

Кашканова А. А., Біліченко В. В.
Вінницький національний технічний університет

АСПЕКТИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ДОРОЖНЬОГО РУХУ В ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМАХ МІСТ УКРАЇНИ

Постійне розширення та удосконалення існуючих мереж транспортних систем міст є запорукою сталого розвитку місцевих громад. Для забезпечення розвитку міст та якісного функціонування їх транспортних мереж потрібно врахувати безліч умов та закономірностей. Недосконалість процесів прийняття рішень, технічні питання управління потоками транспорту, планування міського простору, проблеми фінансового та економічного забезпечення проектів досить часто стають перешкодою для місцевої влади на шляху підтримки належного рівня безпеки дорожнього руху. Подолання вищезначених труднощів можливе на основі інтелектуалізації управління вулично-дорожньою мережею з метою управління безпекою у містах.

В статті на основі аналізу статистичних даних було виявлено загальну ситуацію з рівнем безпеки руху в Україні та її динаміку, виконано порівняльний аналіз показників країн Євросоюзу, США та України. В результаті аналізу причинно-наслідкових зв'язків виникнення аварійних ситуацій та передового досвіду Швеції і Німеччини у сфері безпеки дорожнього руху сформовані шляхи зниження аварійності на транспорті. Аналіз факторів, які формують безпековий простір в транспортній системі міста, стану інтелектуалізації управління дорожнім рухом у контексті забезпечення цілей безпеки та розвитку транспорту дозволив окреслити перспективи розвитку транспортних систем міст України та запропонувати заходи для покращення безпеки доріг, транспортних засобів та інших учасників дорожнього руху з метою мінімізації ризиків і соціально-економічних втрат місцевих громад.

Ключові слова: транспортні системи міст, автомобільний транспорт, безпека дорожнього руху, аудит, аналіз аварійності, експертиза дорожньо-транспортних пригод.

ВСТУП

На сьогоднішній день забезпечення безпеки та ефективності дорожнього руху є одним із найважливіших завдань. Транспортна галузь активно розвивається, і з кожним роком кількість одиниць транспорту, що виходить на дороги, зростає. Внаслідок цього відбувається насичення автомобільних шляхів та ускладнення умов руху, що спричиняє високий рівень аварійності на транспорті. Аналітичні дані всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ) свідчать, що кожен рік в результаті дорожньо-транспортних пригод (ДТП) гине близько 1,19 млн. людей. Дорожньо-транспортний травматизм є основною причиною смертності дітей та молоді у віці 5-29 років. Україна відноситься до групи країн з низьким чи середнім рівнем доходу, на які припадає близько 60% світового автопарку, але при цьому в цій групі реєструється 92% усіх ДТП зі смертельним наслідком. Більшість країн світу зазнають збитки внаслідок ДТП, які досягають 3-5% їх валового внутрішнього продукту [1]. Генеральна Асамблея Організації Об'єднаних Націй поставила за мету скоротити до 2030 р. удвічі кількість загиблих та травмованих внаслідок ДТП у всьому світі. Її діяльність щодо досягнення поставленої мети включає створення глобальної мережі з координації діяльності національних відомств із забезпечення безпеки дорожнього руху (БДР).

Урбанізація населення України створює величезні проблеми в транспортних системах міст внаслідок необхідності задоволення потреб місцевих громад у сталому, безпечному та здоровому середовищі, у доступі та мобільності. Розвиток міст пов'язаний зі збільшенням пропускної здатності вулично-дорожніх мереж (ВДМ), яку досить часто забезпечують за рахунок безпеки пересування вразливих учасників дорожнього руху. Такі обставини є першопричиною підвищеного травматизму під час виникнення аварійних ситуацій на транспорті, а це, в свою чергу, серйозно обмежує сталий розвиток місцевих громад. Тому надзвичайно важливою є роль місцевої влади у забезпеченні безпекового простору міст. Недосконалість процесів прийняття рішень, технічні питання управління потоками транспорту, планування міського простору, проблеми фінансового та економічного забезпечення проектів досить часто стають перешкодою для місцевої влади на шляху підтримки належного рівня безпеки дорожнього руху. Подолання вищезначених труднощів можливе на основі інтелектуалізації управління ВДМ з метою покращення безпеки руху у містах.

АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДАНИХ ТА ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Дослідження параметрів транспортного процесу та причин виникнення ДТП засновано на аналізі складних взаємозв'язків ланок системи водій-автомобіль-дорога-навколишнє середовище

(ВАДНС). ДТП є наслідком порушення взаємодії підсистем ВАДНС [2, 3]. Вони, як правило, тривають одну чи кілька секунд та спричиняються декількома причинами (рис. 1). Ці обставини суттєво ускладнюють аналіз аварійних ситуацій, спрямований на виявлення причинно-наслідкових зв'язків та визначення дій учасників ДТП, їх відповідності вимогам Правил дорожнього руху (ПДР) [4]. Основні труднощі рішення такого роду задач зумовлені таким [5, 6]:

1. Обґрунтованість та об'єктивність рішення про причини ДТП залежить від врахування факторів впливу та їх причинно-наслідкових зв'язків.
2. Застосування точних методів потребує великих витрат часу та ресурсів.
3. Використання теорії імовірностей утруднено внаслідок обмежених можливостей щодо набору статистичних даних.
4. Фактори впливу є різномірними за характером і представлені не лише кількісними (маса вантажу, швидкість руху транспортного засобу (ТЗ)), а і якісними (стан і тип дорожнього покриття, шин) показниками. Це викликає труднощі застосування відомих та розробки нових аналітичних залежностей для опису причинно-наслідкових зв'язків. Крім того, інформація про кількісні величини часто подається у лінгвістичній формі.



Рисунок 1. Причини виникнення аварійних ситуацій

Оскільки аналіз аварійних ситуацій базується на оцінюванні параметрів руху ТЗ, основні методи сучасної автотехнічної експертизи ґрунтуються на теорії експлуатаційних властивостей автомобіля [7, 8]. Теорію експлуатаційних властивостей автомобіля застосовували для розв'язку задач з БДР та експертного аналізу ДТП D. Morris, D. Collins, I. S. Jones, R. Bajett, R. Watts, M. Danner, J. Halm, C. G. Russell, M. Brach, R. Brach, H. Franck, D. Franck, H. Steffan, D. Struble, H. Burg, A. Moser, M. Я. Говорушенко, А. М. Туренко, В. І. Клименко, О. В. Сараєв, С. В. Данець та багато інших. Європейська мережа криміналістичних установ має свій перелік рекомендованих наукових та методичних робіт [9], які використовуються при експертизі ДТП. Запровадження методик, які

базуються на використанні сучасних цифрових засобів дослідження аварійних ситуацій та спеціальних програмних продуктів [10, 11] є також актуальними для підвищення якості експертних висновків.

