

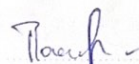
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ
Факультет транспорту і будівництва
Кафедра логістичного управління та безпеки руху на транспорті

ПОЯСНОВАЛЬНА ЗАПИСКА
до дипломної кваліфікаційної роботи
освітньо-кваліфікаційного рівня магістр

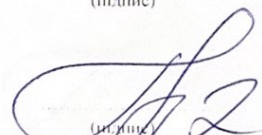
галузі знань 27 – «Транспорт»
спеціальності 275.3 – Транспортні технології (на автомобільному транспорті)

на тему: «Удосконалення методу оцінки безпеки дорожнього руху на окремих ділянках автомобільних доріг»

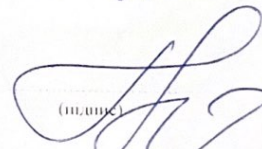
Виконав: здобувач вищої освіти
групи ОПАТ-22дм
Помітун О.П.


(п.п.м.)

Керівник: проф.Чернецька-Білецька Н.Б.


(п.п.м.)

Завідувач кафедри: проф.Чернецька-Білецька Н.Б.


(п.п.м.)

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
1. Аналіз проблеми безпеки дорожнього руху на автомобільних дорогах.....	6
1.1. Стан безпеки дорожнього руху в Україні	6
1.2. Аналіз попередніх робіт, що присвячені зниженню рівня аварійності.....	10
1.3. Аналіз відомих методів аналізу дорожньо-транспортних пригод та пропозиції щодо їх удосконалення	13
1.4. Аналіз існуючих методів виявлення небезпечних ділянок автодоріг.....	21
2. Теоретичні дослідження з удосконалення оцінки безпеки руху на окремих ділянках автомобільних доріг	25
2.1. Загальні положення	25
2.2. Критерії визначення впливу технічних засобів автомобільних доріг на безпеку руху	27
2.3. Особливості впливу заходів із застосування інженерного обладнання на аварійність	29
2.4. Визначення показників засобів пасивного протиаварійного забезпечення дорожнього руху	30
2.5. Розробка методу оцінки безпеки дорожнього руху на окремих ділянках автомобільних доріг	31
2.6. Метод розрахунку втрат від дорожньо-транспортних пригод з врахуванням впливу засобів пасивного протиаварійного забезпечення дорожнього руху.....	43
3. Дослідження впливу засобів пасивного протиаварійного забезпечення на безпеку дорожнього руху.....	52
3.1. Дослідження впливу недостатньої видимості засобів пасивного протиаварійного забезпечення дорожнього руху на прийняття рішень водієм	52
3.2. Розробка програми для оцінювання рівня безпеки дорожнього руху.....	70
3.3. Методика експертної оцінки рівня безпеки дорожнього руху.....	71
3.4. Рекомендації з підвищення безпеки дорожнього руху на окремих ділянках автомобільних доріг.....	73
ВИСНОВКИ.....	77
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	79

ВСТУП

Актуальність теми. Протягом останніх десятиліть у світі спостерігається стрімке збільшення кількості транспортних засобів та підвищення інтенсивності дорожнього руху, що призводить до збільшення кількості дорожньо-транспортних пригод та їх негативних наслідків. Так, за даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (вооз), дорожньо-транспортний травматизм на сьогодні є однією з найбільших проблем охорони здоров'я. За прогнозами, у 2030 році дорожньо-транспортні пригоди можуть стати однією з основних п'яти причин смертності людей у світі.

У зв'язку із зазначеним міжнародне співтовариство приділяє значну увагу розробленню та здійсненню стратегічних заходів з безпеки дорожнього руху, спрямованих на запобігання дорожньо-транспортному травматизму. Зокрема, генеральна асамблея організації об'єднаних націй прийняла 2 березня 2022 р. резолюцію № 64/255 "Підвищення безпеки дорожнього руху в усьому світі", співавторами якої стали 69 країн-членів та до реалізації якої долучилася також Україна. Резолюцією проголошено 2011-2023 роки десятиліттям дій з безпеки дорожнього руху.

В Україні рівень смертності та травматизму внаслідок дорожньо-транспортних пригод є одним з найвищих в Європі, а рівень організації безпеки дорожнього руху залишається вкрай низьким, про що у своїх звітах неодноразово наголошували експерти вооз, світового банку та інших міжнародних інституцій. За останні шість років в Україні зареєстровано близько 170,8 тис. дорожньо-транспортних пригод з постраждалими, у яких загинуло 26,7 тис. та травмовано 210,4 тис. осіб.

За результатами проведення аналізу наявних даних та аналітичного звіту світового банку в Україні більшість дорожньо-транспортних пригод з тяжкими наслідками виникає через:

□ Перевищення швидкості водіями, що є основною причиною настання смерті у 39 відсотках випадків;

□ необлаштованість пішохідних переходів (відсутність освітлення, розмітки тощо), що призводить до смертельних наслідків у 38 відсотках випадків;

□ керування транспортними засобами у стані алкогольного сп'яніння.

Ефективність роботи автомобільного транспорту багато в чому залежить від технічного рівня і стану доріг.

Сучасні автомобільні дороги повинні забезпечувати безпеку дорожнього руху, враховуючи при цьому психофізіологічні можливості сприйняття водіями дорожніх умов. Повинні бути підвищені і вимоги до зручності руху на дорогах. Забезпечення ефективних заходів з підвищення безпеки дорожнього руху, зменшення його негативного впливу на навколишнє середовище – все це є складним соціально-економічним та технічним завданням.

Мета і завдання дослідження. Метою дослідження є удосконалення методу оцінки безпеки дорожнього руху на окремих ділянках автодоріг та вулиць з урахуванням впливу технічних засобів регулювання дорожнього руху.

Для досягнення мети поставлені такі завдання: - провести аналіз існуючих методів оцінки безпеки дорожнього руху на окремих ділянках доріг при скоєнні дорожньо-транспортних пригод; - встановити закономірності впливу технічних засобів регулювання дорожнього руху на рівень аварійності; - удосконалити метод оцінки безпеки дорожнього руху на окремих ділянках автомобільних доріг за рахунок розробки методики експертної оцінки безпеки дорожнього руху з урахуванням впливу технічних засобів регулювання дорожнього руху; - розробити методику експертної оцінки рівня безпеки дорожнього руху і рекомендації з підвищення безпеки дорожнього руху.

Об'єкт дослідження – процес руху транспортних потоків автомобільними дорогами та вулицями.

Предмет дослідження – безпека дорожнього руху на окремих ділянках автомобільних доріг.

Методи виконання роботи. Теоретичні дослідження базуються на формалізації статистичних даних та кібернетичних принципах імітації

детермінованих та стохастичних процесів. Системи диференціальних рівнянь, що виникли при формалізації задач дослідження, вирішувались методом Рунге-Кутта, а інтеграли знаходилися методом Сімпсона.

Наукова новизна отриманих результатів. - удосконалено метод оцінки безпеки дорожнього руху на окремих ділянках автомобільних доріг, який враховує статистичну імовірність скоєння дорожньо-транспортної пригоди (ДТП) залежно від дорожніх умов, які до цього не враховувалися, з використанням системи балів; - встановлено закономірності впливу технічних засобів регулювання дорожнього руху на рівень аварійності, які враховують статистичні ймовірності скоєння ДТП на відміну від існуючих, а також враховують недоотримання водієм інформацій з технічних засобів регулювання дорожнього руху.

Практичне значення отриманих результатів. Результати дослідження сприятимуть формуванню об'єктивних та оперативних результатів аналізу й оцінки рівня безпеки на окремих ділянках автомобільних доріг. Розроблена методика оцінки рівня безпеки дорожнього руху може бути використана підрозділами Національної поліції, власниками автомобільних доріг та проектними організаціями для виявлення небезпечних ділянок доріг і формування планів заходів щодо їх усунення.

Апробація результатів дипломної кваліфікаційної роботи магістра та публікації. Відповідно до теми кваліфікаційної роботи опубліковані наукові публікації у фахових виданнях України, результати роботи докладалися на студентських науково-практичних конференціях кафедри ЛУБРТ СНУ ім. В.Даля (2022-2023р.р.).

Структура і об'єм роботи. Кваліфікаційна робота магістра складається зі вступу, 3 розділів, заключення, списку використаних джерел з 70 найменувань на 6 сторінках. Загальний об'єм кваліфікаційної роботи магістра складає 84 стор. Робота включає 18 рисунків та 7 таблиць по тексту.

1. АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ БЕЗПЕКИ ДОРОЖНЬОГО РУХУ НА АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРОГАХ

1.1 Стан безпеки дорожнього руху в Україні

«Не можна досягати мобільності ціною здоров'я і життя людей» – проголошено у Резолюції Генеральної асамблеї ООН 58/289 від 14.04.2014р. «Поліпшення глобальної безпеки дорожнього руху».

Людина, її життя, здоров'я і безпека відповідно до Конституції України визнані найвищою соціальною цінністю у нашій державі. Однак, порівняно з країнами Європи стан безпеки дорожнього руху в Україні можна охарактеризувати, як вкрай незадовільний через високий рівень смертності та дорожньо-транспортного травматизму.

Щорічно тисячі громадян нашої держави гинуть, стають інвалідами, що спричиняє глибокі душевні страждання мільйонам громадян - окрім потерпілих, їх близьким та родичам. Непоправною втратою для суспільства є загибель або каліцтво дітей, молоді, що завдає величезної шкоди майбутньому держави [5].

У 2020 році ООН прийняла Декларацію Тисячоріччя. У цьому програмному документі викладені основні напрямки дій, реалізація яких допоможе досягти істотного прогресу в житті людей до 2025 року. Травми, отримані в результаті дорожньо-транспортних пригод, не були тоді визнані як одна з найсерйозніших проблем охорони здоров'я [6]. Та ж ситуація повторилася при прийнятті підсумкового документу і на Світовому Саміті зі сталого розвитку в Йоханесбурзі у 2002 році. І хоча документ дійсно містив коротку згадку про безпеки пересування в цілому, він не визначав дорожньої безпеки, як предмет особливого занепокоєння.

Показово, що в той час як малярія і туберкульоз обширно представлені в Декларації Тисячоріччя ООН, дорожньо-транспортний травматизм там відсутній, незважаючи на те, що він аналогічним чином впливає на рівень смертності та каліцтва (табл. 1.1). Малярія, туберкульоз та дорожньо-

транспортний травматизм займають схожі позиції серед наступаючих проблем суспільного здоров'я. Таким чином припустимо використовувати масштаб ресурсів, доступних для боротьби з малярією та туберкульозом для приблизного порівняння з рівнем глобальної підтримки профілактики дорожньо-транспортного травматизму [7].

Таблиця 1.1

Дванадцять основних причин смертності

Рейтинг смертності	Причина	Процент від загальної кількості
1	Ішемічна хвороба серця	12,6
2	Порушення черепно-мозкового кровопостачання	9,7
3	Інфекції нижчих дихальних шляхів	6,9
4	ВІЛ/СНІД	4,8
5	Хронічні обструктивні захворювання легень	4,8
6	Перинатальний стан	4,3
7	Захворювання шлунково-кишкового тракту	3,3
8	Туберкульоз	2,7
9	Рак трахеї, бронхів, легень	2,2
10	Дорожньо-транспортний травматизм	2,1
11	Цукровий діабет	1,7
12	Малярія	1,6

В Україні один з найвищих рівнів ризику загибелі у ДТП (показник кількості загиблих на 100 ДТП у нас складає 15 – 17, що у 7 – 8 разів більше, ніж у Німеччині, Португалії, Швеції, Австрії та у 3 – 4 - ніж в Угорщині, Данії, Фінляндії та Франції.

З огляду на ситуацію, що склалася у країні, Кабінет Міністрів України Розпорядженням від 17.06.2017 р. затвердив Стратегію підвищення рівня безпеки дорожнього руху в Україні на період до 2020 року [1].

Основною метою Концепції є зниження рівня аварійності та тяжкості наслідків дорожньо-транспортних пригод, створення безпечних та комфортних

умов руху транспортних засобів на вулично-дорожній мережі, а також удосконалення системи державного управління безпекою дорожнього руху.

Одною з основних причин низького рівня безпеки дорожнього руху за визначенням Концепції є низька ефективність системи організаційно-планувальних та інженерних заходів, спрямованих на вдосконалення організації руху транспорту та пішоходів. Стан безпеки дорожнього руху в Україні і наслідки дорожніх транспортних пригод є одними з найгірших у Європі. За останні десять років внаслідок 391,134 ДТП загинуло 62,141 особа, травмовано – 445,832 особи. У 2006 році в Україні зареєстровано 45,5 тис. ДТП, у яких загинуло 6867 і травмовано 55,6 тис. осіб. Кожний шостий з травмованих у ДТП потребує постійного стороннього догляду і соціального захисту з боку держави.

В Україні відношення кількості загиблих у ДТП на 1 млн. автомобілів у 7 разів більше ніж в ЄС і США і у 10 разів більше ніж у Японії. Кількість загиблих на 1 млрд. автомобіле – кілометрів в Україні – 97, у Німеччині – 14 (у 7 разів менша), у Швеції – 8 (у 12 разів менша). Кількість загиблих у ДТП в Україні становить 13% від загиблих у дорожніх пригодах всієї Європи, тоді як кількість автомобілів – лише 2% від всього європейського автомобільного парку. Ймовірність потрапити у дорожньо-транспортну пригоду зі смертельним наслідком в Україні у п'ять разів вища, ніж у західноєвропейських країнах. Україна потрапила у групу країн найвищого ризику щодо безпеки пішоходів.

У 2008 році більше 74% загиблих у ДТП спричинено порушеннями правил дорожнього руху водіями, переважно приватного автотранспорту. Основними причинами ДТП, які призвели до смертельних наслідків є: невідповідна швидкість руху (49%); порушення правил маневрування (21%); виїзд на смугу зустрічного руху (20%); керування транспортом у нетверезому стані (5%); порушення правил проїзду перехресть (4%). У Другій програмі з безпеки дорожнього руху комісія ЄС вперше відмовилася від традиційного поділу профілактичних заходів на ті, які пов'язані з людиною, та з інфраструктурою, і

ухвалила таке: жертви ДТП є результатом незадовільного функціонування всієї транспортної системи, яка включає рішення та дії людей, нестабільність умов інфраструктури.

Завдяки прийнятим Комісією ЄС стратегіям та заходам згаданих програм, у країнах ЄС зафіксовано суттєве зниження кількості смертельних і важких випадків внаслідок ДТП при тому, що збільшився парк і рухомість автомобілів.

Викликає занепокоєння той факт, що у 2021 році Луганська область за кількістю загиблих та поранених у ДТП знаходиться у «лідерах» по Україні. На автомобільній дорозі держаного значення Знам'янка – Луганськ – Ізварине за період з 2021 по 2022 роки кількість ДТП зростала. Зросла кількість поранених і людей, що загинули (рис. 1.1).



Рис. 1.1. Кількість постраждалих в наслідок ДТП за 2021-2022 роки

Особливо хвилює той факт, що при обстеженні місць скоєння ДТП представниками дорожнього нагляду Державтоінспекції тільки у 2021 році було зафіксовано 459 випадків, в яких супутньою причиною ДТП могли бути дорожні умови [8].

Тобто, фактично були виявлені випадки незадовільного стану автомобільних доріг, які можуть вплинути на безпеку дорожнього руху.

Звісно, не тільки стан доріг повинен у такій великій кількості ДТП. Наприклад, за результатами зарубіжних досліджень частка пригод, в яких несправності автомобілів стали причиною, склала: 15 – 25 % – у США, 20 % - у

Франції, 18% – у Німеччині, 12% – у Данії [9]. Але це не поменшує участь дорожнього фактору у загальній масі аварійності.

1.2 Аналіз попередніх робіт, що присвячені зниженню рівня аварійності

Метою розділу є вивчення основних факторів, що впливають на рівень аварійності на автомобільних дорогах.

Основою для аналізу досліджень у сфері безпеки дорожнього руху стали теоретичні та практичні твори вітчизняних та закордонних вчених у числі котрих В.Ф. Бабков, О.В. Бусел, О.П. Васильєв, Д.В. Капський, Г.І. Клинковштейн, Ю.О. Кременець, М.М. Поздняков, В.П. Поліщук, Є.Д. Прусенко, І.М. Пугачев, В.В. Сильянов, В.В. Столяров, В.В. Ушаков, Я.В. Хом'як, С.Г. Цупіков та багато інших спеціалістів. Розглянуто автореферати та дисертації, автори яких провели роботу за спорідненими темами, та дійшли до певних висновків.

Причини, за якими стає можливим поява умов для скоєння ДТП сформульовано у [10], вони визначені взаємодією факторів «водій – дорога – автомобіль – навколишнє середовище». Впродовж останніх десятиріч країни-лідери в області безпеки дорожнього руху (наприклад, Скандинавські країни, Німеччина) успішно реалізували потенціал простих і недорогих рішень.

Передусім, йдеться про вдосконалення системи управління безпекою дорожнього руху, інформаційно-пропагандистську роботу з різними групами населення, роботу з дітьми з метою профілактики ДТП, рішення по стримуванню швидкостей руху транспортних засобів, вдосконалення системи підготовки водіїв і їх допуску до управління транспортними засобами, формування громадської думки і пропаганди в області безпеки дорожнього руху (зокрема, використання ременів безпеки, шоломів, світловідбивачів).

У результаті впроваджених заходів у цих країнах – найбезпечніші дорожні мережі у світі. Незважаючи на високий рівень автомобілізації, ці країни і нині

продовжують воліти до значних результатів по зниженню аварійності. На безпеку дорожнього руху робить вплив безліч чинників:

- об'єктивних (конструктивні параметри і стан дороги, інтенсивність руху транспортних засобів і пішоходів, облаштування доріг спорудами і засобами регулювання, пора року, час доби);
- суб'єктивних (стан водіїв і пішоходів, порушення ними встановлених правил).

З точки зору безпеки дорожнього руху інтерес для системного вивчення представляють як самі чинники ризику, так і їх різні поєднання, а саме:

- людина-автомобіль;
- автомобіль-дорога;
- дорога-людина.

На рис. 1.2 представлена роль різних чинників, як причин ДТП:

- у 57% випадків головна причина ДТП – помилка людини;
- у 27% випадків причиною ДТП є проблема взаємодії людини і дороги;
- у 6% випадків причиною ДТП є проблема взаємодії людини і автомобіля;
- у 3% випадків причиною ДТП є проблема багатосторонньої взаємодії людини, автомобіля і дороги.



Рис.1.2. Роль чинників ризику та їх поєднань у виникненні ДТП

Аналіз робіт виявив декілька основних перспективних напрямків, які можуть вплинути на стан безпеки руху і висвітлені у [11–14]. Деякі роботи [15] присвячені питанням розробки теоретичних засад формування нормативної

бази безпеки дорожнього руху та прогнозування дорожньо-транспортних пригод.

У них сформовано методологію підвищення безпеки дорожнього руху на основі розроблення системи стандартів та інших нормативних документів, які дозволяють проводити сертифікацію процесів у системі “водій – автомобіль – дорога – довкілля” та систематичний нагляд за сертифікованими елементами системи.

Інші роботи [16] присвячені розробці методу аналізу та підвищенню безпеки дорожнього руху на основі енергетичних характеристик руху транспортного потоку. Введено поняття “небезпеки дорожнього руху”, на основі якого сформульовані частинні поняття “абсолютної, загальної і місцевої небезпек руху” одиночного транспортного засобу та транспортного потоку, для яких виведені відповідно миттєва, просторова та часова енергетичні характеристики що об'єктивно зв'язують показники руху транспортного потоку з показниками аварійності.

