

Національний транспортний університет  
Міністерства освіти і науки України

Національний транспортний університет  
Міністерства освіти і науки України

Кваліфікаційна наукова  
праця на правах рукопису

**ОСИПОВ ВАЛЕНТИН ОЛЕКСАНДРОВИЧ**

УДК 656.13

**ДИСЕРТАЦІЯ**

**УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ ОЦІНКИ БЕЗПЕКИ ДОРОЖНЬОГО РУХУ  
НА ОКРЕМИХ ДІЛЯНКАХ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ**

05.22.01 – транспортні системи

Транспорт

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

Дисертація містить результати власних досліджень.  
Використання ідей, результатів і текстів інших  
авторів мають посилання на відповідне джерело

\_\_\_\_\_ В. О. Осипов

Науковий керівник –  
Мельниченко Олександр Іванович  
кандидат технічних наук,  
професор

Ідентичність усіх примірників дисертації  
Засвідчую  
Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради Д 26.059.02  
\_\_\_\_\_ В. І. Каськів

Київ – 2017

## АНОТАЦІЯ

*Осипов В. О. Удосконалення методу оцінки безпеки дорожнього руху на окремих ділянках автомобільних доріг. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.*

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.01 «Транспортні системи» (275 – Транспортні технології (за видами)). – Національний транспортний університет, Київ, 2017.

**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, 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 **першому розділі** розглянутий сучасний стан проблеми безпеки дорожнього руху в Україні, виконаний аналіз попередніх робіт, що присвячені зниженню рівня аварійності та відомих методів аналізу дорожньо-транспортних пригод (ДТП) і намічені напрями щодо їх удосконалення.

Зроблено висновок, що удосконалення системи заходів з впровадження сучасних технічних засобів організації дорожнього руху можна розглядати як один з найважливіших напрямків підвищення безпеки руху засобами дорожньої служби.

Було проаналізовано можливість впровадження більш досконалих технологій та засобів при обладнанні інженерним облаштуванням автомобільних доріг та їх вплив на безпечний рух автомобільного транспорту. Одним із напрямків дисертаційного дослідження був аналіз статистичних даних аварійності, що вказані у картках місць концентрації ДТП, як самих повних документів.

Отримані результати аналізу методів виявлення небезпечних ділянок автодоріг намітили подальші напрямки теоретичних та експериментальних досліджень оцінки впливу технічних засобів організації дорожнього руху та інженерного облаштування автомобільних доріг на безпеку дорожнього руху.

У **другому** розділі виконані теоретичні дослідження з удосконалення оцінки безпеки руху на окремих ділянках автомобільних доріг.

Обґрунтовано запропоновано 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.

Під "окремими ділянками автомобільних доріг" у дисертаційній 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.

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.

Встановлено критерії визначення впливу технічних засобів автомобільних доріг на безпеку руху, які показали, що на сьогодні ще не має достовірного алгоритму визначення впливу дорожніх умов на аварійність, тому що відсутні паралельні статистичні дані про кількість ДТП, також не можливо стовідсотково спрогнозувати поведінку водія при взаємодії факторів «водій – дорожні умови».

Встановлено особливості впливу заходів із застосування інженерного облаштування на аварійність. 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.

Розроблено метод оцінки безпеки дорожнього руху на окремих ділянках автомобільних доріг, який базується на врахуванні встановлених коефіцієнтів, що враховують наявність і стан засобів пасивної протиаварійної безпеки дорожнього руху. При розробці метода було проаналізовано картки місць концентрації (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.

На відміну від існуючих методів, запропонований метод оцінювання безпеки дорожнього руху (БДР) не вимагає наявності оперативної статистики ДТП перед кожним обстеженням доріг.

Однак, ці бали можливо 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. Тому виникла 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. Це дуже важливий фактор, тому що за часовим аналізом карток МК ДТП аварії вдень склали 61,4 %, вночі – 21,4 %, у сутінки – 17,1 %.

Також окремо було введено понижуючий коефіцієнт, який би враховував ступінь небезпеки для ТЗ безпосередньо самого технічного засобу при ймовірному зіткненні з ним (ступінь деформативності).

У дисертаційній роботі автором пропонується ввести коефіцієнт засобів пасивної протиаварійної безпеки, який базується на коефіцієнтах, що враховують наявність і стан засобів пасивної протиаварійної безпеки дорожнього руху.

Запропонований метод експертної оцінки 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.

У роботі розроблені показники рівня безпеки окремих ділянок автомобільних доріг.

Ризик скоєння ДТП виникає, як правило при раптовій появі небезпеки на автодорозі, і як наслідок екстреному гальмуванню автомобіля, що може призвести до зіткнення як із перешкодою у вигляді попереду їдучого автомобіля, так і скоєнню зіткнення із автомобілем, що йде позаду.

З метою врахування наявності та якості ЗППЗ ДР на ризик виникнення ДТП у дисертаційній роботі пропонується залежність отриману В.В. Столяровим доповнити коефіцієнтом врахування ЗППЗ ДР.

У розділі встановлено, що ефективним заходом із зниження аварійності на автомобільних дорогах є впровадження сучасного інженерного облаштування – технічних засобів організації дорожнього руху, як альтернативу великовартісним капітальним вкладенням за умови недостатнього фінансування дорожньої галузі.

У **третьому** розділі наведені результати експериментальних та натурних досліджень впливу засобів пасивного протиаварійного забезпечення на безпеку дорожнього руху.

Досліджено вплив недостатньої видимості засобів пасивного протиаварійного забезпечення дорожнього руху на прийняття рішень водієм, а саме: видимості дорожніх знаків при різних погодних умовах; світлоповертальних елементів, які встановлюють на бар'єрному огороженні.

На сьогодні основним способом боротьби з налипанням снігу на дорожніх знаках є ручне очищення знаку від снігу. 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. 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 цетіоланом (рідким воском) в аерозолі. Автором отримано патент на корисну модель «Спосіб захисту дорожніх знаків від налипання мокрого снігу за допомогою рідкого воску (цетіолану)».

Технічні засоби організації дорожнього руху і, як їх складова частина, дорожнє бар'єрне огороження є одним із головних елементів, що забезпечує БДР. Автором пропонується використовувати світлоповертальний елемент, який можна виготовляти з гофрованої металевої пластини з алюмінію або оцинкованого заліза розмірами 100x500 мм, до якої приклеєна плівка мікропризматичного типу червоного або білого кольору. У дисертаційній роботі розроблені пропозиції та доповнення до чинного стандарту із цього питання.

У цьому ж розділі було досліджено вплив засобів примусового зниження швидкості «лежачий поліцейський» на транспортний рух у населених пунктах. Як один із прикладів у роботі наведені виміри затримки автомобілів в місцях їх установки перед наземними нерегульованими пішохідними переходами в м. Луганськ.

У **четвертому** розділі наведена практична реалізація результатів дослідження.

Одним із результатів наукових досліджень є програма для оцінки безпеки дорожнього руху.

У розділі наведена розроблена 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.

Також знайшли своє відображення розроблені практичні рекомендації з підвищення безпеки дорожнього руху на окремих ділянках автомобільних доріг. Впровадження яких дозволить зменшити кількість ДТП і важкість наслідків від них. Зокрема це впровадження нового дорожнього знака «Зміна покриття», застосування протизасліплювальних екранів, влаштування шумових смуг, удосконалення світлоповертальних елементів, які встановлюють на бар'єрному огороженні.

Як наслідок, розроблені рекомендації спрямовані на поліпшення організації роботи відомств і служб, що займаються забезпеченням безпечного функціонування автомобільних доріг. Зокрема, результати даного дослідження і практичні рекомендації можна використовувати при аудиті дорожньої безпеки на стадії експлуатації автодоріг – в цілях підвищення рівня достовірності експертних досліджень.

**Ключові слова:** автомобільна дорога, аварійно-небезпечна ділянка, бар'єрне огороження, безпека дорожнього руху, дорожній знак, дорожня розмітка, дорожньо-транспортна пригода, інженерне облаштування доріг, технічні засоби регулювання дорожнього руху.

### **Список публікацій здобувача**

**Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:**

**Статті у виданнях іноземних держав або у виданнях України, які включені до міжнародних наукометричних баз:**

1. 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.
2. Осипов В. А. Проблема аварийности с участием пешеходов на улицах и дорогах населенных пунктов // *ОРАЛДЫҢ ҒЫЛЫМ ЖАРШЫСЫ*. 2012. № 2 (38). С. 109-116.
3. Осипов В. А. Световозвращающие элементы на верхней одежде как способ снижения аварийности с участием пешеходов // *Вестник НЦ БЖД*. 2012. № 2 (12). С. 36-40.
4. Осипов В. А., Кравченко А. П. Модернизация технических средств организации дорожного движения // *Совершенствование организации дорожного движения и перевозок пассажирских грузов. Безопасность дорожного движения* : сб. науч. трудов. Минск : БНТУ, 2016. С. 525-533.

5. Осипов В. О., Коструб В. О. Пропозиції щодо впровадження нового дорожнього знаку // Вісник Донецької академії автомобільного транспорту. 2011. № 4. С. 23-28.
6. Осипов В. О. Щодо вдосконалення методики оцінки ефективності заходів з підвищення безпеки руху // Вісник Донецької академії автомобільного транспорту. 2012. № 3. С. 41-48.
7. Осипов В. О. Використання протизасліплювальних екранів для зменшення аварійності на автомобільних дорогах у темний час доби // Сучасне промислове та цивільне будівництво. 2012. Том 8. № 3. С. 131-135.
8. Осипов В. А., Кравченко А. П. Влияние элементов принудительного снижения скорости на потери в автомобильном движении // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. 2012. № 6 (177). С. 72-75.
9. Осипов В. О. Порівняльний аналіз механічних властивостей світлоповертальних плівок для дорожніх знаків // Вісник Донецької академії автомобільного транспорту. 2013. № 1. С. 55-60.
10. Осипов В. О., Кравченко О. П. Модернізація бар'єрного огородження автомобільних доріг // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. 2013. № 5 (194). С. 62-66.

**Статті у фахових виданнях:**

11. Осипов В.О. Спосіб боротьби з налипанням мокрого снігу на дорожні знаки // Наукові нотатки. 2012. Вип. 37. С. 261-265.
12. Осипов В. О., Кравченко О. П. Щодо влаштування гумових підвищених пішохідних переходів // Комунальне господарство міст : наук.-техн. зб. Серія : Технічні науки та архітектура. 2012. Вип. 103. С. 366-373.
13. Осипов В. О., Ісаєв І. М., Кравченко О. П. Пропозиції щодо влаштування підвищених наземних пішохідних переходів // Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія : Технічні науки. 2012. № 3 (62). С. 63-67.



- 14.Осипов В. О. Підвищення експлуатаційних характеристик автодоріг шляхом вдосконалення безпеки руху на пішохідних перехідах // Науковий вісник Луганського національного аграрного університету. Серія : Технічні науки. 2013. № 47. С. 274-283.
- 15.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.

**Опубліковані праці апробаційного характеру:**

- 16.Осипов В .О., Коструб В.О. Вдосконалення світлоповертальних елементів, які встановлюються на бар'єрній огорожі. *Безпека дорожнього руху: правові та організаційні аспекти* : мат. VI Міжн. наук.-практ. конф. (17–18 листопада 2011 р., м. Донецьк). Донецьк, 2011. С. 268-272.
- 17.Осипов В. О. Досвід використання дерев'яних стояків дорожніх знаків у Луганській області *Zprávy vědeckého myšlení – 2011 : materiály VII mezinárodní vědecko-praktická konference* (27.10.2011 – 05.11.2011). Praha : Publishing House «Edukation and Science», 2011. С. 71-74.
- 18.Осипов В. О. Встановлення гнучких сигнальних стовпчиків – як засіб економії державних коштів. *Бъдешего въпроси от света на наука – 2011* : мат. за 7-а межд. науч. практ. конф. София, 2011. Том 29. С. 79-82.
- 19.Осипов В. А. Мировой опыт применения фрезерованных шумовых полос на покрытии автодороги и перспективы его применения на Украине. *Настоящи изследвания и развитие – 2012* : мат. за 8-а межд. науч. конф. (17–25 януари, 2012). София, 2011. Том 20. С. 48-54.
- 20.Осипов В. О., Кравченко О. П., Ісаєв І. М. Влаштування гумових підвищених пішохідних переходів. *Транспортные проблемы крупнейших городов: материалы международной научно-практической конференции* : тезисы докладов (12–16 марта 2012 г, г. Харьков). Харьков, 2012. С. 27-29.
- 21.Осипов В. О., Кравченко О. П. Щодо захисту дорожніх знаків від налипання мокрого снігу. *Логистика промислових регіонів* : зб. наук. праць за мат.

- Четвертої міжн. наук.-практ. конф. (23–25 квітня 2012 р., м. Донецьк).  
Донецьк, 2012. С. 164-165.
- 22.Осипов В. А. Методика пассивной защиты пешеходов от наезда транспортных средств в темное время суток. *Инженерия транспорта и транспортных перевозок* : сб. стат. 15-й конференции молодых ученых Литвы (4 мая 2012 г., г. Вильнюс). Вильнюс, 2012. С. 46-49.
- 23.Осипов В. А., Кравченко А. П. Влияние элементов принудительного снижения скорости на автотранспортное средство. *Наука – образованию, производству, экономике* : мат. Десятой межд. науч.-техн. конф. в 4 томах. Минск : БНТУ, 2012. Том 3. С. 174-175.
- 24.Осипов В. А. К вопросу снижения аварийности на наземных нерегулируемых пешеходных переходах. *Проблеми підвищення рівня безпеки, комфорту та культури дорожнього руху* : мат. III міжн. наук.-практ. конф. (16–17 квітня 2013 р., м. Харків). Харків : ХНАДУ, 2013. С. 194-196.
- 25.Осипов В. А., Кравченко А. П. Использование противоослепительных экранов на автодорогах Iб категории. *Наука – образованию, производству, экономике* : мат. Одиннадцатой межд. науч.-техн. конф. в 4 томах. Минск : БНТУ, 2013. Том 3. С. 144-145.
- 26.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.
- 27.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.
- 28.Осипов В. О., Мельниченко А. И. Изучение влияния отдельных технических факторов на потери в движении транспорта. *Организация дорожного*

*движения и перевозок пассажиров и грузов и транспорт* : сб. науч. труд. конф. Минск. БНТУ, 2017. С. 132-135.

**Свідоцтва та патенти:**

29. Патент України на корисну модель № 77250 Україна, МПК (2013.01), E01F9/00. Спосіб влаштування шумових смуг на покритті автомобільної дороги за допомогою дорожньої фрези / Осипов В. О. Дата реєстрації 11.02.2013 р.
30. Патент України на корисну модель № 77531 Україна, МПК, B05D5/08 (2006.01) B01J2/30 (2006.01). Спосіб захисту дорожніх знаків від налипання мокрого снігу за допомогою рідкого воску (цетиолану) / Осипов В. О. Дата реєстрації 25.02.2013 р.
31. Патент України на корисну модель № 86208 Україна, МПК (2013.01), E01F11/00. Спосіб влаштування безпечного перетину інвалідами зору проїзної частини автодоріг / Осипов В. О. Дата реєстрації 25.12.2013 р.

**Опубліковані праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:**

32. 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.
33. Осипов В.А. Опыт применения гибких сигнальных столбиков в Луганской области (Украина). // Современная техника и технологии. Ноябрь, 2011 [Электронный ресурс]. URL: <http://technology.snauka.ru/2011/11/134>. Дата звернення 03.10.2017.
34. Osipov V. «Lying policeman» – as factor of influence on losses of the motion of transport vehicles // Research Bulletin SWorld «Modern scientific research and their practical application». Volume j21209, 2012. CID: j21209-037. P. 16-18. [Електронний ресурс]. URL: <http://www.sworld.com>.
35. Осипов В. О. Безпека дорожнього руху: технічні засоби та інженерне облаштування: навч. пос. Луганськ : Вид-во «Ноулідж», 2014. 192 с.

## SUMMARY

*Osipov V. O.* Improvement of the method of estimation of road safety on separate sections of highways. – Qualifying scientific work on the rights of manuscripts.

Dissertation for the degree of candidate of technical sciences in specialty 05.22.01 "Transport systems" (275 – Transport technologies (by types)). – National Transport University, Kyiv, 2017.

**Topicality of the topic.** Over the past decades, the world has witnessed a rapid increase in the number of vehicles and increased traffic, which leads to an increase in traffic accidents and their negative consequences. So, according to the World Health Organization, road traffic injuries are one of the biggest health problems today. It is projected that in 2030 road accidents could become one of the five main causes of mortality in the world.

The **first section** deals with the current state of the problem of road safety in Ukraine, an analysis of previous works devoted to reducing the level of accidents and known methods of analysis of road accidents (road traffic accidents) and outlined directions for their improvement.

It is concluded that the improvement of the system of measures for the implementation of modern technical means Road traffic organization can be considered as one of the most important directions of improving traffic safety by means of road service.

Analyzed the possibility in the proceedings of improved technologies and equipment and engineering at the install latrines roads and their impact on the safe movement of motor transport. One of the directions of the dissertation research was a statistical analysis these incidents listed in the cards Spots, both of the full documents.

The results of analysis methods for detecting dangerous sections of roads have identified further areas of theoretical and experimental investigations impact assessment of the technical means of traffic engineering and improvement of roads on road safety.

In the **second** section, theoretical studies were performed to improve the assessment of the safety of traffic on selected sections of highways.

It is substantiated that a new term is proposed to be put into circulation - means of passive traffic accident prevention (MPTAP) – a set of technical means of traffic engineering and improvement of roads, ensuring avoid or reduce the severity of the consequences of the accident without action of road users.

In "separate sections of highways" in the dissertation work the level of sections of a motorway (street) with length of on to one kilometer e (an accidentally hazardous area (AHA) with zones of influence is understood); solutions bandages on one level; railway crossings; man-made structures; platforms for stopping and parking of cars; pedestrian crossings and other AHA.

The assessment of the level of road safety is of fundamental importance for road service and traffic management services in detecting hazardous areas and developing measures to improve traffic conditions.

The criteria for determining the impact of roadside technical means on traffic safety have been established, which showed that at present there is no reliable algorithm for determining the impact of road conditions on accidents, as there are no parallel statistics on the number of accidents, it is also impossible to fully predict the driver's behavior in the interaction of factors "Driver - road conditions".

The peculiarities of the influence of measures on the use of engineering equipment for accident rate are determined. Among the measures, which according to the investigated researches reduce the level of accidents are: the placement of road signs with a new type of film, the installation of lighting, the installation of anti-glare screens, the complex arrangement of land-based unregulated pedestrian transitions by modern MPTAP, etc.

The method of estimation of traffic safety on some sections of roads is developed, proceeding from the account established for waiters' matches, taking into account the presence and status of passive emergency road safety. The method has been analyzed the concentration of cards (CC) accidents in the period from 2007 to 2013. CC road traffic accidents look like the most reliable source of information, since they are simultaneously representatives of the owner of the highways, the State

Automobile Inspection and road- design organization, and are the subject of state statistical reporting.

Unlike existing methods, the proposed method for assessing road safety (ARS) does not require the availability of operational statistics of accidents before each road survey.

However, these points can be considered correct when all technical means have one hundred percent visibility in different weather and time conditions in accordance with the existing regulations. The more time is spent on a technical device on the road, the higher the probability of lack of information from him by the driver. Therefore, there was need for a *reduction factor* when examining *visibility*. The lowering factor should be used in cases of insufficient visual visibility of the technical means at a distance where a similar new tool is already clearly visible. This is a very important factor, because in the time analysis of MK cards, accidents accounted for 61.4%, at night - 21.4 %, at twilight - 17,1%.

Was also separately reduction factor, which would take into account the degree of danger to the vehicle directly of the technical means at probable contact with it (degree of deformation).

In the dissertation, the author proposes to introduce a coefficient of passive accident prevention safety, based on coefficients taking into account the availability and condition of the means of passive accident prevention traffic safety .

The proposed method of expert assessment of the ARS is also of interest due to the recent introduction of *road safety audits* in the territory of Ukraine *at the operational maintenance stage*, which is designed specifically to carry out an independent audit of hazardous sections of roads and to impose low-level and effective measures to reduce accidents.

The indexes of safety level of separate sections of highways are developed in the work.

The risk of committing an accident occurs, usually the sudden appearance of danger on the road, and as a result of emergency braking of the car, which can lead

to out with a collision with an obstacle as before leaving the car, and the commission of a collision with a car coming behind.

In order to take into account the availability and quality of MPTAP for the risk of an accident in the dissertation, the dependence received Stolyarov V.V. is proposed complement factor accounting MPTAP.

Under established that is effective measure to reduce accidents on the roads is the introduction of modern engineering equipment - technical means of road traffic management, as an alternative to large-scale capital investment under the condition of insufficient financing of the road sector.

The third section presents the results of experimental and field studies of the impact of passive emergency equipment on traffic safety.

Studies on the impact of poor visibility passive means of ensuring emergency traffic driver decisions, namely the visibility of road signs in various weather conditions; retro-reflective elements, which are installed on the barrier fencing .

Today, the main way to combat snow sticking on road signs is manually clearing the sign from snow. This method requires a very long time, for example, only over the roads of the general use of Luhansk region installed more than 24 000 road signs, which reduces the efficiency in the elimination of a dangerous situation on the roads . Therefore, in order to increase the informativeness of the road in the situation when in the conditions of heavy rainfall in the form of snow it is very problematic to promptly and qualitatively perform the cleaning of road signs, it is proposed in the beginning of the autumn-winter period to treat the face of the sign with cetiolane (liquid wax) in aerosol. The author obtained a patent for a useful model " a way to protect road signs from sticking wet snow with the help of liquid wax (tsetyolan)".

The technical means of the organization of traffic and, as their constituent part, road barrier fence is one of the main elements that provides the ARS. The author is suggested to use retro-reflective element that can of manufacture of corrugated metal plate of aluminum or galvanized iron size 100x500 mm, which stuck microplasma type red or white. In the dissertation work the proposals and additions to the current standard on this issue have been developed.

In the same section, the influence of means of forced lowering the speed of a "lying policeman" on the traffic movement in settlements was investigated. As one of the examples in the work, the measurements of vehicle delays in the places of their installation before land unregulated pedestrian crossings in Luhansk are given.

In the **fourth** section, the practical implementation of the research results is presented.

One of the results of scientific research is a program for assessing road safety.

The section presents the developed methodology of expert estimation of the level of road safety, which allows to greatly facilitate the work on safety assessment of the traffic section of the highway and reduce the time for its expertise.

Also, practical recommendations for improving road safety on selected sections of highways were developed. Implementation of which will reduce the number of accidents and the severity of the consequences of them. In particular, it is the introduction of a new road sign "Changing the coating", the use of anti-glare screens, the installation of noise strips, to improve the light-reflective elements that are installed on the barrier fencing .

As a result of the recommendations directed her to improve the organization of agencies and services involved in ensuring the safe operation of highways. In particular, the results of this study and practical recommendations can be used in the audit of road safety at the stage of operation of highways - in order to increase the level of reliability of expert research.

**Key words:** road, emergency area, barrier fence, traffic safety, road sign, road marking, road traffic accident, road engineering, road traffic control equipment.



### Список публікацій здобувача

**Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:**

**Статті у виданнях іноземних держав або у виданнях України, які включені до міжнародних наукометричних баз:**

1. 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.
2. Осипов В. А. Проблема аварийности с участием пешеходов на улицах и дорогах населенных пунктов // *ОРАЛДЫҢ ҒЫЛЫМ ЖАРШЫСЫ*. 2012. № 2 (38). С. 109-116.
3. Осипов В. А. Световозвращающие элементы на верхней одежде как способ снижения аварийности с участием пешеходов // *Вестник НЦ БЖД*. 2012. № 2 (12). С. 36-40.
4. Осипов В. А., Кравченко А. П. Модернизация технических средств организации дорожного движения // *Совершенствование организации дорожного движения и перевозок пассажирских грузов. Безопасность дорожного движения* : сб. науч. трудов. Минск : БНТУ, 2016. С. 525-533.
5. Осипов В. О., Коструб В. О. Пропозиції щодо впровадження нового дорожнього знаку // *Вісник Донецької академії автомобільного транспорту*. 2011. № 4. С. 23-28.
6. Осипов В. О. Щодо вдосконалення методики оцінки ефективності заходів з підвищення безпеки руху // *Вісник Донецької академії автомобільного транспорту*. 2012. № 3. С. 41-48.
7. Осипов В. О. Використання протизасліплювальних екранів для зменшення аварійності на автомобільних дорогах у темний час доби // *Сучасне промислове та цивільне будівництво*. 2012. Том 8. № 3. С. 131-135.
8. Осипов В. А., Кравченко А. П. Влияние элементов принудительного снижения скорости на потери в автомобильном движении // *Вісник*

Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. 2012. № 6 (177). С. 72-75.

9. Осипов В. О. Порівняльний аналіз механічних властивостей світлоповертальних плівок для дорожніх знаків // Вісник Донецької академії автомобільного транспорту. 2013. № 1. С. 55-60.
10. Осипов В. О., Кравченко О. П. Модернізація бар'єрного огороження автомобільних доріг // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. 2013. № 5 (194). С. 62-66.

#### **Статті у фахових виданнях:**

11. Осипов В.О. Спосіб боротьби з налипанням мокрого снігу на дорожні знаки // Наукові нотатки. 2012. Вип. 37. С. 261-265.
12. Осипов В. О., Кравченко О. П. Щодо влаштування гумових підвищених пішохідних переходів // Комунальне господарство міст : наук.-техн. зб. Серія : Технічні науки та архітектура. 2012. Вип. 103. С. 366-373.
13. Осипов В. О., Ісаєв І. М., Кравченко О. П. Пропозиції щодо влаштування підвищених наземних пішохідних переходів // Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія : Технічні науки. 2012. № 3 (62). С. 63-67.
14. Осипов В. О. Підвищення експлуатаційних характеристик автодоріг шляхом вдосконалення безпеки руху на пішохідних перехідах // Науковий вісник Луганського національного аграрного університету. Серія : Технічні науки. 2013. № 47. С. 274-283.
15. 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.

#### **Опубліковані праці апробаційного характеру:**

16. Осипов В .О., Коструб В.О. Вдосконалення світлоповертальних елементів, які встановлюються на бар'єрній огорожі. *Безпека дорожнього руху: правові та організаційні аспекти* : мат. VI Міжн. наук.-практ. конф. (17–18 листопада 2011 р., м. Донецьк). Донецьк, 2011. С. 268-272.

- 17.Осипов В. О. Досвід використання дерев'яних стояків дорожніх знаків у Луганській області *Zprávy vědeckého myšlení – 2011 : materiály VII mezinárodní vědecko-praktická konference* (27.10.2011 – 05.11.2011). Praha : Publishing House «Edukation and Science», 2011. С. 71-74.
- 18.Осипов В. О. Встановлення гнучких сигнальних стовпчиків - як засіб економії державних коштів. *Будешего въпроси от света на наука – 2011* : мат. за 7-а межд. науч. практ. конф. София, 2011. Том 29. С. 79-82.
- 19.Осипов В. А. Мировой опыт применения фрезерованных шумовых полос на покрытии автодороги и перспективы его применения на Украине. *Настоящи изследвания и развитие – 2012* : мат. за 8-а межд. науч. конф. (17–25 януари, 2012). София, 2011. Том 20. С. 48-54.
- 20.Осипов В. О., Кравченко О. П., Ісаєв І. М. Влаштування гумових підвищених пішохідних переходів. *Транспортные проблемы крупнейших городов: материалы международной научно-практической конференции* : тезисы докладов (12–16 марта 2012 г, г. Харьков). Харьков, 2012. С. 27-29.
- 21.Осипов В. О., Кравченко О. П. Щодо захисту дорожніх знаків від налипання мокрого снігу. *Логистика промислових регіонів* : зб. наук. праць за мат. Четвертої міжн. наук.-практ. конф. (23–25 квітня 2012 р., м. Донецьк). Донецьк, 2012. С. 164-165.
- 22.Осипов В. А. Методика пассивной защиты пешеходов от наезда транспортных средств в темное время суток. *Инженерия транспорта и транспортных перевозок* : сб. стат. 15-й конференции молодых ученых Литвы (4 мая 2012 г., г. Вильнюс). Вильнюс, 2012. С. 46-49.
- 23.Осипов В. А., Кравченко А. П. Влияние элементов принудительного снижения скорости на автотранспортное средство. *Наука – образованию, производству, экономике* : мат. Десятой межд. науч.-техн. конф. в 4 томах. Минск : БНТУ, 2012. Том 3. С. 174-175.
- 24.Осипов В. А. К вопросу снижения аварийности на наземных нерегулируемых пешеходных переходах. *Проблеми підвищення рівня безпеки, комфорту та культури дорожнього руху* : мат. III міжн. наук.-

практ. конф. (16–17 квітня 2013 р., м. Харків). Харків : ХНАДУ, 2013. С. 194-196.

- 25.Осипов В. А., Кравченко А. П. Использование противоослепительных экранов на автодорогах Іб категории. *Наука – образованию, производству, экономике* : мат. Одиннадцатой межд. науч.-техн. конф. в 4 томах. Минск : БНТУ, 2013. Том 3. С. 144-145.
- 26.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.
- 27.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.
- 28.Осипов В. О., Мельниченко А. И. Изучение влияния отдельных технических факторов на потери в движении транспорта. *Организация дорожного движения и перевозок пассажиров и грузов и транспорт* : сб. науч. труд. конф. Минск. БНТУ, 2017. С. 132-135.

#### **Свідоцтва та патенти:**

- 29.Патент України на корисну модель № 77250 Україна, МПК (2013.01), E01F9/00. Спосіб влаштування шумових смуг на покритті автомобільної дороги за допомогою дорожньої фрези / Осипов В. О. Дата реєстрації 11.02.2013 р.
- 30.Патент України на корисну модель № 77531 Україна, МПК, B05D5/08 (2006.01) B01J2/30 (2006.01). Спосіб захисту дорожніх знаків від налипання мокрого снігу за допомогою рідкого воску (цетиолану) / Осипов В. О. Дата реєстрації 25.02.2013 р.

31. Патент України на корисну модель № 86208 Україна, МПК (2013.01), E01F11/00. Спосіб влаштування безпечного перетину інвалідами зору проїзної частини автодоріг / Осипов В. О. Дата реєстрації 25.12.2013 р.

**Опубліковані праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:**

32. 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.
33. Осипов В.А. Опыт применения гибких сигнальных столбиков в Луганской области (Украина). // Современная техника и технологии. Ноябрь, 2011 [Электронный ресурс]. URL: <http://technology.snauka.ru/2011/11/134>. Дата звернення 03.10.2017.
34. Osipov V. «Lying policeman» – as factor of influence on losses of the motion of transport vehicles // Research Bulletin SWorld «Modern scientific research and their practical application». Volume j21209, 2012. CID: j21209-037. P. 16-18. [Електронний ресурс]. URL: <http://www.sworld.com>.
35. Осипов В. О. Безпека дорожнього руху: технічні засоби та інженерне облаштування: навч. пос. Луганськ : Вид-во «Ноулідж», 2014. 192 с.

## ЗМІСТ

|                                                                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ .....                                                                                        | 26 |
| ВСТУП .....                                                                                                            | 27 |
| РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ БЕЗПЕКИ ДОРОЖНЬОГО РУХУ НА<br>АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРОГАХ .....                                     | 34 |
| 1.1 Стан безпеки дорожнього руху в Україні.....                                                                        | 34 |
| 1.2 Аналіз попередніх робіт, що присвячені зниженню рівня<br>аварійності.....                                          | 38 |
| 1.3 Аналіз відомих методів аналізу дорожньо-транспортних пригод та<br>пропозиції щодо їх удосконалення.....            | 42 |
| 1.3.1 Топографічний аналіз дорожньо-транспортних пригод .....                                                          | 43 |
| 1.3.2 Кількісний аналіз дорожньо-транспортних пригод.....                                                              | 44 |
| 1.3.3 Якісний аналіз дорожньо-транспортних пригод.....                                                                 | 47 |
| 1.4 Аналіз існуючих методів виявлення небезпечних ділянок автодоріг .                                                  | 50 |
| 1.4.1 Статистичні методи .....                                                                                         | 51 |
| 1.4.2 Імовірнісні методи .....                                                                                         | 53 |
| 1.4.3 Методи, які засновані на аналізі режиму руху автомобіля на<br>ділянці, що оцінюється .....                       | 55 |
| 1.4.4 Методи оцінки рівня безпеки руху на перетинах і примиканнях.<br>Метод конфліктних точок .....                    | 57 |
| Висновки до розділу 1 .....                                                                                            | 58 |
| РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ З УДОСКОНАЛЕННЯ<br>ОЦІНКИ БЕЗПЕКИ РУХУ НА ОКРЕМИХ ДІЛЯНКАХ АВТОМОБІЛЬНИХ<br>ДОРІГ..... | 59 |
| 2.1 Загальні положення.....                                                                                            | 59 |
| 2.2 Критерії визначення впливу технічних засобів автомобільних доріг<br>на безпеку руху.....                           | 61 |
| 2.3 Особливості впливу заходів із застосування інженерного<br>обладнання на аварійність.....                           | 63 |

|         |                                                                                                                                                  |            |
|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 2.4     | Визначення показників засобів пасивного протиаварійного забезпечення дорожнього руху.....                                                        | 64         |
| 2.5     | Розробка методу оцінки безпеки дорожнього руху на окремих ділянках автомобільних доріг .....                                                     | 66         |
| 2.5.1   | Загальні положення.....                                                                                                                          | 66         |
| 2.5.2   | Основні положення методу оцінювання безпеки дорожнього руху балами.....                                                                          | 68         |
| 2.5.3   | Коефіцієнти, які враховують наявність і стан засобів пасивної протиаварійної безпеки дорожнього руху .....                                       | 75         |
| 2.6     | Метод розрахунку втрат від дорожньо-транспортних пригод з врахуванням впливу засобів пасивного протиаварійного забезпечення дорожнього руху..... | 79         |
| 2.6.1   | Диференціальне рівняння транспортного потоку і його реалізація .                                                                                 | 79         |
| 2.6.2   | Залежності для визначення руху транспортного потоку в просторі та часі .....                                                                     | 84         |
| 2.6.3   | Розрахунок втрат від дорожньо-транспортних пригод з врахуванням впливу засобів пасивного протиаварійного забезпечення дорожнього руху.....       | 87         |
| 2.6.3.1 | Ризик втрати інформації водіями при перенасиченості, відсутності або недостатньої видимості ЗППЗ ДР .....                                        | 87         |
| 2.6.3.2 | Розрахунок втрат .....                                                                                                                           | 91         |
| 2.7     | Результати порівняння числового моделювання та натурних експериментів .....                                                                      | 95         |
|         | Висновки до розділу 2 .....                                                                                                                      | 102        |
|         | <b>РОЗДІЛ 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ТА НАТУРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗАСОБІВ ПАСИВНОГО ПРОТИАВАРІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НА БЕЗПЕКУ ДОРОЖНЬОГО РУХУ .....</b>   | <b>104</b> |
| 3.1     | Дослідження впливу недостатньої видимості засобів пасивного протиаварійного забезпечення дорожнього руху на прийняття рішень водієм              | 104        |
| 3.1.1   | Експериментальні дослідження дорожніх знаків .....                                                                                               | 104        |

|                                                                                                                                                                             |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.1.1.1 Загальні положення.....                                                                                                                                             | 104 |
| 3.1.1.2 Натурні спостереження за різними типами плівок.....                                                                                                                 | 106 |
| 3.1.1.3 Визначення стійкості плівок до статичної дії рідини .....                                                                                                           | 108 |
| 3.1.1.4 Визначення достатньої ударної міцності зразків.....                                                                                                                 | 110 |
| 3.1.1.5 Визначення міцності зчеплення клейового шару зразків .....                                                                                                          | 112 |
| 3.1.1.6 Визначення якості видалення захисної підкладки<br>світлоповертальної плівки.....                                                                                    | 114 |
| 3.1.1.7 Дослідження видимості дорожніх знаків при різних погодних<br>умовах.....                                                                                            | 116 |
| 3.1.2 Удосконалення світлоповертальних елементів, які<br>встановлюються на бар'єрному огороженні.....                                                                       | 123 |
| 3.2 Дослідження впливу окремих засобів пасивного протиаварійного<br>забезпечення дорожнього руху на рух транспортного потоку.....                                           | 130 |
| 3.3 Дослідження впливу деяких засобів пасивного протиаварійного<br>забезпечення дорожнього руху на тяжкість наслідків у разі зіткнення з ними<br>транспортних засобів ..... | 135 |
| 3.3.1 Стояки дорожніх знаків.....                                                                                                                                           | 135 |
| 3.3.2 Модернізація бар'єрного огороження .....                                                                                                                              | 139 |
| 3.3.3 Гнучкі сигнальні стовпчики .....                                                                                                                                      | 147 |
| Висновки до розділу 3 .....                                                                                                                                                 | 154 |
| РОЗДІЛ 4 ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ<br>ДОСЛІДЖЕННЯ .....                                                                                                              | 155 |
| 4.1 Розробка програми для оцінювання рівня безпеки дорожнього<br>руху .....                                                                                                 | 155 |
| 4.2 Методика експертної оцінки рівня безпеки дорожнього руху.....                                                                                                           | 156 |
| 4.3 Рекомендації з підвищення безпеки дорожнього руху на окремих<br>ділянках автомобільних доріг .....                                                                      | 158 |
| 4.3.1 Впровадження нового дорожнього знака .....                                                                                                                            | 158 |
| 4.3.2 Застосування протизасліплювальних екранів.....                                                                                                                        | 162 |
| 4.3.3 Влаштування шумових смуг .....                                                                                                                                        | 166 |



|                                                                                                                                   |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.3.4 Удосконалення світлоповертальних елементів, які встановлюють на бар'єрному огороженні .....                                 | 169 |
| 4.4 Рекомендації з підвищення безпеки пішоходів на пішохідних переходах.....                                                      | 171 |
| 4.4.1 Пропозиції щодо влаштування підвищених пішохідних переходів                                                                 | 171 |
| 4.4.2 Підвищення видимості нерегульованих пішохідних переходів .....                                                              | 174 |
| 4.5 Рекомендації із зменшення травматизму під час дорожньо-транспортної пригоди .....                                             | 180 |
| 4.5.1 Стояки дорожніх знаків.....                                                                                                 | 180 |
| 4.5.2 Модернізація бар'єрного огороження .....                                                                                    | 181 |
| 4.5.3 Гнучкі сигнальні стовпчики.....                                                                                             | 181 |
| Висновки до розділу 4 .....                                                                                                       | 182 |
| ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ .....                                                                                                           | 184 |
| ДОДАТОК А ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАХОДІВ З ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ РУХУ .....                                                 | 199 |
| ДОДАТОК Б ПРОГРАМА РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ З ІМІТАЦІЇ ПРОЦЕСУ ВИНИКНЕННЯ ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНОЇ ПРИГОДИ.....                             | 212 |
| ДОДАТОК В ПРОГРАМА РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ ДЛЯ ЛОКАЛЬНОЇ АПРОКСИМАЦІЇ ЕМПІРИЧНИХ ДАНИХ У ЗАДАЧАХ МОДЕЛЮВАННЯ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКУ ..... | 217 |
| ДОДАТОК Г АКТИ, ДОВІДКИ, ПАТЕНТИ ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ .....                                              | 226 |
| ДОДАТОК Д СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ ТА ВІДОМОСТІ ПРО АПРОБАЦІЮ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЇ .....                 | 241 |

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АНД – аварійно-небезпечна ділянка.