Аналіз інноваційних розробок в автомобільній промисловості [12] розкриває перспективні шляхи використання інформації з електронних систем керування, безпеки та комфорту ТЗ для визначення обставин ДТП і формування ефективних заходів з покращення безпеки руху в транспортних системах міст [13]. Ці досягнення стали можливими завдяки розвитку різноманітних технологій, у тому числі глобальної системи позиціонування, яка дозволяє відстежувати місцезнаходження ТЗ [14]; систем реєстрації даних про події, інтегрованих в ТЗ, які дозволяють фіксувати параметри ТЗ під час ДТП [15]; автоматичних систем сповіщення про виникнення ДТП [16]; систем автономного водіння [17, 18]; систем, спрямованих на підвищення безпеки руху окремих ТЗ в транспортних потоках [19, 20]; систем керування та моніторингу транспортних потоків [21, 22], пов'язаних з організацією руху ТЗ, забезпеченням безпеки на вулично-дорожній мережі, особливо в контексті функціонування інтелектуальних транспортних систем [23] та формування безпечного простору у містах [24].

ЦІЛЬ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Виявлення причин високої аварійності на автомобільному транспорті та формування напрямків розвитку транспортних систем міст України на основі впровадження заходів з підвищення безпеки доріг, транспортних засобів, учасників дорожнього руху з метою мінімізації ризиків і соціально-економічних втрат місцевих громад.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Загальну ситуацію з рівнем безпеки руху в Україні та її динаміку можна з'ясувати на основі аналізу статистичних даних [25], поданих у графічному вигляді на рис. 2, 3, 4.

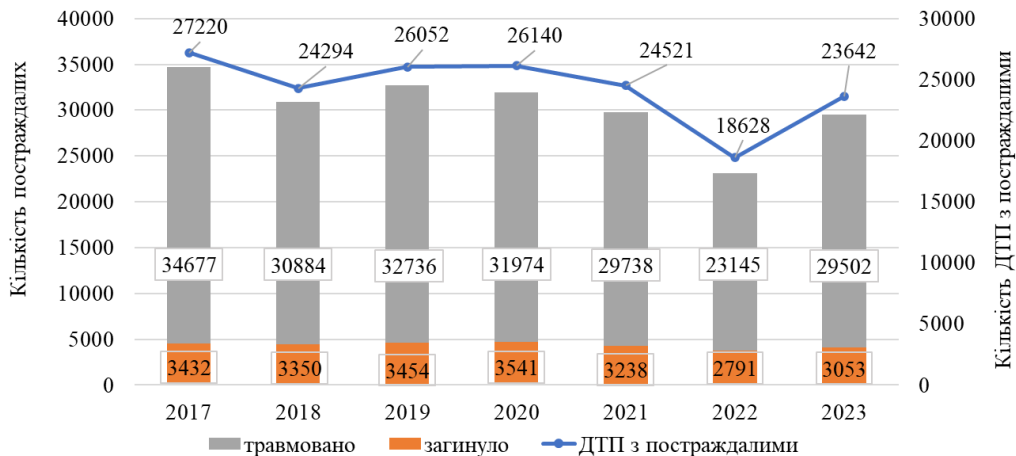


Рисунок 2. Аварійність в Україні у 2017–2023 рр. та її розподіл за видами



Рисунок 3. Зареєстровані причини ДТП з потерпілими у 2023 році

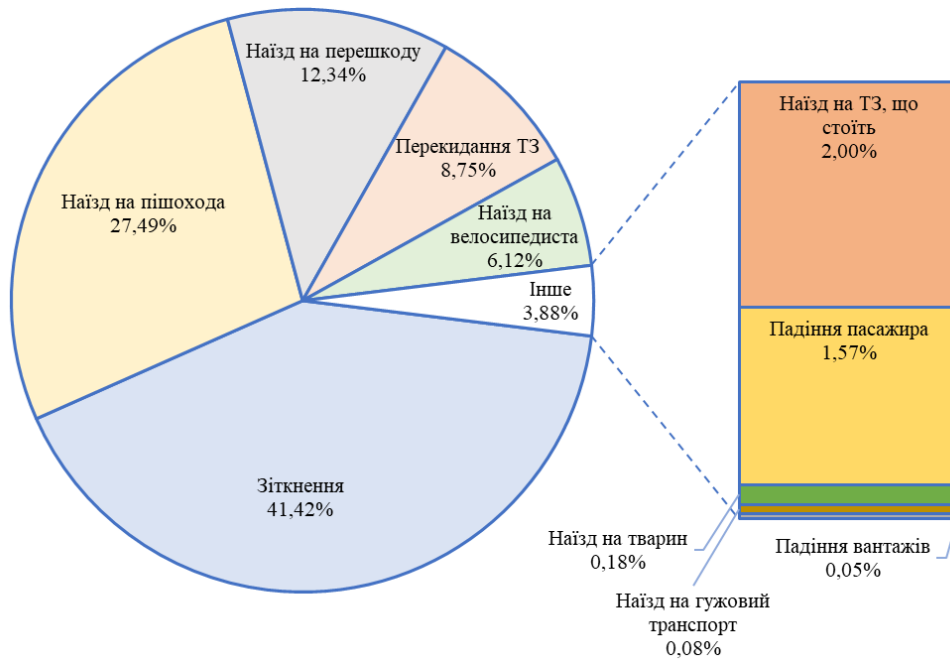


Рисунок 4. Розподіл ДТП за видами у 2023 р.

Порівняння даних останнього звіту Європейської асоціації виробників автомобілів (АСЕА) [26] та статистики департаменту патрульної поліції України [25] показує, що рівень смертності в результаті ДТП в нашій країні приблизно у два рази більший ніж середній показник країн Євросоюзу (ЄС), рис. 5, при рівні автомобілізації населення меншому у 2,6 рази [27].