Проблема аварійності на зосереджених ділянках автодоріг повно висвітлена у [17], в якій аналітичним та експериментальним шляхом визначена множина типів конфліктних точок між транспортними і пішохідними потоками, необхідна і достатня для коректної оцінки ступеня конфліктності як регульованих так і нерегульованих перехресть. У роботі запропонована оцінка безпеки кожного з типів конфліктних точок, яка враховує статистичну ймовірність скоєння дорожньо-транспортної пригоди залежно від характеристик транспортних і пішохідних потоків, а також дорожніх умов. Також розроблена методика апріорної оцінки рівня безпеки руху транспортних засобів та пішоходів на перехрестях вулично-дорожньої мережі, що враховує характеристики транспортних і пішохідних потоків, наявні конфліктні точки між ними, дорожні умови, ступінь тяжкості та можливі збитки від ймовірних дорожньо-транспортних пригод.

Забезпеченню безпеки руху на перехрестях за допомогою світлофорного регулювання і зміни циклів його роботи присвячені роботи [18, 19], на нерегульованих перехрестях на одному рівні [20].

Аналіз досліджень, що розглянуті у цьому розділі, дозволив відзначити ряд моментів, які вищевказані автори, у силу специфіки своїх робіт, не враховували:

-по-перше, у багатьох роботах зроблено висновки, що дорожній фактор займає дуже невеликий відсоток у впливі на виникнення аварійної ситуації;

-по-друге, до теперішнього часу не існує єдиної методики виявлення впливу того або іншого фактору на безпеку дорожнього руху.

-по-третє, при дослідженні впливу дорожнього фактору на аварійність вивчено вплив в основному геометричних характеристик автомобільних доріг та стан покриття автодороги; інженерне обладнання та технічні засоби практично завжди залишаються поза увагою.

Слід відзначити, що серед наведених інструментів, що реалізуються через різні заходи, немає єдиного та радикального засобу для підвищення безпеки дорожнього руху.

Виходячи із вищевказаного, серед іншого, метою цього дослідження є розробка теоретичних засад оцінювання впливу інженерного обладнання автомобільних доріг по рівню безпеки дорожнього руху.

Організаційно-правовою основою наявності на автомобільних дорогах інженерного обладнання є правила дорожнього руху, загальнодержавні стандарти, нормативні документи, що регламентують діяльність підрозділів дорожньо-експлуатаційної служби та Державтоінспекції.

1.3. Аналіз відомих методів аналізу дорожньо-транспортних пригод та пропозиції щодо їх удосконалення

Незважаючи на те, що кожне конкретне ДТП представляє собою випадкове явище, статистичний аналіз великого об'єму інформації дозволяє

знаходити загальні закономірності їх виникнення. Можна назвати три характерних напрямки вивчення матеріалів обліку ДТП, які необхідні для якісної організації дорожнього руху:

- оцінка стану аварійності (рівня аварійності) на певній адміністративній території або в транспортній системі та виявлення тенденцій в її змінах у зв'язку з заходами з організації руху, що проводяться;
- виявлення причин і факторів, що обумовлюють виникнення ДТП та розробку заходів щодо їх усунення;
- виділення місць та ділянок доріг з найбільшою концентрацією ДТП (ділянок аварійності).

Вивчення методів аналізу ДТП дає змогу всебічно розглянути проблему виникнення передумов скоєння аварій та дійти до нових, нетипових до цього дня рішень щодо оцінювання небезпек на автодорогах та вжиття дієвих заходів щодо зменшення аварійності не витрачаючи на це надвеликих коштів [21, 22]. Відповідно до названих трьох напрямків аналізу можна умовно підрозділити і його методи. До них відносять: топографічний, кількісний та якісний аналізи.

1.3.1 Топографічний аналіз дорожньо-транспортних пригод

Топографічний аналіз [23] призначений для виявлення місць концентрації ДТП в просторі (пересіченні, ділянці дороги). Розрізняють три види топографічного аналізу: карту ДТП, лінійний графік ДТП, масштабну схему (ситуаційний план) ДТП.

Карта ДТП може бути виконана у вигляді звичайної карти у відповідному масштабі, на яку умовними позначеннями нанесені місця скоєння ДТП. Причому в залежності від цілей топографічного аналізу, що проводиться на карті, можуть бути умовно позначені види ДТП, тяжкість ДТП тощо. В результаті на карті у наглядному виді «проявляються» ділянки ДТП, привертаючи увагу спеціалістів для прийняття відповідних заходів.

Лінійний графік, як правило, складається для ділянки або всієї автомобільної дороги. Масштаб зображення збільшений у порівнянні з картою ДТП, що дозволяє більш детально класифікувати ДТП, наносячи їх за допомогою умовних зображень на графік. Ділянки ДТП на графіку підказують про несприятливі дорожні умови, які склалися в місцях їх зосередження.

Масштабна схема представляє собою по суті схему ДТП на пересіченні, площі, ділянці дороги та ін., виконану в крупному масштабі. На ній символічними зображеннями наносяться транспортні засоби, учасники ДТП, напрямки їх руху, тяжкість наслідків ДТП. Схема дозволяє приймати рішення про необхідність удосконалення організації руху на конкретній ділянці вулично-дорожньої мережі.

Проте, важливим доповненням до топографічного аналізу може бути нанесення на лінійну схему дати та часу доби. Цей захід додасть до схеми додаткову інформацію для встановлення істинних причин аварій. Також стає можливим більш точно призначати заходи для ліквідації ділянки аварійності (наприклад, влаштування зовнішнього освітлення, якщо більша частина ДТП трапилася у темний час доби, тощо).

1.3.2. Кількісний аналіз дорожньо-транспортних пригод

Кількісний аналіз [23] оцінює рівень аварійності по місцю (пересічення, вулиця) та часу їх скоєння (година, день, місяць, рік). Розрізняють абсолютні показники (загальна кількість ДТП, кількість загиблих чи поранених, сумарні збитки від ДТП) та відносні показники (кількість ДТП, що приходяться: на 100 тис. мешканців; на 1 тис. транспортних засобів; на 1 тис. водіїв; на 1 км протяжності дороги; на 1 млн. км пробігу та ін.). Абсолютні показники дають загальну уяву про рівень аварійності, дозволяють проводити порівняльний аналіз у часі та показують тенденції щодо зміни цього рівня.

Однак більш об'єктивними є відносні показники, які дозволяють проводити порівняльний аналіз рівня аварійності різних країн, регіонів, міст, магістралей тощо.

З перерахованих показників найбільш розповсюдженим і об'єктивним є показник K_a відносної аварійності (1.1), що враховує пробіг транспортних засобів:

$$K_a = \frac{\sum n_{дтп}}{\sum L}, \quad (1.1)$$

де $\sum n_{дтп}$ – кількість ДТП за період, що розглядається;

$\sum L$ – сумарний пробіг транспортних засобів за той же період, км.

З урахуванням середньодобової інтенсивності N руху транспортних засобів протягом року на ділянці магістралі протяжністю l показник відносної аварійності (1.2) на 1 млн. км пробігу:

$$K_a = \frac{10^6 \sum n_{дтп}}{365Nl}. \quad (1.2)$$

У зв'язку з різною ступеню тяжкості наслідків ДТП для можливості порівняльної оцінки та аналізу різних ДТП використовують коефіцієнт K_t тяжкості ДТП (1.3), що визначається як відношення кількості загиблих $\sum n_y$ до кількості поранених $\sum n_p$ за певний період часу:

$$K_t = \frac{\sum n_y}{\sum n_p}. \quad (1.3)$$

За даними офіційної статистики, показник тяжкості ДТП коливається в різних країнах від 1/5 до 1/40. Слід враховувати, що на K_t чинить великий вплив на повноту охопту ДТП з легкими тілесними пошкодженнями, що у свою чергу, в значній мірі залежить від правових положень з страхування.

Тяжкість наслідків від ДТП може бути охарактеризована залежностями (1.4) – (1.6), крім того, відношенням кількості загиблих n_y або поранених n_p до загальної кількості ДТП:

$$K_T^* = \frac{\sum n_y}{\sum n_{\text{ДТП}}}; \quad (1.4)$$

$$K_T^{**} = \frac{\sum n_p}{\sum n_{\text{ДТП}}}; \quad (1.5)$$

$$K_T^{***} = \frac{\sum n_y + \sum n_p}{\sum n_{\text{ДТП}}}. \quad (1.6)$$

Для оцінки тяжкості окремого виду ДТП (зіткнення, перекидання тощо) може бути використаний показник, який представляє собою відношення кількості загиблих (поранених) до кількості ДТП даного виду.

Щоб визначити втрати від ДТП, розроблені різні методики розрахунку матеріального збитку від ДТП. Загальний принцип їх наступний: втрати умовно ділять на прямі та непрямі.

До прямих відносять матеріальні втрати, що відбулися у результаті:

- пошкодження або знищення матеріальних цінностей (транспортних засобів, вантажів, що перевозяться, технічних засобів організації дорожнього руху та облаштування доріг);
- транспортування та відновлення транспортних засобів;
- ремонт дорожніх споруд і елементів облаштування доріг;
- надання допомоги та лікування людей;
- виплати грошової допомоги і пенсій потерпілим та їх сім'ям;
- затримки руху (втрати часу транспортними засобами, перевитрата палива, втрати часу пасажирями тощо).

До непрямих втрат відносять втрати, пов'язані з тимчасовим або повним припиненням трудової діяльності членів суспільства, тобто умовну втрату частини національного прибутку країни. Для доповнення кількісного методу аналізу ДТП пропонується при врахуванні прямих втрат від ДТП (пошкодження елементів автодороги), закладати не тільки вартісний коефіцієнт, а і номенклатурний, якій би вказував, що саме пошкоджено, кількість або довжину елемента, що підлягає ремонту або заміні.

Цей захід надав би можливість після аналізу провести роботи по модернізації інженерного обладнання автомобільних доріг з метою подальшого недопущення їх пошкодження (наприклад, встановлення гнучких сигнальних стовпчиків), або зменшення втрат від зіткнення ДТЗ з ними (наприклад, встановлення дерев'яних стояків дорожніх знаків замість металевих або залізобетонних).

1.3.3 Якісний аналіз дорожньо-транспортних пригод

Якісний аналіз ДТП [23] служить для встановлення причинно-наслідкових факторів виникнення і ступеня їх впливу на ДТП. Цей аналіз дозволяє виявити причини і фактори виникнення ДТП по кожному із складових системи «Дорожній рух». Аналіз причин ДТП дозволяє звести їх у наступні однорідні за характером групи:

- недотримання правил дорожнього руху учасниками цього руху, тобто водіями, пішоходами і пасажирями;
- вибір водіями таких режимів руху, при яких вони втрачають можливість керувати транспортними засобами, в результаті чого виникають заноси, перекидання, зіткнення тощо;
- зниження психофізіологічних функцій учасників руху в результаті перевтомлення, хвороби, вживання алкогольних напоїв, наркотиків, ліків під впливом факторів, що сприяють зміні його нормального стану;
- незадовільний технічний стан транспортних засобів;

- неправильне розташування та закріплення вантажу;
- незадовільне влаштування та утримання елементів дороги і дорожньої обстановки;
- незадовільна організація дорожнього руху.

При аналізі дорожньо-транспортних пригод найбільш просто віднести їх причину до водія, який, як вважають, зобов'язаний миттєво реагувати на зміну дорожньо-транспортної ситуації та компенсувати недосконалість складових системи «людина - автомобіль - дорога - середовище» необхідними прийомами керування, що забезпечує безпечний режим руху.

Однак така впевненість недостатньо обґрунтована. Багато ДТП трапляється через недосвідченість, недобросовісність або халатність деяких посадових осіб, наприклад дорожньо-транспортні пригоди, які виникають через дефекти транспортних засобів, поганого освітлення вулиць, незадовільного стану проїзної частини, неправильної розмітки вулиць, невірного встановлення та незадовільного стану дорожніх знаків тощо.

На відміну від систем автоматичного регулювання водій не має запрограмованої системи відповідей на все незліченне різноманіття дорожньо-транспортних пригод. Розглядаючи можливі варіанти рішення задачі в обмежений проміжок часу, він може допускати помилки, кількість яких збільшується при зниженні його психофізіологічних можливостей в процесі роботи.

При врахуванні цієї обставини за такими офіційними причинами ДТП, як перевищення швидкості, неправильний обгін або поворот, наїзд на пішохода тощо, в багатьох випадках виявилось би, що істинною причиною дорожньо-транспортних пригод є не помилкові дії водія, а інші фактори, що відносяться або до дороги, або до автомобіля, або до одного та другого одночасно. В результаті було достатньо самого незначного непорозуміння водієм дорожньої ситуації, щоб виникла небезпека дорожньо-транспортної пригоди [28].

Аналіз великої кількості дорожньо-транспортних пригод дозволив встановити, що на кожні 100 ДТП приходить близько 250 причин і супутніх факторів. За

матеріалами світової статистики розподілення причин ДТП приблизно наступне:

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

На зіткнення, наїзди на перешкоди, пішоходів та велосипедистів припадає близько 90% від усіх ДТП. Понад 50% ДТП вдалося б уникнути, якби ізолювати пішохідні та велосипедні потоки від автомобільних.

Основні причини виникнення ДТП наступні:

- управління транспортним засобом у нетверезому стані;
- перевищення швидкості;
- порушення правил маневрування;
- порушення правил обгону;
- виїзд на смугу зустрічного руху;
- порушення правил проїзду перехресть;
- недотримання дистанції;
- відвертання від управління;
- перехід через проїзну частину в невстановленому місці;
- неочікуваний вихід на проїзну частину.

У темну пору доби обсяг руху становить не більше 20 % середньодобового. У той же час, як показують дослідження, незважаючи на зниження середніх швидкостей руху і його інтенсивності, за цей період трапляється 44 % усіх ДТП, що зумовлює підвищену тяжкість пригод внаслідок відсутності природного освітлення. Інші 56 % ДТП відбуваються в світлу пору доби. Останнім часом значно зросла частка ДТП, що скоїлися в умовах незадовільного стану вулиць і доріг. Найбільша кількість ДТП, при яких зафіксовано незадовільні дорожні умови, відбуваються за відсутності або невірного застосування дорожньої розмітки, відсутності тротуарів та на слизькому дорожньому покритті. Питома вага ДТП через відсутність

дорожньої розмітки або невірне її застосування становить 73%, а через зимову слизькість – 10 % від загальної кількості пригод, пов'язаних з незадовільними дорожніми умовами [29]. Тому виникає потреба у більш досконалому вивченні кожної окремої складової інженерного обладнання доріг для виявлення їх впливу на дорожню аварійність.

Найбільш оптимальним рішенням аналізу аварійності у дослідженні вважаємо вивчення такої шляхом аналізу карток місць концентрації дорожньо-транспортних пригод (МК ДТП). Сучасні картки МК ДТП включають до себе елементи всіх аналізів, що розглянуто: розглядається конкретна ділянка, будується схема ділянки, заносяться дані про кількість ДТП, точний час, обставини, кількість загиблих, постраждалих тощо. Картки МК ДТП передбачають запис запропонованих заходів, та ефективність їх запровадження при подальшому їх нагляді. Також позитивним фактором на користь аналізу аварійності на основі карток МК ДТП є те, що вони складаються колегіального (представниками Державтоінспекції, власника автодоріг та дорожньо-проектних організацій), що дає змогу сподіватися на більш незалежну та точну оцінку аварійності.

1.4. Аналіз існуючих методів виявлення небезпечних ділянок автодоріг

На сьогодні відома низка методик оцінювання рівня БДР на автомобільних дорогах загального користування та вулиць населених пунктів. Це обумовлено великою кількістю ДТП на автодорогах та необхідністю аналізу та призначення дієвих заходів щодо їх зменшення.

Ці методи можливо поділити на наступні основні умовні групи:

- статистичні;
- імовірнісні;
- методи, засновані на аналізі режиму руху автомобіля на ділянці, що оцінюється;
- метод конфліктних точок;

- метод технічних транспортних конфліктів (конфліктних ситуацій).

1.4.1 Статистичні методи

Метод оцінювання рівня БДР на основі аналізу статистичних даних ДТП здійснюється саме на оцінці статистики. Це один з найпоширеніших методів; рівень БДР зазвичай оцінюють на основі абсолютних, відносних і питомих показників аварійності. Абсолютні показники дозволяють провести оцінку БДР на обраній ділянці автодороги через загальну кількість ДТП за певний проміжок часу. При цьому небезпечними вважаються ті ділянки, на яких число ДТП за даний період перевищує певне число.

У різних країнах є різні критерії безпеки ділянки дороги, з якими порівнюються фактичні значення. Наприклад, у Великобританії ділянка дороги вважається небезпечною, якщо на неї за три роки сталося одне або більше ДТП з пораненням людей на відрізку дороги протяжністю 0,16 км (0,1 милі).

В Німеччині небезпечним вважається та ділянка, яка відповідає одній з наступних умов:

- а) довжина ділянки менше 300 м; впродовж року на неї сталося 10 ДТП і більше різного виду або 4 ДТП і більше одного виду;
- б) довжина ділянки від 300 до 1000 м; впродовж року на неї сталося 20 ДТП і більше різного виду або 8 ДТП і більше одного виду.

У Бельгії до числа небезпечних відносять ділянки протяжністю до 1 км, на якому впродовж року було зареєстровано не менше 10 ДТП всіх видів.

Аналогічні методи виявлення небезпечних ділянок використовуються також у багатьох інших країнах [30]. На практиці абсолютні показники аварійності використовуються як правило для визначення масштабів аварійності, оцінки матеріальних збитків від ДТП тощо. Але ці показники неможливо використовувати при проведенні порівняння аварійності у різних регіонах країни. Це обумовлено різною кількістю транспортних засобів, різного складу

транспортних засобів у транспортному потоці, різною протяжністю мережі доріг, особливостей якості експлуатаційного утримання доріг природно-кліматичних умов тощо.

Для порівняльного аналізу використовують такі відносні показники аварійності, як число ДТП, число загиблих або поранених на 1 млн. км пробігу автомобілів, на 100 тис. жителів, на 10 тис. транспортних засобів, на 100 млн. пас./км тощо. Методи оцінювання БДР, що побудовані на статистичному аналізі мають низку недоліків, а саме:

- цей метод неможливо застосовувати при відсутності надійних статистичних даних,
- статистичні дані про ДТП повинні бути акумульовані за достатньо тривалий період (3 - 5 років), з метою уникнення статистичних погрешностей;
- статистичний аналіз можливо проводити спираючись на ці дані тільки при повній впевненості, що за час, що аналізується на мережі автодоріг не відбулися значні зміни (реконструкція, будівництво розв'язок тощо);
- при вивченні статистичних даних за межами дослідження залишаються випадки, коли ДТП не відбулося лише за високою кваліфікацією водія;
- немає повній впевненості в об'єктивності та кваліфікації фахівця, що складав матеріали про скоєння ДТП;
- за період що оцінюється можливі зміни характеристик та умов транспортного потоку (збільшення інтенсивності руху та складу транспорту у транспортному потоці).

1.4.2. Методи, які засновані на аналізі режиму руху автомобіля на ділянці, що оцінюється

До методів цієї групи відноситься метод коефіцієнта безпеки [35]. Аналіз розподілу ДТП показує, що значна їх кількість зосереджена на порівняно невеликих, локальних ділянках, які відрізняються від попередньої ділянки різким погіршенням дорожніх умов.

Водії, проїжджаючи таку ділянку, вимушені різко знижувати швидкості руху, і часто через несвоєчасні або неадекватні по відношенню до дорожньої обстановки дії потрапляють в аварійну ситуацію або в ДТП. До таких ділянок можна віднести перехрестя, залізничні переїзди, пости ДАІ тощо. В якості критерію небезпеки застосовується коефіцієнт безпеки, який є відношенням швидкості v , що забезпечується небезпечною ділянкою дороги, до швидкості $v_{вх}$. За величиною значення коефіцієнта безпеки визначається ступінь небезпеки даної ділянки дороги (табл. 1.2).

Таблиця 1.2

Визначення ступеню небезпеки ділянки дороги за величиною коефіцієнта безпеки

Характеристики ділянки	$K_{без}$
Ненебезпечна	більше 0,8
Малонебезпечна	0,6 – 0,8
Небезпечна	0,4 – 0,6
Дуже небезпечна	менше 0,4

У проектах нових доріг не допускаються ділянки, на яких $K_{без} < 0,8$.