БДР – безпека дорожнього руху.

ДТП – дорожньо-транспортна пригода.

ЗППЗ ДР – засоби пасивного протиаварійного забезпечення дорожнього руху.

КСС – коефіцієнт сили світла.

МК ДТП – місце концентрації дорожньо-транспортних пригод.

ПДР – правила дорожнього руху.

ПОДР – проект організації дорожнього руху.

ТЗ – транспортний засіб.

ТЗ ОДР – технічні засоби організації дорожнього руху.

## ВСТУП

**Обґрунтування вибору теми дослідження.** 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 2010 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 2011-2020 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 (2011-2016 роки) в Україні зареєстровано близько 170,8 тис. дорожньо-транспортних пригод з постраждалими, у яких загинуло 26,7 тис. та травмовано 210,4 тис. осіб. У 2016 році зафіксовано зростання кількості дорожньо-транспортних пригод на 5,1 відсотка та травмованих у них осіб на 6,4 відсотка порівняно з 2015 роком. Особливо тривожним є те, що понад 42,6 відсотка загиблих у дорожньо-транспортних пригодах у 2016 році – пішоходи та велосипедисти. Велике занепокоєння викликає те, що за останній шестирічний період на дорогах України загинуло 1,4 тис. дітей віком до 18 років,

а дорожньо-транспортні пригоди в Україні є першою за поширеністю причиною смерті молоді віком від 15 до 24 років та другою за поширеністю причиною смерті дітей віком від 5 до 14 років.

За питомими показниками аварійності та наслідків дорожньо-транспортних пригод Україна також є одним з лідерів серед європейських країн. Так, у середньому в країнах – членах ЄС (за даними 2015 року) на 100 тис. жителів припадає 5,1 відсотка загиблих у дорожньо-транспортних пригодах, на 100 тис. транспортних засобів - вісім загиблих, тоді як в Україні такі показники становлять (за даними 2016 року) відповідно 8 і 22,1 відсотка осіб. Важливо також врахувати, що за відсутності якісного збору даних щодо травмованих і загиблих унаслідок дорожньо-транспортних пригод зазначені показники можуть не відображати реальні цифри.

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;
- порушення правил проїзду перехресть, на яких стається до 30 відсотків всіх дорожньо-транспортних пригод із смертельними наслідками;
- керування транспортними засобами у стані алкогольного сп'яніння.

Велика кількість дорожньо-транспортних пригод та постраждалих від них також впливає на економіку та сферу охорони здоров'я України. За розрахунками експертів Світового банку, соціально-економічні втрати України від дорожньо-транспортного травматизму оцінюються в 4,5 млрд. доларів США на рік, що становить приблизно 3,4 відсотка валового внутрішнього продукту (у розрахунках 2014 року), включаючи матеріальні витрати, пов'язані з пошкодженням майна та зниженням продуктивності праці, та людські втрати через серйозні травми або смерть унаслідок дорожньо-транспортних пригод [1].

Такі ж дані відмічені і у звітах Всесвітньої асоціації дорожніх конгресів і Міжнародної дорожньої федерації, які відмічають, що на автомобільних дорогах всіх континентів щорічно гине понад 200 тис. чол., а втрати від аварійності в багатьох країнах складають близько 1,0 % національного прибутку [2].

Ефективність роботи автомобільного транспорту багато в чому залежить від технічного рівня і стану доріг. При погіршенні технічного стану дороги знижується продуктивність і безпека дорожнього руху, підвищується собівартість перевезень.

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.

Вирішується воно шляхом будівництва нових доріг, реконструкції існуючих, підвищення транспортно-експлуатаційного рівня мережі доріг, що вже склалася.

При цьому необхідно мати на увазі, що транспортно-експлуатаційний рівень сучасної автомобільної дороги визначається не тільки сполученням геометричних елементів траси, кількістю смуг руху, станом проїзної частини та узбіч, але й інженерним облаштуванням дороги, і в більшості вимоги безпеки дорожнього руху задовольняються саме завдяки широкому і вмілому використанню інженерного облаштування.

До облаштування автомобільних доріг сучасні нормативи серед іншого відносять технічні засоби організації дорожнього руху – огороження, дорожні знаки та вказівники, розмітку проїзної частини, освітлення, направляючі пристрої, світлофори, системи автоматизованого управління дорожнім рухом [3, 4].

Ці засоби організації дорожнього руху автомобільних доріг в значній мірі сприяють стабілізації режимів руху транспортних засобів, безпеці, економічності та комфортабельності дорожнього руху, зниженню негативного впливу

транспортних потоків на навколишнє середовище. Саме на цих ресурсах в умовах обмеженого фінансування робіт із забезпечення безпеки руху на сьогодні і необхідно зосередити увагу фахівців.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, грантами.** Дослідження за темою дисертаційної роботи проводилися згідно зі Стратегією підвищення рівня безпеки дорожнього руху в Україні на період до 2020 року, затвердженої розпорядженням КМУ від 14 червня 2017 р. № 481-р., а також в рамках держдоговірної теми «Дослідження ринку логістичних послуг в Україні в умовах інтеграції до ЕС» (0117U002070) і госпдоговірної теми «Розробка методу оцінки безпеки руху на окремих ділянках доріг».

**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 дисертаційного дослідження були поставлені такі *завдання:*

- провести аналіз існуючих методів оцінки безпеки дорожнього руху на окремих ділянках доріг при скоєнні дорожньо-транспортних пригод;
- виконати аналіз й формалізацію апріорної інформації, що лежить в основі попередніх наукових досліджень і статистичної інформації при скоєнні дорожньо-транспортних пригод на автомобільних дорогах і вулицях міст;
- встановити закономірності впливу технічних засобів регулювання дорожнього руху на рівень аварійності на основі експериментальних досліджень;
- 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 на окремих ділянках автомобільних доріг.

**Об'єктом дослідження** є процес руху транспортних потоків автомобільними дорогами та вулицями.

**Предметом дослідження** є безпека дорожнього руху на окремих ділянках автомобільних доріг.

**Методи дослідження.** 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.

Експериментальна частина виконувалась за допомогою методів імітаційного моделювання, математичної статистики, кореляційного та регресійного аналізів.

**Наукова новизна:**

- 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 (на основі методики експертної оцінки безпеки дорожнього руху);

- встановлено закономірності впливу технічних засобів регулювання дорожнього руху на рівень аварійності на основі експериментальних досліджень, 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 в дисертації 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.

Розроблені, методика розрахунку втрат від дорожньо-транспортних пригод з врахуванням впливу засобів пасивного протиаварійного забезпечення дорожнього руху і методика експертної оцінки рівня безпеки дорожнього руху, а також рекомендації з підвищення безпеки дорожнього руху на окремих ділянках автомобільних доріг разом із програмним продуктом передано для застосування і впроваджено у філіях ДП «Луганський облавтодор», що підтверджується актами впровадження.

Проведені у роботі дослідження і отримані проміжні результати використані при розроблені рекомендацій щодо обладнання наземних нерегульованих пішохідних переходів сучасними технічними засобами організації дорожнього руху, які використовуються у роботі МКП «Луганське експлуатаційно-лінійне управління автомобільних доріг».

Результати дослідження впроваджено у навчальний процес Державного вищого навчального закладу «Луганський будівельний коледж» та автошкіл Всеукраїнської спілки автомобілістів для підготовки та проведення лекцій і семінарських занять відповідно тематики організації дорожнього руху.

**Особистий внесок здобувача.** Теоретичні та експериментальні результати досліджень, які виносяться на захист, отримано автором самостійно [11, 12, 14, 51, 54, 69, 77, 80, 88, 90, 103, 104, 121, 127, 128, 133-136, 145]. У спільних публікаціях автором сформульовано необхідність впровадження нових та модернізація існуючих технічних засобів регулювання дорожнього руху [55, 78, 83, 86, 115, 116, 122, 132, 143], вивчено вплив деяких елементів автодоріг на безпеку руху [85, 87, 99, 131], обґрунтовано основні принципи удосконалення методу оцінки безпеки дорожнього руху на ділянках доріг та вулиць [13]. У [64] запропоновано на розгляд розроблене програмне середовище (інформаційна система моніторингу потенційно небезпечних об'єктів дорожньої інфраструктури на основі збору вихідних даних).

**Апробація матеріалів дисертації.** VI міжнародній науково - практичній конференції «Безпека дорожнього руху: правові та організаційні аспекти» (м. Донецьк, 2011 р.); VII mezinárodní vědecko-praktická konference «Zprávy vědeckého



myšlení – 2011» (м. Прага, Чехія, 2011); VII міжнародній науковій конференції «Бъдешего въпроси от света на наука – 2011» (м. Софія, Болгарія, 2011); VIII міжнародній науковій конференції «Настоящи изследвания и развитие – 2012» (м. Софія, Болгарія, 2012); міжнародній науково - практичній конференції «Транспортные проблемы крупнейших городов» (м. Харків, 2012); LXVIII, LXIX, LXX науковій конференції професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету (м. Київ, НТУ 2012, 2013, 2014); IV,V міжнародних науково-практичних конференціях «Логістика промислових регіонів» (м. Донецьк, 2012, 2013); 15-й конференції молодих вчених Литви «Инженерия транспорта и организация перевозок» (м. Вільнюс, 2012); Десятій, Одинадцятій міжнародній науково-технічній конференції «Наука – образованию, производству, экономике» (м. Мінськ, 2012, 2013); III Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми підвищення рівня безпеки, комфорту та культури дорожнього руху» (м. Харків, 2013); Міжнародної науково-практичної та науково-методичної конференції присвяченої 85-річчю з Дня народження А.Б. Гредескула «Новітні технології в автомобілебудуванні, транспорті і при підготовці фахівців» (м. Харків); Международной научно-технической конференции «Организация дорожного движения и перевозок пассажиров и грузов и транспорт» (г. Минск, 2017).

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг роботи становить 245 сторінок, зокрема 170 сторінок основного тексту, список використаних джерел (145 найменувань) на 13 сторінках і 47 сторінок додатків.

## РОЗДІЛ 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 14.04.2004р. «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 2000 році ООН прийняла Декларацію Тисячоріччя. У цьому програмному документі викладені основні напрямки дій, реалізація яких допоможе досягти істотного прогресу в житті людей до 2015 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                  | За захворювання шлунково-кишкового тракту   | 3,3                             |
| 8                  | Туберкульоз                                 | 2,7                             |
| 9                  | Рак трахеї, бронхів, легень                 | 2,2                             |
| <b>10</b>          | <b>Дорожньо-транспортний травматизм</b>     | <b>2,1</b>                      |
| 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. автомобілів – 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 2010 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 2009 по 2010 роки кількість ДТП зростала. Зросла кількість поранених і людей, що загинули (рис. 1.1).

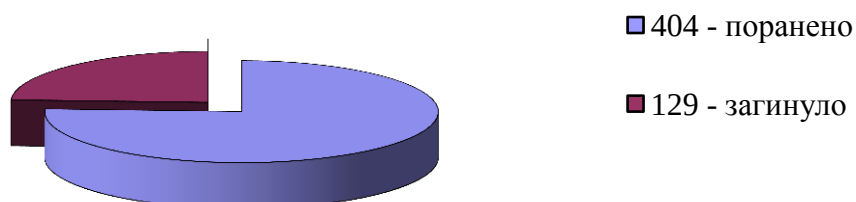


Рисунок 1.1 – Кількість постраждалих в наслідок ДТП за 2009-2010 роки

Служба автомобільних доріг у Луганській області надала до Укравтодору наступні дані про аварійність на автомобільних дорогах загального користування області (табл. 1.2, 1.3) [8].

Таблиця 1.2 – Дорожньо-транспортні пригоди за 12 місяців 2007 року

| Регіон            | Всього ДТП |      |      | У тому числі ДТП з постраждалими |      |      |          |      |      |            |      |      |
|-------------------|------------|------|------|----------------------------------|------|------|----------|------|------|------------|------|------|
|                   |            |      |      | Усього                           |      |      | Загинуло |      |      | Травмовано |      |      |
|                   | 2006       | 2007 | %    | 2006                             | 2007 | %    | 2006     | 2007 | %    | 2006       | 2007 | %    |
| Луганська область | 7110       | 9219 | 29,7 | 2563                             | 3066 | 19,6 | 357      | 412  | 15,4 | 3141       | 3818 | 21,6 |

Таблиця 1.3 – Дорожньо-транспортні пригоди за 12 місяців 2007 року, що сталися за умов незадовільно стану доріг

| Регіон            | Всього ДТП |      |      | У тому числі ДТП з постраждалими |      |      |          |      |       |            |      |      |
|-------------------|------------|------|------|----------------------------------|------|------|----------|------|-------|------------|------|------|
|                   |            |      |      | Усього                           |      |      | Загинуло |      |       | Травмовано |      |      |
|                   | 2006       | 2007 | %    | 2006                             | 2007 | %    | 2006     | 2007 | %     | 2006       | 2007 | %    |
| Луганська область | 248        | 459  | 85,1 | 118                              | 221  | 87,3 | 21       | 70   | 233,3 | 162        | 301  | 85,8 |

Особливо хвилює той факт, що при обстеженні місць скоєння ДТП представниками дорожнього нагляду Державтоінспекції тільки у 2007 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 труди 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.

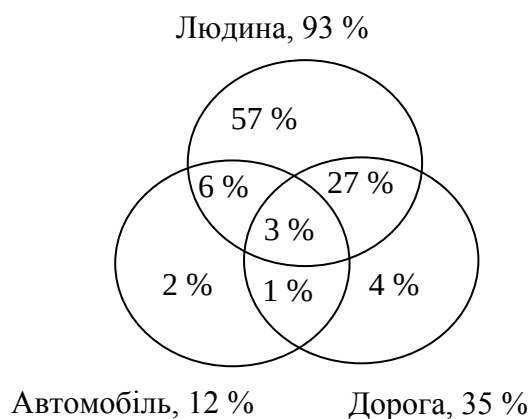


Рисунок 1.2 – Роль чинників ризику та їх поєднань у виникненні ДТП

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 небезпеки 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:

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

де  $\sum n_{\text{ДТП}}$  – 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:

$$K_a = \frac{10^6 \sum n_{\text{ДТП}}}{365 N l}. \quad (1.2)$$

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.

Інтегральна оцінка небезпеки окремих елементів вулично-дорожньої мережі з врахуванням тяжкості наслідків ДТП може бути визначена показником  $K_i$  небезпеки (1.7) чи тяжкості дорожньо-транспортних пригод:

$$K_i = \frac{\sum_{i=1}^{i=m} P_i n_i}{365lN}, \quad (1.7)$$

де  $P_i$  – показники тяжкості ДТП, що враховують пошкодження транспортних засобів, споруд і облаштувань дороги, ступінь тяжкості поранення та загибель людей;

$n_i$  – кількість ДТП за рік за прийнятою класифікаційною групою тяжкості;

$l$  – протяжність ділянки дороги;

$N$  – середньодобова інтенсивність руху транспортного потоку.

За кордоном також було запропоновано ряд методів узагальненої кількісної характеристики ДТП шляхом введення коефіцієнтів, що відображають ступінь небезпеки для учасників дорожнього руху і заподіяний матеріальний збиток [24-27].

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, невірної 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.

В Югославії ділянку дороги завдовжки 0,3 км вважають небезпечною, якщо число ДТП на неї за рік перевищує критичне число  $N_{кр}$ :

$$N_{кр} = N_{cp} + k \cdot \sqrt{N_{cp}}, \quad (1.8)$$

де  $k$  – коефіцієнт, що відповідає рівню повторюваності;

$N_{cp}$  – середньорічний рівень пригод на цій ділянці автодороги.

$$N_{cp} = \frac{0.3 \cdot \sum_x N_x}{L}, \quad (1.9)$$

де  $N_x$  – кількість всіх ДТП на дорожній мережі за охоплюваний дослідженням період ( $x = 1, 2, 3, \dots$ );

$L$  – довжина ділянки що досліджується.

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 погрішностей;
- 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 Імовірнісні методи

При оцінюванні аварійності імовірнісними методами автомобільна дорога розглядається як комплексна споруда, що складається з поєднання окремих ділянок, кожна з яких має різні значення геометричних та експлуатаційних параметрів. Суть цих методів полягає в тому, що на підставі аналізу статистичних даних про ДТП з'ясовується, наскільки кожен елемент дороги сприяє зростанню вірогідності виникнення ДТП в порівнянні з еталонною ділянкою. За еталонну ділянку приймається ділянка, запроектована з врахуванням всіх сучасних нормативів з безпеки дорожнього руху (наприклад, ПОДР - проект організації дорожнього руху). Якщо підсумковий показник на будь-якій ділянці дороги перевищує певну величину, то ділянку відносять до небезпечних, малонебезпечних тощо.

До імовірнісних методів серед іншого відноситься метод коефіцієнтів аварійності. Вперше цей метод стали застосовувати з метою оцінки вірогідності виникнення ДТП на дорогах Німеччини в 50-х роках минулого століття при різних поперечних профілях проїзної частини:

$$U = U_0 \cdot U_1 \cdot U_2 \cdot U_3, \quad (1.10)$$

де  $U_0$  – коефіцієнт аварійності на еталонній ділянці дороги з чотирма смугами руху, розділовою смугою і укріпленими смугами для стоянок на узбіччях ( $U_0 = 1,0$ );

$U_1$  – коефіцієнт, що враховує число смуг руху і наявність укріплених смуг на узбіччях ( $U_1 = 1,0 - 3,0$ );

$U_2$  – коефіцієнт, що враховує у складі руху велосипедистів, мопедів і пішоходів ( $U_2 = 1,2 - 2,8$ );

$U_3$  – коефіцієнт, що враховує ширину проїзної частини дороги ( $U_3 = 1,0 - 1,5$ ).

Декілька пізніше аналогічні методи стали застосовувати також в інших країнах, з більш детальним обліком впливу окремих чинників.

Як в Україні, так і в деяких інших країнах з імовірнісних методів найбільше практичне застосування отримав метод підсумкового коефіцієнта аварійності, запропонований в 60-х роках проф. В.Ф. Бабковим [31]. Підсумковий коефіцієнт аварійності  $K_{ит}$  є добутком часткових коефіцієнтів аварійності  $k_1, k_2, \dots, k_n$ , кожен з яких характеризує відносну вірогідність виникнення на даній ділянці пригод під впливом окремих елементів плану, поздовжнього і поперечного профілів, придорожньої смуги, інтенсивності і складу руху у порівнянні з еталонними дорожніми умовами (пряма горизонтальна ділянка двохсмугової дороги з шириною проїзної частини 7,5 м, з укріпленими узбіччями і рівним, шорстким покриттям):

$$K_{um} = \prod_{i=1}^n k_i. \quad (1.11)$$

Найбільшу небезпеку представляють ті ділянки, у яких підсумковий коефіцієнт аварійності складає 50 – 70.

Проф. О.А. Дивочкин [32] встановив, що для невеликих значень  $K_{ит}$  існує досить стійкий кореляційний зв'язок між числом ДТП  $Y$  на 1 млн. авт.км і значенням  $K_{ит}$ :

$$Y = 34,5 - 0,27 K_{ит} + 0,0097 K_{ит}^2. \quad (1.12)$$

Дослідники В.І. Пуркин і Ю.М. Ситніков [33] встановили аналогічну залежність для ділянок доріг на підходах до мостів:

$$Y = 20,7 - 3,9 K_{ит} + 0,02 K_{ит}^2. \quad (1.13)$$

У МАДІ вперше було розроблено метод коефіцієнтів аварійності для оцінки рівня безпеки руху на вулицях і дорогах населених пунктів [34]. За еталонну приймалася горизонтальна, прямолінійна ділянка магістральної вулиці з двома смугами руху в кожному напрямку, шириною проїзної частині 15.5 м, резервною смугою 3.5 м, шорстким покриттям і освітленням 8 лк. Підсумковий коефіцієнт аварійності для міських вулиць визначається за аналогічним виразом (1.11), проте тут часткові коефіцієнти набувають інших значень. Це пояснюється тим, що умови вуличного руху в містах значним чином відрізняються від умов руху на заміських дорогах.

Для оцінки рівня безпеки руху з урахуванням впливу погодно-кліматичних умов і сезонів року А.П. Васильєвим [28] запропоновано користуватися графіками сезонних коефіцієнтів аварійності.

Всі методи оцінки аварійності, що відносяться до цієї групи, мають наступні недоліки:

- у методах не враховано велику кількість факторів, таких як рівень експлуатаційного утримання автодоріг, наявність ТЗ ОДР та інженерного облаштування тощо;
- потрібно мати велику кількість статистичних даних про ДТП на ділянках доріг з широким діапазоном зміни впливаючих чинників для виявлення різних часних коефіцієнтів аварійності, залежних від цих чинників;
- слабо враховується вплив на аварійність можливих поєднань інших дорожніх чинників окрім елементів плану, поздовжнього і поперечного профілів;
- не враховується взаємозалежність окремих часних коефіцієнтів аварійності тощо.

#### **1.4.3 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 безпеки застосовується коефіцієнт безпеки, який є відношенням швидкості  $v$ , що забезпечується небезпечною ділянкою дороги, до швидкості  $v_{\text{вх}}$ , яка може бути розвинена у кінці попередньої ділянки:

$$K_{\text{без}} = \frac{v}{v_{\text{вх}}} . \quad (1.14)$$

За величиною значення коефіцієнта безпеки визначається ступінь безпеки даної ділянки дороги (табл. 1.4).

Таблиця 1.4 – Визначення ступеню безпеки ділянки дороги за величиною коефіцієнта безпеки

| Характеристики ділянки | $K_{\text{без}}$ |
|------------------------|------------------|
| 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  $K_{\text{без}} < 0,8$ .

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.

#### **1.4.4 Методи оцінки рівня безпеки руху на перетинах і примиканнях. Метод конфліктних точок**

У зв'язку із специфічними особливостями перетинів, багатьма ученими розроблені методи оцінки рівня безпеки руху на перетинах, примиканнях і транспортних вузлах. М.С. Фишельсон запропонував метод оцінки по взаємному контакту транспортних потоків [36]. Під цим маються на увазі контакти автомобілів на транспортних вузлах (конфліктні точки). За допомогою таких контактів пропонується оцінити складність транспортного вузла, перехрестя:

$$M = \sum_{i=1}^n k_i \cdot m_i, \quad (1.15)$$

де  $M$  – показник складності транспортного вузла;

$i$  – вид конфлікту;

$k_i$  - коефіцієнт складності  $i$ - го конфлікту;

$m_i$  – число конфліктних точок  $i$ - го виду.

Методами пропонується виділяти три види конфліктів: перетин, злиття, відгалуження. Той транспортний вузол, у якого чисельне значення  $M$  більше, вважається найнебезпечнішим.

Недоліком цього методу є те, що він враховує тільки кількість теоретично можливих контактів, незалежно від фактичних потоків та їх підрозділу за типом маневрів. Крім того, метод не враховує контакти між транспортним засобом і пішоходом, а також кут перетину між конфліктуючими напрямками, що може бути обумовлений геометричними параметрами дороги або організацією руху.

## Висновки до розділу 1

1. Однією з принципових причин високого рівня аварійності та недостатнього управління процесами створення умов безпечного руху є те, що не в достатній мірі проводяться дослідження і не вивчаються причини виникнення ДТП, причинно-наслідковий зв'язок умов і наслідків, що передували, були супутниками і діяли безпосередньо в період ДТП. Практично не досліджувалася поведінка учасників руху у різних її фазах, їх реакція на ТЗ ОДР. Не з'ясовувалися наслідки впровадження нових законодавчих актів, правил, норм, стандартів, а також змін в організації управління безпекою та організацією руху. Недосконалою є нормативно-правова база.

2. Удосконалення системи заходів з впровадження сучасних ТЗ ОДР можна розглядати як один з найважливіших напрямків підвищення безпеки руху засобами дорожньої служби.

3. Необхідно теоретично та експериментально вивчити можливість запровадження більш досконалих технологій та засобів при облаштуванні інженерним обладнанням автомобільних доріг та їх вплив на безпечний рух автомобільного транспорту, а також з'ясувати, чи будуть запропоновані заходи дійсно ефективними, та спроможними істотно зменшити аварійність на автомобільному транспорті.

4. Доцільним вважається проводити аналіз аварійності спираючись на статистичні дані, що вказані у картках МК ДТП, як самих повних документів.

5. З'ясовано, що інженерне обладнання автомобільних доріг має вплив на кількість ДТП. Відсутність ЗППЗ ДР або невідповідність їх до вимог існуючих нормативів може призвести до збільшення аварійності.

6. Результати досліджень даного розділу викладено у публікаціях [11-14].

## РОЗДІЛ 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 огородження 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 відрізняти 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 дисертаційній 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 сьогодішнім 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 запроектовану 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 мінімально 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 багатфакторного

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 по-кілометрового розподілу аварійності на ділянках доріг загального користування та частки ДТП, що сталися за умов незадовільного утримання доріг;
- визначення коефіцієнта аварійності.

Коефіцієнт пригод ( $K_{np}$ ), 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-бальною 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 2007 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. Всього було охоплено аналізом 28 МК ДТП на автодорогах державного та місцевого значення (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Адреси та характеристики місць концентрації ДТП

| №№<br>пп                                | Адреса ділянки        |                                                        |          | Довжина<br>ділянки,<br>км | Кількість<br>ДТП<br>за останні<br>3 роки | Рік<br>реєстрації |
|-----------------------------------------|-----------------------|--------------------------------------------------------|----------|---------------------------|------------------------------------------|-------------------|
|                                         | Індекс<br>та<br>№ а/д | Назва дороги                                           | км,<br>+ |                           |                                          |                   |
| Автомобільні дороги державного значення |                       |                                                        |          |                           |                                          |                   |
| 1                                       | М-03                  | Київ -Харків-Довжанський                               | 774      | 1                         | 5                                        | 2005              |
| 2                                       | М-03                  | Київ -Харків-Довжанський                               | 810      | 1                         | 4                                        | 2004              |
| 3                                       | М-04                  | Знам'янка -Луганськ-Ізварине                           | 534      | 1                         | 6                                        | 2005              |
| 4                                       | М-04                  | Знам'янка -Луганськ-Ізварине                           | 542      | 1                         | 6                                        | 2006              |
| 5                                       | М-04                  | Знам'янка -Луганськ-Ізварине                           | 547      | 1                         | 7                                        | 2004              |
| 6                                       | М-04                  | Знам'янка -Луганськ-Ізварине                           | 548      | 1                         | 6                                        | 2002              |
| 7                                       | М-04                  | Знам'янка -Луганськ-Ізварине                           | 557      | 1                         | 6                                        | 2000              |
| 8                                       | М-04                  | Знам'янка -Луганськ-Ізварине                           | 562      | 1                         | 9                                        | 2000              |
| 9                                       | М-04                  | Знам'янка -Луганськ-Ізварине                           | 563      | 1                         | 6                                        | 2006              |
| 10                                      | М-04                  | Знам'янка -Луганськ-Ізварине                           | 567      | 1                         | 5                                        | 2003              |
| 11                                      | М-04                  | Знам'янка -Луганськ-Ізварине                           | 575      | 1                         | 5                                        | 2005              |
| 12                                      | М-04                  | Знам'янка -Луганськ-Ізварине                           | 577      | 1                         | 4                                        | 2005              |
| 13                                      | М-04                  | Знам'янка -Луганськ-Ізварине                           | 580      | 1                         | 6                                        | 2003              |
| 14                                      | М-04                  | Знам'янка -Луганськ-Ізварине                           | 620      | 1                         | 6                                        | 2005              |
| 15                                      | М-04                  | Знам'янка -Луганськ-Ізварине                           | 632      | 1                         | 7                                        | 2004              |
| 16                                      | М-04                  | Знам'янка -Луганськ-Ізварине                           | 636      | 1                         | 11                                       | 1999              |
| Автомобільні дороги державного значення |                       |                                                        |          |                           |                                          |                   |
| 17                                      | М-04                  | Знам'янка -Луганськ-Ізварине                           | 637      | 1                         | 10                                       | 2000              |
| 18                                      | М-04                  | Знам'янка -Луганськ-Ізварине                           | 639      | 1                         | 10                                       | 2000              |
| 19                                      | Н-21                  | Старобільськ-Луганськ-<br>Красний Луч-Макіївка-Донецьк | 79       | 1                         | 5                                        | 2004              |
| 20                                      | Н-21                  | Старобільськ-Луганськ-<br>Красний Луч-Макіївка-Донецьк | 116      | 1                         | 7                                        | 2004              |
| 21                                      | Н-21                  | Старобільськ-Луганськ-<br>Красний Луч-Макіївка-Донецьк | 117      | 1                         | 5                                        | 2004              |
| 22                                      | Н-21                  | Старобільськ-Луганськ-<br>Красний Луч-Макіївка-Донецьк | 122      | 1                         | 4                                        | 2004              |
| 23                                      | Н-21                  | Старобільськ-Луганськ-<br>Красний Луч-Макіївка-Донецьк | 145      | 1                         | 5                                        | 2004              |
| Всього на дорогах державного значення   |                       |                                                        |          | 23                        | 145,00                                   |                   |
| Автомобільні дороги місцевого значення  |                       |                                                        |          |                           |                                          |                   |
| 1                                       | Т-13-11               | Свердловськ КПП<br>"Червонопартизанськ"                | 9        | 1                         | 5                                        | 2006              |
| 2                                       | Т-13-11               | Свердловськ КПП<br>«Червонопартизанськ»                | 11       | 1                         | 4                                        | 2006              |
| 3                                       | Т-13-11               | Свердловськ КПП<br>«Червонопартизанськ»                | 12       | 1                         | 6                                        | 2004              |
| 4                                       | Т-13-11               | Свердловськ КПП<br>«Червонопартизанськ»                | 13       | 1                         | 6                                        | 2006              |
| 5                                       | Т-13-22               | Краснодон-Антрацит                                     | 23       | 1                         | 6                                        | 2006              |
| Всього на дорогах місцевого значення    |                       |                                                        |          | 5                         | 27                                       |                   |

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).

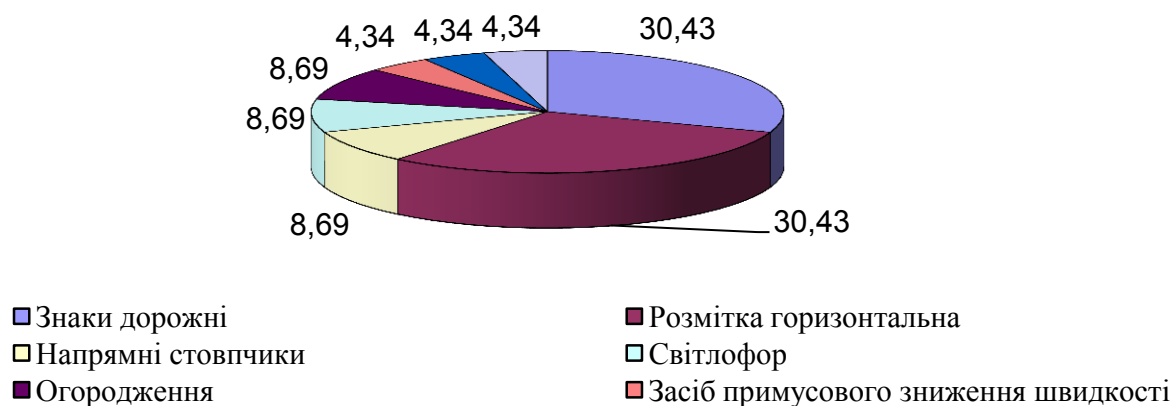


Рисунок 2.1 – Розподіл використання ЗППЗ ДР у заходах на МК ДТП

Для отримання значень для впровадження 100-балової системи оцінки рівня аварійності конвертуємо відсотки у бали округляючи їх до десятих. Відповідно отримуємо оцінку впровадження окремих технічних засобів у балах (табл. 2.2).

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 наведені у пункті 2.4 цієї роботи.

Таблиця 2.2 – Шкала умовних балів для технічних засобів

| № п/п                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Технічний засіб                                   | Присвоєний умовний бал |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|------------------------|
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Знаки дорожні                                     | 30                     |
| 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Розмітка дорожня                                  | 30                     |
| 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Світлофор <sup>1</sup>                            | 7                      |
| 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Напрямні стовпчики                                | 2                      |
| 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Огородження дорожнє                               | 17                     |
| 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Засіб примусового зниження швидкості <sup>1</sup> | 4                      |
| 7                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Протизасліплювальні екрани <sup>2</sup>           | 4                      |
| 8                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Шумові смуги                                      | 4                      |
| 9                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Інші засоби <sup>3</sup>                          | 2                      |
| <p><b>Примітка 1.</b> Технічні засоби призначаються тільки у межах населених пунктів.</p> <p><b>Примітка 2.</b> Призначаються на автодорогах Іа, Іб категорії при умові наявності бар'єрного або парапетного огороження на розділювальній смузі.</p> <p><b>Примітка 3.</b> Заходи, що призначаються вкрай рідко (обрізка дерев, очищення покриття від бруду, ліквідація неорганізованих «диких» з'їздів тощо).</p> |                                                   |                        |

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.

У дисертаційній роботі автором пропонується ввести коефіцієнт засобів пасивної протиаварійної безпеки, який базується на коефіцієнтах, що враховують наявність і стан засобів пасивної протиаварійної безпеки дорожнього руху:



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

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

$K_{\text{інф}}$ ,  $K_{\text{деф}}$  – 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:

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

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

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

$Z_{\text{після}}$  – 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    |
| <b>Примітка.</b> 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  $\Omega$  – 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  $\Omega$  км, що є вкрай трудомісткою операцією.

Для експрес аналізу ситуації в тому чи іншому районі можна використовувати такий показник як кількість ДТП на тонну 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:

$$K = \frac{n_{B\Sigma} D(1+k_1)(T_{OЖ}v_H + \frac{l_i}{1+\frac{v_H}{v_B}})}{n_B D_\Sigma (1+k_1)(T_{OЖ}v_H + \frac{l_i}{1+\frac{v_H}{v_B}})} = \frac{D/D_\Sigma}{n_B/n_{B\Sigma}} = \frac{\Omega_{B \text{ ДТП}}^{\text{ФАКТОРУ}}}{\Omega_{B \text{ ДОРОЖНЬОМУ РУХІ}}^{\text{ФАКТОРУ}}}. \quad (2.5)$$

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 2007 року по 2013 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).