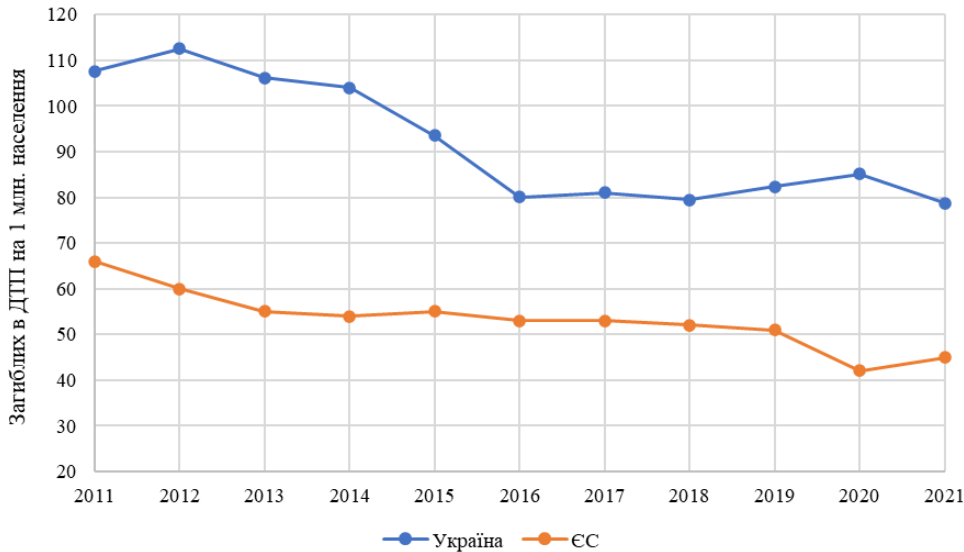


Рисунок 5. Смертність в ДТП (Україна – ЄС, 2011–2021)

Аналіз причин виникнення аварійних ситуацій дозволяє об'єднати їх у такі групи:

- 1) порушення Правил дорожнього руху (ПДР);
- 2) помилки в управлінні транспортних засобів (ТЗ);
- 3) порушення правил експлуатації ТЗ та несправності ТЗ;
- 4) незадовільні стан дороги чи рівень організації дорожнього руху.

З рис. 3 та 4 видно, що в Україні причинами ДТП 3 та 4 групи приділяється недостатня увага. Вони чомусь практично відсутні в офіційній статистиці [25]. Ситуація така є підозрілою. Відомі статистичні дані [28] свідчать, що середній вік автопарку України становить 23,2 років і має стійку тенденцію до збільшення. Для порівняння, середній показник в ЄС та у Сполучених штатах Америки (США) майже у двічі менше [26, 29]. Аналіз вікової структури автопарку України показує, що 83% ТЗ мають вік понад 11 років [28].

Середній вік ТЗ прямо впливає на екологію та безпеку дорожнього руху: нові моделі мають досконалішу архітектуру бортових систем безпеки та менше забруднюють навколишнє середовище. Крім того, старіння парку ТЗ призводить до зростання часу простою в технічному обслуговуванні та ремонті, що негативно впливає на ефективність використання рухомого складу [30]. За оцінками фахівців, автопарк України і далі буде старіти, оскільки переважна більшість імпорту – це старі ТЗ віком від 8 до 15 років [27, 28]. Стабілізацію вікових показників ТЗ можна очікувати лише у повоєнний період.

В Україні протягом останнього десятиліття діяли різноманітні програми з підвищення БДР [31] з метою зниження рівня смертності та травматизму на дорогах. Про неповне виконання прийнятих програм підвищення рівня безпеки дорожнього руху та критичність проблеми забезпечення безпеки руху в Україні свідчать результати аналізу статистики постраждалих в ДТП у 2023 році (див. рис. 2). Так в нашій країні за добу в середньому відбувається 65 ДТП з потерпілими, в яких 81 людина отримує травми та гине щонайменше 9 людей.

Основні причини високого рівня аварійності на автомобільних шляхах України:

- численні порушення ПДР та відсутність ефективного контролю з боку поліції;
- нехтування вимогами правил безпеки (користування мобільними пристроями під час керування ТЗ; ігнорування ременів безпеки в особистому транспорті та їх відсутність в ТЗ, що виконують пасажирські перевезення; перевантаження пасажирського транспорту; перехід дороги пішоходами у місцях, необлаштованих для цього тощо);
- порушення правил експлуатації ТЗ;
- відсутність ефективного контролю технічного стану ТЗ;
- незадовільний стан автомобільних доріг;
- недостатній рівень організації дорожнього руху;
- безкарність осіб, які скоїли правопорушення у сфері безпеки руху;
- недосконалість системи обліку ДТП та неякісна робота структур, що фіксують статистичні дані про ДТП та аналізують їх причини з метою розробки планів і рекомендацій щодо мінімізації аварійності у майбутньому.

Статистичні дані щодо ДТП в Україні [25] свідчать, що особливо гострою є проблема забезпечення БДР у населених пунктах, оскільки там відбувається близько 80% усіх ДТП із загиблими (травмованими) та більшість ДТП з загиблими (травмованими) пішоходами. Причому, рівень проблем зростає зі збільшенням розмірів населеного пункту і є особливо значимим для столиці та міст обласного підпорядкування.

Забезпечення транспортної безпеки міст є пріоритетним напрямком і в розвинутих країнах світу. З кожним роком зростає рівень загроз, кількість транспорту та людей, які можуть ним скористатися, а тому задача стає дуже складною. За останніми статистичними даними 7 з 10 терористичних актів відбувається на об'єктах транспортної інфраструктури [32]. Транспорт як одна з найважливіших складових економіки міст та регіонів постійно притягує до себе величезну кількість людей, що робить розробку та впровадження різних систем транспортної безпеки однією з пріоритетних задач.

В комплексну систему заходів, які забезпечують безпеку на транспорті, зазвичай включаються різні інструменти. Розробниками цих інструментів є державні органи або відповідні служби різних транспортних компаній. Такими інструментами можуть бути [33]:

- заходи організаційно-розпорядчого характеру, що сприяють захисту об'єктів та транспортних засобів;
- інженерні заходи, які виражаються у специфічних архітектурних та планувальних рішеннях;
- технічними заходами з розробки, впровадження та застосування засобів, які забезпечують захист об'єктів транспортної інфраструктури в автономному режимі;
- спеціально навчені співробітники державних силових структур та приватних служб безпеки, які працюють в галузі забезпечення безпеки на транспорті.

Гарним інструментом покращення безпеки руху у містах є автоматизація управління ВДМ в рамках функціонування інтелектуальної транспортної системи (ІТС) [34, 35]. Взагалі ІТС прийнято називати комплекс підсистем, що роблять можливою ефективну експлуатацію транспорту з використанням інформаційних, комунікаційних та управлінських технологій, вбудованих у транспортні засоби або дорожню інфраструктуру [24].

Методологія розвитку ІТС заснована на системному підході. Це дозволяє представити ІТС як модульну систему (рис. 6). Завдяки модульній технології в ІТС можна сформулювати блок сервісів,

спрямованих на вирішення певної задачі чи ряду задач, з можливістю розвитку в подальшому та перетворення в повнофункціональну комплексну інтелектуальну систему.