Метод коефіцієнту безпеки дозволяє по епюрі швидкостей виявити небезпечні ділянки дороги. Проте наступні недоліки обмежують сферу застосування цього методу: - враховується вплив на безпеку руху тільки взаємодії автомобіля з дорожніми умовами, і не враховується вплив транспортного потоку, або навички водія; - не враховується вплив початкової швидкості на коефіцієнт безпеки; - не враховується вплив ЗППЗ ДР, що залишилися поза межею ділянки, що досліджується, але передують їй.

2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ З УДОСКОНАЛЕННЯ ОЦІНКИ БЕЗПЕКИ РУХУ НА ОКРЕМИХ ДІЛЯНКАХ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

2.1 Загальні положення

Організація та забезпечення безпечного руху транспортних засобів представляє собою комплекс інженерних та організаційних заходів, що визначаються і регулюються існуючими нормативними актами та правилами. Ці заходи реалізуються за допомогою символів, пристроїв, систем тощо.

Звичайно, різні інструменти призначено для різних певних дій, вони по різному оказують вплив на водія або на автомобіль, але з однією метою - зменшити ймовірність попадання транспорту у ДТП.

В багатьох країнах світу питанням уніфікації професійної термінології, зокрема дорожньої, приділяється багато уваги. Це необхідно для систематизації та уніфікації професійної мови, а також для поліпшення взаєморозуміння при інтенсивному міжнародному співробітництві.

Закон України «Про автомобільні дороги» [37] є одним з регулюючих документів у сфері безпеки дорожнього руху. У Статті 1 «Визначення термінів» Закон розмежовує трактування систем, які на сьогодні дієво приймають участь у забезпеченні безпеки руху на дві категорії. Це Технічні засоби – «...спеціальні технічні засоби, призначені для організації та регулювання дорожнього руху (дорожні знаки, інформаційне табло, дорожня розмітка, сигнальні стовпчики, транспортні та пішохідні огороження різних типів, світлофорне обладнання тощо)», та Інженерне облаштування – «... спеціальні споруди та засоби, призначені для забезпечення безпечних та зручних умов руху (освітлення, технологічного зв'язку, вимірювання вагових і габаритних параметрів транспортних засобів, примусового зниження швидкості тощо)».

Одна з сучасних науково-довідкових робіт «Довідник дорожніх термінів» [3], який вийшов під редакцією професора В.В. Ушакова у 2005 році теж не дає

чіткого та однозначного визначення ресурсам, що впливають на зменшення наслідків або уникнення аварій. Наприклад, у Довіднику відзначається, що огороження бар'єрне утримуюче – «... це пристрій, що складається з стійок, кронштейнів та профільної сталевий балки», розмітка горизонтальна – «... це позначення, що наносяться на проїзну частину дороги та встановлюють певні порядок та режими руху», дорожні знаки - «... елементи обстановки дороги, що містять умовні позначення та надписи», а перехід пішохідний – «...це облаштування дороги, що призначене для безпечного переходу доріг (вулиць) пішоходами».

Виходячи з розглянутого матеріалу, а також необхідності уніфікації всіх інструментів, що використовують дорожні служби для зменшення аварійності на автомобільних дорогах пропонується ввести в обіг новий термін – Засоби пасивного протиаварійного забезпечення дорожнього руху (ЗППЗ ДР) – сукупність технічних засобів організації дорожнього руху та інженерного облаштування автомобільних доріг, що забезпечує уникнення або зниження тяжкості наслідків від ДТП без активних дій учасників дорожнього руху.

Введення нового терміну дає змогу об'єднати велику кількість визначень та технічних формулювань, що надає у подальшому можливість чітко відрізнити заходи та дії при забезпеченні безпеки використання автомобільного транспорту.

До дорожньо-транспортних пригод, що пов'язані з незадовільним станом доріг, відносяться всі ДТП, викликані невідповідністю технічних параметрів дороги вимогам сучасного руху (недостатня ширина проїзної частини, малі радіуси кривих в плані і профілі, вузькі мости тощо), а також пов'язані з недоліками в утриманні і облаштуванні доріг: підвищена ковзкість дорожнього покриття, забруднення покриття і вибоїни на ньому, незадовільний стан узбіч, об'їздів і примикань, поганий стан мостів і під'їздів до них, звуження проїжджої частини через неповне очищення від снігу, обмежена видимість через розростання зелених насаджень.

Проте, найчастіше зустрічаються такі недоліки, як відсутність або неправильна установка дорожніх знаків, розмітки, відсутність огорожі, тобто засобів пасивного протиаварійного забезпечення дорожнього руху, їх недостатня видимість. Під "окремими ділянками автомобільних доріг" у дипломній роботі розуміють рівні ділянки автомобільної дороги (вулиці) довжиною до одного кілометра (вивчається аварійно-небезпечна ділянка (АНД) із зонами впливу); розв'язки на одному рівні; залізничні переїзди, штучні споруди, майданчики для зупинок і стоянок автомобілів, пішохідні переходи та інші АНД.

2.2 Критерії визначення впливу технічних засобів автомобільних доріг на безпеку руху

Рівень досліджень щодо впливу транспортно-експлуатаційних якостей автомобільних доріг та їх технічного обладнання на безпеку руху може бути оцінений за допомогою декількох критеріїв. Більшість досліджень не заснована на представницькій вибірці, отриманій на основі відомої сукупності даних. У цьому полягає основна слабкість цих досліджень.

Строго кажучи, багато результатів не можуть бути поширені на інші місця або інші дорожні умови, окрім тих, на яких дослідження були проведені. У багатьох випадках, наприклад, невідомо, до якої теоретичної величини кількості жителів населеного пункту відноситься дослідження. Це означає, що для того, щоб мати можливість узагальнення результатів конкретної ділянки автодороги, необхідно мати схожі результати повторних досліджень по таких же заходах і зроблених за приблизно однакових умов. Тільки ті результати, які отримані досить багато разів, можуть бути узагальнені та оброблені.

Розмір вибірки (кількість ДТП) у дослідженнях про вплив елементів доріг і їх інженерного обладнання (ЗППЗ ДР) на кількість ДТП відрізняється великими коливаннями. Невеликі вибірки, тобто мала кількість вимірів і недостатнє число проаналізованих ДТП, є основною проблемою у багатьох дослідженнях. Особливо це стосується досліджень щодо поліпшення

планування наземних нерегульованих пішохідних переходів, заходів по захисту від диких тварин на дорогах тощо, тому надійність статистичних результатів для вказаних заходів особливо низька.

Випадкові і систематичні помилки вимірів не можуть бути виключені ні в одному з досліджень. Неповна звітність по ДТП є загальною проблемою і вона є найбільш важливим джерелом можливих систематичних помилок при вимірах. До того ж не до кінця зрозуміло, як будуть впливати на статистику ДАІ ДТП із невеликими матеріальними збитками, де відсутні постраждалі, та при яких, згідно із сьогоdnішнім законодавством, виїзд працівників Державтоінспекції не обов'язковий. Тільки у невеликій кількості досліджень використовується більше ніж одне джерело даних про ДТП (наприклад ДТП, які зареєстровані як у ДАІ, так і в установах охорони здоров'я, або служби безпеки руху автопідприємств з тим, щоб довести, що пропуски у звітності про ДТП впливають на кінцеві результати). У багатьох країнах ця звітність включає як ДТП із травматизмом, так і ДТП із матеріальним збитком. Ступінь впливу заходу на кількість ДТП має, за інших рівних умов, значення залежно від того, чи є вона статистично обґрунтованою або ні. У великих вибірках у порівнянні з малими вибірками можна показати лише невеликі величини впливу. При виконанні комплексного аналізу робляться розрахунки цілого ряду дій. Для ствердження про те, що будь-який захід є причиною зміни у кількості ДТП, необхідно показати, що ці зміни не можуть бути пояснені іншими явищами. Подібна вимога в його точному розумінні може бути виконана тільки у ході експериментів. При виконанні досліджень не експериментального характеру ніколи не можна виключити, що зміни, які були виявлені у кількості ДТП, були обумовлені іншими причинами, окрім досліджуваного заходу. Так саме важливо шукати обґрунтоване пояснення отриманих результатів. Особливо важливо це у тих випадках, коли поведінка учасників дорожнього руху мало вивчена. Влаштування пішохідних і велосипедних доріжок є хорошим прикладом. Нерідко зниження кількості ДТП пояснюється прийняттям цього заходу.

Але можливо також, що не всі велосипедисти і пішоходи користуються влаштованими доріжками, або ж, що водії автомобілів підвищують швидкість, коли велосипедний і пішохідний рух відведений на окрему спеціально запроєктовану доріжку або смугу. Інші зміни поведінки учасників дорожнього руху також документально не зафіксовані. Тому подібні вірогідні пояснення можуть вважатися тільки гіпотезами, а не науково обґрунтованими [23].

2.3 Особливості впливу заходів із застосування інженерного обладнання на аварійність

Вплив заходів із застосування інженерного обладнання автомобільних доріг на рівень аварійності коливається від одного заходу до іншого. Серед заходів, які згідно з розглянутими дослідженнями знижують рівень аварійності, є: влаштування дорожніх знаків із новим типом плівки, влаштування освітлення, встановлення протизасліплювальних екранів, комплексне облаштування наземних нерегульованих пішохідних переходів сучасними ЗППЗ ДР тощо. Велика частина зниження кількості ДТП з травматизмом відноситься до групи поліпшення дорожнього обладнання і обумовлена наявністю бар'єрної огорожі. В той же час немає доказів того, що наявність огорожі знижує кількість ДТП з матеріальним збитком; такий аналіз просто дуже важко провести. У низки заходів особливості впливу обумовлені способом реалізації заходу або місцевими умовами. Певні схеми каналізування перетинів в одному рівні знижують кількість ДТП, але не всі. Облаштування кільцевих перетинів дозволяє понизити кількість ДТП з травматизмом, але призводить до збільшення кількості ДТП з матеріальним збитком. Поліпшення стану узбіч доріг впливає позитивно тільки поза населеними пунктами. Прості заходи з поліпшення дорожніх умов наприклад, спорудження пішохідних і велосипедних доріжок або нових головних і другорядних доріг в населених пунктах, не знижують кількість ДТП з травматизмом. Можливим поясненням є те, що вони створюють нові потоки руху. Заходи, природно, знижують

аварійність на кілометр пройденого шляху, але не завжди можливо довести збільшення пробігу автомобілів. У деяких випадках має місце зниження аварійності в одному місці, але підвищення її в іншому. Такий перехід ДТП, наприклад, з ділянок з поліпшеним інженерним обладнанням дороги на інші, менш досконалі ділянки, називається «міграцією ДТП».

Причини цього явища мало вивчені. До того ж, тільки небагато досліджень виявляють цю тенденцію і невідомо, наскільки це явище характерне при вжитті комплексних заходів на дорожній мережі [38].

2.4 Визначення показників засобів пасивного протиаварійного забезпечення дорожнього руху

До показників технічних засобів, що забезпечують безпеку дорожнього руху, у тому числі у темну пору доби, або при несприятливих погодних умовах згідно з [39] належать:

- світлоповертальний ефект поверхні дорожніх знаків згідно з ДСТУ 4100 [40];
- відстань видимості вертикальної та горизонтальної розмітки згідно з ДСТУ 2587 [41];
- світлоповертальний ефект вставок розмічальних дорожніх згідно з ДСТУ 4036 [42];
- сила сигналів світлофорів згідно з ДСТУ 4092 [43];
- відстань видимості направляючих пристроїв згідно з ДСТУ Б В.2.3-9 [44];
- видимість примусового зниження швидкості згідно з ДСТУ 4123 [45];
- рівень шуму при наїзді ТЗ на шумові смуги згідно з СОУ 45.2-00018112-029 [46];
- зниження засліплювання водіїв при використанні протизасліплювальних екранів.
- ступінь небезпеки для ТЗ безпосередньо технічного засобу при ймовірному зіткненні з ним (ступінь деформаційності). Аналітична та експериментальна частини розділу повинні показати, як ті або інші фактори впливають на

прийняття рішень водієм у системі «водій - дорога». З метою систематизації дослідження прийнято рішення формально поділити проведення аналітичної роботи та експериментів на 4 основних напрямки:

1. Вивчення впливу відсутності або наявності ЗППЗ ДР на прийняття рішень водієм.
2. Вивчення впливу недостатньої видимості ЗППЗ ДР на прийняття рішень водієм.
3. Вплив окремих ЗППЗ ДР на рух транспортного потоку.
4. Вплив деяких ЗППЗ ДР на тяжкість наслідків у разі зіткнення з ними транспортних засобів.

Проведення цієї роботи повинно дати змогу зрозуміти, чи можливо впливати на зниження або навпаки підвищення показників ЗППЗ ДР для подальшого їх урахування при комплексній оцінці БДР на конкретній ділянці автомобільної дороги. Також це допоможе розробити зрозумілу шкалу показників безпеки дорожнього руху, як коефіцієнтів, з метою застосування їх у підсумковій формулі оцінки БДР за допомогою балів.

2.5 Розробка методу оцінки безпеки дорожнього руху на окремих ділянках автомобільних доріг

2.5.1 Загальні положення

Оцінка ступеню безпеки руху на дорозі має основне значення для служб експлуатації доріг і організації руху при виявленні небезпечних ділянок і розробці заходів з поліпшення умов руху. На нещодавно побудованих дорогах, запроектованих за сучасними будівельними нормами і правилами, небезпечні ділянки можуть виникнути тільки при порушенні проектувальниками або будівельниками нормативних вимог до елементів траси або ставати небезпечними в результаті перевищення водіями розрахункових швидкостей або швидкостей, що відповідають коефіцієнтам зчеплення шин з покриттям при погоді, що погіршала. При розробці або удосконаленні методів оцінювання

БДР необхідно встановити серед іншого вплив на безпеку руху перемінних дорожніх факторів та дати кількісну та якісну оцінку ступеню їх зміни. Ці фактори обумовлюють вибір математичної моделі, яка повинна відповідати наступним вимогам:

- використання випадкових величин, що характеризують рівень аварійності на автодорогах, та дозволяють виявити небезпечну ділянку;
- оперування мінімальною необхідною вибіркою даних про ДТП;
- використання того типу математичних кривих розподілу, які забезпечать опис розподілу «випадкових» ДТП на мережі автодоріг з необхідним наближенням;
- виявлення ділянок доріг, на яких спостерігається перевищення стабільної кількості ДТП.

Всі методи виявлення небезпечних ділянок, що на сьогодні пропонуються, засновані на даних статистики дорожньо-транспортних пригод.

В різний час були запропоновані наступні методи: аналіз статистичних даних методами теорії ймовірності; використання даних багатofакторного кореляційного аналізу; аналіз епюри швидкостей руху (методи коефіцієнтів безпеки і «шуму прискорення»); аналіз за допомогою коефіцієнтів відносного впливу окремих елементів дороги (метод коефіцієнтів аварійності); метод конфліктних ситуацій. На сьогодні Укравтодором запропонована Методика оцінки рівнів безпеки руху на автомобільних дорогах України М 218-03450778-652:2008 [47]; оцінювання рівнів аварійності Методикою рекомендується проводити за наступними мікро-показниками:

- визначення коефіцієнта пригод; - визначення головних статистик покілометрового розподілу аварійності на ділянках доріг загального користування та частки ДТП, що сталися за умов незадовільного утримання доріг; - визначення коефіцієнта аварійності.

Коефіцієнт пригод (Кпр), за яким і проводиться оцінка ділянок автомобільних доріг за ступенем небезпеки для руху визначається для однорідних за інтенсивністю руху ділянок автомобільних доріг відповідно для кількості ДТП з постраждалими або загальної їх кількості за формулою:

$$K_{np} = \frac{10^6 \cdot z}{365 \cdot t \cdot N \cdot L}, \quad (2.1)$$

де K_{np} – кількість ДТП на 1 млн. автомобіле-кілометрів пробігу,

z – кількість ДТП на ділянці автомобільної дороги, шт.;

t – кількість років спостереження за розподілом ДТП (рекомендується три роки);

N – середньорічна добова інтенсивність руху за останній рік періоду спостереження за розподілом ДТП на ділянці дороги, авт./добу,

L – довжина ділянки, км (не враховується для коротких ділянок протяжністю менше ніж один кілометр).

Тобто метод потребує збирання статистичного матеріалу перед кожним виїздом на ділянку автодороги, що підлягає оцінюванню. Як видно з (2.1), для визначення ризиків впливу різних чинників на аварійність в усіх запропонованих методах оцінювання рівня БДР потрібна така складова як інтенсивність руху; цей параметр необхідний і для запропонованого нижче оцінювання БДР балами у вигляді коефіцієнта впливу.

Характерною ознакою впливу інтенсивності руху на аварійність є закономірне зростання ДТП із збільшенням інтенсивності руху. Цей факт встановлений багаточисленними дослідженнями [48, 49].

У 2012 році Укравтодором було розроблено Методику проведення аудиторських перевірок безпеки дорожнього руху на стадії експлуатації автомобільних доріг загального користування [50], серед іншого у методиці було запропоновано експрес-метод визначення інтенсивності руху транспортних засобів. Цей спосіб автором випробувався, та вже пропонувався, як дієвий засіб визначення одного з параметрів при оцінюванні ризику ДТП [51].

2.5.2 Основні положення методу оцінювання безпеки дорожнього руху балами

Згідно з [52] лінійний аналіз аварійності та оцінка умов безпеки руху повинні проводитись власником дороги або дорожнім підприємством в межах її обслуговування з метою оперативного виявлення місць концентрації дорожньо-транспортних пригод (МК ДТП), у яких супутніми факторами могли бути недоліки в експлуатаційному утриманні ділянки дороги. Аналіз треба виконувати щомісячно з наростаючим підсумком протягом року.

На відміну від існуючих методів, про які йшлося вище, запропонований метод оцінювання БДР балами не вимагає наявності оперативної статистики ДТП перед кожним обстеженням доріг, проте одночасно вимагає глибоких знань в оцінювача (аудитора) вимог сучасних нормативів, що регламентують встановлення та утримання ЗППЗ ДР. Пропонується оцінювати умови безпеки руху підсумковою сумою балів (за 100-баловою шкалою), що враховують низку характеристик облаштування дороги.

На наш погляд, в умовах, коли оцінка умов безпеки руху на дорогах згідно з [53] покладена на представників власника автодоріг, такий спосіб виглядає ефективніше, так як власник доріг не завжди або не в повній мірі володіє достовірною статистичною інформацією про ДТП на ділянці, що оцінюється.

Так, листом від 07.02.2008 р. № 7-р-204 Служба автодоріг у Луганській області інформувала Укравтодор про виявленні у статистиці ДТП розбіжності. За даними, що надіслав Департамент ДАІ МВС до Укравтодору, за 12 місяців 2017 року на автодорогах Луганської області сталося 459 ДТП, при обстеженні яких було виявлено недоліки в експлуатаційному утриманні доріг, а за даними Служби автодоріг у Луганській області – 386. Розбіжність склала 73 ДТП, або 16,2%. Звісно, маючи такі факти, на власну статистику власник доріг повинен спиратися обережно. Тобто можна казати про систематичні помилки вимірів через неповну реєстрацію пригод, що є системною погрішністю.

До того ж у зв'язку із наміром ввести на території України так звані «Європротоколи», дія яких передбачає оформлення ДТП без представників Державтоінспекції та відповідно і власників доріг у разі відсутності загиблих та постраждалих та невеликої кількості збитків, не виявляється можливим дослідити причини виникнення цієї категорії ДТП через відсутність інформації про них.

При розробленні метода експертного оцінювання БДР балами було проаналізовано картки МК ДТП у період з 2007 по 2013 роки. Картки МК ДТП виглядають як найбільш надійне джерело інформації, так як складаються одночасно представниками власника автодоріг, Державтоінспекцією та дорожньо-проектною організацією, та є об'єктом державної статистичної звітності.