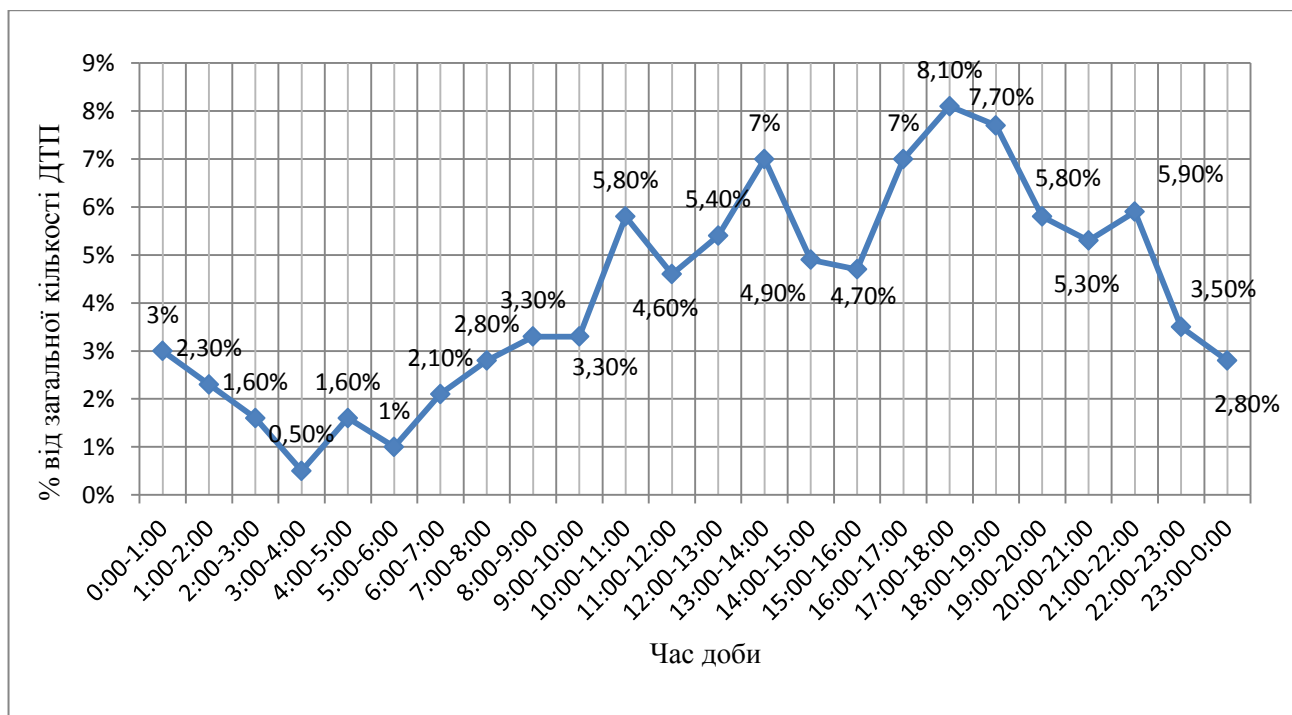


Рисунок 2.2 – Розподіл ДТП за часом доби

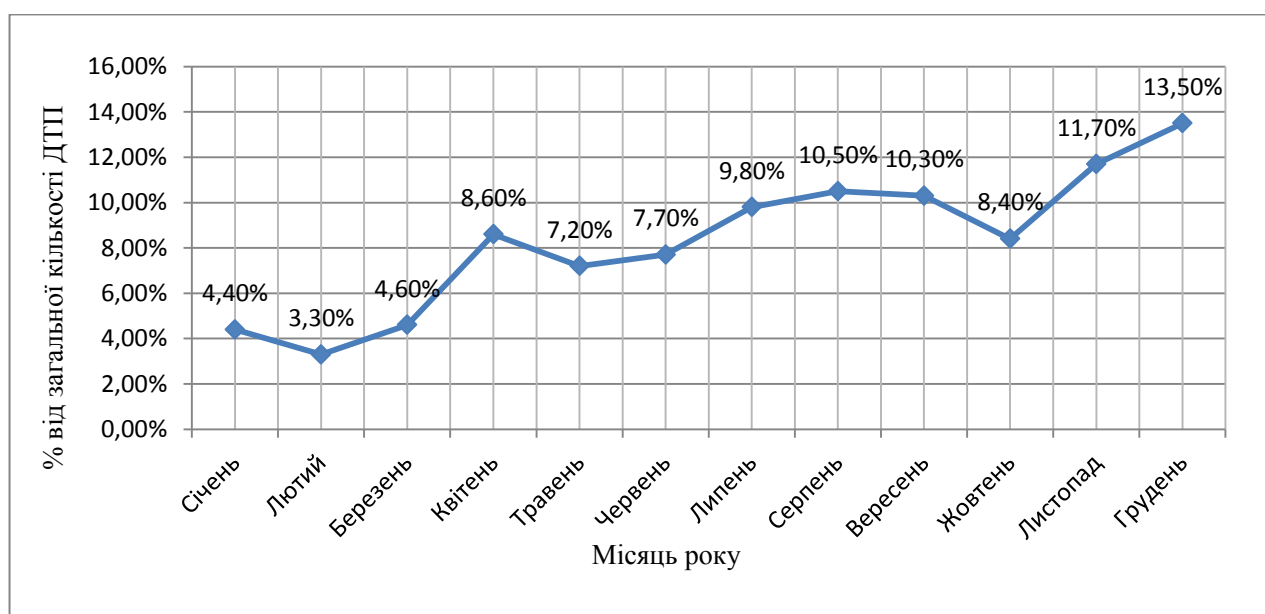


Рисунок 2.3 – Розподіл ДТП за місяцями року

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.

$K_5$  – огороження 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 представлене достатньою видимістю дорожніх знаків і розмітки, а також враховує експлуатаційний стан інженерно-транспортного облаштування) використовувати коефіцієнт інформованості водія:

$$K_{\text{інф}} = \frac{1}{\sqrt{7 - K_1^2 + K_2^2 + K_3^2 + K_6^2 + K_7^2 + K_8^2}} \quad (2.6)$$

та коефіцієнт деформативності елементів інженерно-транспортного облаштування:

$$K_{\text{деф}} = \frac{1}{\sqrt{4 - K_4^2 + K_5^2 + K_9^2}}. \quad (2.7)$$

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  $\delta q$  обумовлена зміною в часі  $\tau$  інтенсивності руху  $N$ :

$$\delta q = K \frac{\partial N}{\partial \tau}, \quad (2.8)$$

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

$$\frac{\partial Q}{\partial X} = \frac{\partial}{\partial \tau} \left( K \frac{\partial Q}{\partial \tau} \right). \quad (2.9)$$

Отримане рішення є нелінійним диференціальним рівнянням, що зв'язує зміну кількості автомобілів  $\partial Q$  на ділянці дороги  $\partial X$  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  $\frac{Q}{L} = \frac{1}{T} |K| \frac{Q}{T}$ . Щоб дотримувалося співвідношення правої та лівої частин, параметр  $K$  повинен мати розмірність  $\frac{T^2}{L}$ , або  $K = \frac{1}{a}$ , де  $a$  – прискорення руху автомобілів у транспортному потоці.

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

$$K = Au^\alpha \quad (2.10)$$

тоді рівняння (2.6) приводиться до вигляду:

$$\frac{\partial u}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial x} \left( Au^\alpha \frac{\partial u}{\partial x} \right), \quad (2.11)$$

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

Після диференціювання рівняння (2.11) отримуємо:

$$\frac{\partial u}{\partial \tau} = A \left[ \alpha u^{\alpha-1} \left( \frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 + u^\alpha \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \right]. \quad (2.12)$$

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

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

тоді

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

Після групування членів та перетворень:



$$\frac{1}{A \cdot T^{\alpha+1}} \frac{dT}{d\tau} = \alpha X^{\alpha-2} \left( \frac{dX}{d\tau} \right)^2 + X^{\alpha-1} \frac{d^2 X}{d\tau^2}. \quad (2.13)$$

Величина  $\lambda$  має негативне значення, так як при  $\tau \rightarrow \infty$  встановлюється квазістаціонарний режим. Якщо  $\lambda$  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:

$$T(\tau) = \left[ \frac{1}{\alpha(A\lambda\tau + c_1)} \right]. \quad (2.14)$$

Інтегрування правого члена рівняння (2.9):

$$\begin{aligned} \alpha X^{\alpha-2} (X')^2 + X^{\alpha-1} X'' &= -\lambda; \\ X'' + \alpha X^{-1} (X')^2 + \lambda X^{1-\alpha} &= 0. \end{aligned}$$

Заміна

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

Рівняння Бернуллі [57].

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

Заміна

$$\begin{aligned} y^2 = u \quad u' &= 2yy' \\ u' + 2\alpha X^{-1} u + 2\lambda X^{1-\alpha} &= 0. \end{aligned}$$

Якщо

$$\begin{aligned} P(X) &= -2\alpha X^{-1}, \\ Q(X) &= -2\lambda X^{1-\alpha}, \end{aligned}$$

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

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

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

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

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

Параметр  $\alpha$  може мати значення, рівні -2, -1, 0, 1 і 2, тоді при

$$\begin{aligned}
 \alpha = -2 \quad x &= \int \frac{dX}{X^2 \sqrt{C_2 - 2\lambda \ln X}} ; \\
 \alpha = -1 \quad x &= \int \frac{dX}{X \sqrt{C_2 - 2\lambda \ln X}} ; \\
 \alpha = 0 \quad x &= \int \frac{dX}{\sqrt{C_2 - \lambda \ln X}^2} ; \\
 \alpha = 1 \quad x &= \int \frac{XdX}{\sqrt{C_2 - \frac{2}{3}\lambda \ln X}^2} ; \\
 \alpha = 2 \quad x &= \int \frac{XdX}{\sqrt{C_2 - \frac{2}{3}\lambda \ln X}^2} .
 \end{aligned}$$

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

При  $\alpha = 0$ :

$$u(x, \tau) = e^{A\lambda\tau + C_1} \sqrt{\frac{C_2}{\lambda}} \sin[(x - C_3)\sqrt{\lambda}]. \quad (2.15)$$

При  $\alpha = -1$ :

$$u(x, \tau) = \left( \frac{C_1}{\lambda} \frac{C_2}{2} + A \frac{C_2}{2} \tau \right) \operatorname{sech}^2 \left[ \frac{C_3 - x}{2} \sqrt{C_2} \right]. \quad (2.16)$$

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

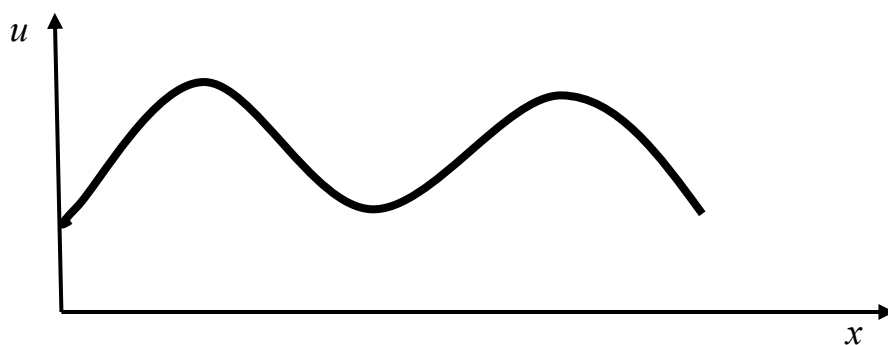


Рисунок 2.4 – Загальний вигляд рівняння

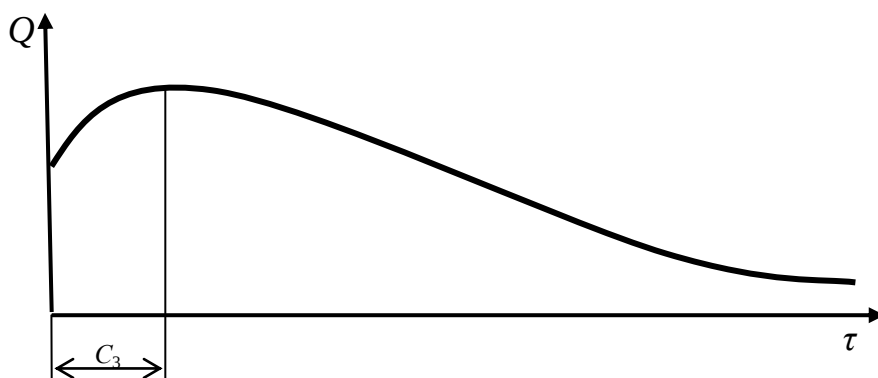


Рисунок 2.5 – Загальний вигляд рівняння

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  $K$ :

$$Q(x, \tau) = \left( \frac{C_1}{\lambda} \cdot \frac{C_2}{2} + A \cdot \frac{C_2}{2} \cdot x \right) \cdot \text{sech}^2 \left( \frac{C_3 - \tau}{2} \cdot \sqrt{C_2} \right), \quad (2.17)$$

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

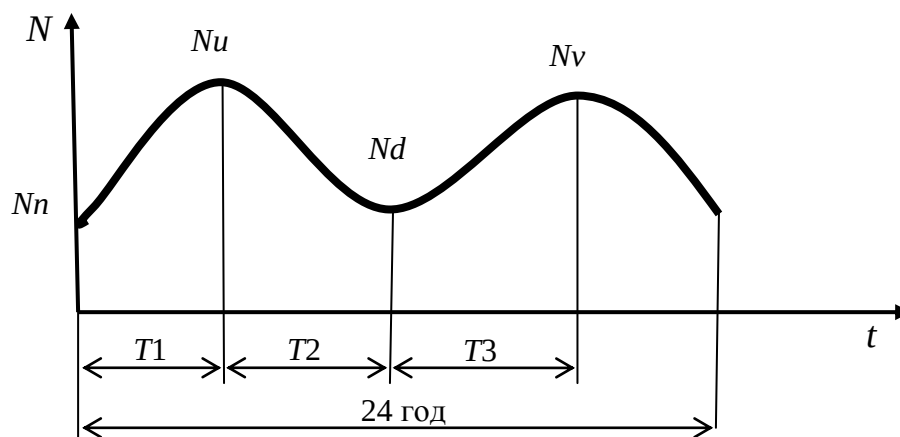
Рисунок 2.6 – Загальний вигляд гіперболічного рівняння при фіксованому  $x$

## 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 (див. рис. 2.6 при  $x = 0$ ):

$$Q(\tau) = \frac{C_1}{\lambda} \cdot \frac{C_2}{2} \cdot \text{Sech}^2 \left( \frac{C_3 - \tau}{2} \cdot \sqrt{C_2} \right). \quad (2.18)$$



$Nn$  – нічний мінімум інтенсивності;

$Nu$  – інтенсивність руху автомобілів у ранкову годину пік;

$Nd$  – інтенсивність руху автомобілів у денний мінімум;

$Nv$  – інтенсивність руху автомобілів у вечірню годину пік

Рисунок 2.7 – Бімодальний режим розподілу інтенсивності руху автомобілів по дорозі протягом доби

Позначимо  $C_3 = T2$ . При  $\tau = T2$   $Q(\tau) = Qu = \frac{C_1}{\lambda} \cdot \frac{C_2}{2}$ , так як  $\text{Sech}^2(0) = 1$ .

Тоді

$$Q(\tau) = Qu \cdot \text{Sech}^2 \left( \frac{T_2 - \tau}{2} \cdot \sqrt{C_2} \right). \quad (2.19)$$

Поділивши обидві частини рівняння (2.19) на  $\tau$ , отримуємо вираз для інтенсивності руху автомобілів:

$$N(\tau) = Nu \cdot \text{Sech}^2 \left( \frac{C_3 - \tau}{2} \cdot \sqrt{C_2} \right). \quad (2.20)$$

При  $\tau = 0$   $N(\tau) = ND$  і  $\frac{\sqrt{C_2}}{2} = \frac{\text{arth} \sqrt{1 - \varepsilon_1}}{T2}$ , де  $\varepsilon_1 = \frac{Nd}{Nu}$ , тоді

$$N(\tau) = Nu \cdot \text{Sech}^2 \left( \frac{T2 - \tau}{T2} \cdot \text{arth} \sqrt{1 - \frac{Nd}{Nu}} \right). \quad (2.21)$$

Так як

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

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

$$N(x, \tau) = \left[ Nu + \frac{2q\tau}{T2^2} \cdot \left( \text{arth} \sqrt{1 - \frac{Nd}{Nu}} \right)^2 \right] + \text{Sech}^2 \left( \frac{T2 - \tau}{T2} \cdot \text{arth} \sqrt{1 - \frac{Nd}{Nu}} \right). \quad (2.22)$$

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

$x$  – поточна лінійна координата, км.

На локальній ділянці дороги  $x = 0$ , тому формула (2.21) являє собою окремий випадок формули (2.22).

Рівняння (2.21) 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 (див. рис. 2.7) [56].

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

$$N(\tau) = N_v \cdot \text{Sech}^2 \left( \frac{T_2 - \tau}{T_3} \cdot \text{arth} \sqrt{1 - \frac{Nd}{N_v}} \right), \quad (2.23)$$

де  $N_v$  (авт./год) – інтенсивність руху автомобілів у вечірню годину пік,  $T_3$  (год) – проміжок часу між денним мінімумом і вечірнім максимумом інтенсивності руху.

Інтенсивність руху за добу  $N_s$  можна знайти як суму інтегралів функцій, виражених рівняннями (2.21) і (2.22):

$$N_s = \frac{N_u \cdot T_2}{\text{arth} \sqrt{1 - \frac{Nd}{N_u}}} \left[ \sqrt{1 - \frac{Nd}{N_u}} + \text{th} \left( \frac{T_1}{T_2} \text{arth} \sqrt{1 - \frac{Nd}{N_u}} \right) \right] + \frac{N_v \cdot T_3}{\text{arth} \sqrt{1 - \frac{Nd}{N_v}}} \left[ \sqrt{1 - \frac{Nd}{N_v}} + \text{th} \left( \frac{24 - (T_1 + T_2 + T_3)}{T_3} \cdot \text{arth} \sqrt{1 - \frac{Nd}{N_v}} \right) \right] \quad (2.24)$$

де  $T_1$  – проміжок часу між нічним мінімумом і ранковим максимумом інтенсивності руху, год.

Гіперболічний тангенс та арктангенс обчислюються за формулами:

$$\text{th}(x) = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}}; \quad \text{arth}(x) = \frac{1}{2} \ln \frac{1+x}{1-x}. \quad (2.25)$$

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:

$$N_s = \frac{N_u + N_v}{2} \cdot T_2 + N_u \cdot T_1 \cdot \frac{\sqrt{1 - \frac{Nn}{Nd}}}{\text{arth} \sqrt{1 - \frac{Nn}{Nd}}} + N_v \cdot T_3 \cdot \frac{\sqrt{1 - \frac{Nn}{Nv}}}{\text{arth} \sqrt{1 - \frac{Nn}{Nv}}}, \quad (2.26)$$

де  $Nn$  – інтенсивність руху в нічний мінімум.

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

$$N_s = 24 \cdot N_d \cdot \frac{\sqrt{1 - \frac{N_n}{N_d}}}{\operatorname{arth} \sqrt{1 - \frac{N_n}{N_d}}} . \quad (2.27)$$

### **2.6.3 Розрахунок втрат від дорожньо-транспортних пригод з врахуванням впливу засобів пасивного протиаварійного забезпечення дорожнього руху**

#### **2.6.3.1 Ризик втрати інформації водіями при перенасиченості, відсутності або недостатньої видимості ЗППЗ ДР**

Дуже важливим фактором при розгляді проблем безпеки руху є вплив людського фактору. Часто зустрічаються такі ситуації, коли водій у результаті перенавантаження інформації від ЗППЗ ДР або, навпаки при її відсутності, роблячи спробу відреагувати, не в змозі адекватно сприймати цю інформацію у зв'язку із психічним перенапруженням, та потрапляє у аварію.

Любий рівень психічного напруження та емоціонального стану є наслідком інформаційного навантаження, при перенасиченості, або навпаки, відсутності інформації, що викликає занепокоєння у водія. Один рівень інформації є прийнятним для одних водіїв та недостатнім або дуже великим для сприйняття для інших.

Цим підтверджується імовірнісна сутність сприйняття та переробки інформації людиною. Основним параметром, що відповідає за освоєння людиною інформації є ризик втрати інформації [60], який визначається наступною залежністю:

$$r = 0,5 - \Phi \cdot \left( \frac{B_m - B_i}{\sqrt{\delta_m^2 + \delta_i^2}} \right),$$

де  $B_m$  – максимальна кількість інформації дорожньої ситуації, при надходженні якої за 1 секунду вірогідність безвідмовної роботи водія дорівнює 50 %, біт/с;

$B_i$  – середня кількість фактичної інформації дорожньої ситуації, що поступає у короткочасну пам'ять водія за 1 секунду, біт/с;

$\delta_m$  – середнє квадратичне відхилення максимальної кількості інформації дорожньої ситуації за 1 секунду, біт/с;

$\delta_i$  – середнє фактичне відхилення кількості фактичної інформації дорожньої ситуації за 1 секунду, біт/с;

$\Phi$  – інтеграл вірогідності, що визначається за допомогою функції Лапласа.

Однак, пряма залежність між ризиком втрати інформації через відсутність ЗППЗ ДР та кількістю ДТП, що відбулися через недостачу інформації, відсутня, так як втрата інформації не завжди може привести до ДТП, а статистичні дані, що зв'язують втрату інформації та кількість ДТП відсутні. Відповідно, відсутня можливість оцінити у грошовому еквіваленті порог ризику втрати інформації водієм, при якому ризик скоєння ДТП буде допустимим. У той же час у [61] було встановлено залежність ризику втрати інформації ( $r_{nu}$ ) водієм від ризику виникнення ДТП за причиною дорожніх умов ( $r_{dy}$ ).

Спільне вирішення цих залежностей дозволяє оцінити величину порог ризику втрати інформації водієм, що відповідає допустимій величині ризику виникнення ДТП за причиною недосконалості інженерного обладнання автодоріг. Нижче наведено приклад відповідності ризику втрати інформації водієм та ризику виникнення ДТП на ділянках ймовірного «глісування» автомобіля (рис. 2.1).

Якщо проаналізувати величини ризиків (рис. 2.8), то можливо резюмувати наступне:

- при первинному зростанні ризику дорожніх умов водій практично не реагує на ці зміни. Людина ще не досягла порога чутливості ( $r_{nu}$ )= $2,0 \times 10^{-4}$  та його психологічний та емоційний стан не перенавантажений. Водій спокійно продовжує рух автодорогою, встигаючи при цьому переробляти інформацію, що поступає до мозку;
- подальше зростання небезпеки дорожніх умов (при ризику від  $1,3 \times 10^{-3}$  до  $3,7 \times 10^{-3}$ ) призводить до різкого зростання ризику втрати інформації.



Наприклад, ще прийнятному ризику дорожніх умов ( $3,7 \times 10^{-3}$ ), відповідає вже більший ризик втрати інформації ( $5,1 \times 10^{-2}$ ). У даному випадку водій транспортного засобу, роблячи спробу впоратися із ситуацією, реагує на процес руху вже більш емоційно та напружено, що може призвести до неправильно прийнятих рішень та виникненню аварійних ситуацій;

- при наступному зростанні небезпеки дорожніх умов ризик втрати інформації водіями стає неприпустимим. Водії транспортних засобів, які потрапили у таку ситуацію, находячись у критичному стані, не в змозі адекватно реагувати на дорожню обстановку, що склалася, та приймати відповідні рішення.

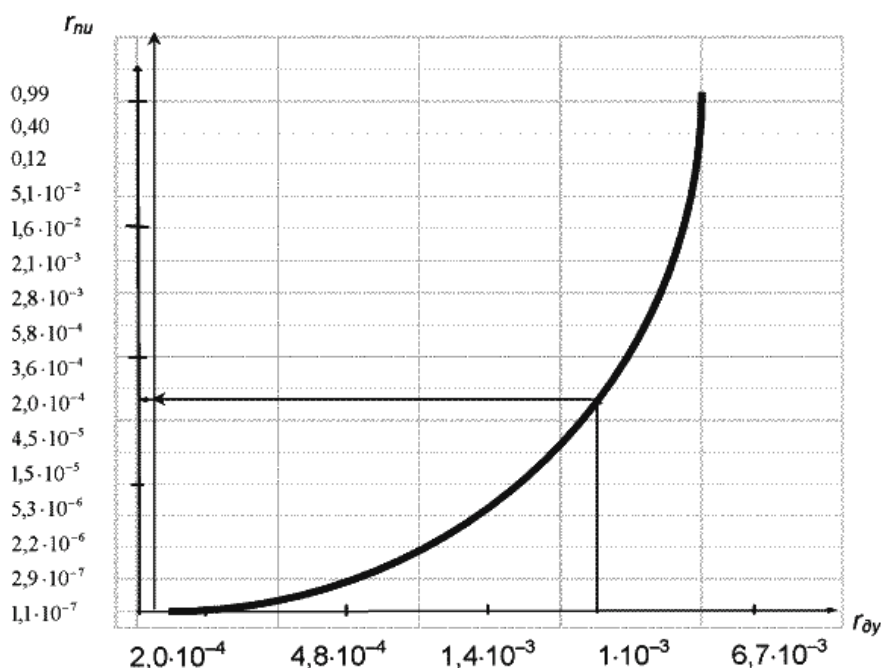


Рисунок 2.8 – Залежність ризику втрати інформації від ризику «глісування» автомобіля

Про це говорить те, що при ризиках дорожніх умов більше ( $4 \times 10^{-3}$ ) ризик втрати інформації прагне до одиниці, тобто у даних обставинах практично весь потік інформації, що поступає до водія, не буде оброблено людиною. У кращому випадку водій зробить екстремне гальмування, якщо дозволить стан покриття, у гіршому він не впорається із керуванням автомобілем.

Наведена вище інформація також підтверджується аналізом області розподілу ризику, що допускається водіями, на небезпечній стадії розвитку ДТП (рис. 2.9).

Накопичена частість показує, скільки водіїв (у відсотках) допускають рух з ризиком дорожніх умов, що не перевищують вказані на вісі абсцис значення:

- 15% водіїв воліють здійснити рух по дорозі з ризиком не більше, ніж  $1 \times 10^{-4}$ ;
- 50% водіїв (включаючи водіїв попередньої групи) допускають при русі ризик не більше  $3,6 \times 10^{-3}$ ;
- 85% водіїв допускають у процесі руху ризик не більше ніж  $3 \times 10^{-2}$ ;
- 100% водіїв допускають рух по дорозі із ризиком не більше ніж 0,27.

*Накопичена частість, %*

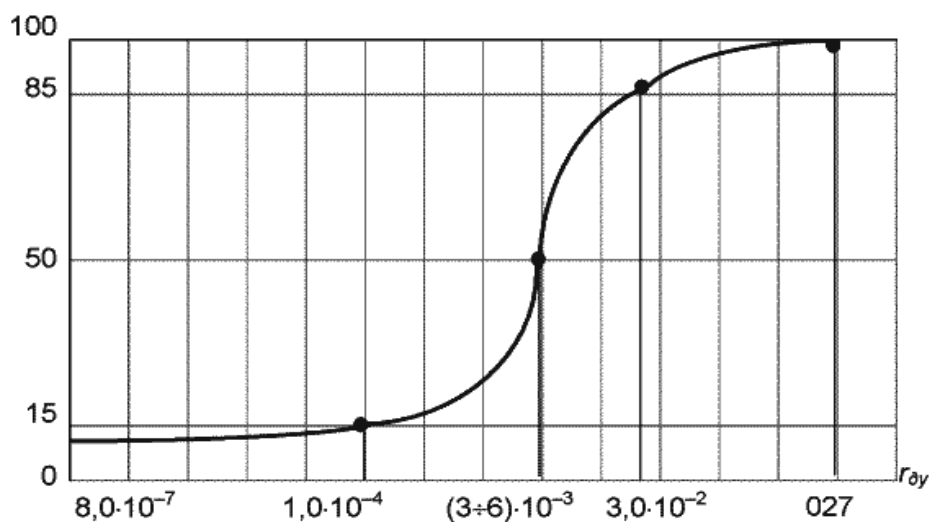


Рисунок 2.9 – Кумулятивна крива розподілу ризику, що допускається водіями на небезпечній стадії розвитку ДТП

Іншою мовою, якщо водій, що потрапив у групу 15% забезпеченості, перевищить ризик дорожніх умов  $1 \times 10^{-4}$ , то він одразу знизить швидкість руху, так як величина ризику для нього стане неприйнятною. В останній групі (85 – 100 %) маються водії, які знизять швидкість при ризикові не менш ніж 0,27.

У той же час, якщо за дорожніми умовами, або за обстановкою, яка склалася, водій із групи 15% забезпеченості опиниться у ситуації із ризиком, що

перевищує допустиму, то він може не впоратися з небезпечною ситуацією та допустити скоєння ДТП, тоді як водій, що допустив ризик 0,27, у такий же ситуації, як правило, мине аварію. Як видно з рис. 2.9, водіїв, що допускають такий ризик, всього 15 %.

Таким чином, при організації дорожнього руху, та облаштуванні доріг інженерним обладнанням, необхідно враховувати можливість втрати водіями інформації про умови руху на автомобільній дорозі. Якісне та комплексне обладнання автодоріг ЗППЗ ДР дасть змогу водіям зменшити ризики.

### 2.6.3.2 Розрахунок втрат

На ділянках автомобільних доріг, де застосовано ЗППЗ ДР, можуть зустрічатися різноманітні ДТП, такі як наїзд на перешкоду, зіткнення, виїзд за межі проїзної частини тощо.

Ймовірність виникнення ДТП на ділянках, де використано ЗППЗ ДР з урахуванням геометричних параметрів автодоріг та рівня зручності розраховуємо за формулою:

$$P = P_{A-G} \cdot r_n, \quad (2.28)$$

де  $P_{A-G}$  – ймовірність виникнення ДТП, яке може виникнути при заданому рівні зручності;

$r_n$  – ризик скоєння ДТП за причиною недосконалості геометричних елементів ділянки автодороги.

Рівні зручності  $A$ ,  $B$ ,  $B$ ,  $G$  – є функцією від: коефіцієнта завантаження автомобільної дороги рухом (від інтенсивності руху і пропускної здатності ділянки дороги); коефіцієнта швидкості руху; коефіцієнта насиченості руху [62].

Згідно досліджень [62] встановлено зміну різних рівнів зручності протягом доби і на різних категоріях дороги (табл. 2.4).

Таблиця 2.4 – Ймовірність рівнів зручності руху для доріг різних категорій

| Категорія дороги | Ймовірність рівнів зручності руху, % |          |          |          |
|------------------|--------------------------------------|----------|----------|----------|
|                  | <i>A</i>                             | <i>B</i> | <i>B</i> | <i>Г</i> |
| I                | 18,80                                | 64,00    | 12,00    | 5,20     |
| II               | 32,40                                | 57,00    | 8,10     | 2,50     |
| III              | 53,00                                | 40,40    | 5,90     | 0,70     |
| IV               | 79,30                                | 20,50    | 0,20     | –        |
| V                | 91,40                                | 8,55     | 0,55     | –        |

Ризик скоєння ДТП виникає, як правило при раптовій появі небезпеки на автодорозі, і як наслідок екстреному гальмуванню автомобіля, що може привести до зіткнення як із перешкодою у вигляді попереду їдучого автомобіля, так і скоєнню зіткнення із автомобілем, що йде позаду. Такий ризик визначається при використанні нормального закону розподілення [60, 63] за формулою:

$$r_n = 0,5 - \Phi\left(\frac{l_{cp} - l_{кр}}{\sqrt{\delta_l^2 + \delta_{l_{кр}}^2}}\right), \quad (2.29)$$

де  $l_{cp}$  – середнє значення фактичного розподілу інтервалів у потоці автомобілів;

$\delta_l$  – середнє квадратичне відхилення фактичного розподілу інтервалів;

$l_{кр}$  – критична різниця зупиночних шляхів лідера та наступного автомобіля, м, при виникненні якої ризик, що визначається за формулою (2.29), дорівнює 50 %;

$\delta_{l_{кр}}$  – середнє квадратичне відхилення критичної різниці зупиночних шляхів лідера та наступного автомобілів, м.

Значення  $l_{кр}$  та  $\delta_{l_{кр}}$  розраховують за формулами [63]:

– математичне очікування (середнє значення) критичної різниці зупиночних шляхів лідера та автомобіля, що за ним прямує:

$$l_{кр} = S_2 - S_1; \quad (2.30)$$

де  $S_1$  та  $S_2$  – довжини зупиночних шляхів, м;

– середнє квадратичне відхилення критичного параметра:

$$\delta_{l_{kp}} = \sqrt{\delta_{s_2}^2 + \delta_{s_1}^2}, \quad (2.31)$$

де  $\delta_{s_2}$ ,  $\delta_{s_1}$  – середні квадратичні відхилення зупиночних шляхів автомобіля, що йде за лідером та автомобіля, що лідирує, м.

Параметри  $s$  та  $\delta_s$  визначають за залежностями [63]:

$$S_i = \frac{V \cdot t_p}{3,6} + \frac{K_{e_i} \cdot V^2}{254 \cdot (\varphi \pm i + f)}, \quad (2.32)$$

$$\delta_{S_i} = \sqrt{\left[ \frac{t_p}{3,6} + \frac{K_{B_i} \cdot V}{127 \cdot (\varphi \pm i + f)} \right]^2 \cdot \delta_V^2 + \left[ \frac{K_{B_i} \cdot V^2}{254 \cdot (\varphi \pm i + f)^2} \right]^2 \cdot \delta_\varphi^2 + \left( \frac{V}{3,6} \right)^2 \cdot \delta_{t_p}^2}, \quad (2.33)$$

де  $V$  – швидкість руху автомобіля на ділянці, де встановлено ЗППЗ ДР, км/год;

$t_p$  – час реакції водія або середній час реакції водіїв, що здійснюють рух у потоці автомобілів, с;

$K_{e_i}$  – коефіцієнт ефективності гальмування при різних типах транспортних засобів;

$\varphi$  – коефіцієнт зчеплення при швидкості руху  $V$  (визначається залежно від стану покриття автодороги та протекторів шин автомобілю);

$\pm i$  – напрям та величина позовжнього похилу, ‰;

$f$  – опір коченню при швидкості руху  $V$ ;

$\delta_V, \delta_\varphi, \delta_{t_p}$  – середні квадратичні відхилення відповідно: швидкості руху автомобілів у потоці, км/год.; коефіцієнта зчеплення; часу реакції водіїв транспортних засобів.

З метою врахування наявності та якості ЗППЗ ДР на ризик виникнення ДТП у дисертаційній роботі пропонується формулу (2.29) доповнити коефіцієнтом врахування ЗППЗ, формула (2.2).

Тоді до розрахунків для знаходження ризику скоєння ДТП з врахуванням впливу на нього ЗППЗ ДР приймаємо залежність:

$$r_H = \left[ 0,5 - \Phi \left( \frac{l_{cp} - l_{кр}}{\sqrt{\delta_l^2 + \delta_{l_{кр}}^2}} \right) \right] \cdot K_{ЗППЗ}. \quad (2.34)$$

Прогнозовану кількість ДТП за добу на ділянці дороги, де маються ЗППЗ ДР будемо визначати за допомогою наступного виразу:

$$n = \left[ P_A \cdot \sum_{i=1}^{n_A} N_{A_i} + P_B \cdot \sum_{i=1}^{n_B} N_{B_i} + P_B \cdot \sum_{i=1}^{n_B} N_{B_i} + P_\Gamma \cdot \sum_{i=1}^{n_\Gamma} N_{\Gamma_i} \right] \cdot L, \quad (2.35)$$

де  $n$  – прогнозована кількість ДТП на добу;

$P_A, P_B, P_B, P_\Gamma$  – ймовірності скоєння ДТП, що визначаються за формулою (2.2);

$n_A, n_B, n_B, n_\Gamma$  – кількість годин за добу при рівнях зручності руху  $A, B, B, \Gamma$ ;

$N_{A_i}, N_{B_i}, N_{B_i}, N_{\Gamma_i}$  – інтенсивність руху за відповідний проміжок часу;

$L$  – довжина ділянки автодороги, км.

При відсутності даних спостережень інтенсивність руху при різних рівнях зручності можна розрахувати:

$$N_{A-\Gamma} = N_s \cdot R_{A-\Gamma}, \quad (2.36)$$

де  $R_{A-\Gamma}$  – ймовірність відповідних рівнів зручності руху.

Втрати від ДТП за рік з врахуванням впливу засобів пасивного протиаварійного забезпечення дорожнього руху складуть:

$$A = n \cdot D \cdot W, \quad (2.37)$$

де  $D$  – кількість днів на рік;

$W$  – середні збитки від одного ДТП за рік, грн.

Даний метод розрахунку втрат від ДТП враховує склад і умови руху та дозволяє мінімізувати втрати від ДТП шляхом змін у використанні ЗППЗ ДР.

## 2.7 Результати порівняння числового моделювання та натурних експериментів

Натурні експерименти проводились на опорній мережі автомобільних доріг загального користування Луганської області. Об'єм вибірки склав 3 типових об'єкта – примикання другорядної дороги до головної, під'їзд до неохороняемого залізничного переїзду, під'їзд до стаціонарного посту ДАІ. Перший об'єкт було обрано за критеріями середньої кількості конфліктних точок на примиканні, другий за надто важливе значення ЗППЗ ДР для двох видів транспорту (залізничного та автомобільного), третій – через зміну перед об'єктом режиму руху та зменшення пропускної здатності автодороги.

Експеримент 1 проводився на автомобільній дорозі державного значення Р-22 ПП «Красна Талівка – Луганськ», км 46 у сутінки, де згідно картки МК ДТП за 3 роки трапилося 5 ДТП, у яких загинуло 2 та поранено 11 осіб; експеримент 2 на автомобільній дорозі територіального значення Т-13-11 Сverdлівськ – ПП «Червонопартизанськ», км 9 вдень, при дощовій погоді, де згідно картки МК ДТП за 3 роки трапилося 4 ДТП, у яких загинуло 4 та поранено 3 особи; експеримент 3 – на автомобільній дорозі державного значення М-03 Київ – Харків – Довжанський, км 801 вдень, де згідно картки МК ДТП за 3 роки трапилося 14 ДТП, у яких загинуло 3 та поранено 5 осіб.

*Умови дослідження.* Дослідження проводилися у проміжок між 10-00 – 19-00 год (вересень) при температурі повітря  $((20 \pm 5) ^\circ\text{C})$ , відносній вологості від 45 % до 90 %.