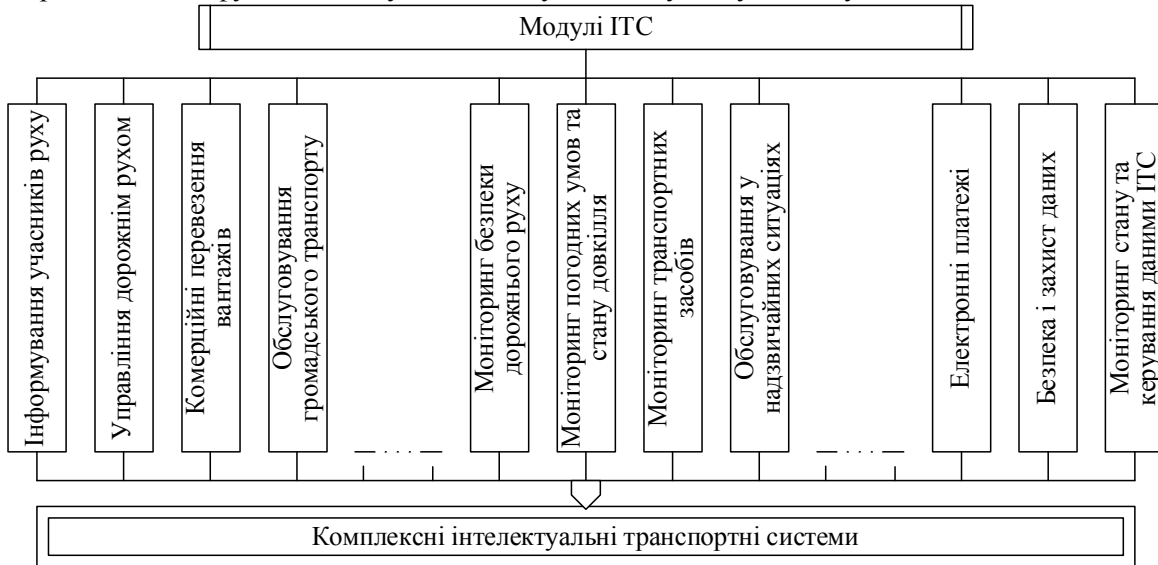


Рисунок 6. Сервісні модулі ІТС

В області ІТС в Україні найбільший розвиток мають АСУДР – автоматизовані системи управління дорожнім рухом. Використання принципів ІТС для їх розвитку забезпечує перехід від управління окремими світлофорними об'єктами до управління транспортними потоками на автомобільних дорогах, зонах ВДМ чи рухом у місті в цілому. Реалізація сервісів ІТС в цьому випадку здійснюється в рамках функціонування АСУДР автомагістраллю, АСУДР певної зони ВДМ чи АСУДР цілого міста. Використання в останніх двох випадках мережевих адаптивних методів управління дорожнім рухом є найбільш ефективним [36].

Головні завдання, які вирішують фахівці, що забезпечують роботу «розумного транспорту», полягають у збиранні, обробці, інтеграції та розповсюдженні інформації. Комплекси функціонального обладнання, що входить в інтелектуальні транспортні системи, збирають дані, регулюють транспортний потік і доносять необхідну інформацію до кожного учасника дорожнього руху (рис. 7).

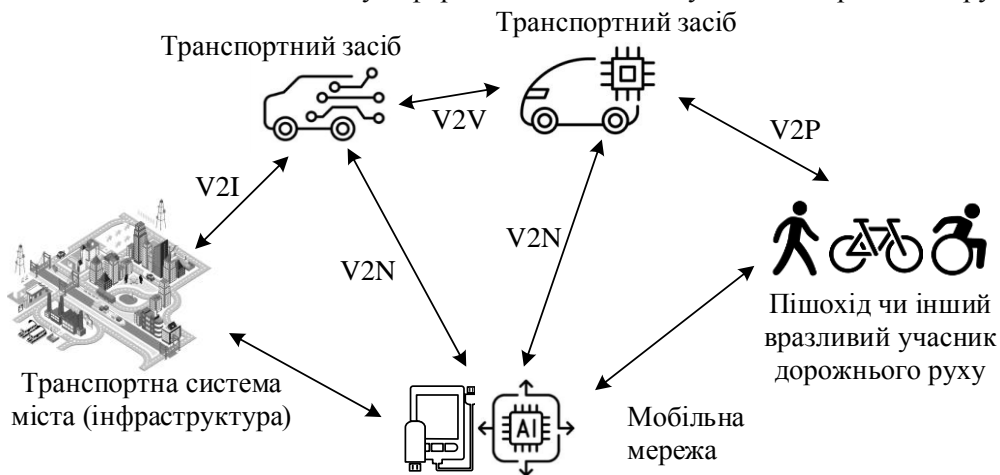


Рисунок 7. Види комунікацій в ІТС

Робота ІТС щодо забезпечення безпеки дорожнього руху включає використання підсистем, покликаних не тільки фіксувати порушення правил дорожнього руху, але і запобігати дорожньо-транспортним пригодам. Завдяки різним приладам покарання за порушення правил дорожнього руху, що призводять до небезпечних ситуацій на дорогах, стало практично невідворотним, що спонукало водіїв та пішоходів до більш відповідальної поведінки на дорогах.

Підвищення БДР можна забезпечити на основі розвитку таких сервісів:

- автоматизації контролю дотримання ПДР;

- попередження про місця ремонтних робіт, заторів на ВДМ, надання рекомендацій щодо об'їзду цих місць;
- оповіщення щодо погодних умов, стану покриття проїзної частини ВДМ;
- розпізнавання дорожніх знаків, автоматичного обмеження швидкості руху, попередження про небезпечне зближення, підтримки руху по смузі, адаптивного круїз-контролю тощо;
- управління дорожнім рухом з використанням знаків змінного значення;
- управління та моніторингу перевезень небезпечних вантажів;
- управління і моніторингу руху на мостових переправах, в тунелях, на швидкісних магістралях.

Фактори, від яких залежить безпека функціонування транспортної системи міста, подані на рис. 8.