За проведеним аналізом було з'ясовано, що на 95 % заходи передбачали встановлення нових або заміну існуючих ЗППЗ ДР. Так, пропозиції щодо використання дорожніх знаків у картках МК ДТП склало 30,43 %; використання горизонтальної дорожньої розмітки склало 30,43 %; використання напрямних стовпчиків склало 8,69 %; використання світлофорів склало 8,69 %; використання огороження склало 8,69 %; використання засобів примусового зниження швидкості склало 4,34 %; використання протизасліплювальних екранів склало 4,34 %; використання шумових смуг склало 4,34 % (рис. 2.1).

Для отримання значень для впровадження 100-балової системи оцінки рівня аварійності конвертуємо відсотки у бали округляючи їх до десятих.

Однак, ці бали можна вважати коректними, коли всі технічні засоби мають стовідсоткову видимість у різних погодних та часових умовах згідно з існуючими нормативами. Чим більше часу знаходиться влаштований технічний засіб на дорозі, тим вище ймовірність недоотримання з нього інформації водієм; про це говорилося у розділі 3 цієї роботи. Показники технічних засобів, які забезпечують безпеку дорожнього руху, у тому числі у темну пору доби або при несприятливих погодних умовах.

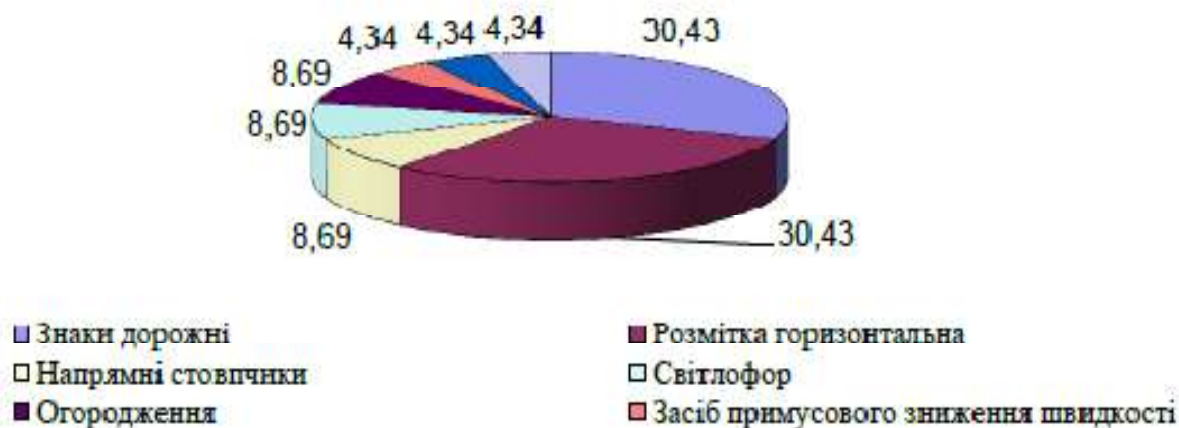


Рис.2.1. Розподіл використання засобів пасивного протиаварійного забезпечення дорожнього руху (ЗППЗ ДР) у заходах на місцях концентрації дорожньо-транспортних пригод (МК ДТП)

Тому виникає необхідність введення при обстеженні *понижуючого коефіцієнта видимості*. Понижуючий коефіцієнт необхідно застосовувати у випадках недостатньої зорової видимості технічного засобу на відстані, де аналогічний новий засіб вже чітко видний. Рекомендується при застосуванні понижуючого коефіцієнта не проводити заміри видимості технічних засобів спеціальними приладами, а використовувати лише випробувача із середнім ступенем зору, тобто змодельовати умови видимості об'єкту пересічним водієм. Це дуже важливий фактор, тому що за часовим аналізом карток МК ДТП аварії вдень склали 61,4 %, вночі – 21,4 %, у сутінки – 17,1 % [51].

Також окремо необхідно ввести понижуючий коефіцієнт, який би враховував ступінь небезпеки для ТЗ безпосередньо самого технічного засобу при ймовірному зіткненні з ним (ступінь деформативності). За одиницю у даному випадку можна прийняти ЗППЗ ДР, що виготовлені з матеріалів, які за сучасними порівняннями та дослідженнями признані як найнебезпечніші, тобто які мають демпферні властивості. Пропонується ввести коефіцієнт засобів пасивної протиаварійної безпеки, який базується на коефіцієнтах, що враховують наявність і стан засобів пасивної протиаварійної безпеки дорожнього руху:

$$K_{ЗППЗ} = 1 + (1 - K_{інф} \cdot K_{деф}), \quad (2.2)$$

де $K_{ЗППЗ}$ – коефіцієнт засобів пасивної протиаварійної безпеки;

$K_{інф}$, $K_{деф}$ – коефіцієнти інформованості водія і деформативності елементів інженерно-транспортного облаштування, що враховують зниження експлуатаційного стану технічного засобу (видимості) та його деформативні властивості (що впливають на тяжкість наслідків від ДТП).

Запропонований метод експертного оцінювання БДР також визиває інтерес через впровадження останнім часом на території України *аудиту дорожньої безпеки на стадії експлуатаційного утримання*, який саме покликаний проводити незалежну перевірку небезпечних ділянок автодоріг та призначати низьковартісні й ефективні заходи для зниження аварійності.

Слід відзначити, що згідно карток обліку ДТП, ефект від впровадження заходів на МК ДТП, склав 76,03 %, тобто можна говорити про стійку кореляційну залежність між виконанням саме цих заходів і зниженням аварійності, та навпаки, збільшення аварійності при невиконанні цих заходів.

Соціальну ефективність впровадження заходів розраховують за формулою:

$$E = \frac{Z_{до} - Z_{після}}{Z_{до}} \cdot 100\%, \quad (2.3)$$

де E – соціальна ефективність від впровадження заходів з безпеки дорожнього руху, %;

$Z_{до}$ – кількість ДТП на ділянці “до” виконання заходів з підвищення безпеки руху;

$Z_{після}$ – кількість ДТП на ділянці “після” виконання заходів з підвищення безпеки руху.

Оцінювання БДР необхідно проводити з проектом організації дорожнього руху, який буде виконувати роль еталона. Якщо на ділянці, що перевіряється, ПОДР не передбачає встановлення ЗППЗ ДР, то ділянка вважається за визначенням безпечною з точки зору впливу на аварійність дорожнього

фактора. Рекомендується проводити оцінювання: на рівній ділянці довжиною до 1 км (вивчається аварійно-небезпечна ділянка із зонами впливу); розв'язки в одному рівні, залізничні переїзди та інші АНД рекомендується досліджувати, як окремі об'єкти.

Необхідно підкреслити, що при виявленні недоліків на ділянці автодороги фахівець повинен мати достатньо глибокі знання, які стосуються вимог нормативів до правильного влаштування та ступеня придатності технічних засобів та інженерного облаштування; з метою мінімізації ризику помилки фахівця автором розроблено посібник [54], який повинен полегшити процес ідентифікації недоліків та визначення ступеня небезпеки на ділянці автодороги. Показники рівня безпеки окремих ділянок автомобільних доріг наведені у таблиці 2.3 [55].

Таблиця 2.3

Показники рівня безпеки окремих ділянок автомобільних доріг

Кількість балів	Критерій оцінювання	Рівень безпеки руху
0–25	ЗППЗ ДР встановлено згідно дислокації, відповідають нормативним вимогам, матеріали з безпечним рівнем деформативності	Безпечний
25–50	ЗППЗ ДР у наявності, деякі потребують оновлення	Малонебезпечний
50–75	ЗППЗ ДР частково відсутні, існуючі потребують оновлення або заміни	Небезпечний
75–100	Практично повна (або повна) відсутність ЗППЗ ДР. Існуючі недостатньо видимі або чимось загороджені. ЗППЗ ДР з небезпечним рівнем деформативності	Дуже небезпечний
Примітка. У таблиці сформульовано основні (типові) критерії, проте вони можуть змінюватися та компонуватися		

Слід відзначити, що запропонований метод є найбільш простим із відомих на сьогодні механізмом оцінки ступеня безпеки; він не потребує збирання додаткових даних.

2.5.3 Коефіцієнти, які враховують наявність і стан засобів пасивної протиаварійної безпеки дорожнього руху

Дослідження транспортних потоків, які базувалися на аналізі роботи Маркуца В.М. [56], та власних дослідженнях, дозволили встановити, що величини середньоквадратичних відхилень з 10 % похибкою можна прийняти рівними середнім значенням кількості досліджуваних транспортних засобів у потоці та у ДТП (за умови дотримання розмірності одиниць транспортного потоку на один досліджуваний автомобіль), тобто функція розподілу ймовірностей інтервалів руху ТЗ та частота їх потрапляння в ДТП буде мати вигляд:

$$f(x) = \Omega e^{-\Omega x - \frac{1}{\Omega}}, \quad (2.4)$$

де Ω – відсоток досліджуваного фактора від загальної кількості ДТП.

Отримані дані свідчать про те, що для оцінки впливу того або іншого параметра дорожнього руху на його небезпечність для скоєння ДТП з використанням такого критерію як пробіг ТЗ, необхідно проведення досліджень не менш ніж 100 ДТП, які характеризуються досліджуваним параметром. Тобто методом зовнішнього спостереження необхідно проїжджати на рік не менше 10 000 км, що є вкрай трудомісткою операцією.

Для експрес аналізу ситуації в тому чи іншому районі можна використовувати такий показник як кількість ДТП на тону проданого автомобільного палива, так як даний показник побічно пов'язаний з величиною пробігу ТЗ між ДТП. Однак, найбільш точним параметром оцінки впливу того чи іншого фактора на аварійність є безрозмірний коефіцієнт, який можна визначити з виразу:

$$K = \frac{n_B D_{\Sigma} (1+k_1) (T_{ож} v_H + \frac{l_1}{1 + \frac{v_H}{v_B}})}{n_B D_{\Sigma} (1+k_1) (T_{ож} v_H + \frac{l_1}{1 + \frac{v_H}{v_B}})} = \frac{D/D_{\Sigma}}{n_B/n_{B\Sigma}} = \frac{\Omega_{\text{ФАКТОРУ В ДТП}}}{\Omega_{\text{ФАКТОРУ В ДОРОЖНЬОМУ РУСІ}}}. \quad (2.5)$$

При використанні цього коефіцієнта можна не проводити великовартісні прямі спостереження, а використовувати журнал обліку ДТП у структурах ДАІ.

У роботі виконані статистичні дослідження даних карток місць концентрації ДТП у період з 2017 року по 2021 рік, результатом яких стали отримані значення коефіцієнтів, які враховують наявність і стан ЗППЗ ДР, а також отримані залежності, що показують розподіл ДТП за часом (рис. 2.2 і рис. 2.3).

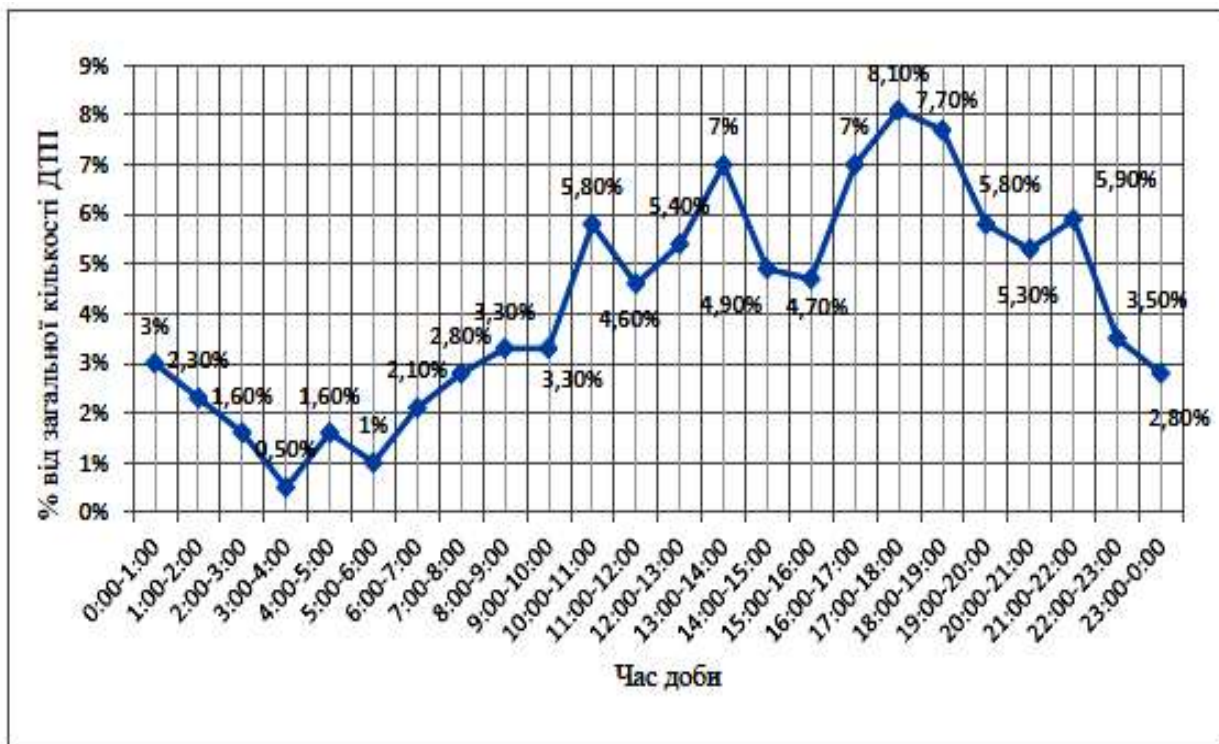


Рис.2.2. Розподіл ДТП за часом доби

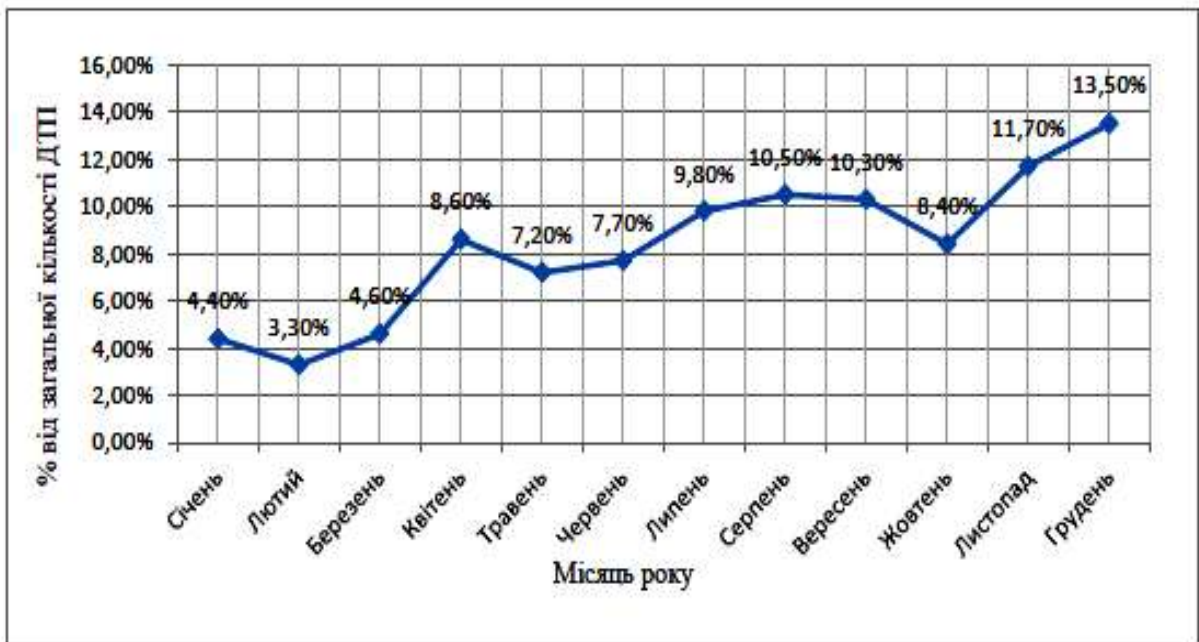


Рис.2.3. Розподіл ДТП за місяцями року

Запропоновані автором коефіцієнти, які враховують наявність і стан засобів пасивної протиаварійної безпеки дорожнього руху:

K_1 – необхідна кількість та якість дорожніх знаків:

$K_1 = 0,25$ – відсутній.

$K_1 = 0,75$ – не достатньо видний у світлий час доби.

$K_1 = 1$ – відповідає всім параметрам або не передбачено ПОДР.

K_2 – дорожня розмітка:

$K_2 = 0,25$ – відсутня.

$K_2 = 0,75$ – не достатньо видна у світлий час доби.

$K_2 = 1$ – відповідає всім параметрам або не передбачена ПОДР.

K_3 – світлофор:

$K_3 = 1$ – передбачений ПОДР та працює або не передбачено ПОДР.

$K_3 = 0$ – передбачений ПОДР, але відсутній або не працює.

K_4 – напрямні стовпчики:

$K_4 = 0$ – відсутні.

$K_4 = 0,25$ – небезпечні.

$K_4 = 0,75$ – мало небезпечні.

$K_4 = 1$ – безпечні або не передбачено ПОДР.

K_5 – огородження дорожнє

$K_5 = 0$ – відсутнє.

$K_5 = 0,25$ – небезпечне.

$K_5 = 0,75$ – мало небезпечне.

$K_5 = 1$ – безпечне або не передбачено ПОДР.

K_6 – засоби примусового зниження швидкості:

$K_6 = 0$ – відсутні.

$K_6 = 0,5$ – не відповідають параметрам.

$K_6 = 1$ – мало небезпечні або не передбачено ПОДР.

K_7 – протизасліплювальні екрани:

$K_7 = 0$ – відсутні.

$K_7 = 0,5$ – не відповідають параметрам.

$K_7 = 1$ – мало небезпечні або не передбачено ПОДР.

K_8 – шумові смуги:

$K_8 = 0,25$ – передбачені ПОДР, але відсутні.

$K_8 = 0,5$ – передбачені ПОДР, але не відповідають вимогам.

$K_8 = 1$ – передбачені ПОДР, відповідають вимогам або не передбачено

ПОДР.

K_9 – деформативність стояків дорожніх знаків:

$K_9 = 0,25$ – небезпечно.

$K_9 = 0,75$ – мало небезпечно.

$K_9 = 1,0$ – безпечно.

Водій, аналізуючи зовнішнє середовище, обирає таку орієнтацію, яка забезпечує безпеку руху і мінімальне емоційне напруження. Отримавши від зовнішнього середовища інформацію і проаналізувавши її, водій взаємодіє з виконавчими механізмами, управляє рухом автомобіля, задає йому раціональні режими руху.

У роботі запропоновано в якості критеріїв взаємодії водія і зовнішнього середовища (яке представлено достатньою видимістю дорожніх знаків і розмітки, а також враховує експлуатаційний стан інженерно-транспортного облаштування) використовувати коефіцієнт інформованості водія:

$$K_{\text{инф}} = \frac{1}{\sqrt{7 - K_1^2 + K_2^2 + K_3^2 + K_6^2 + K_7^2 + K_8^2}}$$

та коефіцієнт деформативності елементів інженерно-транспортного облаштування:

$$K_{\text{деф}} = \frac{1}{\sqrt{4 - K_4^2 + K_5^2 + K_9^2}}$$

Запропоновані критерії функціонально пов'язані із засобами пасивної протиаварійної безпеки дорожнього руху.

2.6 Метод розрахунку втрат від дорожньо-транспортних пригод з врахуванням впливу засобів пасивного протиаварійного забезпечення дорожнього руху

2.6.1 Диференціальне рівняння транспортного потоку і його реалізація

Зміна щільності транспортного потоку δq обумовлена зміною в часі τ інтенсивності руху N :

$$\delta q = K \frac{\partial N}{\partial \tau},$$

де K – коефіцієнт пропорційності.

Зі зміною інтенсивності руху автомобілів у часі змінюється швидкість транспортного потоку i , отже, параметр K .