*Метод дослідження.* Візуальний, фотофіксація, розрахунки за формулами, використання таблиць та програмного продукту.

*Устаткування та допоміжні матеріали.* Автомобіль, фотоапарат цифровий з дозволом матриці 5 Мпікс., так званий *еталон* – проект (схема) організації дорожнього руху ділянки дороги, що оцінюється (в експерименті 3 - схема з наказу МВС від 04.05.2001 № 177 «Про організацію діяльності стаціонарних постів дорожньо-патрульної служби Державної автомобільної інспекції МВС»),

шкала умовних балів для технічних засобів та визначення коефіцієнтів аварійності для інтенсивності руху, формули розрахунку понижуючих коефіцієнтів та підсумкового рівня БДР за 100-бальною шкалою, ноутбук.

*Підготовка до виконання експерименту.* По прибутті на місце дослідження одразу проведено підрахунок інтенсивності руху за експрес-методом.

*Виконання експерименту.* Ділянки автомобільних доріг, що досліджувалися було візуально оглянуто та сфотографовано з обох боків на підходах. Фотографії було відправлено на ноутбук для більш чіткого їх розпізнавання та порівняння з наявними схемами. На рисунку рис. 2.10 наведена дослідна ділянка № 1.

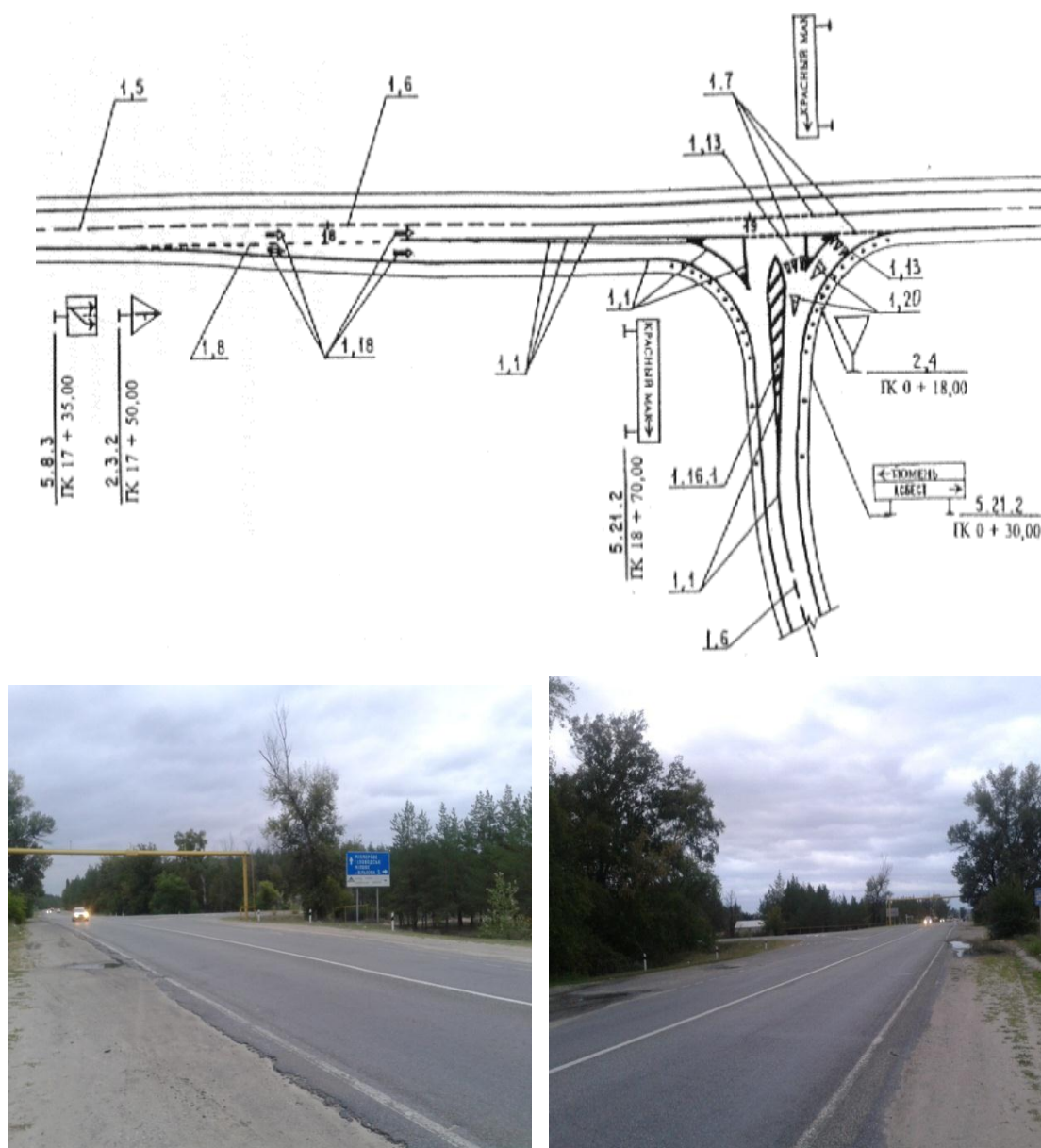


Рисунок 2.10 – Дослідна ділянка № 1



Проводимо порівняння відповідності вживаних ЗППЗ ДР з наявними ПОДР, виявляємо розбіжності.

Так, на ділянці 1 виявлено відсутність знаків пріоритету, недостатньо чітку видимість крайової лінії горизонтальної дорожньої розмітки, відсутність світлоповертальних елементів на існуючих дорожніх знаках та напрямних стовпчиках, стояки дорожніх знаків та сигнальних стовпчиків виготовлено з залізобетону.

На ділянці 2 виявлено нечітку видимість осрової розмітки на підходах до залізничного переїзду, відсутність світлоповертальних елементів на сигнальних стовпчиках та на одному стояку дорожнього знаку, стояки дорожніх знаків та сигнальних стовпчиків виготовлено з залізобетону.

На ділянці 3 виявлено відсутність шумових смуг з однієї сторони, відсутність світлоповертальних елементів на стояках дорожніх знаків, стояки знаків виготовлено з залізобетону, на бар'єрному огороженні відсутні світлоповертальні елементи.

#### *Обробка результатів вимірів.*

1. Проводимо розрахунок інтенсивності руху автомобільного транспорту на ділянці, що досліджується за добу. Використовуємо експрес-метод підрахунку інтенсивності руху (для введення цих даних у програмний продукт; при ручному підрахуванні ступеню аварійності інтенсивність не враховується).

2. За таблицею визначення коефіцієнтів аварійності для інтенсивності руху визначаємо цей коефіцієнт.

3. Визначаємо ЗППЗ ДР, які відсутні порівняно із проектом (схемою) організації дорожнього руху.

4. Проводимо підрахунок балів за шкалою умовних балів для технічних засобів.

5. За формулою розрахунку понижуючих коефіцієнтів розраховуємо їх (у разі наявності).

6. Отримані у п.п. 1 – 5 підставляємо у формулу підсумкового рівня БДР за 100-бальною шкалою.

7. Отримані результати оформляємо у таблиці (табл. 2.5 – 2.7) та порівнюємо із результати числового аналізу програмного продукту (рис. 2.11 – 2.13).

Таблиця 2.5 – Результати оцінки БДР балами ділянки автомобільної дороги Р-22

| Номер та найменування дороги                                                                                | Найменування об'єкту | Інтенсивність руху за добу<br>$N_{\text{доб. авт./доб.}}$ | Початкова кількість набраних балів | Понижуючий коефіцієнт видимості $C_v$ | Понижуючий коефіцієнт деформативності $C_d$ | Підсумкова кількість набраних балів з урахуванням коефіцієнтів |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-----------------------------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Р-22<br>ПП «Красна Талівка» – Луганськ                                                                      | Примикання           | 2740                                                      | 80                                 | 0,2                                   | 0,1                                         | 76                                                             |
| Рівень безпеки руху                                                                                         | ДУЖЕ НЕБЕЗПЕЧНИЙ     |                                                           |                                    |                                       |                                             |                                                                |
| Примітка. Збір даних про інтенсивність руху виконували для використання паралельних розрахунків на програмі |                      |                                                           |                                    |                                       |                                             |                                                                |

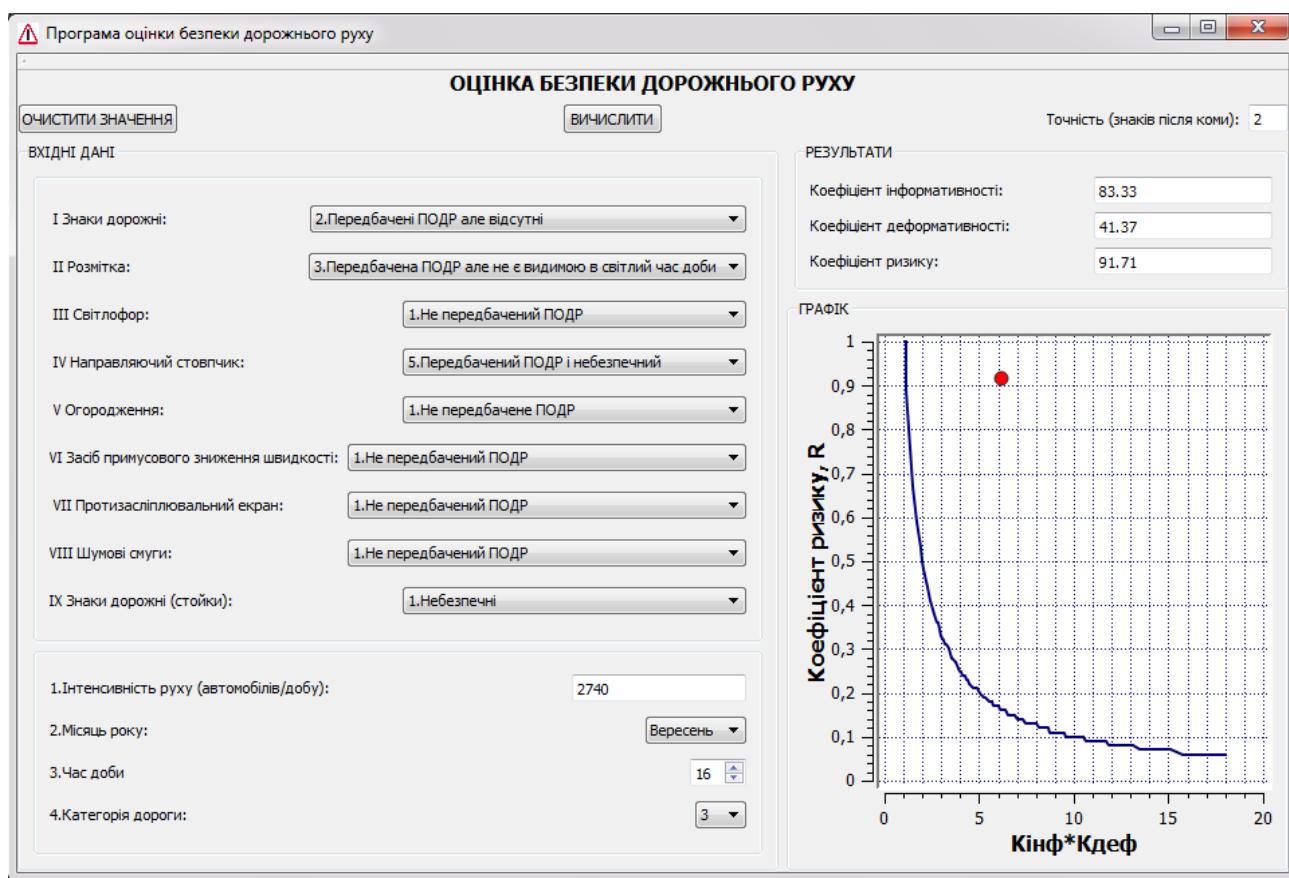


Рисунок 2.11 – Результати оцінки БДР балами ділянки автомобільної дороги Р-22

Таблиця 2.6 – Результати оцінки БДР балами ділянки автомобільної дороги Т-13-11

| Номер та найменування дороги                        | Найменування об'єкту   | Інтенсивність руху за добу<br>$N_{\text{доб. авт./доб.}}$ | Початкова кількість набраних балів | Понижуючий коефіцієнт видимості $C_v$ | Понижуючий коефіцієнт деформативності $C_d$ | Підсумкова кількість набраних балів з урахуванням коефіцієнтів |
|-----------------------------------------------------|------------------------|-----------------------------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Т-13-11<br>Свердлівськ – ПП<br>«Червонопартизанськ» | Залізничний переїзд    | 870                                                       | 80                                 | 0,2                                   | 0,1                                         | 27                                                             |
| Рівень безпеки руху                                 | <b>МАЛОНЕБЕЗПЕЧНИЙ</b> |                                                           |                                    |                                       |                                             |                                                                |

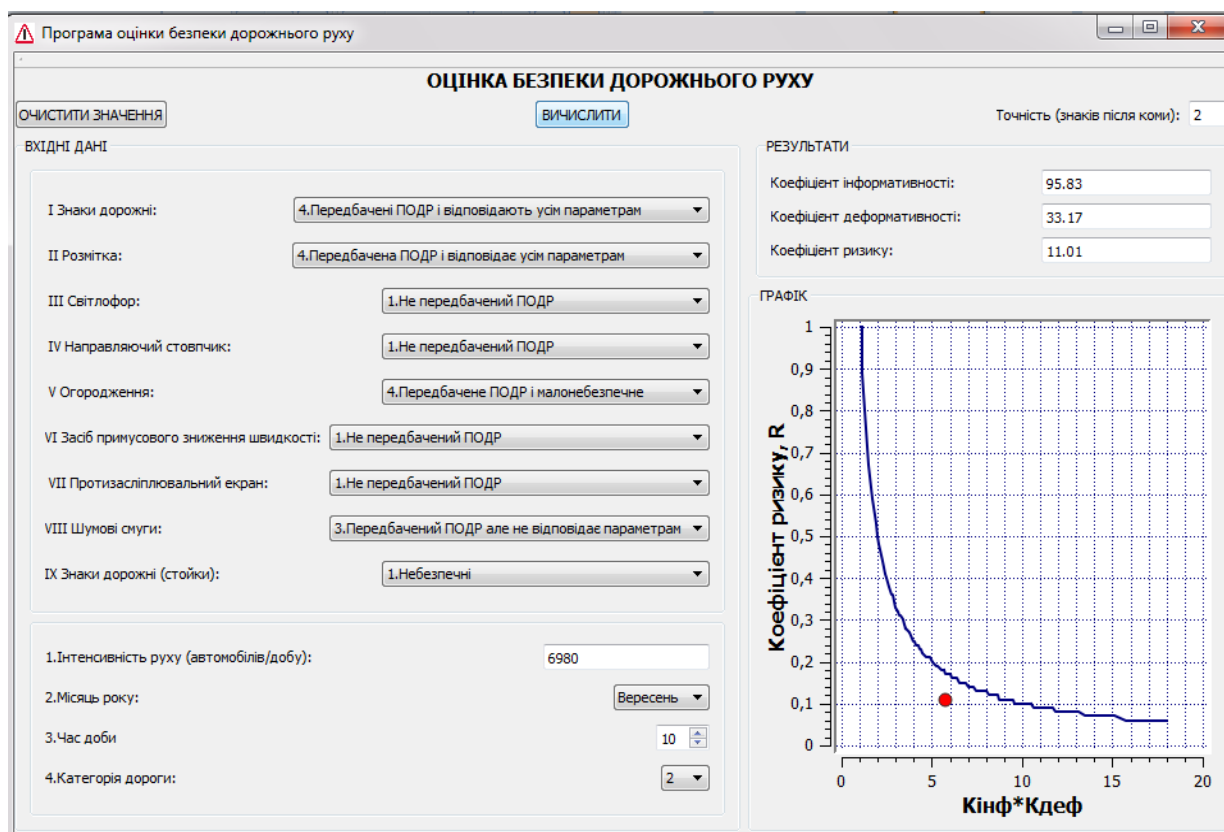


Рисунок 2.12 – Результати оцінки БДР балами ділянки автомобільної дороги Т-13-11

Таблиця 2.7 – Результати оцінки БДР балами ділянки автомобільної дороги М-03

| Номер та найменування дороги      | Найменування об'єкту | Інтенсивність руху за добу<br>$N_{\text{доб. авт./доб.}}$ | Початкова кількість набраних балів | Понижуючий коефіцієнт видимості $C_v$ | Понижуючий коефіцієнт деформативності $C_d$ | Підсумкова кількість набраних балів з урахуванням коефіцієнтів |
|-----------------------------------|----------------------|-----------------------------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| М-03 Київ - Харків<br>Довжанський | Пост ДАІ             | 6980                                                      | 80                                 | 0,2                                   | 0,1                                         | 54                                                             |
| Рівень безпеки руху               | <b>НЕБЕЗПЕЧНИЙ</b>   |                                                           |                                    |                                       |                                             |                                                                |

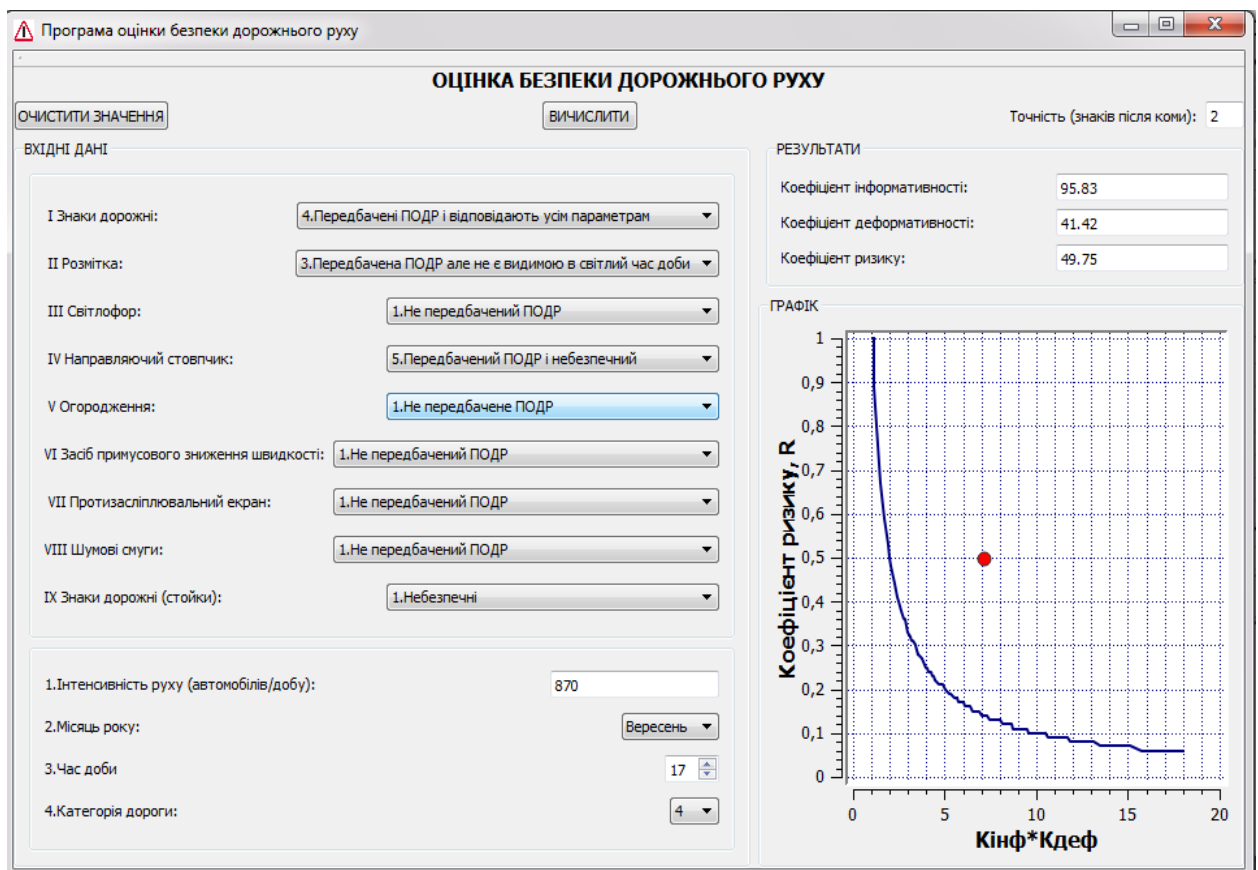


Рисунок 2.13 – Результати оцінки БДР балами ділянки автомобільної дороги М-03

Порівняння результатів експериментальних досліджень проводилося методом дисперсійного аналізу (критерій Фішера і критерій Пірсона), який дозволяє знайти залежності в експериментальних даних шляхом дослідження значимості відмінностей в середніх значеннях. Ці методи було обрано через їх найбільшу прийнятність для порівняння емпіричного розподілу признаку з теоретичним. У табл. 4.10, 4.11 та рис. 4.15, 4.16 показано результати порівняння найбільш впливових факторів - дорожньої розмітки та дорожніх знаків

Таблиця 2.8 – Вплив дорожніх знаків на ризик ДТП

|                  | Бали | Натурний експеримент | Числове моделювання | Сила взаємозв'язку |
|------------------|------|----------------------|---------------------|--------------------|
| Знаки            | 0    | 37                   | 50,27               |                    |
|                  | 0,25 | 29,5                 | 32,46               |                    |
|                  | 0,5  | 22                   | 22                  |                    |
|                  | 0,75 | 14,5                 | 16,23               |                    |
|                  | 1    | 7                    | 8,11                |                    |
| критерій Фішера  |      |                      | 0,55                | відносно сильна    |
| критерій Пірсона |      |                      | 0,98                | дуже сильна        |

Таблиця 2.9 – Вплив дорожньої розмітки на ризик ДТП

|                  | Бали | Натурний експеримент | Числове моделювання | Сила взаємозв'язку |
|------------------|------|----------------------|---------------------|--------------------|
| Розмітка         | 0    | 37                   | 58,27               |                    |
|                  | 0,25 | 29,5                 | 32,46               |                    |
|                  | 0,5  | 22                   | 22                  |                    |
|                  | 0,75 | 14,5                 | 12,99               |                    |
|                  | 1    | 7                    | 8,11                |                    |
| критерій Фішера  |      |                      | 0,34                | середня            |
| критерій Пірсона |      |                      | 0,95                | дуже сильна        |

Значення критеріїв показало тісну кореляцію параметрів; просліджується стійкий статистичний взаємозв'язок [64]. Це дозволяє зробити висновок, що використаний ручний метод оцінювання БДР балами адекватно оцінює ситуацію на дорозі. Різниця між значеннями параметрів пояснюється тим, що ручний підрахунок не передбачає збору та аналізу додаткових даних (інтенсивність руху, час доби, місяць року, категорію дороги тощо).

## **Висновки до розділу 2**

1. Розглянуто способи виявлення небезпечних ділянок автодоріг; 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.

2. Встановлено критерії визначення впливу технічних засобів автомобільних доріг на безпеку руху, які показали, що на сьогодні ще не має достовірного алгоритму визначення впливу дорожніх умов на аварійність, тому що відсутні паралельні статистичні дані про кількість ДТП, також не можливо стовідсотково спрогнозувати поведінку водія при взаємодії факторів «водій – дорожні умови».

3. Встановлено особливості впливу заходів із застосування інженерного облаштування на аварійність. 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.

4. Розроблено метод оцінки безпеки дорожнього руху на окремих ділянках автомобільних доріг, який базується на врахуванні встановлених коефіцієнтів, що враховують наявність і стан засобів пасивної протиаварійної безпеки дорожнього руху.

5. Розроблено метод розрахунку втрат від дорожньо-транспортних пригод, який враховує склад і умови руху та дозволяє мінімізувати втрати від ДТП шляхом врахування впливу засобів пасивного протиаварійного забезпечення дорожнього руху.

6. Встановлено, що ефективним заходом із зниження аварійності на автомобільних дорогах є впровадження сучасного інженерного облаштування – технічних засобів організації дорожнього руху, як альтернативу великовартісним капітальним вкладенням за умови недостатнього фінансування дорожньої галузі.

7. Виконано порівняння числового моделювання та натурних експериментів. Значення критеріїв показало тісну кореляцію параметрів; просліджується стійкий статистичний взаємозв'язок. Це дозволяє зробити висновок, що використаний метод оцінювання безпеки дорожнього руху з використання балів адекватно оцінює ситуацію на дорозі.

8. Результати досліджень даного розділу викладено у наступних публікаціях [51, 54, 55, 64].

### **РОЗДІЛ 3**

## **ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ТА НАТУРНІ 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**

##### **3.1.1.1 Загальні положення**

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 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, показників 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].

### **3.1.1.2 Натурні спостереження за різними типами плівок**

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.



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



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



Рисунок 3.3 – Знак з плівкою LG через 1 рік експлуатації



Рисунок 3.4 – Знак із стандартною плівкою через 1 рік експлуатації

### 3.1.1.3 Визначення стійкості плівок до статичної дії рідини

Дослідження проводили протягом 1 години в атмосферних умовах при температурі повітря  $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$  і відносній вологості  $(65 \pm 5) \%$ .

Суть методу полягала у визначенні зовнішнього вигляду і захисних властивостей покриттів після дії рідин в плинні заданого часу.

*Устаткування:*

- піпетка, що забезпечує об'єм однієї краплі 0,1 мл;
- лупа чотирьохкратного збільшення за ГОСТ 25706 [68];

*Підготовка до виконання вимірів.* Було виготовлено зразки плівки розміром не менше 150x150 мм.

*Виконання досліджень.* На горизонтально розташований зразок плівки на відстані 20 мм від краю плівки наносили 10 крапель рідини (рис 3.5 а).

Відстань між краплями була не менше 20 мм. Дослідження проводили на двох зразках плівки.

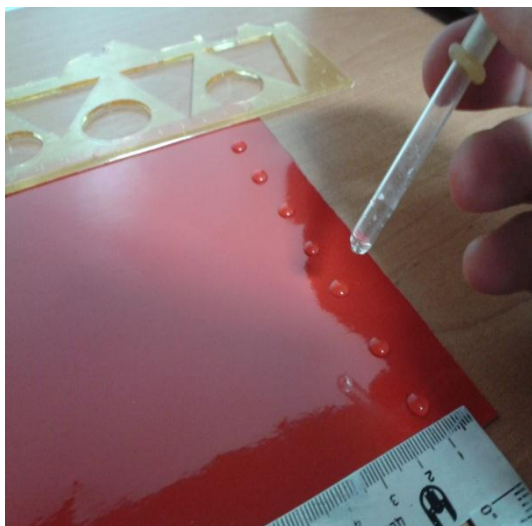
Після випробувань краплі видалено з поверхні плівки. Після випробувань мінеральною олією плівку було протерто ватою, злегка змоченою уайт-спіритом (до повного видалення слідів олії, рис. 3.5 б). Після випробування бензином і 3%-вим розчином NaCl, плівку промито проточною водою і висушено

фільтрувальним папером (рис. 3.5 в). Після випробувань дистильованою водою, плівку висушували фільтрувальним папером без промивання.

*Обробка результатів вимірів.* При огляді порівнювало ділянку плівок на обох зразках, де було поміщено краплі з ділянками, що не піддавалися дії рідини. При огляді застосовували лупу чотирьох кратного збільшення (рис 3.5 г).

За наявності істотного розтріскування, лущення, згортання країв і інших дефектів, випробування повторювали на подвоєній кількості зразків.

З останніх чотирьох зразків невідповідність вимогам допускається для одного зразка.



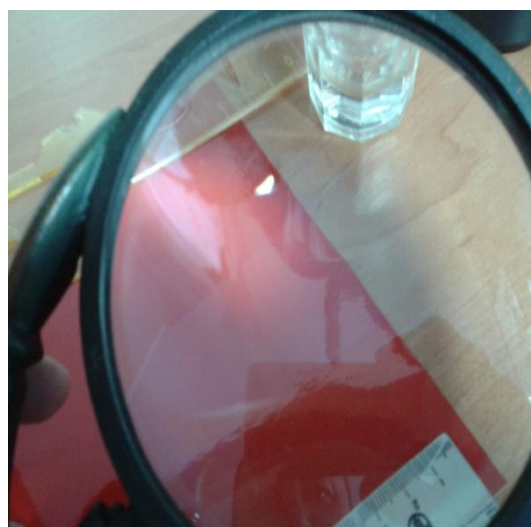
а)



б)



в)



г)

Рисунок 3.5 – Етапи проведення експерименту

У результаті проведеного аналізу жоден з зразків не виявив будь-яких дефектів [69].

### 3.1.1.4 Визначення достатньої ударної міцності зразків

*Умови досліджень.* Дослідження проводили при температурі повітря  $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ , відносній вологості від 45 % до 80 %.

*Метод визначення.* Суть методу полягає в дії ударним навантаженням на зразки світлоповертальної плівки.

*Устаткування.* Сталевий бойок із сферичним наконечником радіусом 8 мм і масою  $(1,00 \pm 0,01)$  кг (рис. 3.6).

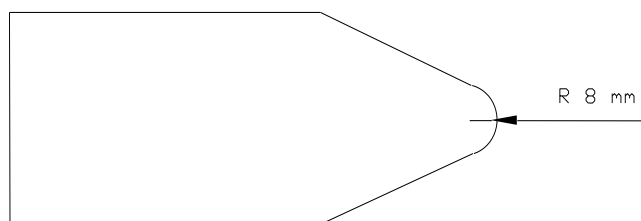


Рисунок 3.6 – Сталевий бойок із сферичним наконечником

*Підготовка до виконання досліджень.* Для експерименту було взято фрагмент дорожнього знака, зразки світлоповертальної плівки розміром не менше 150х150 мм було наклеєно на основу дорожнього знаку (рис. 3.7 а).

*Виконання досліджень.* Фрагменти знака піддавалися ударній дії 10 разів кожен шляхом скидання на нього сталевого бойка із сферичним наконечником з висоти  $(1000 \pm 10)$  мм (рис. 3.7 б).

*Обробка результатів досліджень.* При візуальному огляді виявлялися тріщини та деформації у безпосередній області удару і за її межами (рис 3.7 в – зразок А; рис 3.7 г – зразок Б). Результати огляду наведені у табл. 3.1.





а)



б)



в)



г)

Рисунок 3.7 – Визначення ударної міцності зразків

Таблиця 3.1 – Результати випробування зразків

| Тип зразка        | Виявлені пошкодження, мм |     |   |     |     |   |     |   |     |     |
|-------------------|--------------------------|-----|---|-----|-----|---|-----|---|-----|-----|
| Цикл випробування | 1                        | 2   | 3 | 4   | 5   | 6 | 7   | 8 | 9   | 10  |
| Зразок А          | 2                        | 1,5 | 2 | 2,5 | 2   | 2 | 1,5 | 2 | 2   | 1,5 |
| Зразок Б          | 3                        | 3   | 4 | 3   | 3,5 | 2 | 3   | 3 | 3,5 | 4   |

На основі таблиці проводили порівняльний аналіз рівня деформативності зразків (рис. 3.8).

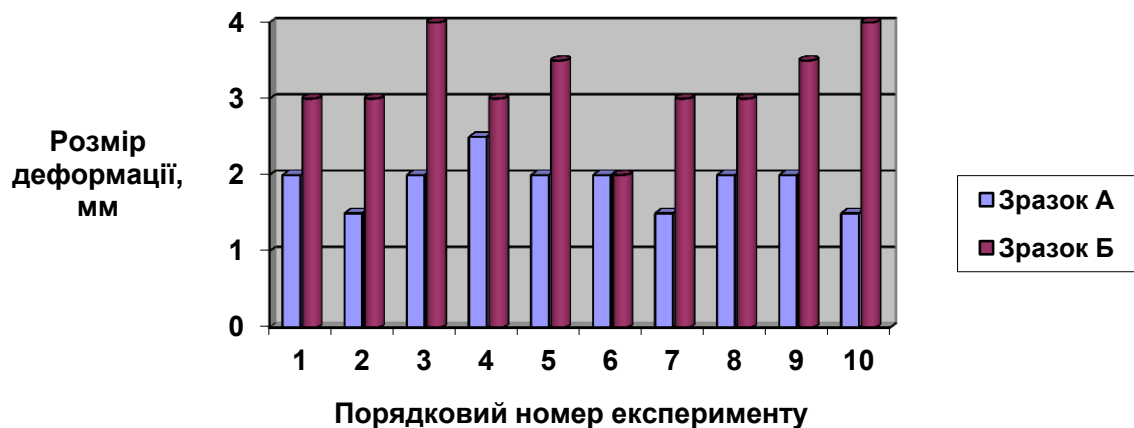


Рисунок 3.8 – Порівняльний аналіз результатів дослідження

Як видно з гістограми, зразок А менш підтверджено деформаціям ніж зразок Б, показник зразка А тільки один раз перевищив відмітку у 2 мм, тоді як у зразка Б середній розмір деформації складає 3 мм.

### 3.1.1.5 Визначення міцності зчеплення клейового шару зразків

*Умови досліджень.* Дослідження проводили при температурі повітря ( $20 \pm 5$ ) °С, відносній вологості від 45 % до 80 %.

*Метод визначення.* Суть методу полягає у визначенні міри адгезії світлоповертальних плівок до основи дорожнього знаку.

*Устаткування:*

- лінійка металева за ГОСТ 427 [70];
- секундомір.
- вантаж масою 0,4 кг;
- ніж з гострим лезом.

*Підготовка до виконання досліджень.* Зразки плівок розміром 200x100 мм, наклеєні на основу фрагменту дорожнього знаку.



*Виконання досліджень.* Світлоповертальну плівку було розрізано ножом з гострим лезом до металевої основи паралельними перерізами (через кожні 10 мм) на 10 смуг (рис. 3.9 а).

Зразки було покладено світлоповертальним матеріалом вниз в горизонтальній площині. До заздалегідь відклеєних вручну на довжину 10 мм кінців однієї із смуг плівки перпендикулярно підвищено вантаж масою 0,4 кг на 10 хвилин. Операцію було повторено для кожної із смуг (рис. 3.9 б).

Металевою лінійкою проводились заміри величин відшарування кожної із смуг (рис. 3.9 в).



а)



б)



в)

Рисунок 3.9 – Визначення адгезії клейового шару зразків

*Обробка результатів досліджень.* При вимірі величини відшарування кожної із смуг за результат приймали значення, вираженого в міліметрах і заокругленого до цілого значення. Результати експерименту наведені у табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Результати випробування зразків

| Тип зразка        | Виявлені пошкодження, мм |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-------------------|--------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Цикл випробування | 1                        | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 |
| Зразок А          | 12                       | 15 | 20 | 15 | 10 | 12 | 15 | 20 | 20 | 14 |
| Зразок Б          | 35                       | 38 | 40 | 30 | 35 | 27 | 36 | 38 | 35 | 41 |

На основі таблиці наведено порівняльний аналіз рівня адгезії клейового шару зразків (рис. 3.10).

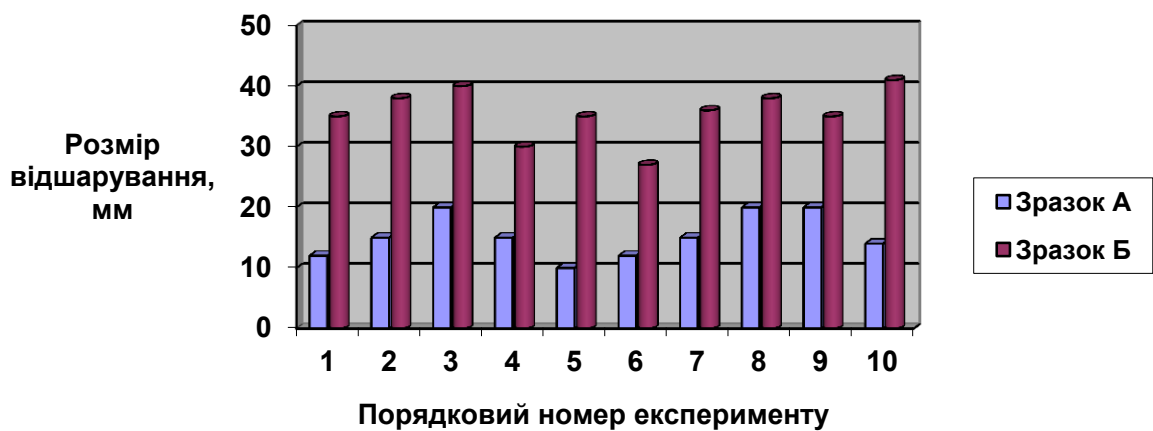


Рисунок 3.10 – Порівняльний аналіз результатів дослідження на адгезію

### 3.1.1.6 Визначення якості видалення захисної підкладки світлоповертальної плівки

*Умови досліджень.* Дослідження проводили при температурі повітря  $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ , відносній вологості від 45 % до 80 %.

*Метод визначення.* Суть методу полягає у визначенні наявності надломів і розривів на зразках і зняття клею із світлоповертальної плівки при видаленні захисної підкладки.

*Підготовка до виконання досліджень.* Виготовляли зразки світлоповертальної плівки розміром 150x150 мм. Попереднє вимочування у воді або спеціальних розчинах не робилося.

*Виконання досліджень.* Було зроблено видалення захисної підкладки з усієї поверхні зразка без використання допоміжних пристроїв.

*Обробка результатів досліджень.* Зроблено візуальний огляд зразків світлоповертальної плівки з обох боків для виявлення надломів, розривів і ділянок з зняттям клею на світлоповертальній плівці. Також було візуально порівняно зворотну сторону плівок з метою визначення зручності для вирізання елементів рисунку знаків.