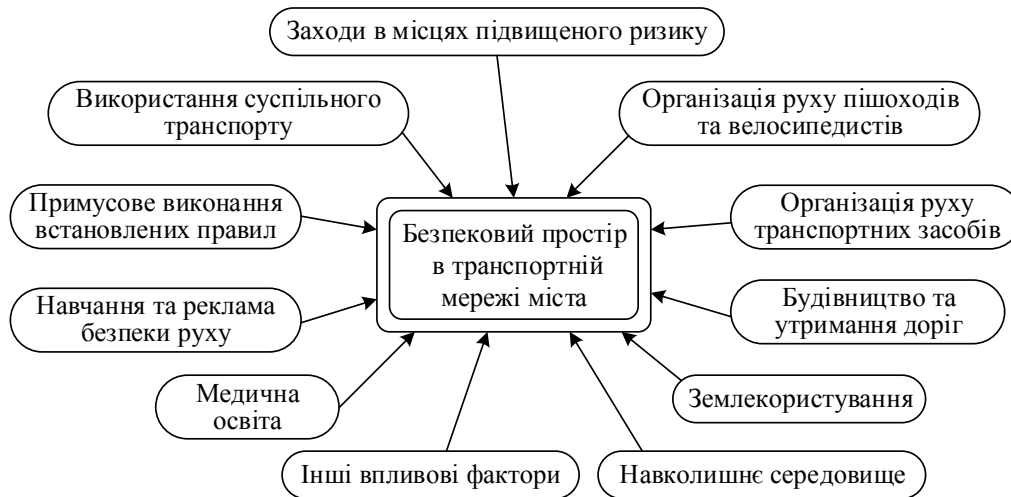


Рисунок 8. Фактори, які формують безпечний простір міста

Для підвищення БДР в транспортних системах міст необхідно:

- координувати політику БДР та інші цілі сталого розвитку громади;
- оцінювати проблеми та встановлювати цілі щодо мінімізації травматизму в ДТП;
- запроваджувати заходи зі створення безпечнішого дорожнього середовища;
- дотримуватись ПДР та заохочувати безпечну поведінку учасників дорожнього руху;
- підвищувати обізнаність громадськості та покращувати освіту;
- сприяти використанню більш надійних та безпечних ТЗ;
- удосконалювати систему надання допомоги постраждалим у ДТП;
- забезпечувати надійне фінансування БДР;
- інтегрувати усі перераховані вище елементи в обрану стратегію БДР та забезпечувати її практичну реалізацію.

Поряд з цим потрібно враховувати, що:

- в міських громадах встановлення цілей щодо покращення міської мобільності та руху транспорту може мати конкуруючі інтереси, а тому проблеми БДР не слід розглядати окремо;
- ДТП розподіляються по території міста нерівномірно, тому контрзаходи для окремих місць виникнення аварійних ситуацій слід розробляти з урахуванням особливостей руху в суміжних зонах;
- ефективність заходів з БДР залежить від їх координації з іншими заходами в рамках реалізації комплексних програм забезпечення безпеки у місті;
- існує потреба у об'єднанні заходів з БДР з іншими напрямками розвитку громади міста, оскільки не завжди ці заходи є головним пріоритетом для громадян та місцевих політиків, а інтегровані програми безпеки дозволяють місцевій владі отримати цілісну картину існуючих проблем та визначити пріоритети дій.

ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

Проблеми забезпечення БДР в Україні властиві міжнародному суспільству в цілому, тому для покращення даної ситуації слід звернути увагу на позитивний досвід інших країн. Зокрема досвід Швеції та Німеччини у сфері БДР, який став основою створення європейської програми «Нульової смертності на дорогах», поширеної потім на Австралію та США. Завдяки цій програмі була знижена смертність на дорогах на 50% в період з 2001 по 2010 рік, та ще на 32,8% у наступне десятиліття (2010- 2020 роки), незважаючи на зростання розмірів автопарків країн ЄС [26].

У 2022 році набули чинності «General Safety Regulation (GSR)» [36], які є складовою зусиль ЄС зі скорочення вдвічі кількості смертельних і серйозних травм у результаті ДТП у ЄС до 2030 року. Збереження цієї тенденції є важливим для галузі, тому велика частина з 59 мільярдів євро, які автомобільний сектор щорічно інвестує в дослідження та розробки, присвячена технологіям безпеки. Нові суворіші правила безпеки та новітні технології безпеки, які повинні бути стандартними для нових типів ТЗ включають передові системи допомоги водієві (ADAS). При цьому наголошується, що автомобільні технології не єдиний спосіб мінімізації травматизму на автомобільних дорогах, вони повинні поєднуватися з більш безпечною поведінкою водіїв, кращим дотриманням існуючих ПДР та, що важливо, покращеною дорожньою інфраструктурою.

Таким чином, розв'язання проблеми підвищення БДР слід здійснювати на основі використання системного підходу, впровадження сучасних вимог, технологій, які враховують ключові аспекти безпеки руху (поведінку людини, інфраструктуру ВДМ, безпечність конструкцій ТЗ), на етапах попередження, зменшення наслідків скоєних ДТП та реалізації поставарійних заходів. Високий рівень аварійності в Україні потребує формування та реалізації заходів щодо підвищення БДР на основі наукового підходу, поглибленого вивчення обставин виникнення ДТП, з урахуванням встановлених на законодавчому рівні завдань автотехнічної експертизи [37] та аудиту безпеки дорожнього руху [38].

ВИСНОВКИ

Процес створення безпекового простору в містах повинен враховувати принципи стратегії управління безпекою, яка забезпечує:

- безпеку для міської території в цілому;
- інтеграцію безпекової стратегії з іншими міськими стратегіями (наприклад, в питаннях розвитку муніципального транспорту, створення безпечніших маршрутів до шкіл, планування землекористування);
- врахування усіх видів учасників дорожнього руху;
- розгляд функцій різних видів доріг;
- інтеграцію існуючі заходів щодо зменшення травматизму на ВДМ;
- використання можливостей інших напрямків та стратегій підвищення безпеки (наприклад, покращення безпекового простору в рамках реалізації проектів реконструкції міста);
- заохочення усіх професійних груп до допомоги у досягненні цілей безпеки;
- захист від можливого несприятливого впливу на стан безпеки інших заходів, які реалізуються в межах програми розвитку міста;
- заохочення мешканців та усіх учасників руху на ВДМ бути відповідальними;
- відстеження прогресу у досягненні безпекових цілей.

Транспортні системи повинні реагувати на потреби користувачів та враховувати людський фактор. Підхід до організації дорожнього руху «Безпечна система» має на меті гарантувати безпеку транспортної системи для усіх учасників руху. Такий підхід враховує небезпеку серйозного травматизму та визнає необхідність побудови системи, стійкої до ризиків, що спричиняються людським фактором. Базисом цього підходу є безпечна ВДМ та придорожні зони, безпечні ТЗ, безпечний швидкісний режим, безпечні учасники дорожнього руху. Потрібно врахувати усі фактори, впливові на запобігання ДТП зі смертельним наслідком та скорочення серйозного дорожньо-транспортного травматизму. Для запобігання дорожньо-транспортному травматизму державні органи повинні вживати заходів щодо забезпечення БДР на основі системного підходу, що вимагає участі ряду секторів, зокрема транспортного сектору, правоохоронних органів, сектору охорони здоров'я, сектору освіти, а також приватного сектору та громадських організацій. Це вимагає запровадження комплексу заходів з підвищення безпеки ВДМ, ТЗ та інших учасників дорожнього руху.

