y_j \\ 1 & x_m & y_m \end{vmatrix} \neq 0 \quad (6)$$

дорівнює двічі площі трикутника d_k і не дорівнює нулю. Тому система (6) має єдине рішення, яке записується у вигляді

$$\begin{cases} a_1 = (a_i f_i + a_j f_j + a_m f_m) \cdot (2S)^{-1}, \\ a_2 = (\beta_i f_i + \beta_j f_j + \beta_m f_m) \cdot (2S)^{-1}, \\ a_3 = (y_i f_i + y_j f_j + y_m f_m) \cdot (2S)^{-1}, \end{cases} \quad (7)$$

$$\text{де } a_i = x_j y_m - x_m y_j, \beta_i = y_i - y_m, y_i = x_m - x_i. \quad (8)$$

Інші змінні $a_j, a_m, \beta_m, y_j, y_m$ виходить з формули (7) циклічної перестановки індексів. Підставивши вираз (6) в (4), отримаємо наступні уявлення лінійного сплайну $g(x, y) \in C[D]$:

$$g(x, y) = g^k(x, y) = (2S)^{-1} \times [(a_i + \beta_i x + y_i y) f_i + (a_j + \beta_j x + y_j y) f_j + (a_m + \beta_m x + y_m y) f_m], \quad (x, y) \in d_k, k = \overline{1, 1} \quad (9)$$

Нехай на гладкій замкненій граничній криві L визначена безперервна функція $\varphi(x, y)$ і нехай крива L буде замінятися багатозоряною ламаною L^* , вершини яких знаходяться на L і збігаються з граничними вузлами сітки D_k . Тоді в результаті кусочно-лінійної апроксимації кордону, функції $\varphi(x, y)|_{L^*}$, яка визначена на L^* . Функція φ і φ^* збігається в точках границі; на ланках l_p^* границі L^* функція $\varphi^*(x, y)$ обчислюється відповідно до правил (7).

В результаті застосування лінійних сплайнів для отримання рішення в вказаній області з відомими значеннями функції в вузлах сітки побудована безперервна функція, що відновлюється. Ця функціональна залежність дозволяє моделювати дискретний у часі стан основи і структури на ній. Це має значний практичний інтерес для транспортних спеціалістів.

Висновки. Найнебезпечніми несправностями, які частіше за все спричиняють ДТП, є несправності гальмівної системи (до 50 %), рульового управління (14 %), системи освітлення та сигналізації (16 %).

Як свідчить статистика, розподіл причин ДТП такий:

- через помилкові дії людини – 60-70 %;
- через незадовільний стан доріг і невідповідність дорожніх умов характеру руху – 20-30 %;
- через технічні несправності автомобіля – 10-15 %.

Багато дослідників вважають, що 2/3 усіх пригод виникає з вини людей і лише 1/3 через фактори, які не залежать від їхньої волі та діяльності.

Фактори, які сприяють виникненню ДТП, можна розділити на три умовні групи: через дії людини (учасників дорожнього руху), через несправності транспортних засобів та дорожні умови.

Аналіз дозволяє звести причини, що призводять до автопригод, у наступні однорідні групи:

- невиконання Правил учасниками дорожнього руху;
- застосування водіями таких прийомів керування транспортними засобами, які призводять до заносів, перекидання чи до втрати керування під час руху, або сприяють виникненню поломок механізмів, внаслідок чого виникають аварійні ситуації;
- зниження працездатності водія внаслідок перевтоми, хвороби чи під впливом факторів, які викликають зміну самопочуття;
- незадовільний технічний стан транспортних засобів;
- неправильне розміщення та кріплення вантажу, що призводить до втрати керування, зміни режиму роботи механізмів;
- незадовільне утримання елементів дороги;
- незадовільна організація дорожнього руху.

Однак аналізуючи конкретні пригоди, можна прийти до висновку, що найчастіше вони викликані не однією, а кількома причинами. Встановлено, що на кожні 100 ДТП доводиться близько 250 причин і супутніх факторів.

Вдосконалення дорожньої інфраструктури, яке спрямоване на покращення активної безпеки автомобіля, підвищення швидкості та пропускну здатності, не забезпечує підвищення активної безпеки всієї системи дорожнього руху, а лише розширює межі безпечного водіння.