Результат експерименту показав, що у зразках А і Б не виявлено жодного надлому або розриву ділянок плівки. Порівняння зворотних сторін плівок показало відповідність вимогам ДСТУ 4100 тільки зразок А (рис. 3.11) через наявність сантиметрових клітинок, що дають змогу більш точно виготовляти елементи рисунку знаків.



Рисунок 3.11 – Зворотна сторона плівок (зразок А – праворуч)

Проведене експериментальне впровадження знаків з новим типом плівок дає змогу говорити про подальше впровадження сучасних матеріалів при виготовленні знаків та про внесення змін у існуючий [40] для збільшення гарантійного строку служби знаків мінімум вдвічі.

Такий гарантійний строк дозволив би Службі автодоріг скоротити заміну дорожніх знаків у тричі, що дозволило б САД заощаджувати державні кошти у розмірі 680 тис. грн. на рік, та спланувати їх на інші потреби.

### **3.1.1.7 Дослідження видимості дорожніх знаків при різних погодних умовах**

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 очищування 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 очищуванні 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 [71].

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 [72].

На підставі цих даних можна отримати залежність середньої температури повітря та швидкості вітру протягом року у Луганській області (рис. 3.12). Як видно з графіку, ідеальні сприятливі погодні умови для налипання мокрого снігу на знаки складаються у січні - березні та у листопаді - грудні.

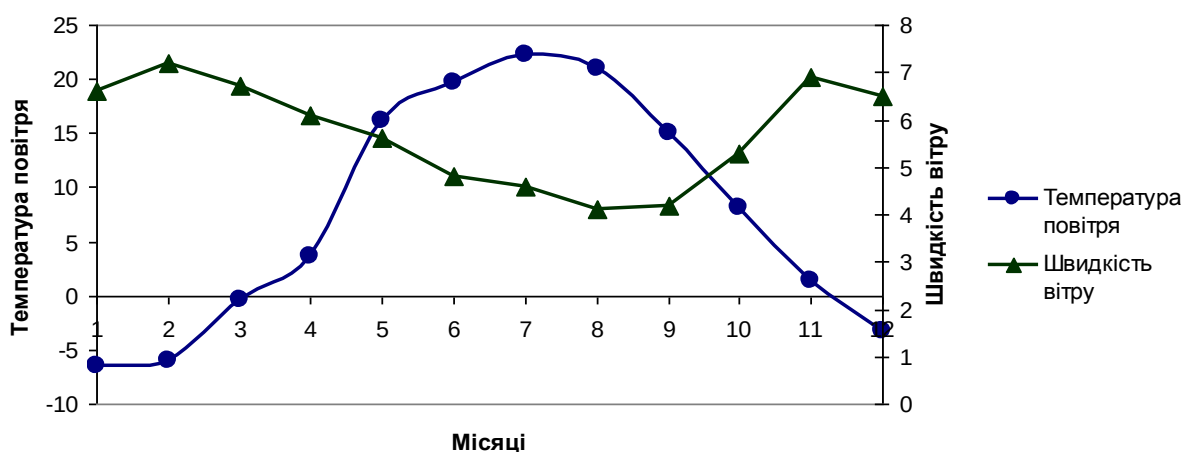


Рисунок 3.12 – Графік середньої температури та швидкості повітря

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 [73]. 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 [74].

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 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 [75]. 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 цетіолоном (рідким воском) в аерозолі.

Цетіолан представляє собою ефір високомолекулярних неграничних спиртів олеїнової кислоти, що отримується шляхом етерифікації 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 [76].

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 [77, 78]. Окремі знаки для порівняння було оброблено тільки наполовину (рис. 3.13). 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).



а)



б)



в)

Рисунок 3.13 – Нанесення рідкого воску на дорожні знаки

Аналіз функціонування дорожніх знаків, що досліджувалися в осінньо-зимовий період 2011 – 2012 років, показав безсумнівні переваги оброблених рідким воском знаків перед іншими (рис. 3.14, 3.15). 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 [79]. 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.



Рисунок 3.14 – Грудень 2011 року. Нижній знак оброблено рідким воском



а)



б)

Рисунок 3.15 – Січень 2012 року. Знаки оброблено наполовину

Обчислювання даних на програмі «АВК-5» показало, що очищення від пилу і бруду одного знака коштує 1,14 грн. Враховуючи перевезення робітників на

автомобілі, його експлуатацію, різну віддаленість від бази, з якої виїжджає бригада, середня вартість  $B_{\text{зн}}$  очищення одного знаку складась:

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

де  $B_{\text{оч}}$  – 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 (цетіолану)» [80].

### **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 (високоінтенсивний тип).

Показники КСС для високоінтенсивного 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. 3.16). 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 [81, 82].

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.

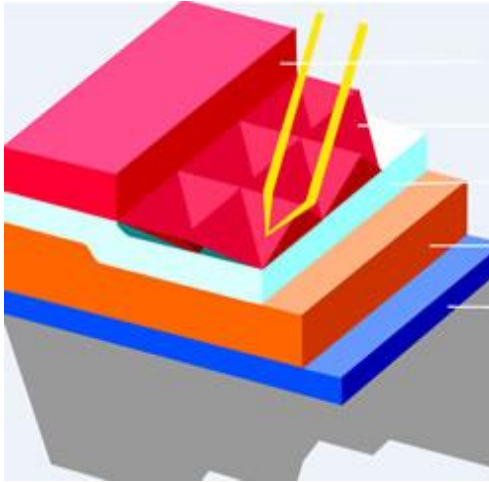
ДТП від зіткнень з дорожніми огороженнями приносять економічний збиток суспільству. Частина цього збитку лягає на плечі дорожніх організацій, які щорічно передбачають в бюджеті кошти, що направляються на ремонт і заміну пошкоджених дорожніх огорожень. Тому задача зниження кількості і тяжкості ДТП цього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



Рисунок 3.16 – 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. 3.17).



Верхній захисний шар

Світловідбиваючий шар – мікропризма

Полімерний шар

Клейовий шар

Підкладка

Рисунок 3.17 – 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 елементу;
- 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. 3.18.



У Луганській області такі світлоповертальні елементи були вперше встановлені в серпні 2008 року на а/д Р-22 КПП «Красна Талівка» – Луганськ [83]. 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.

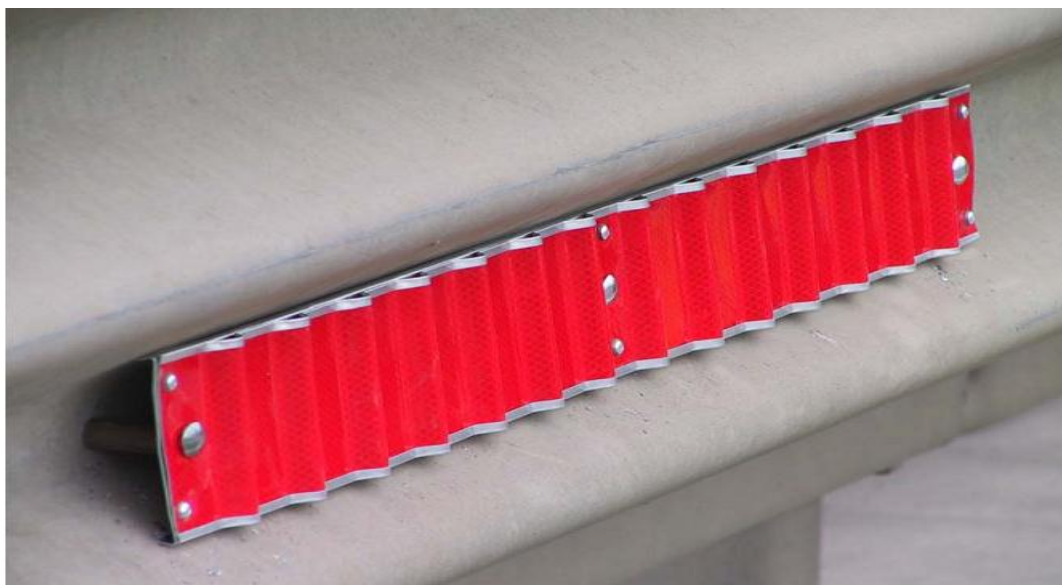


Рисунок 3.18 – Запропонований світлоповертальний елемент

Ось так виглядає ділянка дороги в нічний час (рис. 3.19).



Рисунок 3.19 – Влаштовані експериментальні світлоповертальні елементи

Враховуючи вищевказане, пропонується внести зміни та доповнення до чинного стандарту [41] (пропозиції розглянуті у розділі 4 дисертаційної роботи).

### **3.2 Дослідження впливу окремих засобів пасивного протиаварійного забезпечення дорожнього руху на рух транспортного потоку**

Швидкі темпи автомобілізації в містах України виявили проблеми, які пов'язані зі зменшенням швидкості пересування транспортних потоків на основних автодорогах і вулицях великих населених пунктів.

Окрім збільшення кількості транспорту існують і інші причини утворення заторів, такі як невідповідність геометричних параметрів існуючих доріг і вулиць сучасним потребам і неможливість їх реконструкції із-за щільності існуючої забудови.

У цьому розділі вивчений вплив засобів примусового зниження швидкості «лежачий поліцейський» на транспортний рух у населених пунктах.

Для прийняття заходів із зниження аварійності за участю пішоходів в Україні введений в дію стандарт – ДСТУ 4123 «Безпека дорожнього руху. Елементи примусового зниження швидкості на вулицях і дорогах. Загальні вимоги. Правила застосування» [45].

З метою визначення впливу «лежачих поліцейських» на швидкість руху транспортних потоків були проведені виміри затримки автомобілів в місцях їх установки перед наземними нерегульованими пішохідними переходами в м. Луганськ (вулиця 50 років утворення СРСР, район школи) та в м. Краснодон Луганської області (вулиця 1-а Кінна, район ринку).

Перший об'єкт згідно [45] відповідає II типу елементу примусового зниження швидкості (висота – 50 – 70 мм, радіус криволінійної поверхні –  $11^\circ$  –  $15^\circ$ ), другий об'єкт відповідає III типу (висота – 70 – 80 мм, радіус криволінійної поверхні –  $20^\circ$  –  $25^\circ$ ). При проведенні дослідження був застосований метод [84], розроблений для дослідження затримок автомобілів на перехрестях.

Суть дослідження [85, 86] полягає у визначенні сумарної затримки, накопиченої призупиненими на цих ділянках автомобілями і приведенні її до одного умовного автомобіля, що проїхав через штучну нерівність. В результаті виходить наступна теоретична залежність:

1. Загальна затримка, авт./с, по цьому напрямку за період спостереження

$$T_{zi} = S_1 10, \quad (3.1)$$

де  $S_1$  – загальне число автомобілів, що проїхали; 10 – кількість секунд.

2. Середня затримка призупиненого автомобіля, з, що пройшов по цьому напрямку

$$t_{zi} = \frac{T_{zi}}{S_2}, \quad (3.2)$$

де  $S_2$  – кількість призупинених автомобілів.

3. Відсоток призупинених автомобілів

$$K = \frac{S_2}{S_2 + S_3} 100\%, \quad (3.3)$$

де  $S_3$  – кількість автомобілів, що пройшли без призупинення через кожну хвилину спостереження.

4. Умовна затримка автомобілів, авт./ч, по цьому напрямку за 1 год.

$$T_{zi\text{ч}} = \frac{\ddot{t}_{zi} \cdot N_i}{3600}, \quad (3.4)$$

де  $N_i$  – годинна інтенсивність по цьому напрямку.

Дослідження затримки виконувалися наступним чином. У спеціально підготовлені таблиці (табл. 3.3, 3.4) по числу напрямів руху на обстежуваній

ділянці заносили дані про кількість автомобілів, що пройшли без зупинки, та кількість автомобілів, що зупинилися перед «лежачим поліцейським». Підрахунок виконували впродовж 10 хвилин.

Таблиця 3.3 – Дослідження затримок автомобілів по вул. 50 років утворення СРСР

| Час, хв.           | Число автомобілів, що проїхали через «лежачий поліцейський» в наступний момент часу, с |    |    |    |    |    | Загальна кільк. авт./хв | Кільк. авт./хв, що зупинились | Кільк. авт./хв, що проїхали без зупинки |
|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|----|----|----|----|----|-------------------------|-------------------------------|-----------------------------------------|
|                    | 10                                                                                     | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 |                         |                               |                                         |
| 1-а                | -                                                                                      | 1  | 2  | -  | 1  | 1  | 5                       | 4                             | 1                                       |
| 2-а                | 1                                                                                      | 1  | 1  | -  | -  | 1  | 4                       | 2                             | 2                                       |
| 3-я                | 1                                                                                      | 1  | 1  | -  | 1  | -  | 4                       | 4                             | -                                       |
| 4-а                | -                                                                                      | -  | -  | -  | 1  | -  | 1                       | -                             | 1                                       |
| 5-а                | -                                                                                      | 1  | -  | -  | 1  | 1  | 3                       | 2                             | 1                                       |
| 6-а                | 1                                                                                      | -  | 1  | -  | 1  | -  | 3                       | 2                             | 1                                       |
| 7-а                | 1                                                                                      | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 6                       | 4                             | 2                                       |
| 8-а                | -                                                                                      | 1  | 1  | 1  | 1  | -  | 4                       | 3                             | 1                                       |
| 9-а                | 1                                                                                      | 1  | -  | -  | -  | 1  | 3                       | 1                             | 2                                       |
| 10а                | 1                                                                                      | 1  | 1  | -  | 1  | 1  | 5                       | 4                             | 1                                       |
| Разом за 10 хвилин |                                                                                        |    |    |    |    |    | S1=38                   | S2=26                         | S3=12                                   |

Таблиця 3.4 – Дослідження затримок автомобілів по вул. 1-а Кінна

| Час, хв.           | Число автомобілів, що проїхали через «лежачий поліцейський» в наступний момент часу, с |    |    |    |    |    | Загальна кільк. авт./хв | Кільк. авт./хв, що зупинились | Кільк. авт./хв, що проїхали без зупинки |
|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|----|----|----|----|----|-------------------------|-------------------------------|-----------------------------------------|
|                    | 10                                                                                     | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 |                         |                               |                                         |
| 1-а                | -                                                                                      | -  | -  | 1  | 1  | 1  | 3                       | 3                             | -                                       |
| 2-а                | -                                                                                      | -  | 1  | -  | -  | -  | 1                       | 1                             | -                                       |
| 3-я                | 1                                                                                      | -  | 1  | 1  | -  | -  | 3                       | 2                             | 1                                       |
| 4-а                | 1                                                                                      | 1  | 1  | -  | 1  | 1  | 5                       | 4                             | 1                                       |
| 5-а                | 1                                                                                      | -  | -  | 1  | 1  | -  | 3                       | 3                             | -                                       |
| 6-а                | -                                                                                      | 1  | -  | -  | -  | -  | 1                       | 1                             | -                                       |
| 7-а                | 1                                                                                      | -  | 1  | -  | 1  | -  | 3                       | 2                             | 1                                       |
| 8-а                | 1                                                                                      | 1  | -  | -  | -  | -  | 2                       | 2                             | -                                       |
| 9-а                | 1                                                                                      | 1  | 1  | 1  | -  | 1  | 5                       | 5                             | -                                       |
| 10-а               | 1                                                                                      | 1  | 1  | -  | -  | 1  | 4                       | 3                             | 1                                       |
| Разом за 10 хвилин |                                                                                        |    |    |    |    |    | S1=30                   | S2=26                         | S3=4                                    |

На підставі даних таблиць 3.3 і 3.4 побудовані графіки затримок автомобілів (рис. 3.20, 3.21) та графіки залежності затримки транспорту від геометричних параметрів «лежачого поліцейського» (рис. 3.22, 3.23).

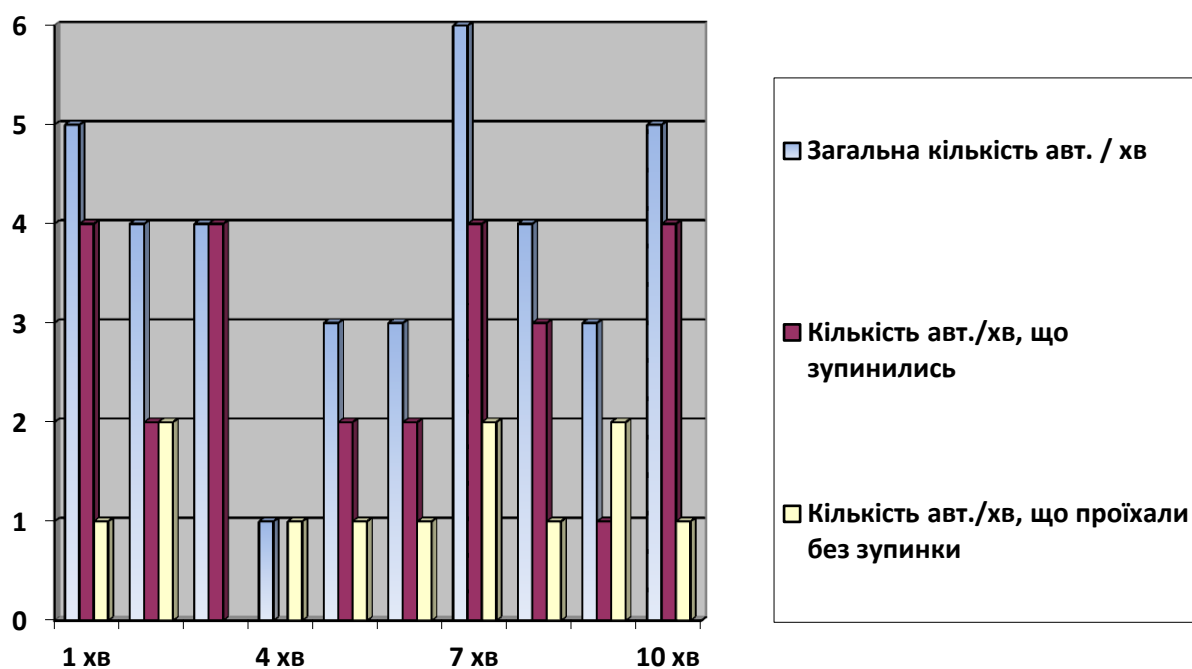


Рисунок 3.20 – Затримки автомобілів на вул. 50 років утворення СРСР

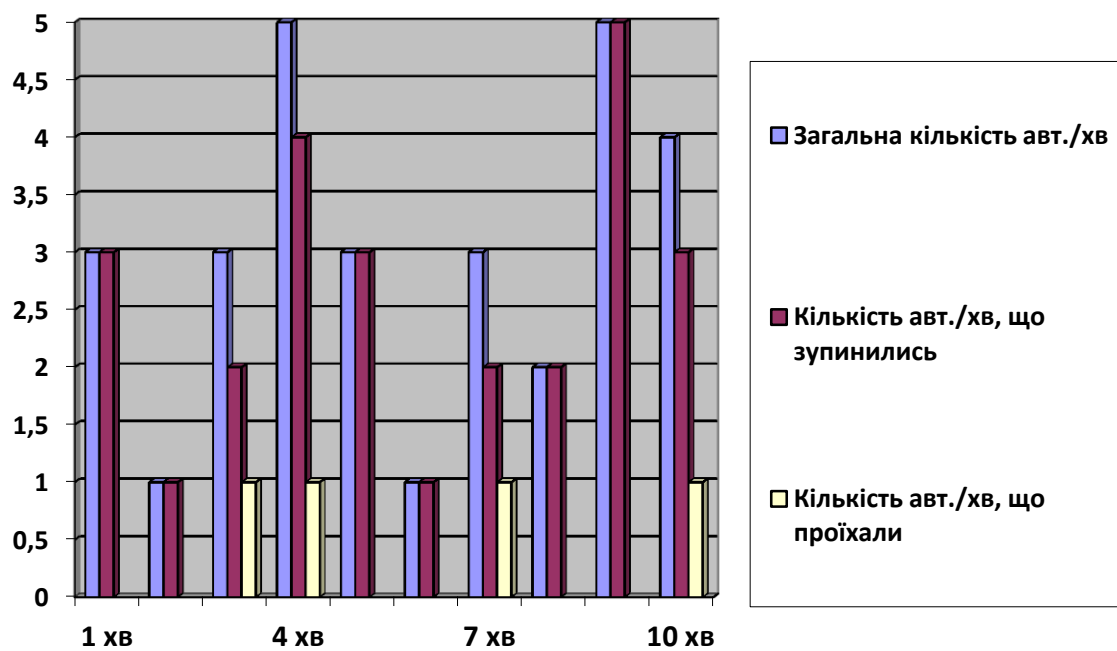


Рисунок 3.21 – Затримки автомобілів на вул. 1-а Кінна

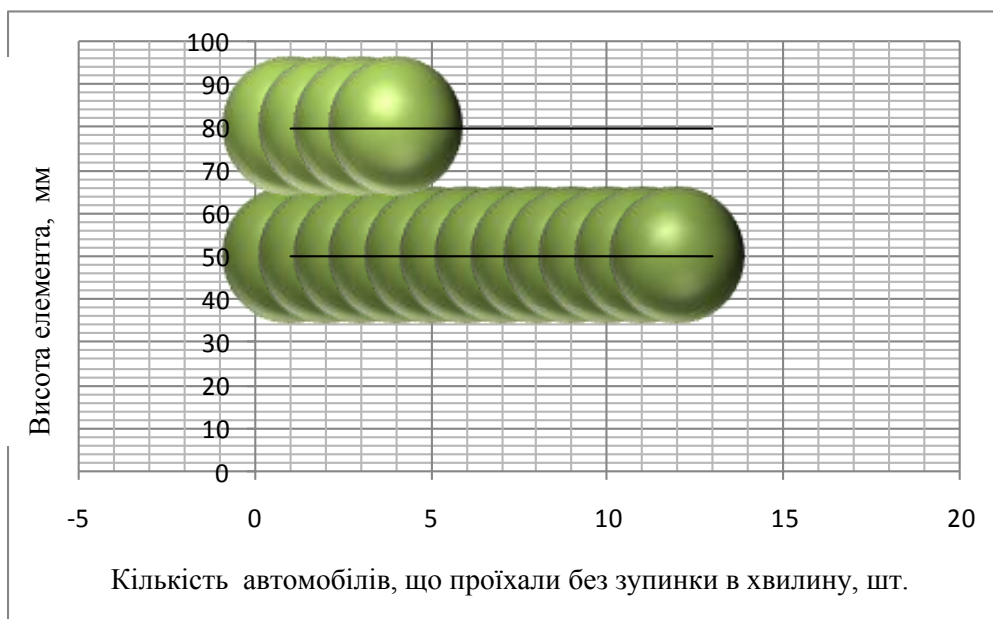


Рисунок 3.22 – Залежність затримки руху транспортних засобів від висоти елемента

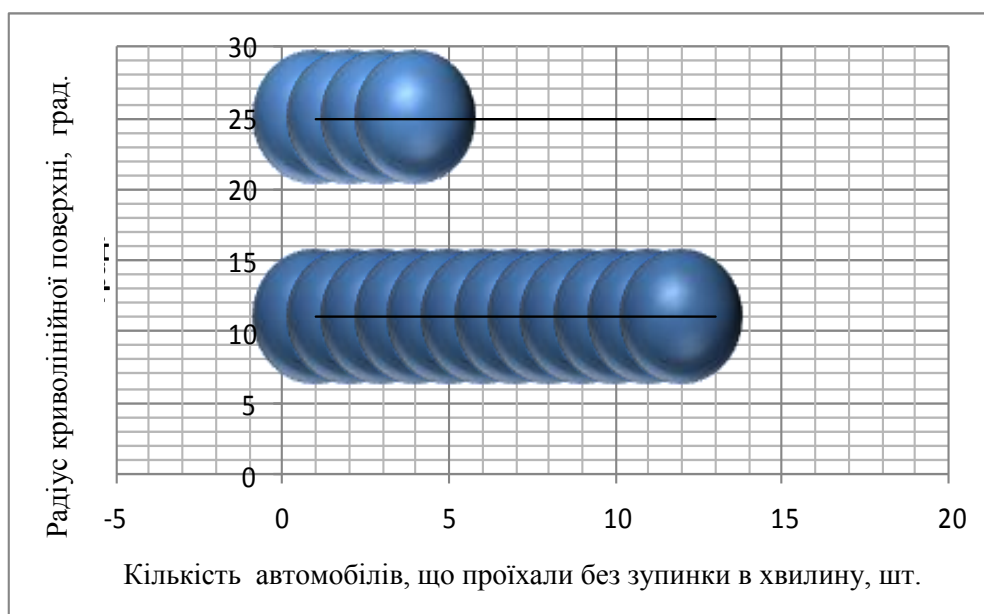


Рисунок 3.23 – Залежність затримки руху транспортних засобів від радіуса криволінійної поверхні

У результаті проведеного дослідження виявлено, що затримки транспортних засобів на елементах примусового зниження швидкості, встановлених перед нерегульованими наземними пішохідними переходами в населених пунктах, несуттєво впливають на швидкість руху транспортного

поток, проте швидкість руху поток може значно знижуватися при збільшенні висоти елементів і кута їх підйому. Надалі перспективним є дослідження впливу матеріалу для виготовлення «лежачих поліцейських» на коефіцієнт зчеплення шини автомобіля з покриттям [54, 87, 88].

### **3.3 Дослідження впливу деяких засобів пасивного протиаварійного забезпечення дорожнього руху на тяжкість наслідків у разі зіткнення з ними транспортних засобів**

В умовах зростаючої інтенсивності руху та тенденції щодо збільшення швидкостей автомобілів стає актуальною проблема зменшення тяжкості наслідків від зіткнення транспортних засобів з ЗППЗ ДР. Окрім необхідності чіткої видимості таких засобів на автодорогах доцільно розглянути можливість використання альтернативних матеріалів для їх виготовлення, або зміни їх геометричних характеристик.

#### **3.3.1 Стояки дорожніх знаків**

Стійка дорожнього знаку є невід'ємним елементом самого знаку, так як від якості стійки, її геометричних, міцнісних характеристик у багатому залежить правильність застосування самого дорожнього знаку та довговічність його використання.

Пункт 3.3.14 Технічних правил ремонту та утримання автомобільних доріг загального користування [89] вимагає стійки дорожніх знаків виготовляти з матеріалів, що забезпечують стійке їх положення при максимальному вітровому навантаженню. Для Луганської області необхідно приймати середню швидкість вітру рівну 6 м/с [71]. Тому при встановленні дорожніх знаків на Україні в основному використовуються стійки, виготовлені з металевої труби або із залізобетону.

Наказом Державної служби автомобільних доріг № 322 від 01.07.2009 введено в дію рішення колегії Укравтодору «Про забезпечення автомобільних доріг загального користування сучасними дорожніми знаками». Серед іншого у рішенні була піднята така проблема, як не забезпечення у жодній області вимог стандартів щодо однотипності стійок, а також матеріалів, з яких вони виготовляються [65].

У Луганській області ця проблема була вирішена шляхом впровадження однотипних залізобетонних стійок розміром 100х100 мм, та заввишки 4 м.

Але вирішення проблеми уніфікації залишила за собою низку інших проблем.

По-перше – це вартість стійки. Ще без встановлення та фарбування вартість залізобетонної стійки коливається у межах 120 – 130 гривень (через застосування бетону марки 400 та арматури для армування діаметром 8 мм).

По-друге – це неможливість виготовлення стійок дорожніх знаків взимку через відсутність на виробничих площах підприємства цехів що опалюються, та пропарювальної камери.

По третє – це хоч мала, але існуюча вірогідність зіткнення автомобіля зі стійкою дорожнього знаку, і як наслідок, значне пошкодження автомобіля та людей.

У 2007 році автором було запропоновано експериментальне впровадження дерев'яних стійок дорожніх знаків з тими ж геометричними параметрами що і залізобетонні стійки (4000х100х100 мм) [90]. Новизна цієї пропозиції була у реанімації колись дуже популярного способу виготовлення стояків дорожніх знаків з деревини місцевого походження. Також експериментальне використання дерев'яних стійок давало можливість провести порівняльний аналіз економічного та безпечного використання обох варіантів.

На базі філії «Новоайдарський райавтодор» ДП «Луганський облавтодор» було виготовлено та встановлено партію дерев'яних стійок дорожніх знаків у кількості 100 шт. (50 шт. для встановлення на автодорозі Н-21 Старобільськ - Луганськ - Красний Луч - Макіївка - Донецьк у межах Новоайдарського району,



25 шт. для встановлення на автодорозі Р-07 Чугуїв - Мілове у межах Біловодського району і 25 шт. для встановлення на автодорозі Р-22 КПП «Красна Талівка» - Луганськ у межах Станично-Луганського району).

При виготовленні стояків дорожніх знаків працівники керувалися вимогами [91]. Для виготовлення опор було застосовано пиломатеріали хвойних порід за [92] 2-го і 3-го сортів (допускається виготовляти опори з деревини інших порід – в межах районів їх зростання - за умови, що її стійкість проти загнивання, твердість і міцність на вигин не нижче відповідних показників для хвойних порід).

Відхилення розмірів опор від номінальних, з урахуванням допусків на обробку за [93] не повинні перевищувати, мм:

- по довжині опори -  $\pm 20$ ;
- за розмірами розрахункового поперечного перерізу -  $\pm 2$ .

Непрямолінійність опор не повинна перевищувати величин, встановлених згідно з [93].

Частину опори, яку закопують в ґрунт, було додатково покрито гарячим бітумом за [94] на довжину 1,0 м від нижнього торця опори.

Верхню (надземну) частину опор було покрито стійкими до впливу кліматичних факторів лакофарбовими матеріалами сірого кольору ([91, 95, 96] вимагають білого кольору).

Приймання готових опор проводили представники відділу якості та нових технологій та відділу експлуатаційного утримання автодоріг Служби автодоріг у Луганській області однією партією.

Приймання партії полягало у перевірці відповідності вимогам цього стандарту розмірів і зовнішнього вигляду не менш ніж трьох опор даної партії.

Вимірювання довжини опор виконувалося металевою мірною стрічкою, вимір ширини граней опор прямокутного перерізу – металевою лінійкою.

Навантаження, транспортування та розвантаження опор виконувалося, дотримуючись правил техніки безпеки та приймалися заходи, що виключають можливість їх пошкодження.

Річна експлуатація дерев'яних стійок дорожніх знаків виявила низку їх переваг перед залізобетонними виробами (рис. 3.24):

- значно нижча вартість дерев'яних стійок (60 грн. проти 140 грн. за залізобетонний виріб станом на травень 2009 року);
- спрощений технологічний процес виготовлення (виготовлення однієї стійки з деревини займає близько 40 – 60 хвилин, тоді як виготовлення залізобетонної стійки займає декілька днів);
- можливість виготовлювати дерев'яні стійки у любую пору року маючи під рукою мінімальний комплект обладнання, що дозволяє налагодити виробництво стійок практично улюбій філії ДП «Луганський облавтодор»;
- наявність на місці вихідного матеріалу для виготовлення - деревини, тоді як для виготовлення залізобетонних стійок необхідно мати постійну доставку матеріалів із різних регіонів (щебінь, пісок, цемент, арматуру, пластифікатори, тощо);
- значна легкість у навантаженні-розвантаженні, транспортуванні та встановленні дерев'яних стійок через порівняно низьку вагу (8 – 10 кг дерев'яної стійки проти 40 кг залізобетонної);
- порівняно великий коефіцієнт деформаційності при зіткненні з транспортним засобом, що дає змогу автомобілю та пасажиром вийти із зіткнення з мінімальними втратами.



Рисунок 3.24 – Дерев'яні стійки дорожніх знаків на автодорозі Р-22 ПП «Красна Талівка» – Луганськ

Весь спектр цих переваг дає змогу говорити про реальну можливість більш широкого впровадження дерев'яних стояків дорожніх знаків, як більш безпечну альтернативу більш дорогим аналогам.

### **3.3.2 Модернізація бар'єрного огороження**

Дорожнє огороження – пристрій, призначений для запобігання з'їзду транспортного засобу з узбіччя і мостової споруди, переїзду через розділову смугу, зіткнення із зустрічним транспортним засобом, наїзду на масивні перешкоди і споруди, розташовані на узбіччі і в смузі відводу дороги, на розділовій смузі (утримує огорожу для автомобілів), падіння пішоходів з мостової споруди або насипу (утримуючі огороження для пішоходів), а також для упорядкування руху пішоходів та запобігання виходу тварин на проїзну частину.

Огороження дорожні металеві бар'єрного типу встановлюють на автомобільних дорогах загального користування в населених пунктах, на трасах і автомагістралях. Крім того, вони застосовуються при будівництві під'їзних доріг до промислових підприємств і на внутрішньогосподарських дорогах.

Дорожні огороження широко використовуються завдяки своїй простоті, міцності і якості, що робить їх незамінними для створення безпечних умови руху транспорту; при зіткненні з автомобілем вони гасять кінетичну енергію удару.

Конструкції дорожніх огорожень володіють жорсткістю і міцністю, що дає можливість прийняти на себе і амортизувати удар автомобіля. Це суттєво зменшує наслідки аварій на дорогах. Дорожні огороження при випробуваннях досліджують на величину деформації і ступінь руйнування огорож при зіткненнях. Дорожні огороження використовують також для відокремлення місць для паркування транспорту, що вигідно відрізняє їх від бетонних блоків.

Але при всій якості та бездоганності роботи цього технічного засобу організації дорожнього руху є декілька пропозицій щодо його удосконалення.

Пошук математичного виразу залежності утримуючій здібності бар'єрного огороження від шагу стійок та розмірів деталей, що використовуються, представляє інтерес як із теоретичної так і з практичної точки зору. Наявність

такої залежності дозволило би достатньо просто визначити вплив змін січення елементів, шагу стійок та висоти огороження на значення енергоємності конструкцій. З'явилася би можливість вже на стадії розробки проекту огороження шукати найбільш ефективне використання маси металу, що на сьогодні в умовах великої конкуренції виробників бар'єрної огорожі виглядає актуально. Перш за все такий пошук важливий для широкого використання огороження, які вже давно освоєно всіма виробниками, та які відповідають ДСТУ Б В.2.3-12-2004 [97].

Основним завданням на шляху пошуку математичних залежностей стала модернізація вже відомих конструкцій та визначення їх максимальних можливостей без зміни кінематики роботи конструкції при взаємодії з автомобільним транспортом. Для визначення можливості підвищення утримуючій здібності огороження на основі [97], необхідно розглянути різні етапи роботи огороження при наїзді на них автомобілів на прикладі автомобільної дороги державного значення Р-22 КПП «Красна Талівка» – Луганськ. Згідно з проведеним аналізом було виділено наступні стадії роботи:

а) початкова стадія:

- стійка та балка працюють в пружної стадії;
- деформація ґрунту незначна (стійка на рівні верху узбіччя переміщена на величину не більш 5 см);
- затрачена енергія  $E$  – до 20 кДж (відповідає масі автомобіля  $Q = 1,1$  т, швидкості  $V = 40$  км/год., куту наїзду  $\alpha = 10^\circ$ ), рис. 3.64 (а);

б) друга стадія, що характеризується:

- початком пластичної деформації стійки в основі;
- відхиленням стійки на 20–25 см, у тому числі за рахунок пластичного згину на 10–15 см, та змину ґрунту до 10 см (прогин огороження близько 35 см);
- сумарною витраченою енергією  $E \approx 60\text{--}70$  кДж ( $Q = 2,2$  т,  $V = 40$  км/год.,  $\alpha = 10^\circ$ ), рис. 3.64 (б);

в) третя стадія, що характеризується:

- початком підйому балки;

- посиленою роботою болтів на відрив, рис. 3.64 (в);
- відхиленням стійки до відділення балки на величину 45 – 50 см, у тому числі за рахунок пластичного згину стійки (приблизно на 25 см);
- прогином балки між стійками на величину не більш 5 см (загальний прогин огороження приблизно 45–50 см,  $E > 70$  кДж,  $Q = 6$  т,  $V = 65$  км/год.,  $\alpha = 15^\circ$ );

г) четверта стадія, при котрій вже почалося відділення консолі від стійки або балки від консолі  $E \approx 90 - 120$  кДж, рис. 3.64 (г);

д) п'ята стадія, яка характеризується роботою балки подібно ниті, у межах довжини якої більша частина стійок, що знаходяться в зоні контакту балки з автомобілем, відділено від балок  $E_{max} = 196$  кДж, прогин не менш 1,5 м.



а)



б)



в)



г)

Рисунок 3.25 – Етапи роботи бар'єрного огороження



У реальних умовах максимальна енергоємність огороження висотою 0,75 м з балкою товщиною 3 мм досягається при наїзді вантажного автомобілю середньої маси, швидкість котрої не перевищує 70 км/год (при тому, що згідно пункту 2 розділу 12 ПДР дозволяється рух транспортних засобів на автодорогах Іб категорії зі швидкістю до 110 км/год.). За середню масу автомобілю було прийнято вважати автомобіль КАМАЗ-5511 масою 8870 кг. Однак на сьогодні вага вантажівок значно змінилась у бік збільшення, тому наїзд сучасних великовагових транспортних засобів на стандартне бар'єрне огороження може привести до тяжких наслідків. На рис. 3.26 показано приклад наїзду на огороження вантажівки, що рухалася зі швидкістю 60 км/ год., кут наїзду  $10 - 15^\circ$ ,  $E \approx 200$  кДж, при якому було розірвано балку.