Ефективними заходами є проектування більш безпечної інфраструктури на основі аудиту дорожньої безпеки та включення елементів забезпечення БДР в планування землекористування та розвитку транспорту, вдосконалення систем безпеки ТЗ, покращення допомоги постраждалим у дорожньо-транспортних пригодах, прийняття та забезпечення дієвості законодавчих актів, які стосуються основних ризиків, проведення інформаційно-просвітницьких кампаній.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Road traffic injuries. World Health Organization. Website. URL: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs358/en/>.
2. Кашканов А.А., Грисюк О.Г. Безпека руху автомобільного транспорту : навчальний посібник.

Вінниця : ВНТУ, 2005. 177 с.

3. Кашканов А. А., Кужель В. П. Організація дорожнього руху : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2017. 125 с.

4. Traffic rules of Ukraine. (Ukrspetsvydav, 2023) <https://vodiy.ua/en/pdr/1/>.

5. Struble DE & Struble JD (2020) Automotive Accident Reconstruction: Practices and Principles (2nd ed.). CRC Press, London. DOI: 10.1201/9781003008972

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

7. Pacejka HB (2012) Tyre and vehicle dynamics. 3rd Ed. Butterworth-Heinemann, Elsevier. DOI: 10.1016/C2010-0-68548-8.

8. Jazar RN (2014) Vehicle Dynamics: Theory and Application. 2nd Ed. NY: Springer, USA. DOI: 10.1007/978-1-4614-8544-5.

9. European Network of Forensic Science Institutes. Best Practice Manual for Road Accident Reconstruction, ENFSI, ENFSI-BPM-RAA-01. Version 01 - November 2015. http://enfsi.eu/wp-content/uploads/2016/09/4._road_accident_reconstruction_0.pdf.

10. Kashkanov, A. & Kashkanova, A. Analysis of the implementation of information technologies in the practice of solving problems of autotechnical expertise of road accidents. In 5th International Scientific and Technical Internet Conference Innovative Development of Resource-Saving Technologies and Sustainable Use of Natural Resources. Book of Abstracts. 232–235 (Universitas Publishing, 2022) https://www.upet.ro/cercetare/manifestari/Ukraine_2022_Book_of_Abstracts.pdf.

11. Kashkanov, A. A. et al. (2020) Tyre-Road friction Coefficient: Estimation Adaptive System. Bulletin of the Karaganda University. “Physics” Series 98, 50–59. DOI:10.31489/2020Ph2/50-59.

12. Chen, Y. (2022) Research on collaborative innovation of key common technologies in new energy vehicle industry based on digital twin technology. Energy Rep. 8, 15399–15407. DOI: 10.1016/j.egy.2022.11.120.

13. Кашканов А. А., Пальчевський О. В. Проблеми функціонування транспортних систем великих міст України в сучасних умовах. Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. 2022. №1(18). С. 97-102. DOI: 10.36910/automash.v1i18.764.

14. Xu, G. & Xu, Y. G. P. S. Theory, Algorithms and Applications (Springer, 2016). DOI: 10.1007/978-3-662-50367-6.

15. European Commission. Directorate General for Mobility and Transport, TRL (Transport Research Laboratory). Study on the benefits resulting from the installation of event data recorders: final report. (Publications Office, 2014). DOI: 10.2832/66709.

16. Griffin, R. L., Carroll, S. & Jansen, J. O. (2020). Automatic collision notification availability and emergency response times following vehicle collision – An analysis of the 2017 crash investigation sampling system. Traffic Injury Prev. 21, S135–S139. DOI: 10.1080/15389588.2020.1817418.

17. Yue, W., Li, C., Wang, S., Xue, N. & Wu, J. (2023) Cooperative incident management in mixed traffic of CAVs and human-driven vehicles. IEEE Trans. Intell. Transp. Syst. DOI: 10.1109/TITS.2023.3289983.

18. Jiang, S., Zhao, C., Zhu, Y., Wang, C. & Du, Y. (2022). A practical and economical ultra-wideband base station placement approach for indoor autonomous driving systems. J. Adv. Transp. 2022, 1–12. DOI: 10.1155/2022/3815306.

19. Yu, S., Zhao, C., Song, L., Li, Y. & Du, Y. (2023). Understanding traffic bottlenecks of long freeway tunnels based on a novel location-dependent lighting-related car-following model. Tunnel. Undergr. Space Technol. 136, 105098. DOI: 10.1016/j.tust.2023.105098.

20. Han, Y. et al. (2023). Research on road environmental sense method of intelligent vehicle based on tracking check. IEEE Trans. Intell. Transp. Syst. 24, 1261–1275. DOI: 10.1109/TITS.2023.3183893.

21. Chen, J., Wang, Q., Cheng, H. H., Peng, W. & Xu, W. (2022). A review of vision-based traffic semantic understanding in ITSs. IEEE Trans. Intell. Transp. Syst. 23, 19954–19979. DOI: 10.1109/TITS.2022.3182410.

22. Chen, J. et al. (2023). A flow feedback traffic prediction based on visual quantified features. IEEE Trans. Intell. Transp. Syst. 24, 10067–10075. DOI: 10.1109/TITS.2023.3269794.

23. Zhang, X., Wen, S., Yan, L., Feng, J. & Xia, Y. (2022). A hybrid-convolution spatial-temporal recurrent network for traffic flow prediction. Comput. J. DOI: 10.1093/comjnl/bxac171.

24. Kashkanova A., Kashkanov A., Bilichenko V. Conceptual principles of ensuring transport safety of cities. 6th International Scientific and Technical Internet Conference “Innovative development of resource-