Так як $\delta N = \partial Q / \partial \tau$, $\delta q = \partial Q / \partial X$, то

$$\frac{\partial Q}{\partial X} = \frac{\partial}{\partial \tau} \left(K \frac{\partial Q}{\partial \tau} \right).$$

Отримане рішення є нелінійним диференціальним рівнянням, що зв'язує зміну кількості автомобілів ∂Q на ділянці дороги ∂X із зміною інтенсивності руху транспортного потоку в часі $\partial \tau$. Коефіцієнт пропорційності K , який є параметром транспортного потоку, ідентифікується аналізом розмірностей із рівняння (4.9) наступним чином. Із теорії подібності та моделювання відомо, що співвідношення пропорційності, яке використовується при встановленні подібності, справедливі на любых (малих та великих) ділянках зміни функцій. Тому символи диференціювання (або інтегрування) при знаходженні умови подібності можливо опустити, оскільки вони не мають розмірності. Тоді . Щоб дотримувалося співвідношення правої та лівої частин, параметр K повинен мати розмірність , або , де a – прискорення руху автомобілів у транспортному потоці.

Таким чином, параметр транспортного потоку K є величина зворотна прискоренню, який можна представити у вигляді функції:

$$K = Au^{\alpha}$$

тоді рівняння (2.6) приводиться до вигляду:

$$\frac{\partial u}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial x} \left(A u^\alpha \frac{\partial u}{\partial x} \right),$$

яке легко розв'язується класичним методом розділення перемінних. Тут A та α параметри, які характеризують властивості середовища.

Після диференціювання рівняння (2.11) отримуємо:

$$\frac{\partial u}{\partial \tau} = A \left[\alpha u^{\alpha-1} \left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 + u^\alpha \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \right].$$

Нехай: $u = X(x)T(\tau)$ $\frac{\partial u}{\partial \tau} = X \frac{dT}{d\tau} = X T'$ $\frac{\partial u}{\partial x} = T \frac{dX}{dx} = T X'$

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = T \frac{d^2 X}{dx^2} = T X''$$

тоді

$$X \frac{dT}{d\tau} = A \left[\alpha X^{\alpha-1} T^{\alpha-1} T' \left(\frac{dX}{dx} \right)^2 + X^\alpha T'' \frac{d^2 X}{dx^2} \right].$$

Після групування членів та перетворень:

$$\frac{1}{A \cdot T^{\alpha+1}} \frac{dT}{d\tau} = \alpha X^{\alpha-2} \left(\frac{dX}{dx} \right)^2 + X^{\alpha-1} \frac{d^2 X}{dx^2}.$$

Величина λ має негативне значення, так як при $\tau \rightarrow \infty$ встановлюється квазістаціонарний режим. Якщо λ позитивна, то, маючи $u(\tau) = c_1 + A \lambda$, при $\tau \rightarrow \infty$ величина u буде більше будь-якого наперед заданого значення.

Після інтегрування лівого члена рівняння (2.13) отримуємо:

$$T(\tau) = \left[\frac{1}{\alpha(A\lambda\tau + c_1)} \right].$$

Інтегрування правого члена рівняння :

$$\alpha X^{\alpha-2} (X')^2 + X^{\alpha-1} X'' = -\lambda;$$

$$X''' + \alpha X^{-1} (X')^2 + \lambda X^{1-\alpha} = 0.$$

Заміна

$$X' = y \quad X'' = yy'.$$

Рівняння Бернуллі [57].

$$yy' + \alpha X^{-1} y^2 + \lambda X^{1-\alpha} = 0.$$

Заміна

$$y^2 = u \quad u' = 2yy'$$

$$u' + 2\alpha X^{-1} u + 2\lambda X^{1-\alpha} = 0.$$

Якщо

$$P(X) = -2\alpha X^{-1}$$

$$Q(X) = -2\lambda X^{1-\alpha},$$

то $u' + P(X)u + Q(x) = 0$ лінійне рівняння

$$\text{і } u = e^{\int P(x)dx} \left[\int Q(X) e^{-\int P(x)dx} dX + c_2 \right]$$

$$\int P(X) dX = -\int 2\alpha X^{-1} dX = -2\lambda \ln X$$

$$e^{\int P(x)dx} = e^{-2\alpha \ln x} = X^{-2\alpha}$$

$$\int Q(X) e^{-\int P(x)dx} dX = -\int 2\lambda X^{1+\alpha} \alpha X.$$

Параметр α може мати значення, рівні -2, -1, 0, 1 і 2, тоді при

$$\alpha = -2$$

$$x = \int \frac{dX}{X^2 \sqrt{C_2 - 2\lambda \ln X}};$$

$$\alpha = -1$$

$$x = \int \frac{dX}{X \sqrt{C_2 - 2\lambda \ln X}};$$

$$\alpha = 0$$

$$x = \int \frac{dX}{\sqrt{C_2 - \lambda \ln X^2}};$$

$$\alpha = 1$$

$$x = \int \frac{XdY}{\sqrt{C_2 - \frac{2}{3}\lambda \ln X}}$$

$$\alpha = 2$$

$$x = \int \frac{XdY}{\sqrt{C_2 - \frac{2}{3}\lambda \ln X}}$$

Інтеграли розв'язували числовими методами. У нашому випадку – методом Сімпсона [57-59].

При $\alpha = 0$:

$$u(x, \tau) = e^{A\tau + C_1} \sqrt{\frac{C_2}{\lambda}} \sin[(x - C_3)\sqrt{\lambda}].$$

При $\alpha = -1$:

$$u(x, \tau) = \left(\frac{C_1 C_2}{\lambda} + A \frac{C_2}{2} \tau \right) \operatorname{sech}^2 \left[\frac{C_3 - x}{2} \sqrt{C_2} \right].$$

Постійні інтегрування C_1 , C_2 , C_3 , A і λ визначаються із початкових та граничних умов. Загальний вигляд рівнянь наведений на рис. 2.4 і рис. 2.5.

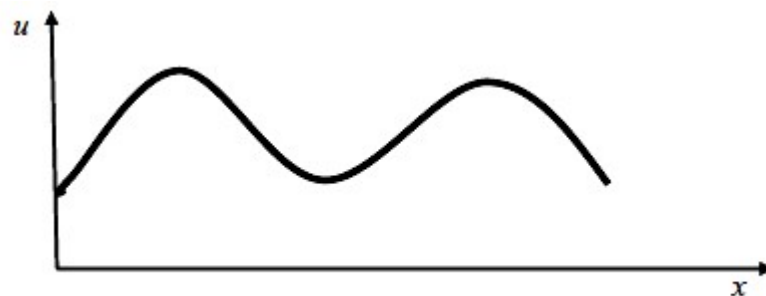


Рис.2.4. Загальний вигляд рівняння

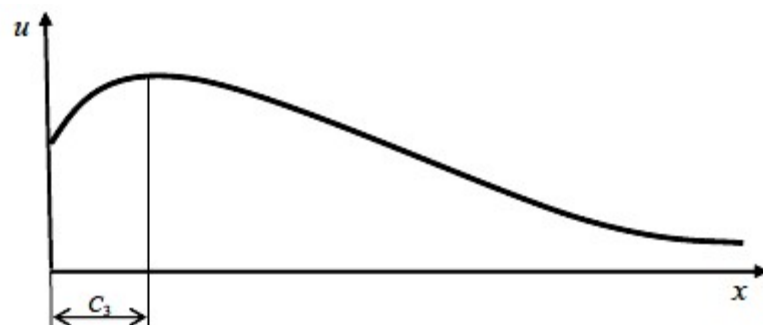


Рис.2.5. Загальний вигляд рівняння

Зі збільшенням кількості автомобілів на обмеженій ділянці дороги швидкість транспортного потоку падає, отже, величина можливо розвиваючого прискорення зростає і коефіцієнт K приймає мінімальне значення. При малих інтенсивностях швидкість транспортного потоку значна і можливість розвинути великі прискорення обмежена конструктивними особливостями автомобіля. Отже, параметр приймає K великі значення, тоді $\alpha = -1$. У цьому випадку розв'язком рівняння (2.9) буде гіперболічна функція (рис. 2.6), що представляє собою сімейство кривих при фіксованому K :

$$Q(x, \tau) = \left(\frac{C_1 \cdot C_2}{\lambda \cdot 2} + A \cdot \frac{C_2}{2} \cdot x \right) \cdot \operatorname{Sech}^2 \left(\frac{C_3 - \tau}{2} \cdot \sqrt{C_2} \right),$$

де $C_1, C_2, C_3, A, \lambda$ – параметри інтегрування, які визначаються із початкових та граничних умов [57-59].



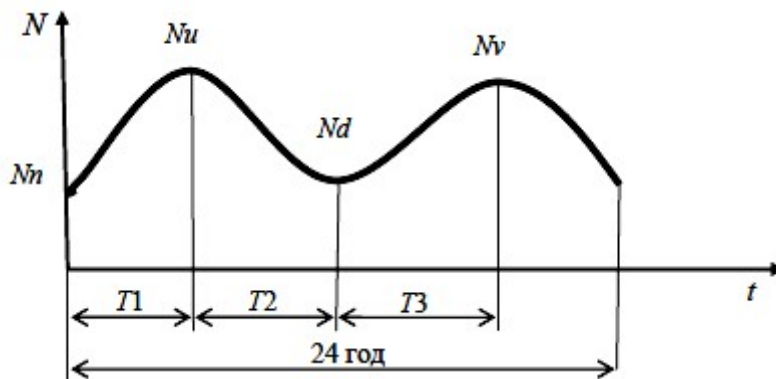
Рис.2.6. Загальний вигляд гіперболічного рівняння при фіксованому x

2.6.2 Залежності для визначення руху транспортного потоку в просторі та часі

У більшості випадків розподіл інтенсивності руху автомобілів протягом доби має бімодальний характер з чітко вираженими екстремальними точками: ранковий і вечірній максимум інтенсивності руху, денний і нічний мінімум (рис. 2.7).

Таку бімодальну криву розподілу інтенсивності руху можна представити у вигляді двох гіперболічних функцій (рис. 2.6 при $x = 0$):

$$Q(\tau) = \frac{C_1}{\lambda} \cdot \frac{C_2}{2} \cdot \text{Sech}^2 \left(\frac{C_3 - \tau}{2} \cdot \sqrt{C_2} \right).$$



N_n – нічний мінімум інтенсивності;

N_u – інтенсивність руху автомобілів у ранкову годину пік;

N_d – інтенсивність руху автомобілів у денний мінімум;

N_v – інтенсивність руху автомобілів у вечірню годину пік

Рис.2.7. Бімодальний режим розподілу інтенсивності руху автомобілів по дорозі протягом доби

Позначимо $C_3 = T_2$. При $\tau = T_2$ $Q(\tau) = Q_u =$, так як $\text{Sech}^2(0) = 1$.

Тоді

$$Q(\tau) = Q_u \cdot \text{Sech}^2 \left(\frac{T_2 - \tau}{2} \cdot \sqrt{C_2} \right).$$

Поділивши обидві частини рівняння на τ , отримуємо вираз для інтенсивності руху автомобілів:

$$N(\tau) = N_u \cdot \text{Sech}^2 \left(\frac{C_3 - \tau}{2} \cdot \sqrt{C_2} \right).$$

При $\tau = 0$ $N(\tau) = N_D$ і $\frac{\sqrt{C_2}}{2} = \frac{\text{arth} \sqrt{1 - \varepsilon_1}}{T_2}$, де $\varepsilon_1 = \frac{N_d}{N_u}$, тоді

$$N(\tau) = N_u \cdot \text{Sech}^2 \left(\frac{T_2 - \tau}{T_2} \cdot \text{arth} \sqrt{1 - \frac{N_d}{N_u}} \right).$$

Так як

$$K = \frac{A}{Q} \text{ і } K = \frac{r^2}{L}, \text{ то } \frac{r^2}{L} = \frac{A}{Q} \text{ і } A = \frac{r^2 Q}{L} \text{ або } A = q r^2.$$

Тому розподіл інтенсивності автомобілів в просторі (тобто по довжині дороги) і часі:

$$N(x, \tau) = \left[Nu + \frac{2q\tau}{T2^2} \cdot \left(\operatorname{arth} \sqrt{1 - \frac{Nd}{Nu}} \right)^2 \right] + \operatorname{Sech}^2 \left(\frac{T2 - \tau}{T2} \operatorname{arth} \sqrt{1 - \frac{Nd}{Nu}} \right).$$

де q – щільність транспортного потоку, авт./км,

x – поточна лінійна координата, км.

На локальній ділянці дороги $x = 0$, тому формула являє собою окремий випадок. Представлене рівняння описує розподіл інтенсивності автомобілів протягом першої половини доби, де Nu (авт./год) – інтенсивність руху автомобілів у ранкову годину пік, Nd (авт./год) – інтенсивність руху автомобілів у денний мінімум, $T2$ – (год) – проміжок часу між ранковим максимумом і денним мінімумом (рис. 2.7) [56].

Аналогічно попередньому отримуємо вираз для опису розподілу інтенсивності руху автомобілів протягом другої половини доби:

$$N(\tau) = Nv \cdot \operatorname{Sech}^2 \left(\frac{T2 - \tau}{T3} \cdot \operatorname{arth} \sqrt{1 - \frac{Nd}{Nv}} \right),$$

де Nv (авт./год) – інтенсивність руху автомобілів у вечірню годину пік, $T3$ (год) – проміжок часу між денним мінімумом і вечірнім максимумом інтенсивності руху.

Інтенсивність руху за добу Ns можна знайти як суму інтегралів функцій, виражених рівняннями:

$$Ns = \frac{Nu \cdot T2}{\operatorname{arth} \sqrt{1 - \frac{Nd}{Nu}}} \left[\sqrt{1 - \frac{Nd}{Nu}} + \operatorname{th} \left(\frac{T1}{T2} \operatorname{arth} \sqrt{1 - \frac{Nd}{Nu}} \right) \right] +$$

$$+ \frac{Nv \cdot T3}{\operatorname{arth} \sqrt{1 - \frac{Nd}{Nv}}} \left[\sqrt{1 - \frac{Nd}{Nv}} + \operatorname{th} \left(\frac{24 - (T1 + T2 + T3)}{T3} \cdot \operatorname{arth} \sqrt{1 - \frac{Nd}{Nv}} \right) \right]$$

де $T1$ – проміжок часу між нічним мінімумом і ранковим максимумом інтенсивності руху, год.

Гіперболічний тангенс та арктангенс обчислюються за формулами:

$$\operatorname{th}(x) = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}}; \operatorname{arth}(x) = \frac{1}{2} \ln \frac{1+x}{1-x}$$

Таким чином, для визначення інтенсивності руху за добу при бімодальному режимі необхідно знати координати трьох екстремальних точок: ранковий і вечірній пік інтенсивності і денний мінімум.

При унімодальному режимі руху автомобілів можливо два випадки. Перший випадок з трьома екстремальними точками: ранковий і вечірній максимум, нічний мінімум, рівномірно високий рух автомобілів у денний час і досить відчутний вночі. Такий режим руху характерний для великих автомобільних і міських магістралей. Інтенсивність за добу:

$$N_{\Sigma} = \frac{N_u + N_v}{2} \cdot T_2 + N_u \cdot T_1 \cdot \frac{\sqrt{1 - \frac{N_n}{N_d}}}{\operatorname{arth} \sqrt{1 - \frac{N_n}{N_d}}} + N_v \cdot T_3 \cdot \frac{\sqrt{1 - \frac{N_n}{N_v}}}{\operatorname{arth} \sqrt{1 - \frac{N_n}{N_v}}}$$

де N_n – інтенсивність руху в нічний мінімум.

Другий випадок з двома екстремальними точками: денний максимум і нічний мінімум характерний для сільськогосподарських доріг і деяких вулиць:

$$N_{\Sigma} = 24 \cdot N_d \cdot \frac{\sqrt{1 - \frac{N_n}{N_d}}}{\operatorname{arth} \sqrt{1 - \frac{N_n}{N_d}}}$$

3. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗАСОБІВ ПАСИВНОГО ПРОТИАВАРІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НА БЕЗПЕКУ ДОРОЖНЬОГО РУХУ

3.1 Дослідження впливу недостатньої видимості засобів пасивного протиаварійного забезпечення дорожнього руху на прийняття рішень водієм

Деякі фактори призводять до того, що водій не в змозі прийняти правильне рішення через недостатню видимість технічних засобів. На недостатню видимість їх можуть впливати природні фактори, якість матеріалів, недосконалість конструкції, тривалий строк експлуатації тощо.

3.1.1 Експериментальні дослідження дорожніх знаків

На сьогодні дорожні знаки є основним засобом регулювання дорожнього руху; саме з них водії читають необхідну для безпечного проїзду інформацію, що попереджає про подальші умови руху. Тому якість матеріалів для виготовлення знаків грає значну роль у роботі по зниженню аварійності.

Щорічно на замовлення Служби автодоріг філіями ДП «Луганський облавтодор» встановлюється та замінюється близько 5 тис. дорожніх знаків на суму приблизно 1 млн. 250 тис грн. Така, на перший погляд велика кількість обумовлена наступними факторами:

- влаштування та демонтаж тимчасових знаків, які попереджають про зимову слизькість та проведення дорожніх робіт;
- крадіжки та пошкодження знаків;
- природній вихід із ладу.

Якщо по першим двом пунктам все зрозуміло, то що означає «природній вихід із ладу»? Виготовлення та застосування дорожніх знаків на Україні регламентується національним стандартом України ДСТУ 4100 «Знаки дорожні. Загальні технічні умови. Правила застосування» [40]. Згідно цього

нормативного документа зображення знаків слід виконувати поліграфічними або іншими фарбами, які забезпечують відповідні колориметричні характеристики.

Також необхідно пам'ятати, що згідно пункту 9.1 [45] вказаного нормативу, гарантійний строк для знаків з внутрішнім і зовнішнім освітленням – два роки, а для знаків із світлоповертальною поверхнею – один рік від дня введення в експлуатацію. Тобто, теоретично, щорічно кожен дорожній знак повинен бути замінено. Фактично, через недостачу фінансування такі обсяги робіт на сьогодні виконати неможливо. Згідно річного технічного звіту, на балансі Служби автодоріг у Луганській області знаходиться близько 40 тис. дорожніх знаків (цифра приблизна, тому що кількість знаків щоденно змінюється), і згідно нормативу щорічно необхідно замінювати близько 20 тис. дорожніх знаків.

Ця проблема також знайшла свій відгук і у рішенні Колегії Укравтодору від 25.06.2009 № 47 № Про забезпечення автомобільних доріг загального користування сучасними дорожніми знаками (Рішення введено в дію Наказом Державної служби автомобільних доріг № 322 від 01.07.2009) [65].

Вирішення проблеми сталого функціонування знаків полягає у збільшенні строку їх експлуатаційної роботи. Для вирішення цієї проблеми на базовому підприємстві по виготовленню дорожніх знаків – ЗАО «Аргон» було запропоновано експериментально використати новий тип світлоповертальної плівки, яка б дала змогу збільшити експлуатаційний строк служби знаків. Із існуючих пропозицій для експерименту було вибрано плівки фірми LG [66].

Світлоповертаюча плівка LGLITE LL7000 на основі PET, чудово повертає світло в бік джерела світла, маючи при цьому досить широкий кут відображення. LGLITE LL7000 успішно використовується для виробництва рекламного оформлення щитів, показчиків тощо. Ця серія відрізняється високою межею міцності на розрив (міцністю) і високою адгезією клейового шару до поверхні. Стійка до атмосферного впливу і після 5 років застосування на вулиці зберігає понад 80% своїх первинних властивостей. Має яскраві, чисті

кольори, не вицвітає після тривалої експлуатації. Має виняткову зносо-, волого-, теплостійкість, стійка до впливу розчинників. Виробник надає гарантію на плівку 7 років.

До речі, у США розроблено програму, згідно якої планується до 2018 року замінити всі існуючі дорожні знаки на нові знаки з покриттям із мікропризматичної плівки, термін придатності якої встановлено на рівні 10 – 12 років [67].

У якості експерименту на ділянці Іб категорії автомобільної дороги державного значення Р-22 КПП «Красна Талівка» - Луганськ, з км 51+000 по км 55+850 було встановлено 30 знаків із новим типом плівок. Розташування основної кількості знаків було таким, що вони знаходились практично весь день під прямим впливом сонячних промінів, тобто було зроблено максимальні умови для впливу на знаки агресивного середовища.