Рисунок 3.26 – Автомобільна дорога Верхня Кутузівка – Ялта (12.2010)

При розгляді різних етапів роботи одностороннього огороження видно, що розрахункова енергоємність для огороження досягається в основному за рахунок спільної роботи балки, стійок та консолей. Якщо продляти спільну роботу цих елементів (без їх відділення один від одного) до прогину 75 – 80 см (приблизно на 40 %), то на таку ж величину може підвищуватися і максимальна стримуюча здібність огороження. Вивчено експериментальний досвід [98], за допомогою якого було з'ясовано, що для цього достатньо виключити вилив

головки болту M16 із балки (наприклад, за рахунок встановлення шайби під головку болту розміром 80x40x4 мм) та збільшити вдвічі зусилля відриву консолі від стійки (наприклад, за рахунок заміни болту  $\varnothing 10$  мм на болт  $\varnothing 16$  мм). Мала утримуюча здібність огорожень за [97] визвано також і тим, що при їх влаштуванні орієнтуються на використання швелеру №12 і балок товщиною 3 мм.

Збільшення січення цих елементів, наприклад використання у якості стійок швелерів іншого розміру (№ № 14, 16) та балки товщиною 4 мм призведе до істотного збільшення енергоємності конструкції. Математичний вираз таких змін і є основною задачею дослідження [99]. Таким чином, збільшення утримуючій здібності огороження може досягатися шляхом:

- зміни міцності вузлів кріплення елементів (збільшується прогин стійок, що працюють спільно з балкою, а відповідно і сумарна енергія, що сприймається стійками);
- використання стійок більшого значення;
- використання балок товщиною 4 мм (збільшується кількість стійок, задіяних у роботі, та величина енергії, що сприймається балкою).

На основі базових конструкцій складена матриця підтверджених значень утримуючої здібності та значень, які можуть бути визначено розрахунками (табл. 3.5, 3.6). Для вибору функції, що найбільш достовірно описує вплив на значення  $E$  таких факторів, як крок стійок, товщина балок, переріз стійок та їх положення відносно до вісі балки, було проаналізовано матричні показники.

У цьому аналізі враховувалося, що:

- зміна кроку стійок від 4,0 м до 1,0 м для огорожень зі стійками з швелеру № 12 та балки товщиною 3 мм призведе до збільшення утримуючій здібності у 2,45 рази, а сама функція  $E = \varphi(a)$  носить криволінійний характер з максимальною кривизною при  $a=2,0$  м, де  $a$  – крок стійок;
- збільшення товщини балки від 3 мм до 4 мм та збільшення кроку стійок з швелером № 14 з  $a=1,5$  м до  $a=2,0$  м призведе до зниження  $E$  на 7%;
- зменшення перерізу стійки від швелеру № 16 до швелеру № 14 при товщині балки 4 мм, а також від швелеру № 16 до № 12 з одночасною зміною

товщини балки від 4 мм до 3 мм знижує утримуючу здібність на 24% та у 1,875 разів відповідно;

- збільшення кроку стійок з 2,0 м до 4,0 м для огороження зі стійками із швелеру № 14 та балкою товщиною 4 мм приведе до зниження утримуючої здібності у 1,8 разів.

Таблиця 3.5 – Вихідна матриця утримуючої здібності за результатами дослідження конструкцій огороження ( $H = 0,75$  м) при товщині балки 3 мм

| Крок стійок<br>Переріз стійок  | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 3,0 | 4,0 |
|--------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| $W=9\text{см}^3$ , швелер №12  | 220 | +   | 160 | 120 | 90  |
| $W=11\text{см}^3$ , швелер №14 | +   | 259 | +   | +   | +   |
| $W=14\text{см}^3$ , швелер №16 | +   | +   | +   |     |     |

Таблиця 3.6 – Вихідна матриця утримуючої здібності за результатами дослідження конструкцій огороження ( $H = 0,75$  м) при товщині балки 4 мм

| Крок стійок<br>Переріз стійок                                                                 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 3,0 | 4,0 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| $W=9\text{см}^3$ , швелер №12                                                                 | +   | +   | +   | +   | +   |
| $W=11\text{см}^3$ , швелер №14                                                                | +   | +   | 242 | +   | 135 |
| $W=14\text{см}^3$ , швелер №16                                                                | +   | +   | 300 | +   | +   |
| <b>Примітка.</b> + – випадки, для котрих значення $E$ може бути отримано розрахунковим шляхом |     |     |     |     |     |

Для опису цих залежностей, що підтверджуються натурними випробуваннями огорожень з кінематикою роботи згідно з [100] у найбільш придатною є поліноміальна функція:

$$Y = Fx^2 + Bx + C. \quad (3.5)$$

У цій функції постійні члени характеризують впливи на утримуючу здібність перерізу стійки ( $A$ ), жорсткості балки ( $B$ ) та роботи балки на розтяг ( $C$ ).



Приміряючи до бар'єрного огороження з вказаною кінематикою заввишки 0,75 м та зі стійками, зануреними у ґрунт з коефіцієнтом ущільнення не нижче 0,98, функція  $E = \varphi(a)$  може бути представлена у вигляді:

$$E = (k \cdot A_1 + A_2) \cdot (7 - a)^2 + (B_1 + B_2) \cdot (7 - a) + E_0, \quad (3.6)$$

де  $k$  – коефіцієнт збільшення опору стійки за рахунок зчеплення з ґрунтом бічних поверхонь, що залежать від ширини полок ( $e^*$ ) профілю (табл. 3.7);

$A_1$  – показник, що характеризує опір зминанню ґрунту, який розташовано за стійкою; залежить від ширини стійки « $e$ »;

$A_2$  – показник, що характеризує опір стійки згину, що визначається за формулою:

$$A_2 = 0,2 \cdot W_{np}, \quad (3.7)$$

$W_{np}$  – приведений момент опору перерізу стійки; для стійок, що встановлено таким чином, що стінка швелера розташована паралельно вісі огороження –  $W_{np} = W_{\min}$ ; для стійок, розташованих таким чином, що паралельно вісі огороження знаходиться полка

$$W_{np} = \frac{W_{\max} + W_{\min}}{2}, \quad (3.8)$$

цифра 7 позначає, що при кроці стійок  $a = 7$  м графік зміни утримуючої здібності перетинає лінію  $E = E_0$ , за результатами комп'ютерного моделювання [100];

$B_1$  – показник жорсткості балки, що приймається пропорційно  $Wb$  для двосторонньої балки товщиною 4 мм ( $W = 35 \text{ см}^3$ ),  $B_1 = 9$ , а товщиною 3 мм ( $W = 27 \text{ см}^3$ ),  $B_1 = 5$ ;

$B_2$  – коефіцієнт, що відображає вплив на розподіляючи навантаження між стійками, податливості ґрунту біля стійки, приймається в залежності від ширини профілю стійки;

$E_0$  – енергія, що гаситься за рахунок роботи балки на розтяг, величина котрої залежить від площі січення балки і приймається рівною 28 кДж та 38 кДж для балок товщиною 3 мм та 4 мм відповідно [98].

Таблиця 3.7 – Характеристики перерізів стійок та коефіцієнти  $A_1$  та  $A_2$

| № п/п | Профілі стійок та напрям зусиль | $W_{\min}, \text{см}^3$ | $W_{\max}, \text{см}^3$ | $W_{np} = \frac{W_{\max} + W_{\min}}{2}$ | $e, \text{см}$ | $e^*, \text{см}$ | $\kappa$ | $A_1$ | $A_2$ | $\kappa \cdot A_1 \cdot A_2$ |
|-------|---------------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------------------------|----------------|------------------|----------|-------|-------|------------------------------|
| 1     | →[№12                           | 9                       | 51                      | 9                                        | 12             | 2x5,3            | 1,06     | 1,4   | 1,8   | 3,28                         |
| 2     | →[№14                           | 11                      | 70                      | 11                                       | 14             | 2x5,9            | 1,18     | 1,8   | 2,2   | 4,32                         |
| 3     | →[№16                           | 14                      | 94                      | 14                                       | 16             | 2x6,4            | 1,28     | 2,2   | 2,8   | 5,62                         |
| 4     | →I№12                           | 9                       | 60                      | 9                                        | 12             | 2x7,4            | 1,48     | 1,4   | 1,8   | 3,87                         |
| 5     | →I№14                           | 12                      | 82                      | 12                                       | 14             | 2x8              | 1,60     | 1,8   | 2,4   | 5,28                         |
| 6     | →I№16                           | 15                      | 109                     | 15                                       | 16             | 2x8,8            | 1,76     | 2,2   | 3,0   | 6,87                         |
| 7     | H №12                           | 9                       | 51                      | 30                                       | 7,4            | 12               | 1,20     | 0,5   | 6,0   | 6,6                          |
| 8     | H №14                           | 11                      | 70                      | 40,5                                     | 8              | 14               | 1,40     | 0,6   | 8,1   | 8,94                         |
| 9     | H №16                           | 14                      | 94                      | 54                                       | 8,8            | 16               | 1,60     | 0,8   | 10,8  | 12,08                        |
| 10    | →[120x80x5<br>*                 | 17                      | 52                      | 17                                       | 12             | 2x8              | 1,60     | 1,4   | 3,4   | 5,64                         |
| 11    | →120x80x5                       | 17                      | 52                      | 34,5                                     | 8              | 12               | 1,20     | 0,6   | 6,9   | 7,62                         |
| 12    | труба $\varnothing$<br>121x6    | 50                      | 50                      | 50                                       | 8,5            | 8,5              | 0,85     | 0,7   | 10,0  | 10,59                        |
| 13    | труба $\varnothing$<br>140x6    | 70                      | 70                      | 70                                       | 10             | 10               | 1,0      | 1,0   | 14,0  | 15,0                         |

Побудуємо функцію  $E = \varphi(a)$  для огороження заввишки 0,75 м з елементами:

- стійка із швелера № 12;  $W_{\min} = 9 \text{ см}$  (табл. 3.7);
- балка двох хвильова, товщина 3 мм,  $W_b = 27 \text{ см}^3$  (при умовному кроці стійок  $a = 7 \text{ м}$ ,  $E_0 = 28 \text{ кДж}$ ).

Постійні коефіцієнти:

$A_1 = 1,4$  (при  $e=12 \text{ см}$ ), використання швелеру №12,  $k = 1,06$ ;

$k \cdot A_1 = 1,48$ ;

$A_2 = 1,8$  (табл. 3.7);

$B_1 = 5$  (при  $W_b = 27 \text{ см}^3$ );

$B_2 = 8$  (при  $e = 12 \text{ см}$ ).

Використовуючи вищевказані значення, формула (3.6) приймає вигляд:

$$E = (1,4 + 1,8) \cdot (7 - a)^2 + (5 + 8) \cdot (7 - a) + 28 = 3,28 (7 - a)^2 + 13,0 (7 - a) + 28. \quad (3.9)$$

Підставляючи у (3.9) значення «а» від 1 м до 4 м отримаємо:

- при  $a = 1,0$  м,  $E = 224$  кДж;
- при  $a = 1,5$  м,  $E = 199$  кДж;
- при  $a = 2,0$  м,  $E = 175$  кДж;
- при  $a = 3,0$  м,  $E = 132$  кДж;
- при  $a = 4,0$  м,  $E = 96$  кДж, що близько до базових значень (табл. 3.5 і табл. 3.6).

### 3.3.3 Гнучкі сигнальні стовпчики

Згідно вимог пункту 1.1 ДСТУ 2735 «Огородження дорожні і направляючі пристрої» [101] сигнальні стовпчик необхідно розміщувати для забезпечення безпеки дорожнього руху на небезпечних ділянках доріг, вулиць і штучних спорудах. Виробничим планом по Службі автодоріг у Луганській області щорічно планується встановити нові та замінити деформовані стовпчики у кількості 2 000 штук на суму 200 000 грн. Щорічні затрати на експлуатаційне утримання існуючих сигнальних стовпчиків (загальна кількість їх складає понад 24 000 штук) складає ще 140 000 - 160 000 грн. До робіт з утримання стовпчиків входить їх вирівнювання, фарбування у чорний та білий кольори та наклеювання світлоповертальних елементів. У Луганській області на автомобільних дорогах загального користування використовуються сигнальні стовпчики із залізобетону.

Для виготовлення стовпчиків використовується бетон класу В10...В20 морозостійкістю не менше F200 згідно з ДСТУ Б В.2.7-43 [102]. Але використання такого типу стовпчиків в останній час вже перестало задовольняти потреби САД. По-перше, така модель стовпчика після встановлення потребує додаткового догляду (про це йшлося вище).

По-друге, після зимової експлуатації автодоріг повесні дорожньо-експлуатаційні бригади вимушені виконувати заміну зламаних стовпчиків, які отримали деформацію внаслідок очищення механізаторами та водіями КДМ узбіч автодоріг (там, де були відсутні направляючі віхи). По третє - це хоч мала, але існуюча вірогідність зіткнення автомобіля із залізобетонним стовпчиком, і як наслідок можливе значне пошкодження автомобіля та людей.

З метою зменшення затрат на експлуатаційне утримання стовпчиків а також мінімізації втрат у випадку зіткнення автомобілю зі стовпчиком пропонується встановлення гнучких сигнальних стовпчиків, виготовлених із гнучкого пластику [54, 103, 104]. На сьогодні такі стовпчики ще не получили достатнього розповсюдження, але при комплексному їх використанні вони можуть зіграти значну роль у роботі по підвищенню безпеки руху транспортних засобів.

Гнучкі сигнальні стовпчики задовольняють основним вимогам ДСТУ Б В.2.3-9-2003 [44]. Основні характеристики:

- матеріал пластик;
- колір білий;
- висота 1,5 м;
- ширина грані 120 мм;
- товщина стінки 4,5–5,5 мм;
- маса не більше 1,7 кг;
- наявність антивандального пристрою в нижній частині запобігає несанкціонованому вилученню із ґрунту;
- наявність світлоповертаючих елементів.

Складові частини:

- стовпчик складається із стійки виготовленої із спеціального композитного світлостабілізованого пластику;
- на гранях стовпчика нанесені світлоповертаючі елементи;
- у нижній частині стовпчика розташований антивандальний пристрій.

Очищення і миття сигнальних стовпчиків, які самі відновлюють своє вертикальне положення після наїзду на них транспортних засобів, рекомендується

проводити машиною типа Unimod зі спеціальним навісним обладнанням у вигляді щітки [105].

У якості експерименту було придбано партію гнучких сигнальних стовпчиків для подальшого їх встановлення на ділянці автомобільної дороги державного значення М-04 Знам'янка – Луганськ – Ізварине у межах Лутугинського району. Вказана ділянка автодороги була вибрана через саму велику інтенсивність дорожнього руху ТЗ (до 20 000 автомобілів на добу за даними стаціонарного індуктивного лічильника руху Marksman-500, який встановлено на вказаному перегоні).

Встановлення виконувалося силами філії «Луганська ДЕД». При встановленні використовувався лише один засіб малої механізації – ручний ямкобур DWT-3000.

Подальша експлуатація виявила низку позитивних моментів:

- яскраві світлоповертаючі елементи;
- хороша помітність на узбіччі дороги;
- легкість;
- зручність при транспортуванні;
- стійкість до дії зовнішнього середовища;
- світлоповертаючі елементи забезпечують добру помітність в темний час доби;
- гарантія виробника – 5 років;
- відсутність витрат на обслуговування впродовж терміну експлуатації;
- матеріал, з якого виготовлено виріб не підтримує горіння;
- європейський дизайн;
- гнучкість стовпчика дозволяє зберегти його в початковому стані, після наїзду автомобіля, що продовжує термін служби стовпчика порівняно із звичайним у декілька разів (рис. 3.27);
- відсутність пошкоджень автомобіля після зіткнення;
- особливий білий пластик для дорожніх стовпчиків не вимагає додаткового фарбування протягом усього терміну експлуатації;

- стовпчики дорожні добре миються поливотомийними машинами;
- дорожні стовпчики з пластика не схильні до електролітичної корозії і мають малу масу.



а)



б)

Рисунок 3.27 – Наїзд автомобілем на гнучкий сигнальний стовпчик (а) і вигляд гнучкого сигнального стовпчика після наїзду автомобілем (б)

Пунктом 8.3.7 [101] передбачено, що для перевірки міцності стовпчиків згідно з 5.1.6 вони повинні пройти приймально-здавальні випробування з урахуванням вимог 5.1.11.

Міцність стовпчиків перевіряється натурними випробуваннями безпосередньо на ділянці автомобільної дороги. Попередньо нанесена у верхній частині стовпчика відмітка (точка) суміщається з вертикальною ниткою зорової труби будь-якого геодезичного інструмента, розташованого на відстані (10...20) м від стовпчика перпендикулярно напрямку навантаження (осі дороги).

Навантаження на стовпчик, через хомут шириною (20...40) мм на висоті (0,6...0,7) м створюється за допомогою автомобіля (трактора), що рухається на першій передачі зі швидкістю до 2 км/год. Сила навантаження фіксується динамометром з межею вимірювання до 2,0 кН класу точності 2.

Незворотна деформація верхньої частини стовпчика визначається шляхом вимірювання переміщення відмітки (точки) на стовпчику відносно вертикальної нитки у полі зору труби по лінійці згідно з ГОСТ 427.

Було прийняте рішення виконувати порівняльні випробування двох типів стовпчиків (рис. 3.28), змодельовавши подібні умови у лабораторії.

Досліджувалися можливість двох типів матеріалів для виготовлення стовпчиків витримати однакове циклічне навантаження на міцність, та прояв незворотних деформацій на корпусі стовпчиків.



Рисунок 3.28 – Зразки стовпчиків для іспитів

При дослідженні міцності залізобетонних та пластикових зразків на згин до руйнування прийнято вважати, що втрата несучої здібності виникає внаслідок розриву матеріалу в нижній частині зразка.

Випробування зразків на міцність до руйнування здійснювалося за допомогою Універсальної машини для іспитів УМ - 5 ( $F_{max} = 5$  тн) зі швидкістю переміщення навантажуючого вузла від 2 мм/хв до 10 мм/хв; кількість зразків для випробування - не менш як 10 для можливості проведення статистичної обробки. Схема навантаження: стовпчик на двох опорах ( $l = 100$  см) з прикладанням навантаження по середині прольоту (рис. 3.29).



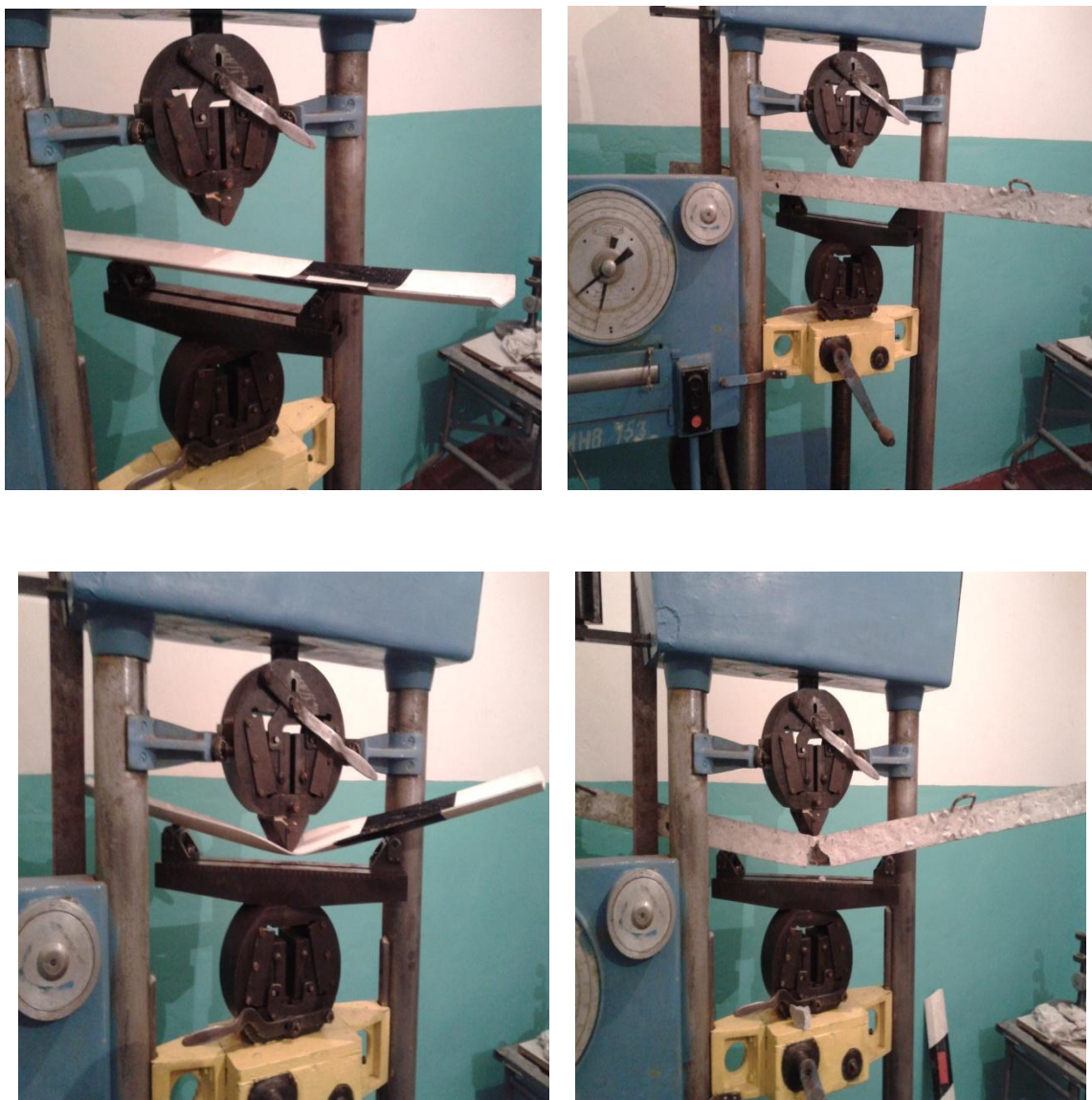


Рисунок 3.29 – Випробування зразків сигнальних стовпчиків

Результати випробування зразків по руйнуючому навантаженню  $F_p$  наведені у табл. 3.8. Границі міцності  $\sigma_{\epsilon}$ , наведені у табл. 3.9.

Таблиця 3.8 – Результати випробування зразків

| Тип зразка              | Руйнівне навантаження $F_p$ (кгс) |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-------------------------|-----------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Залізобетонний стовпчик | 120                               | 125 | 155 | 140 | 150 | 135 | 145 | 130 | 155 | 150 |
| Пластиковий стовпчик    | 140                               | 150 | 145 | 160 | 155 | 175 | 165 | 170 | 175 | 160 |



Таблиця 3.9 – Визначення границі міцності  $\sigma_{\epsilon}$ 

| Тип зразка              | Границя міцності $\sigma_{\epsilon}$ (кгс/см <sup>2</sup> ) |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-------------------------|-------------------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Залізобетонний стовпчик | 120                                                         | 125 | 155 | 140 | 150 | 135 | 145 | 130 | 155 | 150 |
| Пластиковий стовпчик    | руйнівних деформацій не виявлено                            |     |     |     |     |     |     |     |     |     |

Переваги одного зразка над другим показано на графіку рис. 3.30.

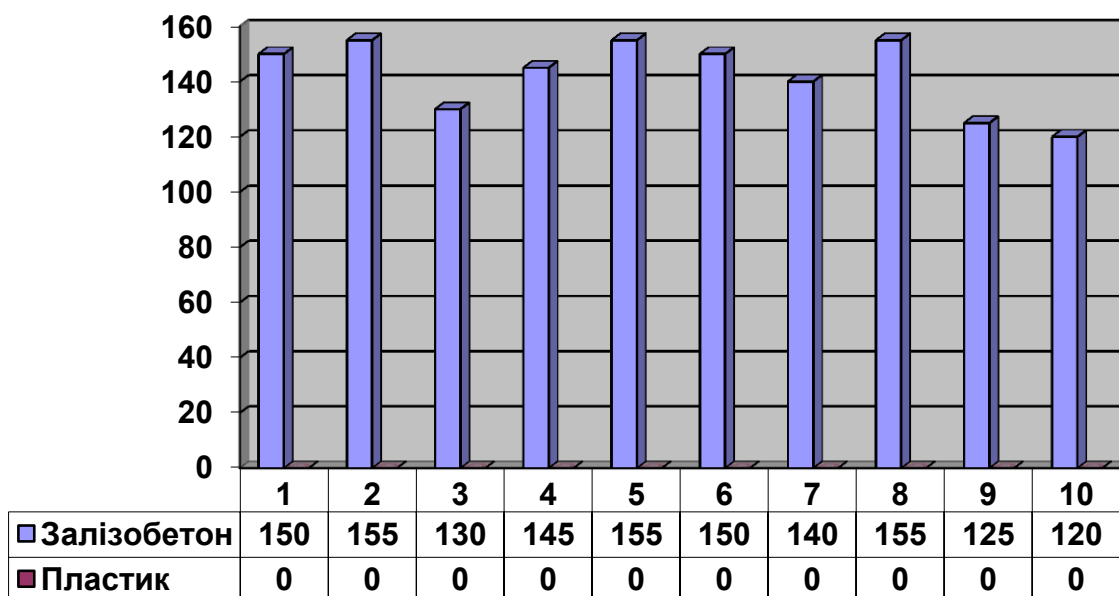


Рисунок 3.30 – Результати випробування зразків

Порівняльна оцінка впливу матеріалів конструкції зразків на міцність здійснювалася за результатами визначення величини границі міцності  $\sigma_{\epsilon}$ .

Величину руйнуючого моменту визначали за формулою:

$$M_p = \frac{F_p l}{4}. \quad (3.10)$$

Результатами дослідницької роботи доведено, що пластиковий сигнальний стовпчик має безсумнівну перевагу перед залізобетонним, тому, саме пластикові сигнальні стовпчики рекомендовано для застосування на автомобільних дорогах України.

### **Висновки до розділу 3**

1. Виконано експериментальні та натурні дослідження впливу засобів пасивного протиаварійного забезпечення на безпеку дорожнього руху.

2. Досліджено вплив недостатньої видимості засобів пасивного протиаварійного забезпечення дорожнього руху на прийняття рішень водієм, а саме: видимості дорожніх знаків при різних погодних умовах; світлоповертальних елементів, які встановлюють на бар'єрному огороженні.

3. Досліджено, розраховано і впроваджено протизасліплювальні екрани на окремих ділянках доріг загального користування.

4. Досліджено вплив деяких засобів пасивного протиаварійного забезпечення дорожнього руху на тяжкість наслідків у разі зіткнення з ними транспортних засобів, а саме: стояків дорожніх знаків, бар'єрного огороження, сигнальних стовпчиків.

5. Результати досліджень даного розділу викладено у наступних публікаціях [54, 69, 77, 78, 80, 83, 85-88, 90, 99, 103, 104].

## РОЗДІЛ 4

### ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

#### 4.1 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++ [106].

Числові методи програмувалися на мовою Turbo Pascal 7.0 і використовувалися як модулі-підпрограми [52, 53, 59, 107, 108]. 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. 4.1.

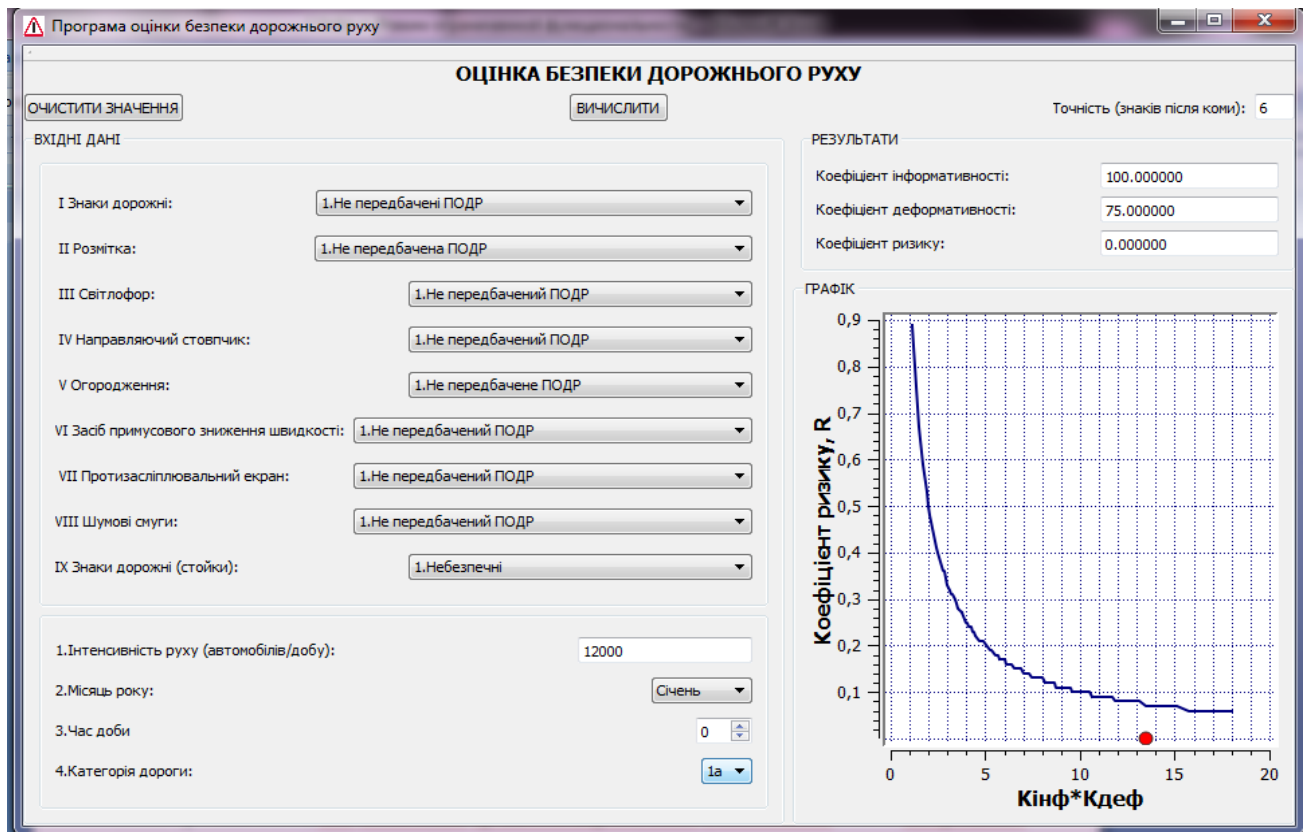


Рисунок 4.1 – Діалогове вікно програми

## 4.2 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 (табл. 2.3).

5. Приймають понижуючі коефіцієнти до відповідних ЗППЗ ДР.
6. Розраховують підсумкову кількість балів.
7. Встановлюють рівень безпеки дорожнього руху (табл. 2.3).
8. Оформлюють результати розрахунку.

Алгоритм оцінювання рівня безпеки дорожнього руху наведений на рисунку 4.2.

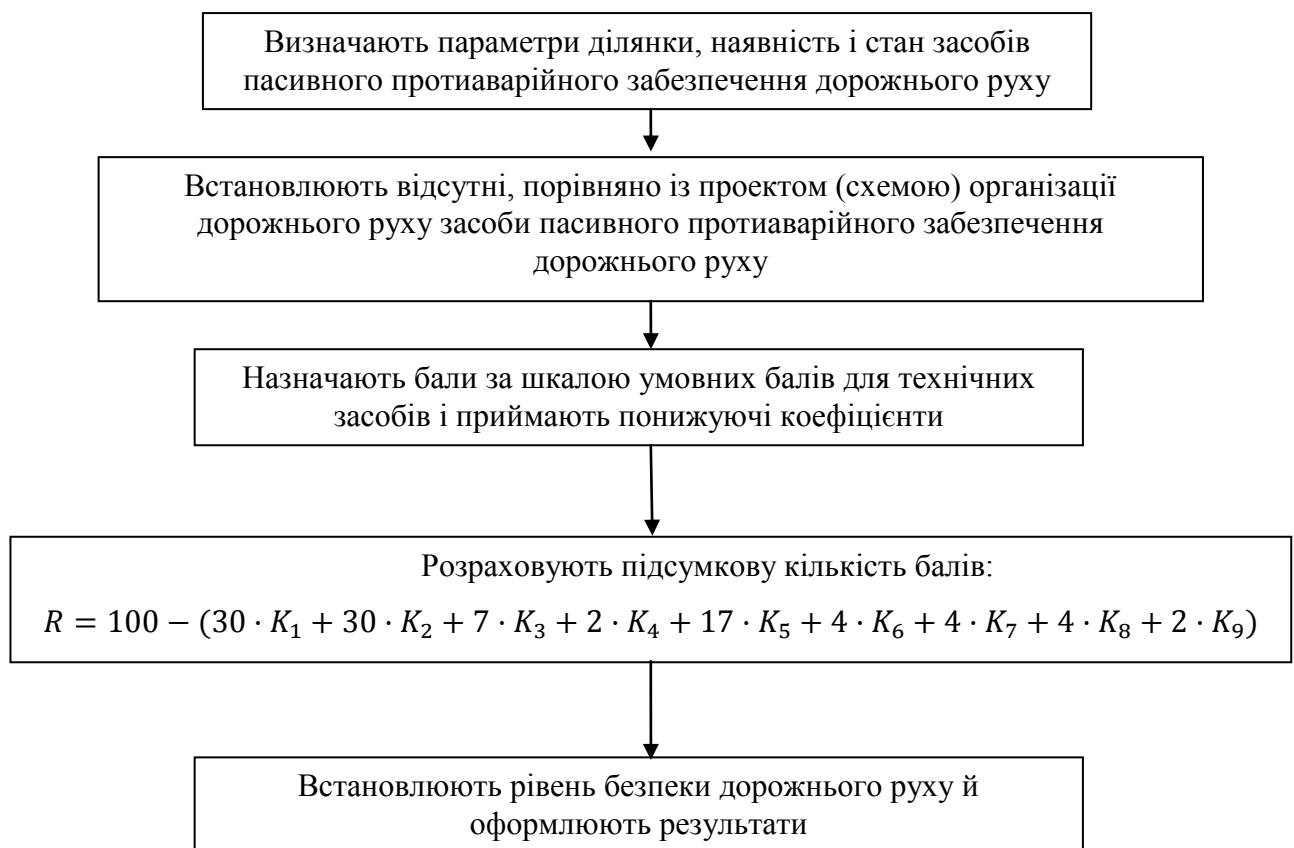


Рисунок 4.2 – Алгоритм оцінювання рівня безпеки дорожнього руху

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.

### **4.3 Рекомендації з підвищення безпеки дорожнього руху на окремих ділянках автомобільних доріг**

#### **4.3.1 Впровадження нового дорожнього знака**

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 [109-111].

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 [112]. 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 [113, 114] і відповідно різну довжину шляху гальмування (рис. 4.3).

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 «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.

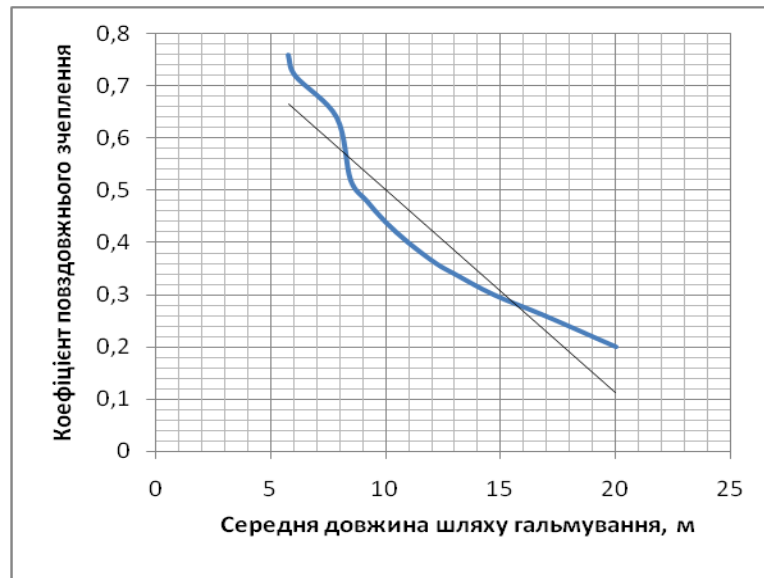


Рисунок 4.3 – Графік залежності гальмування від коефіцієнта зчеплення

Запропонований дорожній знак [115, 116] згідно з [40] повинен виготовлятися трьох типорозмірів: I – малого, II – середнього, III – великого. Типорозмір запропонованого знака залежно від умов застосування повинен вибиратись відповідно до табл. 4.1 і табл. 4.2 (рис. 4.4).

Таблиця 4.1 – Розміри зображень знаків за типорозмірами

| Типорозмір знака | Застосування знаків                                                                 |                                                             |
|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
|                  | Поза населеними пунктами                                                            | У населених пунктах                                         |
| I                | Дороги з шириною проїзної частини менше                                             | Дороги з однією смугою для руху в одному напрямку           |
| II               | Дороги з однією чи двома смугами для руху в одному напрямку                         | Дороги з двома смугами для руху в одному напрямку           |
| III              | Дороги з трьома і більше смугами для руху в одному напрямку, а також автомагістралі | Дороги з трьома і більше смугами для руху в одному напрямку |



Таблиця 4.2 – Розміри знака

| Номер знака | Типорозмір | A, мм | B, мм | ц, мм |
|-------------|------------|-------|-------|-------|
| ?           | I          | 700   | 10    | 30    |
| ?           | II         | 900   | 15    | 45    |
| ?           | III        | 1200  | 20    | 60    |

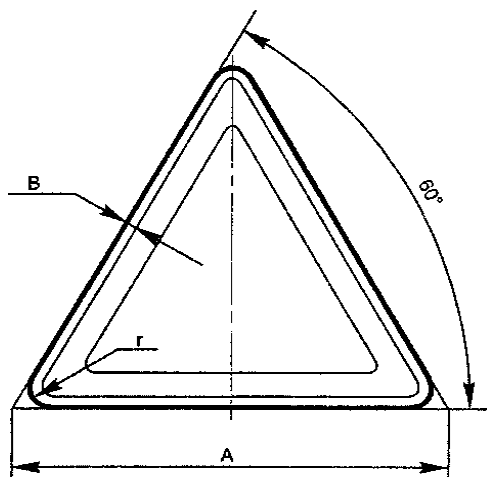


Рисунок 4.4 – Розміри зображень знака за типорозмірами

Ескіз знака, що пропонується, зображено на рис. 4.5.