- saving technologies and sustainable use of natural resources” November 16, 2023. Book of Abstracts. Petroșani, Romania: UNIVERSITAS Publishing, 2023. P. 176-178.
25. Статистика. Патрульна поліція України. Веб-сайт. URL: <http://https://patrolpolice.gov.ua/statystyka/>.
 26. European Automobile Manufacturers’ Association (ACEA). The Automobile Industry Pocket Guide 2023/2024, Brussels, Belgium. URL: <https://www.acea.auto/files/ACEA-Pocket-Guide-2023-2024.pdf>.
 27. Бучацький С., Дубровський В., Новицький О., Онищук О., Прокіпчук Л. Український авторинок: історія проблем та як їх розв’язати. ГС «Інститут досліджень авторинку». Веб-сайт. URL: <https://eauto.org.ua/news/130-ukrajinskiy-avtorinok-istoriya-problem-ta-yak-jih-rozv-yazati>.
 28. Який середній вік автомобілів в Україні та Європі? Редакція Авто24 за матеріалами інформаційно-аналітичної групи AUTO-Consulting. URL: https://auto.24tv.ua/yakui-serednii-vik-avtomobiliv-v-ukraini-ta-yevropi_n44681.
 29. Nishant Parekh, Todd Campau. Average Age of Vehicles in the US Increases to 12.2 years, according to S&P Global Mobility. URL: <https://www.spglobal.com/mobility/en/research-analysis/average-age-of-vehicles-in-the-us-increases-to-122-years.html>.
 30. Кашканов А. А., Біліченко В. В. Експлуатація та обслуговування транспортних машин: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2004. 136 с.
 31. Державна програма підвищення рівня безпеки дорожнього руху в Україні на період до 2024 р. Офіційний вісник України. № 1. 04.01.2021.
 32. Institute for Economics & Peace. Global Terrorism Index 2023: Measuring the Impact of Terrorism, Sydney. URL: <https://www.visionofhumanity.org/wp-content/uploads/2023/06/GPI-2023-Web.pdf>.
 33. Розумний транспорт і логістика для міст : навчальний посібник / [авт. колектив: О.О. Лобашов, М.В. Ольхова, А.С. Галкін та ін.]. Житомир : «Житомирська політехніка», 2021. 612 с.
 34. Maros Lacinak, Jozef Ristvej, Tomasz Lovecek. Smart Transport System, Its Layers and Safety. Logistics and Transport. 2018. 40(4), P. 51-56; DOI: 10.26411/83-1734-2015-4-40-7-18.
 35. Кашканов В. А., Кашканов А. А., Кужель В. П. Інформаційні системи і технології на автомобільному транспорті: навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2020. 104 с.
 36. New rules to improve road safety and enable fully driverless vehicles in the EU. Directorate-General for Communication of European Commission. Website. URL: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_22_4312.
 37. Інструкція про призначення та проведення судових експертиз та експертних досліджень. Наказ Міністерства юстиції України 08.10.98 № 53/5 (у редакції від 27.11.2023).
 38. Порядок проведення аудиту безпеки автомобільних доріг. Наказ Міністерства інфраструктури України 09 квітня 2021 року № 204. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 02 червня 2021 р. за № 738/36360.

REFERENCES

1. Road traffic injuries. World Health Organization. Website. URL: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs358/en/>.
2. Kashkanov A.A., Hrysiuk O.H. Bezpeka rukhu avtomobilnoho transportu : navchalnyi posibnyk. Vinnytsia : VNTU, 2005. 177 s.
3. Kashkanov A. A., Kuzhel V. P. Orhanizatsiia dorozhnoho rukhu : navchalnyi posibnyk. Vinnytsia : VNTU, 2017. 125 s.
4. Traffic rules of Ukraine. (Ukrspetsvydav, 2023) <https://vodiy.ua/en/pdr/1/>.
5. Struble DE & Struble JD (2020) Automotive Accident Reconstruction: Practices and Principles (2nd ed.). CRC Press, London. DOI: 10.1201/9781003008972
6. Kashkanov A. A. Tekhnolohii pidvyshchennia efektyvnosti avtotekhnichnoi ekspertyzy dorozhno-transportnykh pryhod : monohrafiia. Vinnytsia: VNTU, 2018. 160 s.
7. Pacejka HB (2012) Tyre and vehicle dynamics. 3rd Ed. Butterworth-Heinemann, Elsevier. DOI: 10.1016/C2010-0-68548-8.
8. Jazar RN (2014) Vehicle Dynamics: Theory and Application. 2nd Ed. NY: Springer, USA. DOI: 10.1007/978-1-4614-8544-5.
9. European Network of Forensic Science Institutes. Best Practice Manual for Road Accident Reconstruction, ENFSI, ENFSI-BPM-RAA-01. Version 01 - November 2015. http://enfsi.eu/wp-content/uploads/2016/09/4._road_accident_reconstruction_0.pdf.
10. Kashkanov, A. & Kashkanova, A. Analysis of the implementation of information technologies in

the practice of solving problems of autotechnical expertise of road accidents. In 5th International Scientific and Technical Internet Conference Innovative Development of Resource-Saving Technologies and Sustainable Use of Natural Resources. Book of Abstracts. 232–235 (Universitas Publishing, 2022) https://www.upet.ro/cercetare/manifestari/Ukraine_2022_Book_of_Abstracts.pdf.

11. Kashkanov, A. A. et al. (2020) Tyre-Road friction Coefficient: Estimation Adaptive System. Bulletin of the Karaganda University. “Physics” Series 98, 50–59. DOI:10.31489/2020Ph2/50-59.

12. Chen, Y. (2022) Research on collaborative innovation of key common technologies in new energy vehicle industry based on digital twin technology. Energy Rep. 8, 15399–15407. DOI: 10.1016/j.egy.2022.11.120.

13. Kashkanov A. A., Palchevskiy O. V. Problemy funktsionuvannya transportnykh system velykykh mist Ukrainy v suchasnykh umovakh. Suchasni tekhnologii v mashynobuduvanni ta transporti. 2022. №1(18). S. 97-102. DOI: 10.36910/automash.v1i18.764.

14. Xu, G. & Xu, Y. G. P. S. Theory, Algorithms and Applications (Springer, 2016). DOI: 10.1007/978-3-662-50367-6.

15. European Commission. Directorate General for Mobility and Transport, TRL (Transport Research Laboratory). Study on the benefits resulting from the installation of event data recorders: final report. (Publications Office, 2014). DOI: 10.2832/66709.

16. Griffin, R. L., Carroll, S. & Jansen, J. O. (2020). Automatic collision notification availability and emergency response times following vehicle collision – An analysis of the 2017 crash investigation sampling system. Traffic Injury Prev. 21, S135–S139. DOI: 10.1080/15389588.2020.1817418.

17. Yue, W., Li, C., Wang, S., Xue, N. & Wu, J. (2023) Cooperative incident management in mixed traffic of CAVs and human-driven vehicles. IEEE Trans. Intell. Transp. Syst. DOI: 10.1109/TITS.2023.3289983.

18. Jiang, S., Zhao, C., Zhu, Y., Wang, C. & Du, Y. (2022). A practical and economical ultra-wideband base station placement approach for indoor autonomous driving systems. J. Adv. Transp. 2022, 1–12. DOI: 10.1155/2022/3815306.

19. Yu, S., Zhao, C., Song, L., Li, Y. & Du, Y. (2023). Understanding traffic bottlenecks of long freeway tunnels based on a novel location-dependent lighting-related car-following model. Tunnel. Undergr. Space Technol. 136, 105098. DOI: 10.1016/j.tust.2023.105098.

20. Han, Y. et al. (2023). Research on road environmental sense method of intelligent vehicle based on tracking check. IEEE Trans. Intell. Transp. Syst. 24, 1261–1275. DOI: 10.1109/TITS.2022.3183893.