Перевірка якості знаків проводилася через тиждень, місяць і рік після початку експлуатації шляхом візуального контролю у денний та нічний період доби (рис. 3.1 – 3.4). Аналіз показав, що колориметричні характеристики дорожніх знаків після року експлуатації знаходяться у межах, передбачених вимогами [40].

Також проводилися лабораторні порівняльні аналізи згідно з рекомендаціями по контролю якості дорожніх знаків.

Проведено декілька експериментальних аналізів двох видів плівок. У подальшому зразок А – нова запропонована плівка, зразок Б – плівка, яка використовувалася раніше; назви виробників плівок навмисно не приводиться.



Рис. 3.1 – Зразки знаків через 1 рік експлуатації (ліворуч та у центрі – знак із новою плівкою LG, праворуч – знак із плівкою старого «інженерного» зразка)



Рис. 3.2 – Вигляд встановлених одночасно дорожніх знаків через 1 рік (ліворуч – знак з плівкою LG)



Рис. 3.3 – Знак з плівкою LG через 1 рік експлуатації



Рис. 3.4 – Знак із стандартною плівкою через 1 рік експлуатації

В умовах пересічної місцевості Донбасу дуже часто спостерігається таке явище, як налипання мокрого снігу на дорожні знаки. У цей період водії фактично втрачають можливість отримувати необхідну інформацію про зміни у русі, що підвищує вірогідність скоєння ДТП. На сьогодні основним способом боротьби з налипанням снігу на дорожніх знаках є ручне очищення знаку від снігу за допомогою ганчірки, а частіше мітли.

Цей спосіб є неефективним з кількох причин. По-перше, такий спосіб потребує дуже тривалого часу (наприклад, тільки на автодорогах загального користування Луганської області встановлено понад 24 000 дорожніх знаків), що зменшує оперативність при ліквідації небезпечної ситуації на автодорогах. По-друге, при очищенні знаків мітлами, на поверхні плівці з'являються мікродеформації, які у подальшому під впливом вітру та пилу зменшують експлуатаційну якість знаку.

Таке явище, як налипання снігу на дорожні знаки, обумовлено кліматичними характеристиками, які склалися у Луганському регіоні [7].

Налипання снігу на знаки відбувається при проходженні зони низького атмосферного тиску, як правило, в осінньо-зимовому та весняно-зимовому періодах. Випадання снігу з великим вмістом води (до 32 %) відбувається при температурі на рівні землі від мінус 2 °С до плюс 2 °С. Налипання снігу на знаки в переважній більшості випадків відбувається при дії вітру швидкістю від 10 м/с до 25 м/с.

Снігові покриви, що утворюються на поверхні знаків, мають міцне зчеплення з ними і не руйнуються навіть при дії рвучких вітрів швидкістю до 35 - 40 м/с. При визначенні погонної маси налиплого снігу зазвичай приймають його щільність 0,2 г/см, однак у залежності від вмісту води щільність мокрого снігу може досягати значень 0,6 – 0,8 г/см [2].

На підставі цих даних можна отримати залежність середньої температури повітря та швидкості вітру протягом року у Луганській області (рис. 3.5). Як

видно з графіку, ідеальні сприятливі погодні умови для налипання мокрого снігу на знаки складаються у січні - березні та у листопаді - грудні.

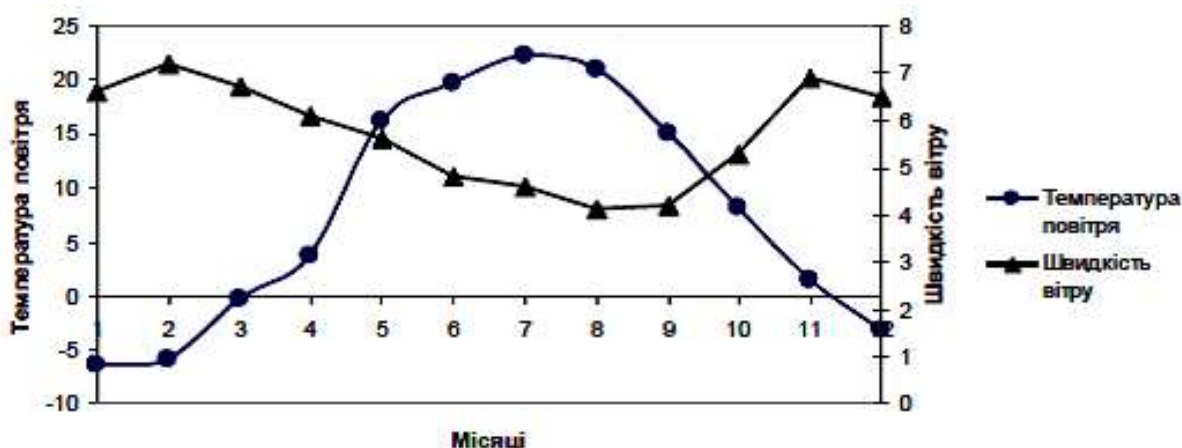


Рис. 3.5 – Графік середньої температури та швидкості повітря

Щоб зрозуміти природу такого явища, як налипання снігу, слід звернути увагу на фізико-механічні процеси, що протікають у сніговому покриві. Сніговий покрив протягом всього періоду свого існування піддається впливу різних фізичних і механічних чинників, що призводять до безперервної зміни його структури, складу та об'єму. Ці фактори ще недостатньо вивчені [7]. До фізичних факторів і процесів можна віднести режеляцію, рекристалізацію, сублімацію, і геотеплові впливи. До механічних факторів належать сила тяжіння і вітер. Режеляція (повторне змерзання) полягає в плавленні і повторному змерзанні крижаних кристалів, що утворюють сніжинки, під впливом питомого тиску. Режеляція снігу протікає з помітною інтенсивністю лише при температурі, близькій до 0 °C, тобто при температурі, при якій не потрібно великого питомого тиску, щоб викликати плавлення льоду.

Рекристалізація являє собою фізичний процес, при якому атоми молекул перескакують з кристалічної решітки одного кристалу на решітку іншого кристалу і обумовлюють зрощення окремих кристалів (сніжинок). У твердих тілах існує деяка кількість атомів і молекул, кінетична енергія яких достатня для переходу в газоподібний стан. Процес переходу речовини з твердої фази в газоподібну, минаючи рідку, називають сублімацією.

З ознакою сублімації якого-небудь твердого тіла ми зустрічаємося при відчутті його запаху в навколишньому повітрі.

Так як в сніговому покриві є велика кількість міжкристалічних пір з поверхнями кристалів дуже малого радіуса і різних напрямків кривизни, то в його товщі розподіл парціального тиску водяної пари буде дуже нерівномірним. Водяна пара, що утворилася на гострих ребрах кристаликів, стікатиме у западини і, насичуючи тут повітря, перейде у воду і замерзне. Внаслідок цього виникає процес округлення кристаликів льоду і збільшення їх обсягу, тобто відбувається так звана фірнізація снігу. Процес цей спостерігається при ізотермії і активізується при наявності температурної стратифікації. У сніговому покриві має місце значний температурний перепад, тому що його поверхня охолоджується набагато нижче нуля в порівнянні з приземним шаром. У зв'язку з цим створюється додаткова різниця парціального тиску водяної пари в сніговому покриві з градієнтом, спрямованим знизу вгору, що ще більше посилює міграцію водяної пари і фірнізацію снігу [4].

Сучасні нормативні документи, які діють на території України не регламентують технологію та матеріали для очищення знаків від бруду і пилу, а також від мокрого снігу. Із старих нормативів слід звернути увагу на Вказівки по використанню дорожніх знаків, розроблених у 1984 році спільно МВС СРСР та Мінавтодором СРСР. Пункт 21.10 [5] Вказівок говорить, що погіршення видимості знаків відбувається через налипання снігу, забруднення їх поверхні, механічних пошкоджень. Вказівки вимагають залежно від виду бруду і матеріалу, з якого виготовлено знак, застосовувати різні очисні розчини і технології очищення.

Наприклад, для очищення від пилу і бруду застосовують мильний розчин або 1 – 2 % розчин фосфату соди. Цвіль на знаках усувають 3 – 6 % водним розчином хлорного вапна. Глинисті частинки видаляють пастою, що складається з води і бікарбонату соди [5]. На жаль, вказаний норматив не дає відповіді на питання боротьби з налипанням мокрого снігу.

Тому для підвищення інформативності на дорозі у ситуації, коли в умовах сильних опадів у вигляді снігу дуже проблематично оперативно та якісно виконати очищення дорожніх знаків, пропонується ще на початку осінньо-зимового періоду проводити обробку лицьової частини знаку цетиоланом (рідким воском) в аерозолі. Цетиолан представляє собою ефір високомолекулярних неграничних спиртів олеїнової кислоти, що отримується шляхом естерифікації олеїнової кислоти з відповідними спиртами і подальшого відбілювання отриманого продукту.

За своїм складом рідкий віск є сумішшю розчинників, спиртів та аліфатичних вуглеводнів. При обробці, наприклад автомобільного кузова рідким воском склад глибоко проникає в усі пори і мікротріщини лакофарбового покриття, витісняючи з них вологу і надаючи обробленій поверхні гідрофобні властивості [6]. Експериментально було проведено нанесення на дорожні знаки рідкого воску фірми K2 (Польща), який призначений для захисту металевої поверхні автомобілів від налипання бруду, пилу та мокрого снігу. Виготовлювач гарантує якісний захист протягом 4-х місяців з моменту його нанесення.

Дослідним матеріалом було оброблено 20 дорожніх знаків різної форми, які було встановлено у різних напрямках [7, 8]. Окремі знаки для порівняння було оброблено тільки наполовину (рис. 3.6). Експеримент почався у листопаді 2011 року на автомобільних дорогах Р-22 (КПП «Красна Талівка» - Луганськ) та С-131624 (КПП «Красна Талівка» - Луганськ - Станично-Луганське).

Досліджувалась також витрата матеріалу на один знак. Шляхом зважування на електронних вагах було з'ясовано, що середня витрата рідкого воску на знак склала 10 грамів (за середній було взято знак 5.35.2 «Пішохідний перехід» квадратної форми, III типорозміру, розміром 900 x 900 мм).

Аналіз функціонування дорожніх знаків, що досліджувалися в осінньо-зимовий період 2011 – 2012 років, показав безсумнівні переваги оброблених рідким воском знаків перед іншими (рис. 3.6, 3.7). Сніг на оброблені поверхні не приставав, що дає змогу говорити про перспективу подальшої роботи у

цьому напрямку. На сьогодні вартість робіт з утримання автомобільних доріг загального користування регламентується СОУ 45.2-00018112-022.2:2008 [9].

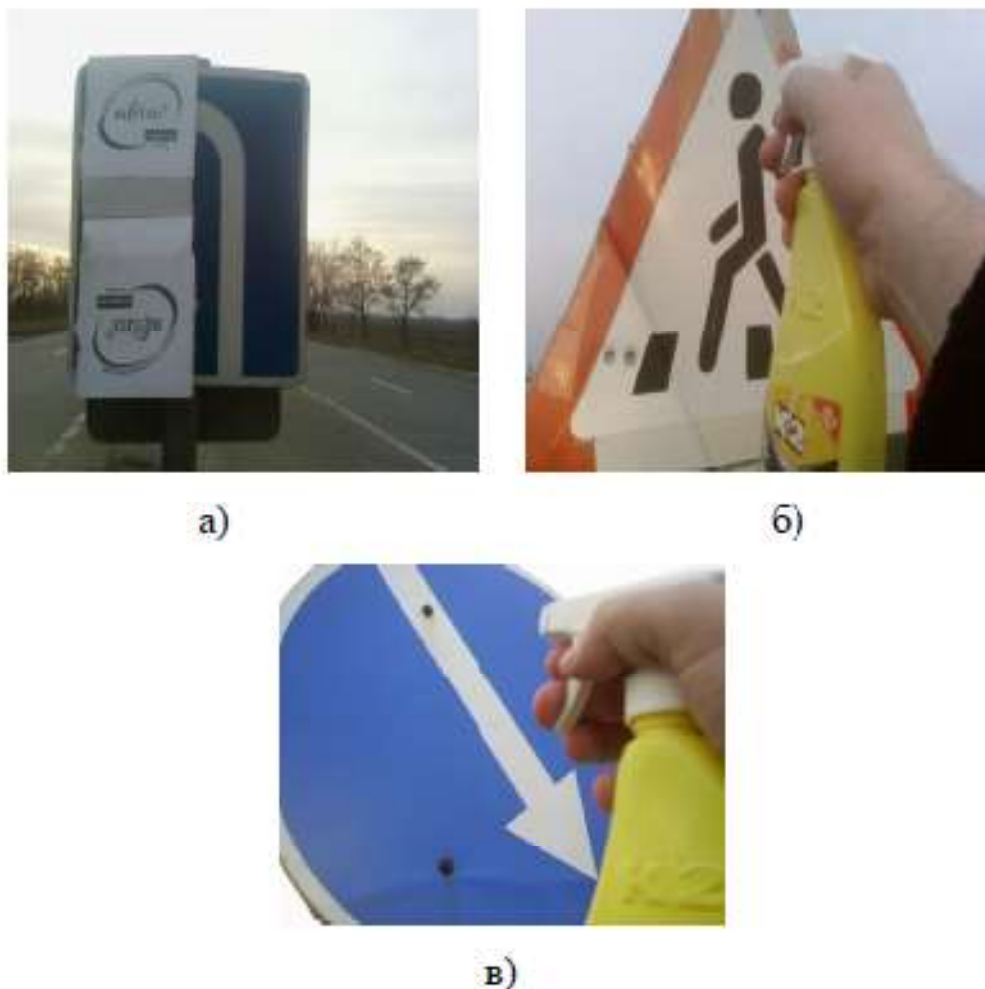


Рис. 3.6. – Нанесення рідкого воску на дорожні знаки

Однак навіть у цьому документі не передбачено очищення дорожніх знаків від снігу – використовується подібна група 3-27 «Очищення дорожнього знаку від пилу і бруду». Склад робіт включає: Група 3-27 Очищення дорожніх знаків від пилу та бруду вручну - встановлення автогідропідіймача, очищення дорожніх знаків від пилу та бруду щітками та ганчір'ям, переміщення автогідропідіймача від одного знака до іншого. Вимірник: 1 знак. Очищення від пилу та бруду: 3-27-1 інформаційно-вказівних дорожніх знаків; 3-27-2 всіх дорожніх знаків крім інформаційно-вказівних.



Рис.3.7. Нижній знак оброблено рідким воском



а)



б)

Рис.3.8. Знаки оброблено наполовину

Обчислювання даних на програмі «АВК-5» показало, що очищення від пилу і бруду одного знаку коштує 1,14 грн. Враховуючи перевезення робітників на автомобілі, його експлуатацію, різну віддаленість від бази, з якої виїжджає бригада, середня вартість $V_{зн}$ очищення одного знаку складає:

$$V_{оч} = V_{зн} + 2,83 \cdot L = 1,14 + 2,83 \cdot 18,0 = 52,08 \text{ грн.},$$

де $V_{оч}$ – вартість роботи з очищення знаку, грн.;

L – середня відстань перевезення робітника, км;

2,83 – вартість експлуатації 1 км автомобіля до 3 т, грн./км;

18 – середня відстань знака від бази (за аналізом по Луганській обл.), км.

Звісно, ця цифра дуже приблизна, тому що у розрахунках не враховано кількість знаків, які можуть бути оброблено при виїзді на таку відстань, також не враховано можливість переїзду бригади робітників з однієї дороги на другу без заїзду на базу. Однак, вважаємо, що отриману цифру можна прийняти за одиничну гіпотетичну вартість роботи.

Слід зауважити, що заощадження коштів у даній розробці передбачено не в здешевленні вартості робіт з очищення знаків від снігу, а у повній відмові від таких робіт, також безсумнівним виглядає підвищення безпеки руху через стовідсоткову видимість дорожніх знаків взимку.

За досвідом минулих років на території Луганської області в осінньо-зимовий період доводилося виконувати роботи з очищення дорожніх знаків від снігу не менш ніж 5 – 6 разів за сезон. Тому виконавши восени одну обробку знаків рідким воском, державні кошти будуть заощаджено у тій же пропорції.

Вартість же однієї обробки дорожнього знаку рідким воском зросте тільки на 0,5 грн. (середня витрата матеріалу, як говорилося раніше склала 10 грамів на один знак, вартість одного балону рідкого воску *K2* ємкістю 700 грамів складає 35,00 грн.)

Виконані теоретичні обґрунтування та експериментальні дослідження дають змогу говорити про:

- значну економію державних коштів на зимове утримання автомобільних доріг загального користування;

- заощадження людських та технічних ресурсів та їх перерозподіл на інші види робіт;

- підвищення безпеки дорожнього руху в осінньо-зимовий період шляхом надання повної інформатизації через дорожні знаки, що не засмічені снігом, всім учасникам дорожнього руху та пішоходам.

Автором отримано патент на корисну модель № 77531 (публікація 25.02.2013, Бюл. № 4) «Спосіб захисту дорожніх знаків від налипання мокрого снігу за допомогою рідкого воску (цетиолану)» [8].

3.1.2 Удосконалення світлоповертальних елементів, які встановлюються на бар'єрному огороженні

Технічні засоби організації дорожнього руху і, як складова частина, дорожнє бар'єрне огороження є одним із головних елементів, що забезпечує БДР. Огороження встановлюють для розділення потоків різних напрямів на магістралях, на кривих в плані, на розв'язках доріг в різних рівнях, на високих насипах і мостах. Основним їх призначенням є запобігання з'їзду автомобілів із смуг руху, тобто для запобігання падінню, зіткнення та перекидання транспортних засобів.

Проте, сучасний стан дорожніх огорожень не можна визнати задовільним:

- на дорогах країни встановлено недостатня кількість огороження;
- частина вже встановленого огороження не задовольняє вимогам з точки зору її здатності протистояти ударним навантаженням від сучасних транспортних засобів;
- встановлені дорожні огороження часто піддаються ударам транспортних засобів через те, що водії їх не помічають в темний час доби, або в умовах недостатньої видимості.

Пропонується розглянути заходи щодо поліпшення ситуації по 3-му з перерахованих пунктів. Яким чином в даний час забезпечується видимість дорожніх огорожень у темний час доби, а також в умовах недостатньої видимості (несприятливі погодні умови, сутінки тощо)?

На Україні, як і в інших країнах світу, для цих цілей застосовуються спеціальні пристрої – світлоповертальні елементи, які встановлюються на дорожніх огороженнях через певну відстань друг від друга. Вони не лише повинні забезпечувати видимість огорожень, але і позначати габарити проїзної частини, а також напрямок проїзду, що особливо актуально на кривих у плані.

У нашій країні діє ДСТУ 2587 «Розмітка дорожня. Технічні вимоги. Методи контролювання. Правила застосування» [41]. Відповідно до цього нормативу, до вертикальної розмітки належать лінії (смуги) і позначення, що наносяться на торцеві поверхні дорожніх споруд та інженерне обладнання автомобільних доріг, а також світлоповертальні елементи, що закріплюються на цих поверхнях. Огороджувальні та напрямні пристрої, позначені розміткою 2.4 – 2.6, повинні мати світлоповертальні елементи. Ці елементи повинні бути праворуч за напрямком руху червоного кольору, а ліворуч - білого, або жовтого.

Площина світлоповертального елемента повинна бути за можливості перпендикулярною до напрямку руху транспортних засобів, та мати розмір не менш ніж 40x100 мм.

На сьогодні цей норматив є досить прогресивним. Проте вже зараз деякі його положення потребують перегляду. За цей час суттєво збільшилася інтенсивність руху на українських дорогах і вулицях. Крім того, за цей час з'явилися нові матеріали і технічні рішення, які доцільно стандартизувати.

Чому ж зараз світлоповертальні елементи не забезпечують необхідну видимість дорожньої огорожі?