Рисунок 4.5 – Знак «Зміна покриття»

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 [117].

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) [118]. 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, щебеним) 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 [119] 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 установлені інформаційні панно на жовтому фоні, які б пояснювали учасникам дорожнього руху зміст і значення експерименту, що проводиться.

#### **4.3.2 Застосування протизасліплювальних екранів**

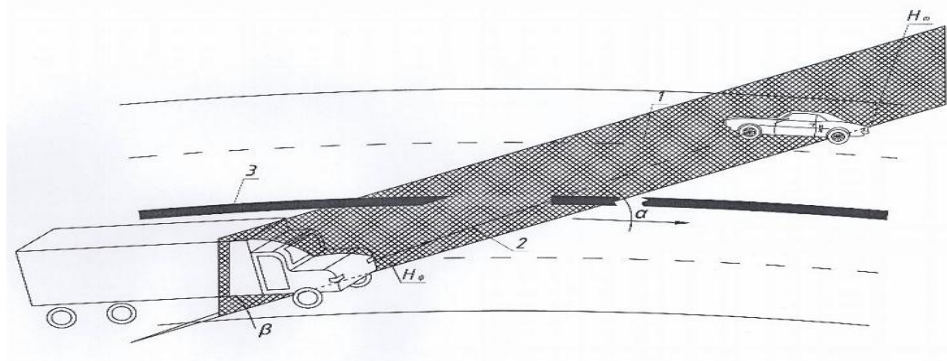
Результатом наукової роботи є рекомендації із встановлення протизасліплювальних екранів і обґрунтування їх розмірів, які базуються на експериментальних дослідженнях і теоретичних розрахунках.

Об'єктом дослідження було обрано ділянку національної автомобільної дороги державного значення Н-21 Старобільськ – Луганськ – Красний Луч – Макіївка – Донецьк з км 80+000 по км 88+364 у межах Слов'яносербського району Луганської області, яка проходить поза межами населених пунктів та не має зовнішнього штучного освітлення.

Аналіз аварійності показав, що на вказаній ділянці у період з листопада 2006 по жовтень 2008 року у нічний час скоїлося 8 ДТП, у яких 2 людини загинуло, та 7 зазнали ушкоджень. Причиною скоєння ДТП у спільних актах ДАІ та САД визначалося, що водії у своїй більшості не впоралися з керуванням автомобілю, у результаті чого скоїли зіткнення з бар'єрною огорожею, або здійснили виїзд на узбіччя з подальшою втратою керування. При опитуванні водії показували, що їх засліпило променем фар дальнього світла зустрічного транспорту. Автором було запропоновано у якості експерименту впровадити на даній ділянці встановлення протизасліплювальних екранів. Встановлення вказаних екранів розпочалося у квітні 2009 року. При розрахунку ефективності екрану було використано методику [120].

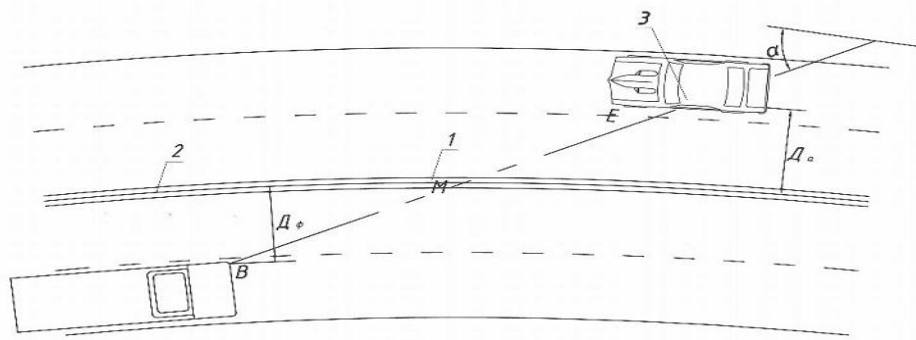
При розрахунку було використано такі параметри (рис. 4.6 і рис. 4.7) [121, 122]:  $D_{\phi}$  – відстань від джерела світла (фари) до екрану, м,  $D_{оч}$  – відстань від очей водія, який може бути засліплений, до екрану з урахуванням усередненої бокової відстані між лівою фарою транспортного засобу та очима водія, м,

$$D_{оч} = D_{\phi} + 0,30 \text{ м.}$$



1 – вертикальна площина; 2 – світловий потік; 3 – екран

Рисунок 4.6 – Схема розташування транспортних засобів у вертикальній площині



1 – світловий потік; 2 – вісь екрана; 3 – положення очей водія транспортного засобу

Рисунок 4.7 – Схема розташування транспортних засобів у плані

Значення  $D_{\phi}$  і  $D_{оч}$  в залежності від розташування транспортного засобу при русі по автомобільній дорозі наведено в табл. 4.3 і табл. 4.4.

Ефективну висоту екрану рекомендується розраховувати за формулою:

$$H_{эф} = \frac{H_{оч} \cdot D_{\phi} + H_{\phi} \cdot D_{оч}}{D_{\phi} + D_{оч}}, \quad (4.1)$$

де  $H_{оч}$  – відстань від поверхні проїзної частини до рівня очей водія, м;

$H_{\phi}$  – відстань від поверхні проїзної частини до рівня фар транспортного засобу, м;

У табл. 4.3 наведені розрахункові величини  $H_{эф}$  для захисту від засліплення водіїв легкових автомобілів в залежності від взаємного розташування транспортних засобів в поперечному перетині дороги.

Таблиця 4.3 – Розрахункові величини  $H_{эф}$  для водіїв легкових автомобілів

| $D_{\phi}$ , м | $D_{оч}$ , м | $H_{эф}$ при $H_{\phi} = 0,6$ м | $H_{эф}$ при $H_{\phi} = 1,05$ м |
|----------------|--------------|---------------------------------|----------------------------------|
| 5,25           | 5,55         | 0,87 (0,90)                     | 1,12 (1,15)                      |
| 5,25           | 1,80         | 1,05 (1,05)                     | 1,16 (1,20)                      |
| 1,50           | 5,55         | 0,70 (0,70)                     | 1,04 (1,05)                      |
| 1,50           | 1,80         | 0,87 (0,90)                     | 1,12 (1,15)                      |

У табл. 4.4 наведені розрахункові величини  $H_{эф}$  для захисту від засліплення водіїв вантажних автомобілів в залежності від взаємного розташування транспортних засобів в поперечному перерізі дороги.

Таблиця 4.4 – Розрахункові величини  $H_{\text{еф}}$  для водіїв вантажних автомобілів

| $D_{\text{ф}}, \text{ м}$ | $D_{\text{оч}}, \text{ м}$ | $H_{\text{еф}}$ при $H_{\text{ф}} = 0,6 \text{ м}$ | $H_{\text{еф}}$ при $H_{\text{ф}} = 1,05 \text{ м}$ |
|---------------------------|----------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| 5,25                      | 5,55                       | 1,50 (1,50)                                        | 1,73 (1,75)                                         |
| 5,25                      | 1,80                       | 1,98 (2,0)                                         | 2,09 (2,10)                                         |
| 1,50                      | 5,55                       | 0,99 (1,0)                                         | 1,35 (1,35)                                         |
| 1,50                      | 1,80                       | 1,44 (1,45)                                        | 1,69 (1,70)                                         |

За ефективну висоту екрана приймають максимальне значення, отримане за розрахунком з округленням до 5 см в більшу сторону.

Висоту екрану, який виступає над дорожнім огородженням  $H_{\text{е}}$ , розраховують в залежності від висоти дорожнього огородження  $H_6$  за формулою:

$$H_{\text{е}} = H_{\text{еф}} - H_6. \quad (4.2)$$

Згідно з використаною методикою, ефективно влаштувати на обраній ділянці автодороги протизасліплювальні екрани висотою 1,35 м, що і було зроблено на автомобільній дорозі Н-21 (рис. 4.8).



Рисунок 4.8 – Встановлені протизасліплювальні екрани на автодорозі Н-21 Старобільськ – Луганськ – Красний Луч – Макіївка – Донецьк, км 88 + 000 – км 88 + 340 (р-н с. Металіст)

Висота екранів для інших ділянок автомобільних доріг може коливатись залежно від геометричних параметрів окремих елементів автомобільної дороги та висоти безпосередньо бар'єрної огорожі.

Рекомендується застосовувати протизасліплювальні екрани щодо захисту водіїв від осліплювання фар на автодорогах інших технічних категорій, де кількість смуг руху не перевищує двох та відсутня розділова смуга.

#### **4.3.3 Влаштування шумових смуг**

Сучасні автомобільні дороги повинні забезпечувати безпеку дорожнього руху, враховуючи при цьому психофізіологічні здібності сприйняття водіями дорожніх умов. Мають бути підвищені і вимоги до зручності руху на дорогах.

Найбільш гострою проблемою, викликаною різким зростанням автомобілізації, є аварійність. За даними Всесвітньої асоціації дорожніх конгресів і Міжнародної дорожньої федерації на автомобільних дорогах усіх континентів щорічно гине більше 200 тис. чол., а втрати від аварійності у багатьох країнах складають біля 1 % національного прибутку [2].

Метою дослідження у даному розділі є обґрунтування влаштування фрезерованих шумових смуг – як засобу зменшення аварійності на автомобільних дорогах.

Серйозною транспортною проблемою є втрата пильності і засипання водіїв на ділянках доріг, які мають порівняно задовільні параметри, що дозволяють тривалий час рухатися з високою швидкістю. Хороші дорожні умови і монотонність дорожньої обстановки приводить до притуплювання уваги водіїв, засипанню і, як наслідок, до з'їздів з проїзної частини. В останні десятиріччя у зв'язку із збільшенням дальності поїздок і швидкостей руху з'явилася нова категорія небезпечного стану водія – *монотонія* – психічний стан, викликаний або інформаційними перевантаженнями – багатократним повторенням одних і тих же рухів і надходженням великої кількості однакових сигналів в одні і ті ж нервові центри, або інформаційною недостатністю (одноманітністю сприйняття, коли

організм знаходиться в умовах середовища, що мало змінюється, наприклад при тривалому перебуванні за кермом на протяжних прямих ділянках рівної дороги в умовах одноманітної, нецікавої місцевості).

Монотонія є наслідком порушення психічної саморегуляції водія і виражається станом втоми, «дорожнього гіпнозу», загальмованості, сонливості.

На відміну від стомлення, для усунення якого потрібно відносно тривалий відпочинок, монотонія може швидко пройти при зміні умов. Щоб психіка людини прийшла в норму після багатократних переживань монотонії, знадобиться вже досить тривалий відпочинок або навіть лікування [123].

Характерними ДТП при умові засинання, або втоми водія є виїзд на смугу зустрічного руху та виїзд за межі проїзної частини на узбіччя та далі у резерв. Такі види пригод є дуже травмонебезпечними, тому що пов'язані із рухом транспортних засобів на великій швидкості.

Значно знизити можливість таких ДТП можуть тільки додаткові чинники, які нададуть водію змогу виправити ситуацію [124-126].

Значно знизити кількість ДТП при відсутності необхідних коштів на капітальні витрати дозволять фрезеровані шумові смуги [127].

При наїзді на шумову смугу водій транспортного засобу відчуває сильний шумовий і вібраційний вплив – таким чином, шумова розмітка змушує його різко підвищити увагу і повернути транспортний засіб на смугу руху. Багаторічний зарубіжний досвід застосування шумових смуг, влаштованих методом фрезерування, свідчить про високу ефективність цієї технології для підвищення безпеки дорожнього руху.

У світовій практиці існують декілька видів повздовжніх шумових смуг, що фрезеруються, вони класифікуються залежно від своїх параметрів (глибини, поперечної ширини тощо) і від місця нанесення. Залежно від місця нанесення шумові смуги бувають наступних видів:

- прикрайова (чи крайова) – така шумова смуга наноситься на укріпленій частині узбіччя або на смузі безпеки, яка примикає до розділової смуги (ліворуч по ходу руху транспортних засобів);

- осьова розміщується по осі дороги дво- або чотири смугових автомобільних доріг, які не мають розділової смуги. Така шумова смуга запобігає ненавмисному виїзду транспортного засобу на зустрічну смугу руху;

- середня – розміщується по осі смуги руху на двосмугових автомобільних дорогах, застосовується у випадках, коли параметри автомобільної дороги недостатні для застосування осьової або прикорйової шумових смуг. Цей вид смуги менш поширений, але не менш ефективний, і запобігає ненавмисному з'їзду транспортного засобу як праворуч так і ліворуч по напрямку руху.

При визначенні геометричних розмірів фрезерованої шумової смуги, особливо її глибини, необхідно враховувати вплив штучно створеної деформації на покритті на поведінку автомобіля.

*Вимоги до покриття.* Досвід застосування показує, що шумові смуги, що фрезеруються, в рівній мірі добре підходять для влаштування як на асфальтобетонному, так і на цементобетонному покритті. Але існує дві умови: при фрезеруванні на асфальтобетонному покритті товщина верхнього шару повинна перевищувати глибину нарізки шумових смуг так, щоб не порушувалася цілісність верхнього шару і нижніх шарів дорожнього одягу; при нарізці на бетонних покриттях необхідно уникати нарізки на швах. Також слід враховувати, що при фрезеруванні влаштовуються практично невеликі «коритця-водозбірники» на покритті доріг, тому з метою запобігання передчасному руйнуванню покриття, пропонується після фрезерування, але до нанесення горизонтальної дорожньої розмітки безпосередньо на відфрезеровану поверхню наносити шар бітумної (бітумно-полімерної, бітумно-гумової тощо) мастики.

Конструктивна умова – ширина узбіччя має бути достатньою для розміщення різних засобів регулювання і забезпечення безпеки руху (бар'єрна огорожа, шумові смуги тощо). Мінімальна відстань від лицьової частини бар'єрної огорожі до зовнішнього краю шумової смуги складає 0,6 м.

Нанесення шумових смуг, поєднаних з розміткою, дозволяє продовжити термін життя розмічального матеріалу за рахунок зниження стираючого впливу від кромки відвалів снігоприбиральної техніки, що дуже актуально для України.



Як результат наукових досліджень роботи пропонується влаштовувати шумові смуги за розміткою 1.2 (рис. 4.9).

На спосіб влаштування шумових смуг за допомогою дорожньої фрези автором отримано патент на корисну модель № 77250 (публікація 11.02.13, Бюл. № 3) [128].



Рисунок 4.9 – Прикрайові шумові смуги

#### **4.3.4 Удосконалення світлоповертальних елементів, які встановлюють на бар'єрному огороженні**

У результаті наукових досліджень виконаних в роботі автором розроблено і пропонується внести наступні зміни та доповнення до чинних норм [41]:

- ввести таблицю у [41] і встановити в неї мінімальні вимоги по КСС, що пред'являються до світлоповертальних елементів на основі мікропризматичних плівок (табл. 4.5);

- ввести до [41] опис нового світлоповертального елемента (див. рис. 3.18) дорожнього для застосування разом з дорожніми огороженнями;

- до пункту 5.7 додати мінімальні розміри світлоповертального елемента гофрованого типу 100x500 мм;

- у таблицю 2 «Вертикальна розмітка» ввести креслення нового світлоповертального елемента і додати рис. 3.18 – Гофрований світлоповертальний елемент. В розділ 7 «Правила застосування» доповнити пункт 7.3.6 текстом: «7.3.6 Світлоповертальні елементи гофрованого типу встановлюють на дорожніх огороженнях самостійно або в поєднанні із стандартними. В установці в поєднанні із гофрованим елементом світлоповертальні елементи різних типів слід чергувати.

Таблиця 4.5 – Мінімальні вимоги КСС, що пред'являються до світлоповертальних елементів на основі мікропризматичних плівок

| Матеріал | Кут нагляду ( $\alpha = 20^\circ$ ) |                                                              |          |          |          |          |
|----------|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------|----------|----------|----------|----------|
| Колір    | Тип плівки                          | Кут освітлення $\beta_u$ - град. При $\beta_{\text{ви}} = 0$ |          |          |          |          |
|          |                                     | 5 град.                                                      | 10 град. | 20 град. | 30 град. | 40 град. |
| Білий    | В                                   | 300                                                          | 210      | 150      | 110      | 70       |
| Жовтий   | В                                   | 180                                                          | 110      | 90       | 70       | 40       |
| Червоний | В                                   | 60                                                           | 35       | 30       | 24       | 15       |

Світлоповертальні елементи гофрованого типу рекомендується встановлювати на зовнішній стороні кривих на криволінійних ділянках дороги, на крутих поворотах, на високих насипах, на вузьких мостах, у тунелях та інших потенційно небезпечних місцях.

Світлоповертальні елементи гофрованого типу червоного кольору встановлюють на дорогах і вулицях з одностороннім рухом, а також на дорогах і вулицях з двостороннім рухом з розділовим бар'єром посередині, а також на ділянках доріг на багаторівневих розв'язках типу «лист конюшини» та інших типів, де рух здійснюється в один бік.

Світлоповертальний елемент білого або жовтого кольору встановлюють тільки на дорогах із двостороннім рухом».

До того часу, як будуть прийматися зміни до [41], пропонується ввести ці вимоги тимчасово розпорядженням або рішенням колегії Укравтодору.

#### **4.4 Рекомендації з підвищення безпеки пішоходів на пішохідних переходах**

##### **4.4.1 Пропозиції щодо влаштування підвищених пішохідних переходів**

Досвід багатьох країн свідчить, що установка дорожніх знаків, що обмежують швидкість руху, не дає бажаного ефекту без додаткових заходів, а саме: контролю з боку поліції або влаштування спеціальних пристроїв чи створення дорожніх умов для примусового зниження швидкості руху транспортних засобів.

Аналіз статистичних даних, протоколів ДТП, даних із травматизму свідчать, що в діапазоні швидкостей 40–60 км/год відбувається різке збільшення вірогідності летального результату для пішохода.

Пояснення полягає в тому, що при екстреному гальмуванні (на сухому покритті) транспортний засіб, що рухається:

- на швидкості 40 км/год – зупиниться через 20 м;
- на швидкості 60 км/год – через 20 м автомобіль все ще рухається з швидкістю 55 км/год.

На підставі цих даних і даних медичних установ різних країн, дозволена швидкість руху в населених пунктах низки Європейських країн не перевищує 50 км/год. У число таких країн входять, наприклад: Австрія, Бельгія, Великобританія та ін.

Спираючись на прогресивний світовий досвід, на території України пропонується використовувати підвищені пішохідні переходи, які виготовлено з гуми (рис. 4.10) [87, 129-134].

Підвищений пішохідний перехід – особливо результативний засіб стримування швидкості руху транспортних засобів, оскільки автомобілі позбавлені можливості розігнатися на самому переході, на відміну від перехрестя, не обладнаного підвищеними переходами.



а)

б)

в)

Рисунок 4.10 – Підвищенні наземні пішохідні переходи

Влаштування підвищеного пішохідного переходу примушує водіїв знижувати швидкість транспортних засобів. Перспективною виглядає пропозиція використовувати такий тип переходів на вулицях і дорогах населених пунктів, де дуже часто дорогу перетинають люди з обмеженими фізичними властивостями (відсутність зору). Існуючі звукові сигналізатори, які встановлюються на пішохідних переходах разом із світлофорами, через розсіювання звуку в місті не можуть в повної мірі вказати правильну траєкторію перетину проїзної частини автодороги. Через це зростає вірогідність потрапляння у ДТП інвалідів зору. А підвищений пішохідний перехід задає правильну траєкторію, виконуючи роль направляючого бордюру, який використовують інваліди для пересування на дотик.

Сучасні нормативні документи України дозволяють обладнати розміткою підвищені наземні пішохідні переходи. Новий [41] має розмітку 1.22 яка попереджує про наближення до елементів примусового зниження швидкості а також підвищених пішохідних переходів, а також розмітку 1.14.4, яка позначає нерегульований пішохідний перехід в місцях проживання або переходу сліпих.

Звертаючи увагу на велику кількість ДТП за участю пішоходів на наземних нерегульованих пішохідних переходах, запропоновано примусово знижувати швидкість транспортних засобів шляхом застосування підвищених переходів (рис. 4.11).

Теоретично обґрунтовано вибір матеріалу для виготовлення переходу та основні його геометричних параметрів (табл. 3.8 [130]) з метою забезпечення безпечного перетину пішохідного переходу як пішоходами, так і автомобілями.

Автором отримано патент на корисну модель № 86208 (публікація 25.12.2013, Бюл. № 24) «Спосіб влаштування безпечного перетину інвалідами зору проїзної частини автодоріг» [134].



Рисунок 4.11 – Запропоновані автором пішохідні переходи (м. Київ, пров. Новогоспітальний) [135, 136]

Таблиця 4.6 – Проектні параметри підвищених пішохідних переходів і бажане обмеження швидкості руху транспортних засобів

| Максимально допустима швидкість руху, вказана на знаку, км/год. | Хвилеподібний профіль |                                      |                                          | Трапециподібний профіль                     |                                      |                                      |                        |
|-----------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------------|
|                                                                 | Довжина ( $L$ ), м    | Максимальна висота гребня ( $H$ ), м | Радіус криволінійної поверхні ( $R$ ), м | Довжина горизонтальної площадки ( $Lr$ ), м | Довжина похилої ділянки ( $L_H$ ), м | Максимальна висота гребня ( $H$ ), м | Кут похилу поверхні, % |
| 20                                                              | 3,0–3,5               | 0,07                                 | 11,0–15,0                                | 2,0–2,5                                     | 1,00–1,15                            | 0,07                                 | 14,1                   |
| 30                                                              | 4,0–4,5               | 0,07                                 | 20,0–25,0                                | 3,0–5,0                                     | 1,00–1,40                            | 0,07                                 | 10,0                   |
| 40                                                              | 6,25–6,75             | 0,07                                 | 48,0–57,0                                | 3,0–5,0                                     | 1,75–2,25                            | 0,07                                 | 6,0                    |

#### 4.4.2 Підвищення видимості нерегульованих пішохідних переходів

Як показує досвід, на практиці часто не приділяється достатньої уваги умовам пішохідного руху. Зусилля організаторів руху направляються головним чином на забезпечення руху транспортних засобів. Таке становище значною мірою пояснюється тим, що при аналізі ДТП в якості основних причин наїздів на пішоходів, як правило виділяють порушення правил з боку пішоходів та водіїв, а вплив, який мають недоліки в організації руху, залишається недостатньо вивченим і врахованим [137].

Існуюче законодавство та нормативна база у конфліктній ситуації «пішохід – транспортний засіб» поклало відповідальність на водія, наказуючи йому «знизити швидкість або зупинитися перед переходом, щоб пропустити пішоходів».

Однак, з іншого боку воно не забезпечило головного – організаційно-технічних умов, які б виключали виникнення небезпечних ситуацій на пішохідних переходах [138-140].

Результатом наукових досліджень та з метою гармонізації існуючих нормативних документів у сфері безпеки дорожнього руху пропонується внести зміни в існуючий стандарт [41]:

- доповнити пункт 1 додатку 2 (дорожня розмітка) наступним: «Лінії горизонтальної розмітки мають білий та червоний колір. Жовтий колір мають лінії 1.4, 1.10, 1.17, а також 1.2, якщо ними позначаються границі смуги для руху маршрутних транспортних засобів»;

- викласти підпункт 2.5 пункту 2 додатку 2 у наступній редакції: «Позначення бокових поверхонь дорожніх огорожень на небезпечних ділянках доріг та позначення бокових поверхонь початкових та кінцевих елементів транспортних огорожень бар'єрного типу червоно-білого кольору»;

- доповнити підпункт 2.3 пункту 2 додатку 2: «Круглі тумби, що встановлюються на розподілюючих смугах або острівцях безпеки червоно-білого кольору косою лінією»;

- у додатку 2 надати нову послідовність шифрам горизонтальної розмітки у зв'язку із появою нових її видів.

До введення змін у [41] пропонується використовувати основні положення ДСТУ 2587:2010, як додатковий матеріал, в автошколах що здійснюють підготовку водіїв транспортних засобів, на курсах підвищення кваліфікації професійної майстерності водіїв, на курсах підвищення кваліфікації викладачів і майстрів виробничого навчання, керівників автотранспортних підприємств [141].

Як відомо, 90 % інформації людина отримує візуально. Тому серед багатьох факторів впливу, які ми сприймаємо органами зору, колір відіграє значну роль, у тому числі й під час організації дорожнього руху. За свідченням психологів, у забезпеченні людської життєдіяльності велика увага приділяється сигнальним кольорам, основна задача яких полягає у привертанні уваги, у тому числі й учасників дорожнього руху, до безпосередньої чи ймовірної безпеки вказівці певних дій, а також передачі необхідної інформації. Традиційно сигнальними кольорами прийнято вважати червоний, жовтий (помаранчевий), синій, зелений, а також контрастні – білий і чорний.

Найпопулярнішим сигнальним кольором є червоний, що асоціюється з полум'ям, кров'ю, а не зі спокоєм подібно зеленому, тому він і означає заборону чого-небудь. Жовтий – має схожі з червоним функції – попереджати про можливу небезпеку, а от синій – не має дратівного впливу, тому і застосовується на приписуючи або вказівних знаках. Так, поєднання на дорожніх знаках червоного та білого слід трактувати, як небезпеку.

Розглядаючи технічні засоби організації дорожнього руху, необхідно приділити серйозну увагу як фону самого знаку, так і фону, на якому його бачать учасники дорожнього руху, адже сприйняття технічних засобів повинно бути забезпечено практично постійно. Але часто ситуація ускладнюється обмеженістю часу сприйняття, наявністю великої кількості відволікаючих факторів, у тому числі засобів зовнішньої реклами, несприятливими умовами освітлення, а також забрудненістю, зношеністю, пошкодженням.



Для покращення сприйняття технічних засобів здійснюються різноманітні заходи, головні з яких безпосередньо пов'язані з забезпеченням кольорового контрасту. До них можна віднести дорожній знак на контрастному фоні, в якості котрого виступає щит жовтого або жовто-зеленого кольору, виготовлений із світлоповертальної плівки.

Велику цінність принесе дублювання дорожніх знаків на проїжджій частині. У даному випадку колір значно підвищує якість сприйняття закладеної в знакові інформації. У результаті влаштування такого знаку водій, навіть якщо не побачить підвищений знак, то він точно помітить його яскраве зображення безпосередньо перед своїм автомобілем [142].

Новизною ідеї є впровадження всіх сучасних та відносно дешевих ЗППЗ ДР на кожному із пішохідних переходів.

Як один із результатів наукової роботи пропонується обладнати пішохідні переходи наступними ЗППЗ ДР :

1. Влаштування нової дорожньої розмітки червоно-білого кольору, яка позначає нерегульований пішохідний перехід (рис. 4.12); при великому скупченні бруду на покритті (рядом з переїздами, з'їздами тощо) вдаються до комбінованого очищення, тобто механічною щіткою і поливомийною машиною.



Рисунок 4.12 – Червоно-білий пішохідний перехід [41]



2. У межах населеного пункту встановлення засобів примусового зниження швидкості «лежачий поліцейський» до максимально допустимого її значення 40 км/год і менше [45, 88, 143] (рис. 4.13).



Рисунок 4.13 – Засіб примусового зниження швидкості

3. Влаштування розмітки, яка попереджує про приближення до засобу примусового зниження швидкості (рис. 4.14).

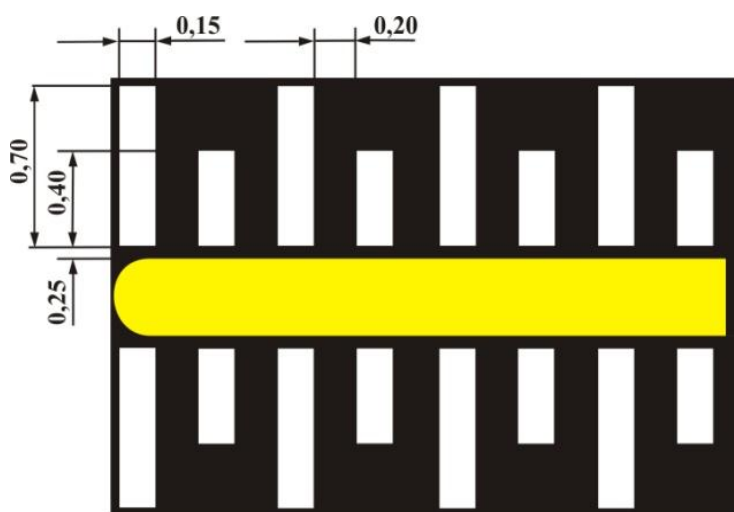


Рисунок 4.14 – Розмітка, яка попереджає про наближення до засобу примусового зниження швидкості [41].

4. Встановлення вставок розмічальних дорожніх (ВДР) [41] (рис. 4.15).



Рисунок 4.15 – Вставка дорожня розмічальна

5. Влаштування шумових смуг (рис. 4.16).



Рисунок 4.16 – Шумова смуга [41]

6. Встановлення нових дорожніх знаків на жовто-зеленому фоні (рис. 4.17).



Рисунок 4.17 – Знак на жовто-зеленому фоні

7. Дублювання знаків на покритті автодороги (рис. 4.18).



Рисунок 4.18 – Дублювання знаків на покритті автодороги [41]

8. Встановлення панно на жовтому тлі, яке попереджає про наявність попереду аварійно-небезпечної ділянки та про впровадження експерименту по облаштуванню пішохідного переходу [144] (рис. 4.19).



Рисунок 4.19 – Встановлення попереджувального панно на жовтому фоні

Виходячи із вищевказаного, з метою уніфікації робіт, розроблені Рекомендації, які були запропоновані Укравтодору із типового облаштування нерегульованих пішохідних переходів, які є особливо небезпечними, сучасними ЗППЗ ДР .

## 4.5 Рекомендації із зменшення травматизму під час дорожньо-транспортної пригоди

### 4.5.1 Стояки дорожніх знаків

Результатом експериментальних досліджень і натурних впроваджень, які висвітленні у розділі 3 дисертаційної роботи пропонується, з метою зменшення важкості наслідків для транспортного засобу при зіткненні із дорожнім знаком у разі ДТП, застосовувати замість залізобетонних дерев'яні або пластмасові стійки.

Основні розрахункові показники дерев'яних опор для установки дорожніх знаків наведено у табл. 4.7.

Таблиця 4.7 – Розрахункові показники опори для основних схем установки дорожніх знаків

| Номер схеми | Типорозмір знака за ДСТУ 4100 | Довжина опори L, мм | Згинаючий момент у розрахунковому перерізі опори, Н·м (кгс·м) |
|-------------|-------------------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------|
| 1           | I                             | 3,50                | 352,6 (35,36)                                                 |
|             |                               | 4,50                | 440,7 (44,95)                                                 |
|             | II                            | 4,00                | 491,7 (50,14)                                                 |
|             |                               | 4,50                | 611,6 (62,36)                                                 |
|             | III                           | 4,00                | 851,9 (86,86)                                                 |
|             |                               | 4,50                | 1050,0 (107,07)                                               |
|             | IV                            | 4,50                | 1619,2 (165,11)                                               |
|             |                               | 5,00                | 1971,2 (201,00)                                               |
| 2           | I                             | 4,00                | 723,3 (73,76)                                                 |
|             |                               | 4,50                | 891,6 (90,91)                                                 |
|             | II                            | 4,00                | 1021,1 (104,13)                                               |
|             |                               | 4,50                | 1250,1 (127,47)                                               |
|             | III                           | 4,50                | 1801,6 (183,70)                                               |
|             |                               | 5,00                | 2180,0 (222,29)                                               |
| 3           | I                             | 4,00                | 705,3 (71,91)                                                 |
|             |                               | 4,50                | 881,5 (89,89)                                                 |
|             | II                            | 4,00                | 983,5 (100,27)                                                |
|             |                               | 4,50                | 1223,3 (124,73)                                               |
|             | III                           | 4,00                | 1703,8 (173,73)                                               |
|             |                               | 4,50                | 2100,0 (214,15)                                               |
|             | IV                            | 4,50                | 3238,4 (330,22)                                               |
|             |                               | 5,00                | 3942,4 (402,00)                                               |

Кінець таблиці 4.7

| Номер схеми | Типорозмір знака за ДСТУ 4100 | Довжина опори L, мм | Згинаючий момент М у розрахунковому перерізі опори, Н·м (кгс·м) |
|-------------|-------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------|
| 4           | I                             | 4,00                | 1446,6 (147,51)                                                 |
|             |                               | 4,50                | 1783,1 (181,82)                                                 |
|             | II                            | 4,00                | 2042,3 (208,26)                                                 |
|             |                               | 4,50                | 2500,2 (254,96)                                                 |
|             | III                           | 4,50                | 3603,1 (367,40)                                                 |
|             |                               | 5,00                | 4360,0 (444,58)                                                 |
| 5           | I                             | 4,50                | 821,6 (83,78)                                                   |
|             |                               | 5,00                | 997,9 (101,76),                                                 |
|             | II                            | 5,00                | 1165,7 (118,86)                                                 |
|             |                               | 5,50                | 1405,6 (143,33)                                                 |
|             | III                           | 5,50                | 2084,2 (212,55)                                                 |
|             |                               | 6,00                | 2480,4 (252,91)                                                 |
|             | IV                            | 5,50                | 4125,4 (420,66)                                                 |
|             |                               | 6,00                | 4829,4 (492,45)                                                 |

#### 4.5.2 Модернізація бар'єрного огородження

У розділі 3 дисертаційної роботи отримано інструмент для розрахункового визначення максимальної утримуючої здібності бар'єрного огородження з кінематикою, що передбачає відділення балки від консолі та консолі від стійок. Використовуючи визначену розрахунковим шляхом зміну енергії, що гасить бар'єрне огородження, у разі зміни кроку стійок та підтверджені результати натурним випробуванням бар'єрних огороджень, надається можливість модернізувати конструкції огороджень та дати для них максимальні значення утримуючої здібності. При цьому необхідно враховувати обмеження у збільшенні розмірів та перерізі деталей для запобігання негативних наслідків у випадках зіткнення з огорожею легкових автомобілів.

#### 4.5.3 Гнучкі сигнальні стовпчики

У результаті експериментальних досліджень в рамках дисертаційної роботи (див. розділ 3) встановлено і пропонується внести наступні зміни та доповнення до чинного стандарту [101]:

- ввести в [101] опис гнучкого сигнального стовпчика;
- доповнити пункт 1.2 розділу 10 «Гарантії виробника» наступним: «Мінімальна тривалість гарантійного строку повинна бути для гнучких сигнальних стовпчиків, виготовлених із пластмаси – 5 років»;
- у розділ 5 «Технічні вимоги» ввести рисунок сигнального стовпчика (рис. 4.20).

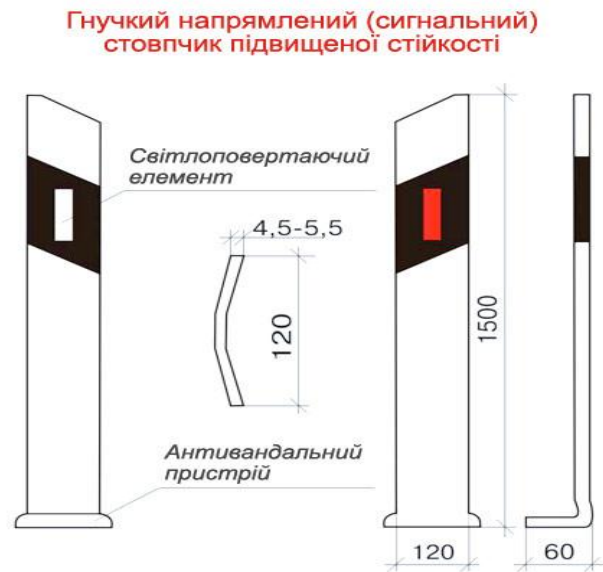


Рисунок 4.20 – Гнучкий сигнальний стовпчик

#### Висновки до розділу 4

1. Розроблено програмний продукт для оцінки безпеки дорожнього руху. Який представляє собою інформаційну систему моніторингу потенційно небезпечних об'єктів дорожньої інфраструктури на основі збору вихідних даних та порівняння їх з еталоном – існуючою нормативною базою, а також дозволяє виконувати віртуальні експерименти, що дуже актуально у зв'язку з неможливістю моделювання реальних ситуацій, де під загрозу поставлено життя і здоров'я учасників дорожнього руху.

2. Розроблена 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.

3. Розроблені практичні рекомендації з підвищення безпеки дорожнього руху на окремих ділянках автомобільних доріг. Впровадження яких дозволить зменшити кількість ДТП і важкість наслідків від них. Зокрема це впровадження нового дорожнього знака «Зміна покриття», застосування протизасліплювальних екранів, влаштування шумових смуг, удосконалення світлоповертальних елементів, які встановлюють на бар'єрному огороженні.