21. Chen, J., Wang, Q., Cheng, H. H., Peng, W. & Xu, W. (2022). A review of vision-based traffic semantic understanding in ITSs. IEEE Trans. Intell. Transp. Syst. 23, 19954–19979. DOI: 10.1109/TITS.2022.3182410.

22. Chen, J. et al. (2023). A flow feedback traffic prediction based on visual quantified features. IEEE Trans. Intell. Transp. Syst. 24, 10067–10075. DOI: 10.1109/TITS.2023.3269794.

23. Zhang, X., Wen, S., Yan, L., Feng, J. & Xia, Y. (2022). A hybrid-convolution spatial-temporal recurrent network for traffic flow prediction. Comput. J. DOI: 10.1093/comjnl/bxac171.

24. Kashkanova A., Kashkanov A., Bilichenko V. Conceptual principles of ensuring transport safety of cities. 6th International Scientific and Technical Internet Conference “Innovative development of resource-saving technologies and sustainable use of natural resources” November 16, 2023. Book of Abstracts. Petrosani, Romania: UNIVERSITAS Publishing, 2023. P. 176-178.

25. Statystyka. Patrulna politsiia Ukrainy. Veb-sait. URL: <https://patrolpolice.gov.ua/statystyka/>.

26. European Automobile Manufacturers’ Association (ACEA). The Automobile Industry Pocket Guide 2023/2024, Brussels, Belgium. URL: <https://www.acea.auto/files/ACEA-Pocket-Guide-2023-2024.pdf>.

27. Buchatskyi S., Dubrovskiy V., Novytskyi O., Onyshchuk O., Prokipchuk L. Ukrainyskyi avtorynok: istoriia problem ta yak yikh rozviazaty. HS «Instytut doslidzhen avtorynku». Veb-sait. URL: <https://eauto.org.ua/news/130-ukrajinskiy-avtorinok-istoriya-problem-ta-yak-jih-rozv-yazati>.

28. Iakyy serednii vik avtomobiliv v Ukraini ta Yevropi? Redaktsiia Avto24 za materialamy informatsiino-analitychnoi hrupy AUTO-Consulting. URL: https://auto.24tv.ua/yakyy-serednii-vik-avtomobiliv-v-ukraini-ta-yevropi_n44681.

29. Nishant Parekh, Todd Campau. Average Age of Vehicles in the US Increases to 12.2 years, according to S&P Global Mobility. URL: <https://www.spglobal.com/mobility/en/research-analysis/average-age-of-vehicles-in-the-us-increases-to-12.2-years.html>.

30. Kashkanov A. A., Bilichenko V. V. Eksploatatsiia ta obsluhovuvannya transportnykh mashyn: navchalnyi posibnyk. Vinnytsia: VNTU, 2004. 136 s.

31. Derzhavna prohrama pidvyshchennia rivnia bezpeky dorozhnoho rukhu v Ukraini na period do 2024 r. Ofitsiyni visnyk Ukrainy. № 1. 04.01.2021.
32. Institute for Economics & Peace. Global Terrorism Index 2023: Measuring the Impact of Terrorism, Sydney. URL: <https://www.visionofhumanity.org/wp-content/uploads/2023/06/GPI-2023-Web.pdf>.
33. Rozumnyi transport i lohistyka dlia mist : navchalnyi posibnyk / [avt. kolektyv: O.O. Lobashov, M.V. Olkhova, A.S. Halkin ta in.]. Zhytomyr : «Zhytomyrska politekhnik», 2021. 612 s.
34. Maros Lacinak, Jozef Ristvej, Tomasz Lovecek. Smart Transport System, Its Layers and Safety. Logistics and Transport. 2018. 40(4), P. 51-56; DOI: 10.26411/83-1734-2015-4-40-7-18.
35. Kashkanov V. A., Kashkanov A. A., Kuzhel V. P. Informatsiini systemy i tekhnolohii na avtomobilnomu transporti: navchalnyi posibnyk. Vinnytsia : VNTU, 2020. 104 s.
36. New rules to improve road safety and enable fully driverless vehicles in the EU. Directorate-General for Communication of European Commission. Website. URL: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_22_4312.
37. Instruksiiia pro pryznachennia ta provedennia sudovykh ekspertyz ta ekspertnykh doslidzhen. Nakaz Ministerstva yustytisii Ukrainy 08.10.98 № 53/5 (u redaktsii vid 27.11.2023).
38. Poriadok provedennia audytu bezpeky avtomobilnykh dorih. Nakaz Ministerstva infrastruktury Ukrainy 09 kvitnia 2021 roku № 204. Zareiestrovano v Ministerstvi yustytisii Ukrainy 02 chervnia 2021 r. za № 738/36360.

A. Kashkanova, V. Bilichenko. Aspects of ensuring road traffic safety in the transport systems of the cities of Ukraine

Constant expansion and improvement of existing networks of transport systems of cities is a guarantee of sustainable development of local communities. To ensure the development of cities and the high-quality functioning of their transport networks, it is necessary to take into account many conditions and regularities. Inefficient decision-making processes, other issues such as traffic flow management, spatial and urban planning, economic and financial problems often prevent local authorities from taking measures to improve road safety. A good tool for overcoming the above-mentioned difficulties is the intellectualization of road management in the context of the goals of transport development and city safety management.

Based on the statistical data for recent years, the article was revealed the general situation with the level of traffic safety in Ukraine and its dynamics, and was performed a comparative analysis of the indicators of the EU countries, the USA and Ukraine. As a result of the analysis of the cause-and-effect relationships of accidents and the best practices of Sweden and Germany in the field of road safety, ways to reduce transport accidents were formed. The analysis of the factors that form a safe space in the city's transport system, the state of intellectualization of road management in the context of the goals of transport development and safety management made it possible to outline the prospects for the development of the transport systems of Ukrainian cities and to propose measures to increase the safety of roads, vehicles and road users in order to minimize risks and socio-economic losses of local communities.

Key words: urban transport systems, road transport, road safety, audit, accident analysis, road accident examination.

КАШКАНОВА Анастасія Андріївна, аспірантка кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, e-mail: kashkanov9a@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4268-0000>

БІЛІЧЕНКО Віктор Вікторович, доктор технічних наук, професор, ректор, професор кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, e-mail: bilichenko.v@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9681-5292>

Anastasiia KASHKANOVA, postgraduate student of the Department of Automobiles and Transport Management, Vinnytsia National Technical University, e-mail: kashkanov9a@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4268-0000>

Viktor BILICHENKO, Doctor of Science in Engineering, Professor, Rector, Professor of the Department of Automobiles and Transport Management, Vinnytsia National Technical University, e-mail: bilichenko.v@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9681-5292>

DOI 10.36910/automash.v1i22.1358