Відбувається це з двох головних причин:

1) Недостатня видимість світлоповертальних елементів через низький коефіцієнт сили світла (КСС) при вживанні плівкових оптичних елементів. Стандарт [41] фактично не нормує матеріал, з якого повинні бути виготовлено світлоповертальні елементи, норматив регламентує тільки колір та геометричні характеристики елемента. Фактично для виготовлення світлоповертальних

елементів на Україні використовується плівка двох типів: з рівномірним укладанням склосфер (інженерний тип) і з комірчастою структурою (високо інтенсивний тип).

Показники КСС для високо інтенсивного типу приблизно у 3 рази вище, ніж у інженерного типу плівок. Однак, у [41] ніде не вказано які типи плівок повинні застосовуватися на світлоповертальному елементі в залежності від категорії дороги і вулиці або в залежності від складності дорожньо-транспортних умов. На ділі це призводить до того, що виробники бар'єрних огорожень застосовують для світлоповертальних елементів, як правило, плівку інженерного типу. При цьому з метою економії ними використовується плівка найдешевша, а тому сама недовговічна.

У таких плівок швидко знижується КСС нижче значень, передбачених стандартом, також вона швидко руйнується і вицвітає при впливі агресивного середовища на дорозі. Тому навіть у чистому стані такі плівки через короткий час втрачають свої споживчі властивості.

Позначається також знос низькоякісних плівок через їх ушкодження щітками при очищенні.

2) Недостатня видимість світлоповертальних елементів через їх конструктивні недоліки.

Світлоповертальний елемент має форму трапеції з середньою висотою близько 100 мм і шириною 40 мм (рис. 3.9). Тобто малі розміри цих елементів є їх головним конструктивним недоліком. На ділі це призводить до того, що вони легко забиваються брудом і практично зникають з виду на дорозі. Також в основному ремонт бар'єрного огороження виконується вручну, без залучення механізмів, що теж може привести до передчасного зносу плівки [1, 8].

Таким чином, сукупна дія цих двох причин нерідко призводить до того, що світлоповертальні елементи досить часто не забезпечують видимість дорожніх огорожень. При цьому найбільш серйозні ДТП відбуваються тоді, коли вночі діють відразу кілька причин, що знижують видимість світлоповертальних елементів:

- низький КСС світлоповертачів;
- забрудненість поверхні світлоповертачів;
- малі розміри світлоповертачів;
- несприятливі супутні погодні умови: дощ, сніг, туман, тощо;
- осліплення світлом зустрічного автотранспорту.

ДТП від зіткнень з дорожніми огороженнями приносять економічний збиток суспільству. Частина цього збитку лягає на плечі дорожніх організацій, які щорічно передбачають в бюджеті кошти, що направляються на ремонт і заміну пошкоджених дорожніх огорожень. Тому задача зниження кількості і тяжкості ДТП цього виду - є актуальною і з економічної точки зору.

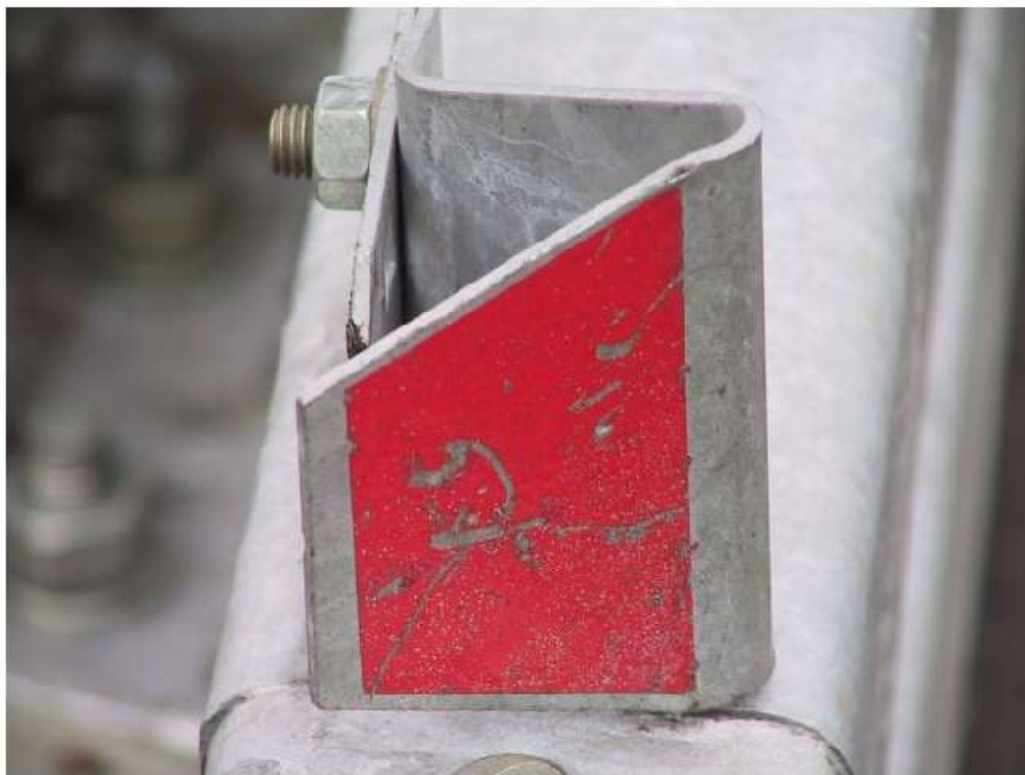


Рис. 3.9 – Стандартний світлоповертальний елемент

В останні роки на світовому і вітчизняному ринках з'явилися нові яскраві світлоповертаючі матеріали мікропризматичного типу та конструкції на їх основі. Такі матеріали мають ряд переваг у порівнянні з традиційними матеріалами на основі склокульки.

Мікропризматична світлоповертальна плівка ЗМТМ алмазного типу серії 983 має високу світлоповертальну здатність, складається з призматичних лінз, що знаходяться в прозорому полімері і захищених синтетичною плівкою (рис. 3.10).



Рис. 3.10 – Структура мікропризматичної плівки

Зворотний бік матеріалу з нанесеним клейовим складом покритий захисною підкладкою.

Основні характеристики:

- довговічна мікропризматична світлоповертальна плівка поставляється в рулонах 500 мм шириною, сертифікована відповідно до Директиви 104 ООН / ЄЕК;
- чудові характеристики по кутах освітлення, як в горизонтальному, так і вертикальному напрямку;
- легко наклеюється;
- довговічна при експлуатації в дорожніх умовах 3 роки;
- стійка до впливу парів і рідкого палива при випадковому розливі;
- при необхідності можливе виготовлення рулонів іншої ширини;
- можливий трафаретний друк.

Мікропризматична (алмазна) плівка – це плівка з рівномірно укладеними мікропризмами.

Ця плівка володіє найвищим КСС і найширшою індикатрисою (крива, що показує залежність між кутом освітлення і КСС).

Таким чином, конструкції на їх основі як традиційні, так і спеціально розроблені, можуть забезпечити набагато кращу і надійну видимість дорожніх огорожень навіть при негативному впливі факторів, перерахованих нижче:

- при частковому забрудненні поверхні високий КСС дозволить забезпечити хоч деяку видимість світлоповертаючого елемента;

- навіть при малому розмірі оптичного елемента, несприятливих погодних умовах і при засліпленні світлом зустрічного транспорту - набагато більше шансів побачити елемент, який в рази яскравіше традиційних.

Для потенційно небезпечних місць, таких як криві в плані, мости тощо вже зараз розроблені й застосовуються за кордоном спеціальні світлоповертальні елементи, які відрізняються від традиційних за такими показниками:

- вони виготовляються з мікропризматичних матеріалів останнього покоління, що володіють високою яскравістю, здатністю працювати при широких кутах падіння світла, довговічністю, зносостійкістю і стійкістю до агресивних середовищ;

- вони мають особливу гофровану форму, що дозволяє таким світлоповертателям ще краще працювати при широких кутах падіння світла;

- вони мають розміри, що значно перевищують розміри традиційних світлоповертальних елементів, що робить їх набагато менше уразливими при забрудненні;

Конструктивно світлоповертальний елемент має виготовлятися з гофрованої металевої пластини з алюмінію або оцинкованого заліза розмірами 100x500 мм, до якої приклеєна плівка мікропризматичного типу червоного або білого кольору. Кріпиться елемент до бетонної огорожі шурупами, а до металевої - болтами через спеціальні закладні деталі.

Зовнішній вид світлоповертального елемента зображено на рис. 3.11.

У Луганській області такі світлоповертальні елементи були вперше встановлені в серпні 2008 року на а/д Р-22 КПП «Красна Талівка» – Луганськ [8]. Плівка була придбана у фірми PAPERHOUSE.

Більше двох років світлоповертальні елементи надійно працюють. За цей час на ділянці не зареєстровано жодного ДТП у нічний час.



Рис. 3.11 – Запропонований світлоповертальний елемент

Ось так виглядає ділянка дороги в нічний час (рис. 3.12).



Рис. 3.12 – Влаштовані експериментальні світлоповертальні елементи

Враховуючи вищевказане, пропонується внести зміни та доповнення до чинного стандарту [41] (пропозиції розглянуті у дипломній роботі).

3.2. Розробка програми для оцінювання рівня безпеки дорожнього руху

Одним із результатів наукових досліджень є програма для оцінки безпеки дорожнього руху. Вона представляє собою інформаційну систему моніторингу потенційно небезпечних об'єктів дорожньої інфраструктури на основі збору вихідних даних та порівняння їх з еталоном – існуючою нормативною базою. Програма побудована за архітектурою «клієнт - база», яка визначає технічні вимоги та вимоги до інформаційного забезпечення.

Алгоритм управління об'єктом реалізується програмним шляхом, це дає можливість швидкої адаптації системи управління та її корегування (у разі необхідності). При змінах у алгоритмі управління необхідно лише ввести зміни у програмі. Імітаційна модель реалізована в середовищі мови C++ [16].

Числові методи програмувалися на мовою Turbo Pascal 7.0 і використовувалися як модулі-підпрограми [52, 53, 59, 60, 61]. Програмний продукт створювався на модульній основі з використанням об'єктно-орієнтованого підходу, який дозволяє добавляти/змінювати функціональні можливості підсистеми.

Програмне забезпечення працює під керівництвом операційної системи Microsoft Windows 2003 Server Standard R2. Налаштування ОС Microsoft Windows 2003 Server здійснюється згідно з рекомендаціями компанії-виробника - Microsoft.

Діалогове вікно програми включає до себе функції введення вихідних даних з ділянки автодороги, кожен з параметрів передбачає введення додаткової інформації, що має вигляд понижуючих коефіцієнтів (інформативність та деформативність). Окремо до програми заносяться перемінні дані (інтенсивність руху, категорія дороги, місяць року та час доби, тобто ті фактори, вплив яких на рівень безпеки було доведено вище). Точність розрахунку складає 6 одиниць (після коми). Результати розрахунку користувач отримує у вигляді цифрової інформації (підсумковий коефіцієнт ризику, коефіцієнти інформативності та деформативності) та у вигляді точкової діаграми, рис. 3.13.

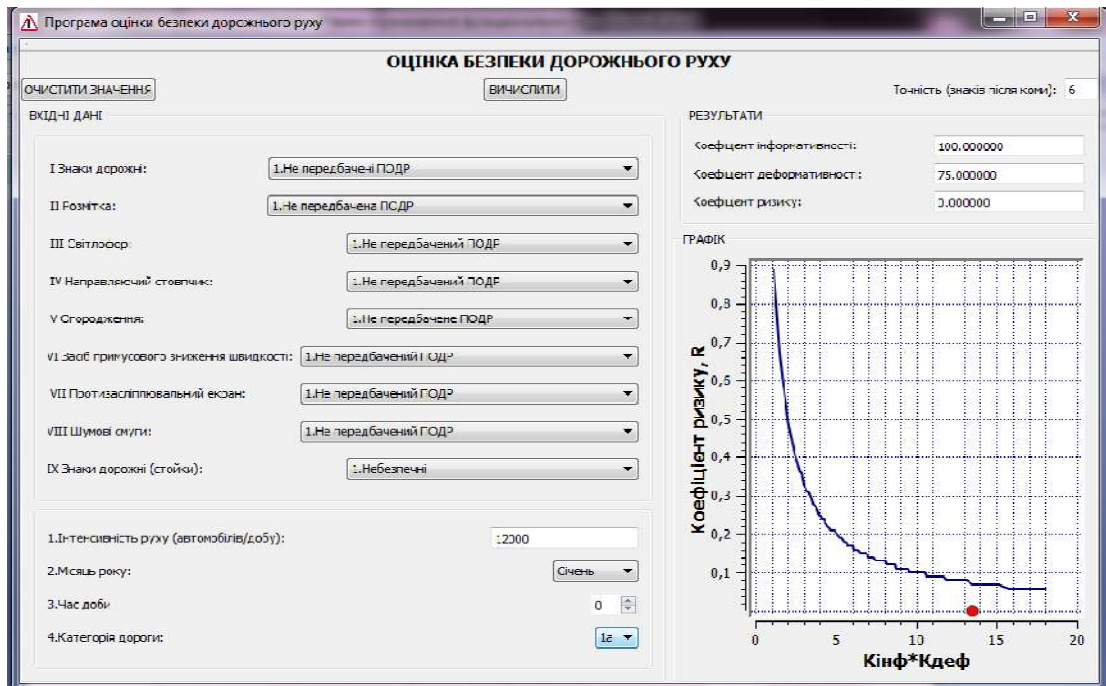


Рис. 3.13. – Діалогове вікно програми

3.3. Методика експертної оцінки рівня безпеки дорожнього руху

У результаті роботи розроблена методика експертної оцінки безпеки дорожнього руху.

1. Встановлюють межі ділянки на якій оцінюють безпеку дорожнього руху.
2. Встановлюють наявність і стан засобів пасивного протиаварійного забезпечення дорожнього руху.
3. Встановлюють відсутні, порівняно із проектом (схемою) організації дорожнього руху ЗППЗ ДР.
4. Назначають бали за шкалою умовних балів для технічних засобів.
5. Приймають понижуючі коефіцієнти до відповідних ЗППЗ ДР.
6. Розраховують підсумкову кількість балів.
7. Встановлюють рівень безпеки дорожнього руху.
8. Оформлюють результати розрахунку.

Алгоритм оцінювання рівня безпеки дорожнього руху наведений на рисунку 3.14.

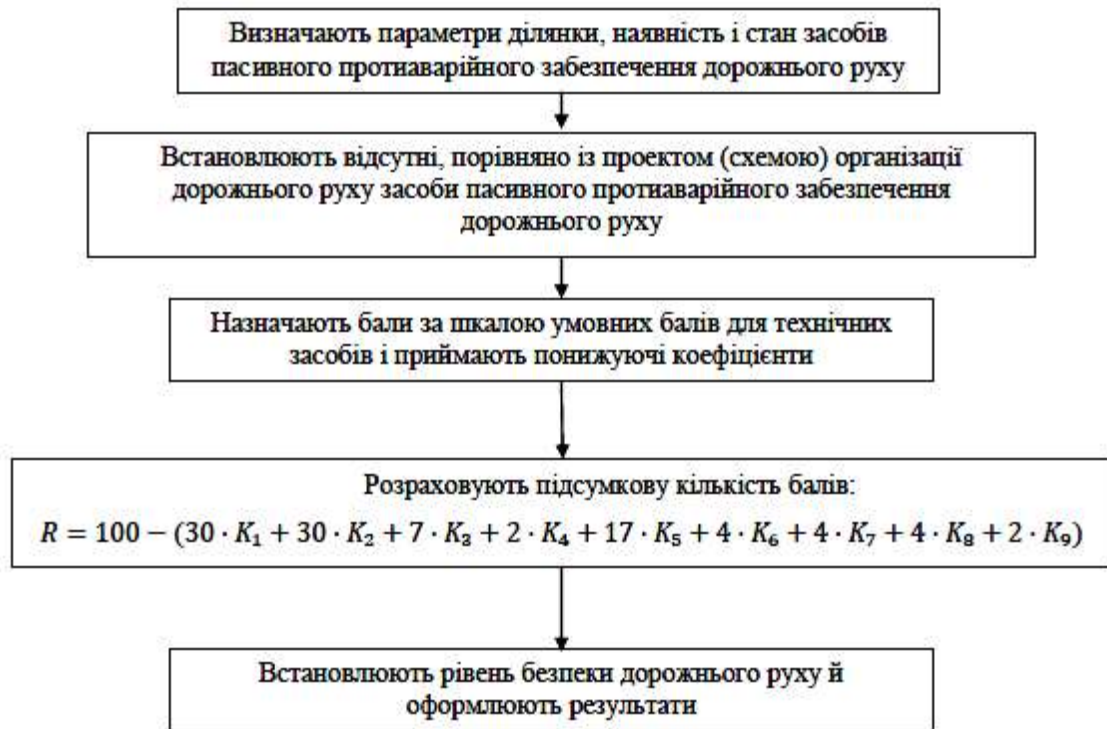


Рис. 3.14. – Алгоритм оцінювання рівня безпеки дорожнього руху

При проведенні фахівцями робіт з проведення експертної оцінки БДР необхідно враховувати декілька моментів, що допоможуть уникнути двоякого тлумачення отриманих результатів.

Запропоновано 4 типових ситуацій при проведенні дослідження.

Ситуація 1. На ділянці, що оцінюється ПОДР передбачає низку ЗППЗ ДР, у наявності – нічого: підраховуємо за ПОДР всі передбачені ЗППЗ ДР та віднімаємо від 100; проводимо розрахунок інтенсивності руху; проводимо розрахунок за підсумковою формулою підставляючи отримані дані. Отриманий результат заносимо до таблиці.

Ситуація 2. На ділянці, що оцінюється ПОДР передбачає низку ЗППЗ ДР, у наявності – є тільки частково: підраховуємо відсутні ЗППЗ ДР балами; проводимо розрахунок інтенсивності руху; оцінюємо наявні ЗППЗ ДР за понижуючими коефіцієнтами; проводимо розрахунок за підсумковою формулою підставляючи отримані дані. Отриманий результат заносимо до таблиці.

Ситуація 3. На ділянці, що оцінюється ПОДР передбачає низку ЗППЗ ДР, у наявності – є всі засоби: у такому разі ділянка автодороги вважається безпечною з точки зору дорожнього фактору, дослідження можна не проводити.

Ситуація 4. На ділянці, що оцінюється ПОДР передбачає низку ЗППЗ ДР, у наявності – всі, проте виявлено відхилення від норми, або деякі виготовлено з небезпечних з точки зору деформативності матеріалів: проводимо розрахунок інтенсивності руху; оцінюємо наявні ЗППЗ ДР за понижуючими коефіцієнтами; проводимо розрахунок за підсумковою формулою підставляючи отримані дані, де ЗППЗ ДР приймаємо за 100. Отриманий результат заносимо до таблиці.

3.4. Рекомендації з підвищення безпеки дорожнього руху на окремих ділянках автомобільних доріг

Загальною для всіх доріг проблемою є поліпшення стану дорожніх покриттів з метою зменшення швидкості їх зносу та підвищення допустимого навантаження. До числа найважливіших транспортно-експлуатаційних показників проїзної частини відносяться і її зчіпні якості, що характеризуються коефіцієнтом зчеплення шин з покриттям [19-21].

Цей коефіцієнт впливає на безпеку руху, оскільки визначає фактичну довжину гальмівного шляху в умовах екстреного гальмування, стійкість автомобіля в процесі руху, а також реакцію покриття, що протидіє заносу автомобіля при русі на кривих і при обгонах. Коефіцієнт зчеплення шин з покриттям значною мірою (на 60 – 80 %) залежить від ступеня шорсткості покриття. Тому в процесі влаштування шарів покриття необхідно систематично здійснювати операційний контроль параметрів шорсткості покриття. Ступінь шорсткості покриття визначається характером мікропрофілю його поверхні: середньою висотою профілю, середньої глибиною шорсткості, середнім кроком виступів, максимальною висотою виступів тощо.