Активна безпека є характеристикою системи «водій–автомобіль». Отже, підвищення активної безпеки дорожнього руху можливе лише за рахунок зменшення кількості водіїв, які використовують режими руху поза межами безпеки в транспортному потоці.

Надання водієві інформації про рівень керованості автомобіля, необхідної для оптимізації його режиму руху з урахуванням критеріїв безпеки, не дозволяє повністю виключити випадки перевищення граничних значень через наявність водіїв, які ігнорують цю інформацію.

Для зменшення кількості водіїв, що перевищують граничні значення показників безпеки, необхідний контроль за дотриманням ними безпечних режимів руху. У разі порушення цих режимів компетентні органи мають використовувати дані про якість керування автомобілем для застосування адміністративних стягнень.

Список використаних джерел:

1. Організація та регулювання дорожнього руху : підручник / за заг. ред. В. П. Поліщука. К.: Знання України, 2014. 467 с.
2. Гуржій Т. О. Державна політика безпеки дорожнього руху: теоретично-правові та організаційні засади: Дис. ... д-ра юрид. наук : 12.00.07 / Дніпропетр. держ. ун-т внутр. справ. Дніпро, 2011. 553 с.
3. Системологія на транспорті : підручник : у 5 кн. / За заг. ред. М. Ф. Дмитриченка. К.: Знання України, 2005. Кн. 4 : Організація дорожнього руху. 452 с.
4. Ветрогон О. А. Підвищення точності результатів експертизи швидкості при дорожньо-транспортній пригоді: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.20. Харків, 2009. 21 с.
5. Голубева Г. К. Адміністративно-правова кваліфікація порушень водіями правил експлуатації автотransпортних засобів: автореф. дис. ... канд. юрид. наук: 12.00.07. Ірпінь, 2008. 20 с.
6. Граділь А. О. Адміністративні процедури при оформленні дорожньо-транспортних пригод. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія «Право»*. Вип. 165. Частина 2. 2011. С. 227-230.
7. Кашканов В. А. Удосконалення методу визначення коефіцієнта зчеплення при автотехнічній експертизі ДТП: автореф. Дис. канд. техн. наук: спец. 05.22.20. Харків, 2008. 20 с.
8. Ксенофонтова В. А. Розробка методу визначення швидкості транспортного засобу до зіткнення в результаті ДТП: автореф. Дис. канд. техн. наук: 05.22.20. Харків, 2003. 21 с.
9. Рубан А. О. Стійкість шаруватих ґрунтових споруд на деформованій основі : монографія. Дніпро: ПГ АСiА, 2005. 182 с.

References:

1. Polishchuk, V. P. et al. (2014). Organization and regulation of traffic: textbook / for the total. K.: Knowledge of Ukraine, 2014. 467 p.
2. Gurzhiy T. O. (2011). *State Road Safety Policy: Theoretical and Organizational Principles* : Doctor's thesis. Dnipro: Dnipropetrus. State. Univ. affairs [in Ukrainian].
3. Dmitrychenko M. F. et al. (2005). System on transport: textbook: in 5 kn. *Road organization*. (Vol. 4). K.: Knowledge of Ukraine [in Ukrainian].
4. Vetrogon O. A. (2009). *Increasing the accuracy of the results of speed examination in a road accident*. Extended abstract of candidate's thesis. Kharkiv [in Ukrainian].

-
5. Golubeva G. K. (2008). *Administrative and legal qualification of violations of drivers of the rules of operation of motor vehicles*. Extended abstract of candidate's thesis. Irpin [in Ukrainian].
 6. Gradil A. A. (2011). Administrative procedures for traffic accidents. *Scientific Bulletin of the National University of Bioresources and Environmental Management of Ukraine. Right series*. Iss. 165. Part 2. 227-230 [in Ukrainian].
 7. Kashkanov V. A. (2008). *Improvement of the method of determining the coefficient of adhesion in the auto-technical examination of an accident: abstract*. Extended abstract of candidate's thesis. Kharkiv [in Ukrainian].
 8. Ksenofonova V. A. (2003). *Development of the method of determining the speed of the vehicle for collision as a result of an accident: abstract*. Extended abstract of candidate's thesis. Kharkiv [in Ukrainian].
 9. Ruban O. A. (2005). *Stability of layered soil structures on a deformed basis* : monograph. Dnipro: PG ACiA, [in Ukrainian].