Зростання частки великовантажних автомобілів і обсягів перевезень на них, що спостерігаються в останній час (більшість вантажних автомобілів і автобусів мають навантаження на вісь 80 – 100 кН (8 – 10 тс) і більше), призводить до підвищення швидкості зношування дорожніх покриттів, що погіршує стан доріг та зменшує коефіцієнт зчеплення на додаток до інших негативних чинників [12]. Існують небезпечні місця на дорогах, де для безпеки проїзду необхідно знизити швидкість потоку автомобілів через несподіване погіршення дорожніх умов. Серед іншого, признаками таких небезпечних ділянок є слизькі місця, на кривих малого радіуса тощо.

Також неможливо залишати поза увагою той момент, коли під колесами автомобіля змінюється покриття автодороги, яке може мати різний коефіцієнт зчеплення та різний ступінь деформативності [13, 14] і відповідно різну довжину шляху гальмування (рис. 3.15.).

З метою уникнення ситуацій, коли водій може втратити керування через різку зміну покриття автодороги, пропонується вчасно попередити водіїв про зміну у дорожніх умовах, у даному випадку про зміну типу покриття. Без сумніву зробити це можна тільки шляхом впровадження нового дорожнього знака, що попереджає про зміни покриття на маршруті руху – знака «Зміна покриття», який встановлювався би окремо або разом із табличкою 7.1.1 [45] «Відстань до об'єкту», яка указує на відстань від знака до початку небезпечної ділянки, міста введення відповідного обмеження або конкретного об'єкту (місця), розташованого попереду по ходу руху. Цей знак повинен відноситися до першої групи знаків «Попереджувальні знаки» та мати вигляд трикутника.

Запропонований дорожній знак [15, 16] згідно з [40] повинен виготовлятися трьох типорозмірів: I – малого, II – середнього, III – великого. Слід зауважити, що схожі знаки діють і на території Євросоюзу, наприклад у Латвії. У Латвійських ПДР існує знак 273.10 «Зміна покриття дороги», який використовується при з'їзді з асфальтобетонного або цементобетонного покриття на ґрунтовку і навпаки [17].

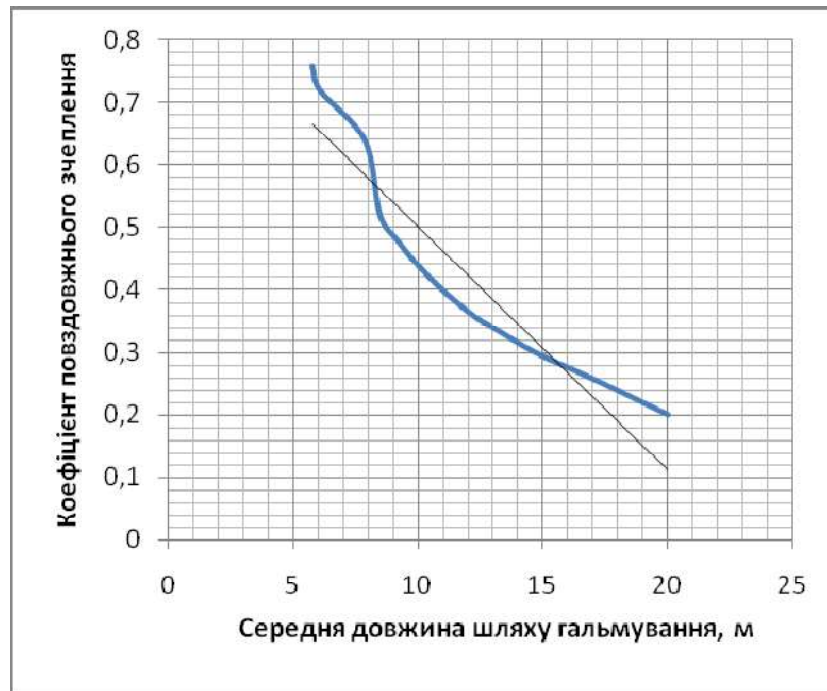


Рис. 3.15. – Графік залежності гальмування від коефіцієнта зчеплення

Дещо подібне є і у нашого близького сусіда – Білорусі. З 01.01.2006 року на території республіки Білорусь вступили в дію нові Правила дорожнього руху (ПДР) [18]. У розділі 5 ПДР «Правила використання дорожніх знаків» розроблено правила використання нового дорожнього знака 1.6 «Кінець дороги з удосконаленим покриттям». Знак встановлюється поза населеним пунктом перед містом переходу дороги з удосконаленого покриття в дорогу з перехідним (гравійним, щебневим) або з низьким (грунтовим) типом покриття. В населених пунктах знак 1.6 може бути використано на магістральних вулицях при виробничій необхідності (тимчасові об'їзди без удосконаленого покриття, тощо).

Результатом роботи знаку повинна бути зменшення водієм швидкості руху, тому що при високих швидкостях руху шина не встигає повністю деформуватися, так як продовжність контакту з покриттям для цього недостатня, і відповідно, нерівності покриття вдавлюються в шину на меншу глибину. У результаті з ростом швидкості коефіцієнт зчеплення знижується, і навпаки, з падінням швидкості зростає, що повинно сприяти безпеці руху.

Згідно з [19] з дозволу Національної поліції МВС України та НДЦ БДР МВС України в експериментальному порядку допускається застосовувати дорожні знаки, не встановлені чинними стандартами і технічними умовами, зокрема керовані дорожні знаки і табло із змінною на них інформацією.

При цьому в необхідних випадках для своєчасного інформування учасників руху на експериментальній ділянці дороги повинні бути встановлені інформаційні панно на жовтому фоні, які б пояснювали учасникам дорожнього руху зміст і значення експерименту, що проводиться.

ВИСНОВКИ

У результаті виконання роботи здійснено теоретичне узагальнення і нове вирішення науково-прикладної задачі, що полягає у підвищенні безпеки дорожнього руху на окремих ділянках автомобільних доріг. Основні результати полягають в наступному:

Проведено аналіз існуючих методів оцінки безпеки дорожнього руху на окремих ділянках доріг при скоєнні ДТП та виявлено їх недоліки.

Виконано аналіз і формалізацію апріорної інформації, що лежить в основі попередніх наукових досліджень і статистичної інформації при скоєнні дорожньо-транспортних пригод. Запропоновано аналізувати аварійність на кожному кілометрі дороги, окремо розглядаючи короткі ділянки, такі як перетини і примикання в одному рівні, штучні споруди, майданчики для зупинок і стоянок автомобілів, пішохідні переходи тощо.

Встановлено закономірності впливу технічних засобі регулювання дорожнього руху на рівень аварійності. Удосконалено метод оцінки безпеки дорожнього руху на окремих ділянках автомобільних доріг за рахунок розробки методики експертної оцінки безпеки дорожнього руху. Із цією метою в роботі розроблені критерії оцінювання і встановлені показники рівня безпеки окремих ділянок автомобільних доріг. Ділянка дороги вважається безпечною при рівні безпеки від 0 до 25 балів і дуже небезпечною при рівні від 75 до 100.

Розроблена методика розрахунку втрат від дорожньо-транспортних пригод в якій запропоновано при розрахунку ризику виникнення ДТП враховувати вплив засобів пасивного протиаварійного забезпечення дорожнього руху. Ця методика розрахунку втрат від ДТП враховує склад і умови руху та дозволяє мінімізувати втрати від ДТП шляхом змін у використанні ЗППЗ ДР.

Запропонована методика експертної оцінки рівня безпеки дорожнього руху, яка дозволяє значно полегшити роботу з оцінки безпеки руху ділянки автомобільної дороги та скоротити час на проведення її експертизи.

Запропоновано відповідний програмний продукт, який представляє собою інформаційну систему моніторингу потенційно небезпечних об'єктів дорожньої інфраструктури.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Про схвалення Стратегії підвищення рівня безпеки дорожнього руху в Україні на період до 2020 року : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 14 червня 2017 р № 481-р. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/en/481-2017-%D1%80> (дата звернення : 17.11.2017).
2. World report on road traffic injury prevention / [World Health Organization]. Geneva, 2004. P. 16.
3. Справочник дорожных терминов / [Ушаков В.В. Поспелов П.И. Залуга В.П. и др.]; под ред. Ушакова В.В. М. : Экон, 2005. 218 с.
4. ДСТУ 2935-94. Безпека дорожнього руху. Терміни та визначення. К. : Держстандарт України, 1994. 42 с.
5. Resolution adopted by the General Assembly / [United Nations Millennium Declaration]. № 55/2. 18. September, 2000. 19 p.
6. Mathers C., Loncar D. Updated projections of global mortality and burden on disease, 2002-2030: data sources, methods and results. WOZ, 2005. P. 48.
7. Про Концепцію Державної цільової програми підвищення безпеки дорожнього руху на 2009-2012 роки // Дорожня галузь України. 2009. № 2. С. 40-42.
8. Голоцван О. В. Управління безпекою дорожнього руху на автомобільних дорогах загального користування в системі Укравтодору // Дорожня галузь України. 2008. № 4. С. 12-23.
9. Bitze F. Accident Rates on German Expressways in Relation to Traffic Volumes and Geometric Design // Roads and Road Construction. 1995. Vol. 35, № 409. P. 18-20.
10. Пугачев И. Н., Горев А. Э., Олещенко Е. М. Организация и безопасность дорожного движения. М. : ИЦ «Академия», 2009. 272 с.
11. Osipov V. The problem of accident rate involving pedestrians and ways of reducing it with a minimum of capital investments // Nauka i Studia. 2011. NR 13 (44). P. 39-44.

12. Осипов В. А. Проблема аварийности с участием пешеходов на улицах и дорогах населенных пунктов // *ОРАЛДЫҢҒЫЛЫМЖАРШЫСЫ*. 2012. № 2 (38). С. 109-116.
13. Осипов В. О., Кравченко О. П. Удосконалення методики оцінки безпеки дорожнього руху на ділянках автомобільних доріг. *LXX наук. конф. проф.-виклад. складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету*. Київ : НТУ, 2014. С. 249.
14. Осипов В. А. Проблемы аварийности на автомобильных дорогах Украины, пути и методы их решения // *Современные научные исследования и инновации*. Октябрь, 2011. [Электронный ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2011/10/4872>. Дата звернення 02.06.2017.
15. Сопільник Л. І. Розвиток теорії та засад формування нормативної бази безпеки дорожнього руху : автореф. дис... д-ра техн. наук. Львів, 2002. 27 с.
16. Дудніков О. М. Аналіз підвищення безпеки дорожнього руху на основі енергетичних характеристик транспортного потоку : автореф. дис... канд. техн. наук. Київ, 2003. 24 с.
17. Рябець Я. В. Комплексна оцінка потенційної небезпеки на перехрестях : автореф. дис... канд. техн. наук. Київ, 2009. 23 с.
18. Дідківська Л. С. Гнучкі методи світлофорного регулювання в умовах нестационарності параметрів транспортного потоку : автореф. дис... канд. техн. наук. Київ, 2011. 20 с.
19. Могила І. А. Підвищення ефективності функціонування ізольованих регульованих перехресть з адаптивним алгоритмом керування : автореф. дис... канд. техн. наук. Київ, 2014. 20 с.
20. Лапутин Р. О. Підвищення безпеки руху на перехрестях на одному рівні в режимі реального часу: автореф. дис... канд. техн. наук. Київ, 2011. 20 с.
21. Садило Р. М. Методы оценки эффективности проектных решений организации дорожного движения. Новочеркасск : ЮРГТУ, 2002. 28 с.
22. Зырянов В. В., Кочерга В. Г., Поздняков М. Н. Современные подходы к разработке комплексных схем организации дорожного движения. *Сборник*

докладов с V Российско-германской конференции по безопасности дорожного движения (21–22 июня 2010 г.). Иркутск : ИрГТУ, 2010. С. 51.

23. Рунэ Эльвик, Аннэ Мюсен, Трулс Ваа. Справочник по безопасности дорожного движения / под ред. проф. В. В. Сильянова. М. : МАДИ (ГТУ), 2001. 754 с.

24. Jansson J., Ulriksson B. Prissättning av transportinfrastruktur. *Symposium 1990-11-19 om forskningsbehov*. [TFB-meddelande 177]. Stockholm : Transportforskningen, 1991. P. 14-29.

25. Brude U., Jansson J. Models for predicting accidents at junctions where pedestrians and cyclists are involved. How well do they fit? // *Accid. Anal. Prev.* 1993. № 25. P. 499-509.

26. Muhlrad N. Traffic safety research for developing countries: methodologies and first results. *Arcueil: National Institute for Transport and Road Safety Research*. 1987. (Synthese № 7). P. 56-69.

27. Уванов В. В., Живописцев Н.Ф., Сиханов Е.Ю. Обзор зарубежных методов оценки социально-экономического ущерба от ДТП // *Автомобильные дороги*. 2000. № 4. С. 1-38.

28. Васильев А. П., Сиденко В.М. Эксплуатация автомобильных дорог и организация дорожного движения. М. : Транспорт, 1990. 304 с.

29. Максимчук Ю. Сошел снег, а с ним и разметка. URL: <http://www.autocentre.ua>.

30. Федотов В. А. Анализ норм проектирования автомобильных дорог зарубежных стран на примере последних норм и правил Федеративной Республики Германии. М. : Информавтодор, 2003. 96 с.

31. Бабков В. Ф. Дорожные условия и безопасность движения. М. : Транспорт, 1993. 267 с.

32. Дивочкин О. А., Живописцев И. Ф. Моделирование транспортных потоков при обосновании обходов городов. *Совершенствование транспортно-эксплуатационных качеств автомобильных дорог и обустройств*. М. : СоюздорНИИ, 1986. С.17-38.

33. Пуркин В. И., Ситников Ю. М. Особенности учета режимов безопасности движения при проектировании мостовых переходов. *Проектирование и строительство автомобильных дорог*. М. : Транспорт, 1972. С. 41-51.
34. Адасинский В. С. Анализ аварийности на автомобильных дорогах в пределах населённых пунктов. М. : Труды МАДИ, 1976. Вып. 127. С. 70-78.
35. Забишний А. С. Методика оценки дорожных условий и возможности ДТП на участках дорог. К. : Вища школа, 1999. 22 с.
36. Фишельсон М. С. Городские пути сообщения. М. : Высш. Школа, 1980. 296 с.
37. Про автомобільні дороги : Закон України. К. : Парлам вид-во, 2005. 47 с.
38. Справочная энциклопедия дорожника II том. Ремонт и содержание автомобильных дорог / под ред. Васильева А.П. М. : Росавтодор, 2004. 896 с.
39. Р В.2.3-218-03449261-732:2008. Рекомендації щодо забезпечення безпеки дорожнього руху у темну пору доби. К. : Укравтодор, 2008. 13 с.
40. ДСТУ 4100-2002. Знаки дорожні. Загальні технічні умови. Правила застосування. К. : Держстандарт України, 2002. 62 с.
41. ДСТУ 2587:2010. Розмітка дорожня. Технічні вимоги. Методи контролю. Правила застосування. К. : Держстандарт України, 2010. 73 с.
42. ДСТУ 4036-2001. Безпека дорожнього руху. Вставки розмічальні дорожні. Загальні технічні вимоги. К. : Держстандарт України, 2001. 18 с.
43. ДСТУ 4092-2002. Безпека дорожнього руху. Світлофори дорожні. Загальні вимоги, правила застосування та вимоги безпеки. К. : Держстандарт України, 2002. 27 с.
44. ДСТУ Б В.2.3-9-2003. Споруди транспорту. Пристрої дорожні напрямні. Загальні технічні умови. К. : Держстандарт України, 2003. 12 с.
45. ДСТУ 4123-2006. Безпека дорожнього руху. Елементи примусового зниження швидкості на вулицях і дорогах. Загальні вимоги. Правила застосування. К. : Держстандарт України, 2006. 12 с.
46. СОУ 45.2-00018112-029:2008 Смути шумові. Загальні технічні вимоги. Правила застосування. К. : Укравтодор, 2008. 9 с.

47. М 218-03450778-652:2008. Методика оцінки рівнів безпеки руху на автомобільних дорогах України. К. : Укравтодор, 2008. 49 с.
48. Справочник по безопасности дорожного движения / Рунэ Эльвик, Анне Боргер Мюсен, Трулс Ваа; [пер. с норв. под ред. В. В. Сильянова]. М. : МАДИ (ГТУ), 2001. 754 с.
49. Бабков В. Ф. Дорожные условия и безопасность движения. М. : Транспорт, 1993. 271 с.
50. М 03450778 - 700:2012. Методика проведення аудиторських перевірок з безпеки дорожнього руху на стадії експлуатації автомобільних доріг загального користування. К. : Укравтодор, 2012. 63 с.
51. Осипов В. О. Щодо вдосконалення методики оцінки ефективності заходів з підвищення безпеки руху // Вісник Донецької академії автомобільного транспорту. 2012. № 3. С. 41-48.
52. Вишнеvский В. А., Меняйленко А. С., Сквирский В. Д. Имитационное моделирование функций пользователя ЭВМ. *Наука на рубеже столетий* : материалы научной конференции. Луганск : Изд-во ЛГПУ, 2000. С. 4-8.
53. ГСТУ 218-03449261-099-2002. Порядок проведення лінійного аналізу аварійності та оцінки умов безпеки руху на автомобільних дорогах. К. : Укравтодор, 2003. 9 с.
54. Осипов В. О. Безпека дорожнього руху: технічні засоби та інженерне облаштування: навч. пос. Луганськ : Вид-во «Ноулідж», 2014. 192 с.
55. Осипов В. О., Кравченко О. П. До питання удосконалення методу оцінки безпеки руху на окремих ділянках автодороги // Наукові нотатки. 2014. Вип. 45. С. 301-307.
56. Маркуц В. М. Транспортные потоки автомобильных дорог и городских улиц. Тюмень, 2008. 102 с.
57. Реклейтис Г., Рейвиндран А., Регсдел К. Оптимизация в технике. М. : Мир, 1986. Т.1. 349 с., Т. 2. 320 с.
58. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. М. : Наука, 1968. 720 с.
59. Пападимитриу Х., Стайглиц К. Комбинаторная оптимизация. М. : Мир,

1985. 512 с.

60. Столяров В. В. Дорожные условия и организация движения с использованием теории риска : учебное пособие. Саратов : СГТУ, 1999. 84 с.

61. Столяров В. В., Писной А. Л. Прогнозирование числа дорожно-транспортных происшествий в зависимости от дорожных условий и уровня удобства движения // Повышение эффективности эксплуатации транспорта : межвуз. науч. сб. Саратов : СГТУ, 2002. С. 170-173.

62. Сильянов В. В., Домке Э. Р. Транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог и городских улиц. Москва. Изд. центр Академия, 2008. 352 с.

63. Столяров В. В. Проектирование автомобильных дорог с учетом теории риска : в 2 ч. Саратов : СГТУ, 1994.

64. Осипов В.О., Мельниченко О.І. Використання комп'ютерних технологій у сфері безпеки руху автомобільного транспорту. *Новітні технології в автомобілебудуванні, транспорті і при підготовці фахівців* : наук. праці Міжн. наук.-практ. та наук.-метод. конф. присв. 85-річчю з Дня народж. А. Б. Гредескула (20–21 жовтня 2016 р., м. Харків). Харків, 2016. С.101-102.

65. Про забезпечення автомобільних доріг загального користування сучасними дорожніми знаками : Рішення Колегії Укравтодору від 25.06.2009 № 47. К. : Укравтодор, 2009.

66. Леонович И. И., Богданович С. В., Нестерович И. В. Диагностика автомобильных дорог. Минск : Новое знание, 2001. 347 с.

67. Sign retroreflectivity in spotlight // Crossroads : Wisconsin transportation information centre. 2008. P. 1, 6-8.

68. ГОСТ 25706-83. Лупы. Типы, основные параметры. Общие технические требования. М. : ИПК Издательство стандартов, 1983. 31 с.

69. Осипов В. О. Порівняльний аналіз механічних властивостей світлоповертальних плівок для дорожніх знаків // Вісник Донецької академії автомобільного транспорту. 2013. № 1. С. 55-60.

70. ГОСТ 427-75. Линейки измерительные металлические. Технические условия. М. : Издательство стандартов, 1977. 24 с.