4. Розроблені практичні рекомендації з підвищення безпеки пішоходів на пішохідних переходах. Розроблені і запропоновані комплексні заходи з облаштування пішохідних переходів сучасними ЗППЗ ДР дають змогу водіям заздалегідь виявити в одноманітному ландшафті позаміської дороги або навпаки, у завантаженому інформацією місті обладнаний яскравими кольорами нерегульований перехід.

5. Розроблені рекомендації спрямовані на поліпшення організації роботи відомств і служб, що займаються забезпеченням безпечного функціонування автомобільних доріг. Зокрема, результати даного дослідження і практичні рекомендації можна використовувати при аудиті дорожньої безпеки на стадії експлуатації автодоріг – в цілях підвищення рівня достовірності експертних досліджень.

6. Результати досліджень даного розділу викладено у наступних публікаціях [11, 12, 80, 86-88, 115, 116, 121, 122, 127, 128, 131-136, 143, 145].

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

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

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

2. 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.

Шляхом формалізації даних з карток обліку місць концентрації дорожньо-транспортних пригод виявлена залежність впливу технічних засобів організації дорожнього руху на рівень аварійності. Проведено аналіз існуючих методів оцінки безпеки дорожнього руху та надано пропозиції щодо їх удосконалення за рахунок введення додаткових критеріїв, які до цього часу не були враховані. Цими критеріями виявились відсутність або недостатня видимість технічних засобів регулювання дорожнього руху та деякого інженерного обладнання автомобільних доріг. Одночасно вивчено ступінь небезпеки вказаних засобів при ймовірному зіткненні з ними транспортного засобу, що у свою чергу теж має вплив на рівень безпеки руху на окремій ділянці автодороги. Доказано, що інженерне облаштування автомобільних доріг має вплив на кількість ДТП. Відсутність ЗППЗ ДР або невідповідність їх вимогам існуючих нормативів може призвести до збільшення аварійності.

3. На основі експериментальних досліджень встановлено закономірності впливу технічних засобів регулювання дорожнього руху на рівень аварійності.

Розроблено показник засобів пасивної протиаварійної безпеки, який базується на коефіцієнтах, що враховують наявність і стан засобів пасивної протиаварійної безпеки дорожнього руху і який лежить в межах від 1,0 (при



відповідності інженерно-транспортного облаштування вимогам руху і нормам) до 1,815.

4. 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.

5. 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.

Розроблена практична 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. Розроблено також відповідний програмний продукт, який представляє собою інформаційну систему моніторингу потенційно небезпечних об'єктів дорожньої інфраструктури.

Детально, по кожному з напрямків з підвищення безпеки дорожнього руху на окремих ділянках автомобільних доріг, розроблені і втілені в практику рекомендації, впровадження яких дозволить зменшити кількість ДТП і важкість наслідків від них. Зокрема, це поряд із застосуванням протизасліплювальних екранів, влаштуванням шумових смуг, удосконаленням світлоповертальних елементів, які встановлюють на бар'єрному огороженні, комплексних заходах з облаштування пішохідних переходів сучасними ЗППЗ ДР, також розроблені пропозиції до зміни чинних Правил дорожнього руху: введення нового дорожнього знака «Зміна покриття» та нових вертикальних і горизонтальних розміток червоного кольору.

Результати наукових досліджень впроваджені в практику у Луганській області та у місті Києві.

## 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 // ОРАЛДЫҒЫЛЫМЖАРШЫСЫ. 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 нестаціонарності 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. Prissattning 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 Смуги 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. Вишневский 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.

71. Довідкові матеріали. Кліматичні характеристики районів будівництва автомобільних доріг / В. К. Жданюк, В. М. Зінченко, О. О. Догадайло, О. О. Фоменко. Харків : ХНАДУ, 2007. 79 с.
72. Методические указания по применению устройств ограничения налипания мокрого снега на провода ВЛ 10-220 кВ. М. : ВНИИЭ, 1991. 9 с.
73. Гидрология / В. Н. Михайлов, А. Д. Добровольский, С. Н. Добролюбов. М. : Высшая школа, 2007. 463 с.
74. Козлов Д. В. Методические указания «Основы гидрофизики». М. : МГУ природооборуд., 2007. 48 с.
75. Указания по применению дорожных знаков / [составители МВД СССР, Минавтодор РСФСР]. М. : Транспорт, 1984. 24 с.
76. Техническая энциклопедия. Том 7. URL: <http://www.ai08.org>
77. Осипов В. О. Спосіб боротьби з налипанням мокрого снігу на дорожні знаки // Наукові нотатки. 2012. Вип. 37. С. 261-265.
78. Осипов В. О., Кравченко О. П. Щодо захисту дорожніх знаків від налипання мокрого снігу. *Логистика промислових регіонів* : зб. наук. праць за мат. Четвертої міжн. наук.-практ. конф. (23–25 квітня 2012 р., м. Донецьк). Донецьк, 2012. С. 164-165.
79. СОУ 45.2-00018112-022.2:2008. Автомобільні дороги і мости. Ресурсні елементні кошторисні норми на роботи з експлуатаційного утримання. К. : Укравтодор, 2008. 34 с.
80. Патент України на корисну модель № 77531 Україна, МПК, B05D5/08 (2006.01) B01J2/30 (2006.01). Спосіб захисту дорожніх знаків від налипання мокрого снігу за допомогою рідкого воску (цетиолану) / Осипов В. О. Дата реєстрації 25.02.2013 р.
81. Бусел А. В. Ремонт автомобильных дорог. Минск : Арт Дизайн, 2004. 206 с.
82. Кременец Ю. А. Печерский М. П., Афанасьева Н. Б. Технические средства организации дорожного движения. М. : ИКЦ «Академкнига», 2005. 278 с.
83. Осипов В. О., Коструб В. О. Вдосконалення світлоповертальних елементів, які встановлюються на бар'єрній огорожі. *Безпека дорожнього руху*:



*правові та організаційні аспекти* : мат. VI Міжн. наук.-практ. конф. (17–18 листопада 2011 р., м. Донецьк). Донецьк, 2011. С. 268-272.

84. Пугачев И. Н. Организация движения автомобильного транспорта в городах. Хабаровск : ТОГУ, 2005. 198 с.

85. Осипов В. А., Кравченко А. П. Влияние элементов принудительного снижения скорости на потери в автомобильном движении // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. 2012. № 6 (177). С. 72-75.

86. Осипов В. О., Мельниченко А. И. Изучение влияния отдельных технических факторов на потери в движении транспорта. *Организация дорожного движения и перевозок пассажиров и грузов и транспорт* : сб. науч. труд. конф. Минск. БНТУ, 2017. С. 132-135.

87. Осипов В. О., Кравченко О. П. Щодо влаштування гумових підвищених пішохідних переходів // Комунальне господарство міст : наук.-техн. зб. Серія : Технічні науки та архітектура. 2012. Вип. 103. С. 366-373.

88. Osipov V. «Lying policeman» – as factor of influence on losses of the motion of transport vehicles // Research Bulletin SWorld «Modern scientific research and their practical application». Volumej21209, 2012. CID: j21209-037. P. 16-18. [Електронний ресурс]. URL: <http://www.sworld.com>.

89. Технічні правила ремонту та утримання автомобільних доріг загального користування України. К. : Укравтодор, 2009. 183 с.

90. Осипов В. О. Досвід використання дерев'яних стояків дорожніх знаків у Луганській області *Zprávyvědeckého myšlení – 2011: materiály VII mezinárodní vědecko-praktická konference* (27.10.2011 – 05.11.2011). Praha : Publishing House «Edukation and Science», 2011. С. 71-74.

91. ГОСТ 25458-82. Опоры деревянные дорожных знаков. Технические условия. М. : Госстандарт СССР, 1982. 42 с.

92. ГОСТ 8486-86. Пиломатериалы хвойных пород. Технические условия. М. : Госстандарт СССР, 1986. 38 с.

93. ГОСТ 7307-75. Детали из древесины и древесных материалов. Припуски на механическую обработку. М. : Госстандарт СССР, 1976. 18 с.

94. ГОСТ 20022.9-76. Защита древесины. Пропитка способом нанесения на поверхность. М. : Госстандарт СССР, 1976. 26 с.
95. ДБН В.2.3-4:2007. Автомобільні дороги. К. : Держбуд України, 2007. 91 с.
96. ДСТУ 218-03450778-092-2002. Безпека дорожнього руху. Автомобільні дороги загального користування. Проект (схема) організації дорожнього руху на автомобільній дорозі. К. : Держстандарт України, 2002. 24 с.
97. ДСТУ Б В.2.3-12-2004. Споруди транспорту. Огородження дорожнє металеве бар'єрного типу. Загальні технічні умови. К. : Держстандарт України, 2004. 26 с.
98. Шестериков В. И. Исследование работоспособности барьерных ограждений мостовой группы // Дороги и мосты. 2008. № 2. С. 123-145.
99. Осипов В. О., Кравченко О. П. Модернізація бар'єрного огороження автомобільних доріг // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. 2013. № 5 (194). С. 62-66.
100. Бурдин Е. А. Аппроксимация выражения для предельной удерживающей способности дорожных ограждений полиномиальной функцией // Дороги и мосты. 2008. № 2. С. 166-185.
101. ДСТУ 2735-94. Огородження дорожні і напрямні пристрої. Правила використання. Вимоги безпеки дорожнього руху. К. : Держстандарт України, 1994. 14 с.
102. ДСТУ Б В.2.7-43. Бетони тяжкі. Технічні умови. К. : Держстандарт України, 1996. 18 с.
103. Осипов В. О. Встановлення гнучких сигнальних стовпчиків - як засіб економії державних коштів. *Бъдешего въпроси от света на наука – 2011* : мат. за 7-а межд. науч. практ. конф. София, 2011. Том 29. С. 79-82.
104. Осипов В. А. Опыт применения гибких сигнальных столбиков в Луганской области (Украина).// Современная техника и технологии. Ноябрь, 2011 [Электронный ресурс]. URL: <http://technology.snauka.ru/2011/11/134>. Дата звернення 03.10.2017.
105. Книга линейного работника дорожного хозяйства / С. Е. Полещук, Д. Г. Мепуришвили, В. В. Чванов. М. : Инфоравтодор, 2009. 365 с.

106. Панішев А. В., Подоляка О. О., Подоляка О. М. Комп'ютерно-тренажерний практикум з програмування на мові C++ : навч. посібник. Житомир : ЖДТУ, 2004. 209 с.
107. Гельфанд И. М., Цейтлин М. Л. Принцип нелокального поиска в системах автоматической оптимизации, ДАН СССР 137, № 2 (1962). С. 295-298.
108. Кини Р. Л., Роитера Х. Принятие решений при многих критериях предпочтения и замещения. М. : Радио и связь, 1981. 315 с.
109. Волков В. П., Кравченко О. П. Основи теорії експлуатаційних властивостей автомобіля. Луганськ : СНУ ім. В.Даля, 2009. 248 с.
110. Жданюк В. К., Прусенко Е. Д., Филиппов В. В. Динамика эксплуатационного состояния дорог при накоплении и ликвидации недоремонтов // Автоматизированные технологии изысканий и проектирования. 2009. №1(32). С. 62-70.
111. Садило М. В., Садило Р. М. Автомобильные дороги. Строительство и эксплуатация. Ростов на Дону : Феникс, 2011. 361 с.
112. Амбарцумян В. В., Бабанин В. Н., Гуджоян О. П., Петридис А. В. Безопасность дорожного движения. М. : Машиностроение, 1998. 300 с.
113. ДСТУ 3587-97. Безпека дорожнього руху. Автомобільні дороги, вулиці та залізничні переїзди. Вимоги до експлуатаційного стану. К. : Держстандарт України, 1997. 24 с.
114. Домке Є. Р., Бажанов А. П., Ширшиков А. С. Управление качеством автомобильных дорог. Ростов на Дону : Феникс, 2006. 255 с.
115. Осипов В. О., Коструб В. О. Пропозиції щодо впровадження нового дорожнього знаку // Вісник Донецької академії автомобільного транспорту. 2011. № 4. С. 23-28.
116. Осипов В. А., Кравченко А. П. Модернизация технических средств организации дорожного движения // Совершенствование организации дорожного движения и перевозок пассажирских грузов. *Безопасность дорожного движения* : сб. науч. трудов. Минск: БНТУ, 2016. С. 525-533.
117. Ceļu satiksmes noteikumiem. Rīga : Latvija Ministru kabinetsrezolūciju. № 75. Feb 5, 2008. 64 l.

118. Про внесення змін у Правила дорожнього руху : Указ Президента Білорусі. Мінськ, 2005. 16 с.
119. Про дорожній рух : Закон України. К. : Рада, 2003. 84 с.
120. ГОСТ Р 2010. Противоослепляющие экраны на автомобильных дорогах. М. : Стандартинформ, 2010. 15 с.
121. Осипов В. О. Використання протизасліплювальних екранів для зменшення аварійності на автомобільних дорогах у темний час доби // Сучасне промислове та цивільне будівництво. 2012. Том 8. № 3. С. 131-135.
122. Осипов В. А., Кравченко А. П. Использование противоослепительных экранов на автодорогах Iб категории. *Наука – образованию, производству, экономике* : мат. Одиннадцатой межд. науч.-техн. конф. в 4 томах. Минск : БНТУ, 2013. Том 3. С. 144-145.
123. Коноплянко В. И. Основы безопасности дорожного движения. М. Академия, 2007. 214 с.
124. Summary and publication of best practices in road safety in the member states. Best practices in road safety. Handbook for measures at the country level. Norway : European Commission, 2007. P. 23.
125. Гаглов. Д. А. Устройство «шумовых полос» для улучшения безопасности дорожного движения. *Безопасность дорожного движения и интеллектуальные транспортные системы на автомобильных дорогах общего пользования* : международная конференция. Санкт-Петербург, 2011. С. 14.
126. Справочная энциклопедия дорожника II том. Ремонт и содержание автомобильных дорог / под ред. Васильева А. П. М. : Росавтодор, 2004. 896 с.
127. Осипов В. А. Мировой опыт применения фрезерованных шумовых полос на покрытии автодороги и перспективы его применения на Украине. *Настоящи изследвания и развитие – 2012* : мат. за 8-а межд. науч. конф. (17–25 януари, 2012). София, 2011. Том 20. С. 48-54.
128. Патент України на корисну модель № 77250 Україна, МПК (2013.01), E01F9/00. Спосіб влаштування шумових смуг на покритті автомобільної дороги за допомогою дорожньої фрези / Осипов В. О. Дата реєстрації 11.02.2013 р.

129. Handboek voor de praktische uitvoering van voetgangersoversteekplaatsen // Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw. 2010. № 47/0. P. 68.
130. ГОСТ Р 52605-2006. Технические средства организации дорожного движения. Искусственные неровности. Общие технические требования. Правила применения. Москва : Стандартинформ, 2007. 44 с.
131. Осипов В. О., Ісаєв І. М., Кравченко О. П. Пропозиції щодо влаштування підвищених наземних пішохідних переходів // Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія : Технічні науки. 2012. № 3 (62). С. 63-67.
132. Осипов В. О., Кравченко О. П., Ісаєв І. М. Влаштування гумових підвищених пішохідних переходів. *Транспортные проблемы крупнейших городов: материалы международной научно-практической конференции : тезисы докладов* (12–16 марта 2012 г., г. Харьков). Харьков, 2012. С. 27-29.
133. Осипов В. О. Підвищення експлуатаційних характеристик автодоріг шляхом вдосконалення безпеки руху на пішохідних переходах // Науковий вісник Луганського національного аграрного університету. Серія : Технічні науки. 2013. № 47. С. 274-283.
134. Патент України на корисну модель № 86208 Україна, МПК (2013.01), E01F11/00. Спосіб влаштування безпечного перетину інвалідами зору проїзної частини автодоріг / Осипов В. О. Дата реєстрації 25.12.2013 р.
135. Осипов В. А. Методика пассивной защиты пешеходов от наезда транспортных средств в темное время суток. *Инженерия транспорта и транспортных перевозок : сб. стат. 15-й конференции молодых ученых Литвы* (4 мая 2012 г., г. Вильнюс). Вильнюс, 2012. С. 46-49.
136. Осипов В. А. К вопросу снижения аварийности на наземных нерегулируемых пешеходных переходах. *Проблеми підвищення рівня безпеки, комфорту та культури дорожнього руху : мат. III міжн. наук.-практ. конф.* (16–17 квітня 2013 р., м. Харків). Харків : ХНАДУ, 2013. С. 194-196.
137. Клинковштейн Г. И., Афанасьев М. Б. Организация дорожного движения. М. : Транспорт, 2001. 182 с.

138. Енина Е. И. Повышение безопасности дорожного движения в зоне нерегулируемых пешеходных переходов путем совершенствования правил дорожного движения // Автотранспортное предприятие. 2011. № 6. С. 9.

139. Кольорова безпека на дорогах // Дорожня галузь України. 2010. № 2. С. 32-34.

140. Кравченко Є .В. Дорожня розмітка за новим стандартом // Дорожня галузь України. 2011. № 2. С. 26-28.

141. Филатова О. Н. Профессиональная подготовка будущих водителей в автошколе : дисс. ... канд. техн. наук. Нижний Новгород, 2009. 165 с.

142. Справочник дорожного мастера / С. Г. Цупиков, А. Д. Гриценко, А. М. Борцов, И. М. Гуряева. М. : Инфра-Инженерия, 2005. 627 с.

143. Осипов В. А., Кравченко А. П. Влияние элементов принудительного снижения скорости на автотранспортное средство. *Наука – образованию, производству, экономике* : мат. Десятой межд. науч.-техн. конф. в 4 томах. Минск : БНТУ, 2012. Том 3. С. 174-175.

144. Методичні рекомендації по застосуванню дорожніх знаків, дорожньої розмітки та маршрутному орієнтуванню / [розробники: А. Присяжнюк та ін.]. К. : НДЦ з безпеки дорожнього руху, 2004. 78 с.

145. Осипов В. А. Световозвращающие элементы на верхней одежде как способ снижения аварийности с участием пешеходов // Вестник НЦ БЖД. 2012. № 2 (12). С. 36-40.

## **ДОДАТОК А**

### **ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАХОДІВ З ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ РУХУ**

Заходи щодо організації дорожнього руху на будь-якому рівні діяльності (державному, відомчому, інженерному) потребують певні, часто значні кошти. Тому призначення таких заходів мають передбачати їх ретельне техніко-економічне обґрунтування [48].

Показник збитків від ДТП закладається до економічних розрахунків при прийнятті рішень про доцільність впровадження заходів з БДР.

Відображаючи пріоритет безпеки дорожнього руху, як політичної мети держави, оцінка втрат у ДТП направлена на впровадження заходів по підвищенню БДР [49].

Технічні засоби організації дорожнього руху мають вплив на транспортні та пішохідні потоки. При цьому параметри потоків змінюються. Ці зміни можуть бути покладено в основу показників, що використовуються для оцінки ефективності використання як окремого технічного засобу, так і їх сукупності.

У загальному вигляді приймаючи до уваги задачі управління рухом, показники ефективності повинні відображати потужність транспортного процесу та безпеку руху. Разом з тим пошук єдиного показника - універсального, що може вимірюватись у реальних умовах руху, та який має грошову вартість, пов'язаний з певними труднощами.

Для різних «користувачів» систем управління на перший план можуть бути висунуто різноманітні показники: кількість та тяжкість ДТП, пропускна спроможність автодороги, транспортні затримки, кількість зупинок транспортних засобів, довжина черг перед перехрестями, час поїздки, ступінь загазованості навколишнього середовища, рівень шуму від руху транспортних засобів.

Крім першого показника, всі останні відносяться, як правило, до міських доріг та вулиць.

Для розрахунків економічної ефективності впровадження ЗППЗ ДР правильніше враховувати всі показники їх грошової вартості, які повинні включати до себе вартість безпосередньо самого засобу, так і затрати на його встановлення та експлуатаційне утримання.

На сьогоднішній час існує низка різноманітних методик, що дозволяють розрахувати ефективність впровадження заходів з забезпечення безпеки дорожнього руху. Проте при їх вивченні було з'ясовано, що вказані методики враховують в основному заходи, що передбачають капітальні вкладення. При існуючому фінансуванні дорожньої галузі більша частина цих заходів залишається не реалізованою.

Тому пропонується удосконалення методу оцінювання ефективності заходів з забезпечення безпеки руху шляхом розробки більш детальних показників по сучасним ЗППЗ ДР, які не знайшли відображення в існуючих нормативних документах.

За основу було взято [50], яка включає до себе призначення та оцінки ефективності заходів, направлених на підвищення безпеки дорожнього руху на МК ДТП.

Оцінка впливу заходів по підвищенню безпеки дорожнього руху на місцях концентрації ДТП виконується на основі порівняння рівня аварійності до виконання відповідних дорожніх робіт з рівнем аварійності після їх проведення. Прогнозоване зниження рівня аварійності після реалізації планованих заходів встановлюється розрахунковим шляхом з використанням результатів раніше виконаних натурних спостережень за зміною числа ДТП в результаті виконання дорожніх робіт, спрямованих на поліпшення умов руху.

В якості початкового показника, що характеризує очікувану зміну стану аварійності в результаті проведення заходів, пропонується використовувати середню ймовірність зниження кількості ДТП на даній ділянці дороги ( $P_m$ ) вираженої в долях одиниці. У табл. А.1 наведено запропоновані значення вказаного показника для різних заходів по підвищенню безпеки дорожнього руху на автомобільних дорогах.



Види заходів, які були відсутні у базовій таблиці було добавлено виходячи з практичного досвіду, ймовірність зниження кількості ДТП була прирівняна до споріднених, але більш великовартісних заходів.

Таблиця А.1 – Заходи з підвищення безпеки дорожнього руху

| № п/п | Запропоновані нові заходи з підвищення безпеки руху по елементам та характерним ділянкам доріг | Ймовірність зниження кількості ДТП у долях одиниці |                     |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------|
|       |                                                                                                | Загальної кількості ДТП                            | ДТП з постраждалими |
| 1     | Встановлення гнучких сигнальних стовпчиків                                                     | 0,14                                               | 0,16                |
| 2     | Встановлення нових дорожніх знаків (знаків на жовтому тлі)                                     | 0,44                                               | 0,55                |
| 3     | Влаштування шумових смуг на розділювальній смузі                                               | 0,12                                               | 0,30                |
| 4     | Встановлення засобів примусового зниження швидкості                                            | 0,21                                               | 0,16                |
| 5     | Встановлення панно «Водій! Збав швидкість»                                                     | 0,20                                               | 0,15                |
| 6     | Влаштування червоно-білої розмітки на пішохідному переході                                     | 0,26                                               | 0,35                |
| 7     | Встановлення вставок розмічальних дорожніх (ВРД)                                               | 0,23                                               | 0,20                |
| 8     | Встановлення протизасліплювальних екранів                                                      | 0,60                                               | 0,50                |
| 9     | Встановлення підвищеного наземного пішохідного переходу                                        | 0,21                                               | 0,16                |

Заходи із зниження аварійності на ділянках концентрації ДТП з точки зору кінцевих результатів можна підрозділити на дві категорії: 1) які сприяють запобіганню окремим видам ДТП (поодинокі заходи) і 2) які спрямовані на запобігання усім ДТП (комплекси заходів).

Середня ймовірність зниження числа ДТП в рік  $t$  в результаті реалізації заходів визначається за формулою:

$$P_M = \frac{\sum_{m=1}^M \left( \frac{1}{1-P_m} - 1 \right)}{1 + \sum_{m=1}^M \left( \frac{1}{1-P_m} \right)}, \quad (A.1)$$

де  $M$  – число заходів з підвищення безпеки руху, які у рік  $t$  здійснюють вплив на зниження аварійності ( $t_m^{cl} \leq t$ ).

Очікуване в рік  $t$  зниження числа ДТП в результаті реалізації декількох заходів визначається за формулою:

$$\Delta n_t = P_m \cdot n_t, \quad (A.2)$$

де  $n_t$  – прогнозоване число ДТП в рік  $t$  за відсутності заходів з підвищення безпеки руху.

Загальне очікуване зниження числа ДТП на тому, що розглядається  $i$ - ній ділянці концентрації ДТП в результаті реалізації комплексу заходів по підвищенню безпеки руху визначається з урахуванням його строку служби:

$$\Delta n_t = \sum_{t=0}^{t_{\max}^{cl}} \Delta n_t, \quad (A.3)$$

де  $t_{\max}^{cl}$  – найбільший строк служби заходу, що входить в даний комплекс, років.

Строк служби  $m$ -го заходу встановлюється відповідно до чинних нормативно-методичних документів з урахуванням регіональних особливостей експлуатації доріг.

Очікуване зниження числа ДТП в результаті проведення заходів із підвищення безпеки руху на дорожній мережі, що має  $i$ -е число ділянок концентрації аварійності:

$$A = \sum_{i=1}^I \Delta n_i, \quad (A.4)$$

де  $\Delta n_i$  – зниження числа ДТП на  $i$ -й ділянці концентрації ДТП з урахуванням зон впливу проведеного заходу із підвищення безпеки руху, шт.

Скорочення числа ДТП в результаті реалізації заходів по підвищенню безпеки руху супроводжується одночасним зменшенням кількості загиблих і поранених. Очікуване зниження числа загиблих і поранених на МК ДТП в порівнянні з початковим рівнем до проведення дорожніх робіт допускається визначати пропорційно скороченню загального об'єму аварійності.

Показники економічної ефективності заходів по підвищенню безпеки руху характеризують народногосподарську доцільність здійснення витрат, що направляються на вказані заходи.

Ефективність визначається зіставленням ефекту від зниження числа ДТП і витрат по проведенню заходів по зниженню аварійності.

Оцінка результату і витрат при визначенні показників ефективності здійснюється за увесь строк служби заходів. При порівнянні двох і більше варіантів реалізації комплексів заходів оцінка ефективності робиться за один і той же розрахунковий період. При визначенні розрахункового періоду слід орієнтуватися на найбільш довговічний варіант. Початок розрахункового періоду визначається моментом часу, починаючи з якого вибір варіанту впливає на майбутні витрати і результати. Кінець розрахункового періоду – момент, починаючи з якого витрати і результати по усіх порівнюваних варіантах практично невиразні або несуттєві.

Для вартісної оцінки ефекту від зниження числа ДТП і витрат із проведення заходів по зниженню аварійності можуть використовуватися різні види цін, що відрізняються:

- за тимчасовою базою – базисні і розрахункові ціни;
- за сферою формування цін – внутрішні і світові ціни;
- за видом валюти – у вітчизняній валюті, в іноземних валютах.

Базисні ціни – це ціни, що склалися в економіці країни або на світовому рівні на певний момент часу. Базисна ціна вважається незмінною впродовж усього розрахункового періоду.

Розрахункові ціни – це ціни, що відображають прогнозовані зміни поточних цін на кожному кроці розрахунку.

Розрахунок вартості дорожніх робіт виконується відповідно до нормативних документів, що діють в дорожній галузі в області ціноутворення.

Усі результати і витрати, що отримуються (що здійснюються) в різні моменти часу, наводяться до початку розрахункового періоду шляхом множення їх на коефіцієнт, визначуваний нормою дисконту. Норма дисконту ( $E$ ) – це норма

чистого доходу в рік на одиницю витрат. Вона може бути встановлена державою як специфічний соціально-економічний норматив, обов'язковий для оцінки проектів з позицій суспільства в цілому. За відсутності офіційно встановленої норми дисконту рекомендується застосовувати  $E = 0,12$ .

Система показників ефективності заходів по підвищенню БДР включає:

- інтегральний ефект (далі –  $E_{int}$ ) – сума ефектів за весь період порівняння;
- індекс доходності (далі –  $ID$ ) – відношення суми ефектів до загальної величини одноразових витрат;
- термін окупності (далі –  $tok$ ) – такий мінімальний інтервал часу від початку розрахункового періоду, за межами якого інтегральний ефект стає і надалі залишається ненегативним;
- інтегральні витрати – сума витрат за увесь розрахунковий період;
- внутрішня норма доходності (далі – ВНД) – представляє собою ту незмінну протягом розрахункового періоду дисконту, при якому сума ефектів рівна сумі одночасних затрат.

Рішення про ефективність заходів по підвищенню безпеки руху слід приймати з урахуванням усіх перелічених вище показників ефективності, головним з яких є інтегральний ефект ( $E_{int}$ ). Якщо інтегральний ефект позитивний, то здійснення заходів є ефективним. При негативному значенні  $E_{int}$  даний варіант неефективний і його не слід реалізовувати ні при яких значеннях інших показників ефективності.

У разі, якщо по усіх альтернативних варіантах результати однакові, то розрахунки можна спростити, обмежившись визначенням для кожного з варіантів тільки величини інтегральних витрат.

Індекс доходності, внутрішня норма доходності і термін окупності використовуються при оцінці варіантів як допоміжні показники. Якщо у якого-небудь варіанту  $E_{int} > 0$ , то у нього обов'язково  $ID > 1$ . Оцінка індексу доходності відіграє важливу роль, коли одним з основних критеріїв вибору варіантів є очікувана величина ефекту, що отримується на одиницю витрат за увесь розрахунковий період. Якщо важлива величина ефекту, що отримується на

одиницю витрат щорічно, то визначальне значення гратиме *ВНД*. При цьому слід враховувати, що варіант вважається ефективним, якщо *ВНД* більше, ніж задана зовнішня норма дисконту. У разі, коли важливе значення має термін, після якого вкладені кошти матимуть віддачу, кращим вважатиметься варіант з найменшим терміном окупності.

Для розрахунку показників ефективності заходів по підвищенню безпеки руху, використовують наступні розрахункові формули:

Інтегральний ефект ( $E_{int}$ )

$$E_{int} = \sum_t^T \frac{(R_t - Z_t)}{(1 + T)^t} - \sum_t^T \frac{K_t}{(1 + T)^t}, \quad (A.5)$$

де  $R_t$  – ефект від зниження числа ДТП в році  $t$ ;

$Z_t$  – поточні витрати в році  $t$ ;

$K_t$  – одноразові витрати в році  $t$ ;

$E$  – норма дисконту;

$T$  – момент закінчення розрахункового періоду.

Індекс доходності ( $ID$ )

$$ID = \sum_t^T \frac{(R_t - Z_t)}{(1 + E)^t} \div \sum_t^T \frac{K_t}{(1 + E)^t}. \quad (A.6)$$

Строк окупності ( $t_{ок}$ ) визначається з рівняння

$$E_{int} = 0, \text{ для } 0 < t < T,$$

при цьому для усіх  $t^3 t_{ок}$  повинна виконуватися умова  $E_{int}^3 0$ .

Інтегральні витрати:

$$Z_{int} = \sum_{t=0}^T \frac{Z_t}{(1 + E)^t} - \sum_{t=0}^T \frac{K_t}{(1 + E)^t}. \quad (A.7)$$

Ефект від проведення заходів по підвищенню безпеки руху полягає, в першу чергу, в зниженні втрат від дорожньо-транспортних подій, які діляться на три групи :

- втрати, які пов'язані з втратою здоров'я і смертю людей, залучених в ДТП;
- втрати, які пов'язані зі збитком, що заподіюється власності(відновлення транспортних засобів, ушкоджень дороги і дорожніх споруд, вартість пошкоджених вантажів);
- громадські втрати, до яких відносяться витрати, які пов'язані з порушенням нормальних умов руху в зоні транспортної події, і витрати органів ДАІ і судів.

У разі, якщо в результаті заходу по підвищенню безпеки дорожнього руху очікується істотне збільшення швидкості руху автомобілів в транспортному потоці, то за наявності можливості об'єктивно оцінити цю зміну(кількісна оцінка швидкості руху встановлюється розрахунковим методом або на основі цих експериментальних досліджень), слід враховувати ефект від збільшення швидкості руху.

Ефект від проведення заходів із підвищення безпеки руху може бути визначений прямим розрахунком за формулою:

$$R_t = A_{1t} \cdot C_1 + A_{2t} \cdot C_2, \quad (A.8)$$

де  $A_{1t}$ ,  $A_{2t}$  – очікуване протягом  $t$  років зниження кількості загиблих і поранених в ДТП;

$C_1$ ,  $C_2$  – середні вартості втрат від одного ДТП із смертельним результатом і пораненням.

На прикладі конкретної ділянки МК ДТП було проведено порівняльний аналіз ефективності заходів (комплексів) з забезпечення безпеки руху. У першому розрахунку було використано сучасні технічні засоби організації дорожнього руху, у другому – капітальні вкладення.

*Початкові дані.* На км 117 національної автомобільної дороги державного значення Н-21 Старобільськ – Луганськ – Красний Луч – Макіївка – Донецьк Іб категорії з чотирма смугами руху в 2009 р. виявлена стабільна ділянка концентрації ДТП протяжністю 1000 м, на якій впродовж останніх п'яти років сталося 10 ДТП з потерпілими. У цих ДТП загинуло 5 чоловік і отримали поранення 8 чоловік. МК ДТП знаходиться в межах населеного пункту (с. Георгіївка Лутугинського району Луганської області).

Основні причини скоєння 5 ДТП – наїзд на пішохода, 3 ДТП – зіткнення транспортних засобів, що рухалися на зустріч один одному.

Основні характеристики дорожніх умов на ділянці концентрації ДТП :

- інтенсивність руху – 8050 авт./добу;
- ширина проїжджої частини – 16,5 м (загальна ширина чотирьох смуг проїзної частини 15 м, загальна ширина двох укріплювальних смуг узбіччя 1,5 м);
- показник рівності і коефіцієнт зчеплення відповідають нормативним вимогам;
- подовжній ухил – 15 ‰;
- зовнішнє освітлення у наявності.

У результаті діагностики даної ділянки концентрації ДТП встановлені наступні елементи і характеристики дороги, що не відповідають нормативним вимогам:

- недостатньо обладнаний пішохідний перехід (знос розмітки більш 50%, відсутні дорожні знаки 5.35.1, 5.35.2);
- розділювальна смуга виражена тільки у вигляді розмітки 1.3.

*Вибір основних заходів по підвищенню безпеки дорожнього руху.* Аналіз аварійності на даній ділянці показав, що практично всі ДТП (8) сталися у темний час доби, 2 ДТП сталися о 15-00 та 17-00, але відповідно у листопаді та грудні (сутінки). Через ці фактори можна зробити попередній висновок, що серед іншого причиною аварій стала недостатня видимість об'єктів на дорозі та стомлення (або засинання) водіїв.

На основі аналізу результатів діагностики на даній ділянці концентрації ДТП можливе здійснення наступних заходів:

*Перший комплекс (варіант):*

- нанесення червоно – білої горизонтальної дорожньої розмітки на пішохідному переході;
- встановлення ВРД – 3;
- встановлення знаків 5.35.1, 5.35.2 на жовтому тлі;
- встановлення панно «Водій! Збав швидкість» на жовтому фоні;
- встановлення засобу примусового зниження швидкості «лежачий поліцейський» з двох сторін від пішохідного переходу по ходу руху автомобілів;
- разом із розміткою 1.3 влаштування шумових смуг на осі дороги за попередньо розробленою схемою.

*Другий комплекс (варіант):*

- влаштування надземного пішохідного переходу;
- влаштування розділювальної смуги шириною 5 – 6 м з переносом проїзної частини за рахунок узбіччя та резерву.

Перераховані заходи по підвищенню безпеки дорожнього руху заносимо до табл. А.2. Відповідно до чинних нормативно-методичних документів встановлена вартість заходів і строк їх служби. За розрахунковий період береться найбільший строк служби заходів, що розглядаються.

*Оцінка економічної ефективності заходів з підвищення безпеки дорожнього руху.* Для оцінки економічної ефективності заходів по підвищенню безпеки руху вимагається:

- спрогнозувати по роках розрахункового періоду число ДТП з потерпілими, які стануться при невиконанні заходів по підвищенню безпеки дорожнього руху на даній ділянці;
- вибрати по табл. А.2 коефіцієнти, що характеризують вплив даних основних заходів по підвищенню безпеки дорожнього руху на зниження числа ДТП;



- за формулою (А.1) (при двох і більше заходах із підвищення безпеки дорожнього руху) для кожного наміченого комплексу заходів по роках розрахункового періоду встановити середню ймовірність зниження числа дорожньо-транспортних пригод на ділянці концентрації ДТП в результаті їх повної реалізації;

- за формулою (А.2) для кожного року розрахункового періоду встановлюється очікуване зниження числа ДТП в результаті реалізації вибраних комплексів заходів.

Таблиця А.2 – Основні заходи комплексів

| Комплекс заходів | Основні заходи комплексу                                                                  | Ймовірність зниження ДТП ( $P_m$ ), табл. А.1 | Строк служби $t_M^{сл}$ років | Вартість заходів, грн. |
|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------|------------------------|
| 1                | 1) Влаштування червоно-білої розмітки (15 п.м.);                                          | 0,26                                          | 3                             | 4200                   |
|                  | 2) встановлення ВРД – 3 (30 шт.);                                                         | 0,23                                          | 5                             | 2100                   |
|                  | 3) встановлення знаків на жовтому тлі (4 шт.);                                            | 0,44                                          | 1                             | 1600                   |
|                  | 4) встановлення панно «Водій! Збав швидкість»;                                            | 0,20                                          | 3                             | 3000                   |
|                  | 5) встановлення засобу примусового зниження швидкості «лежачий поліцейський» (2 шт.);     | 0,21                                          | 5                             | 9000                   |
|                  | 6) разом із розміткою 1.3 влаштування шумових смуг на вісі дороги (1 км).                 | 0,12                                          | 5                             | 1050                   |
| 2                | 1) Влаштування надземного пішохідного переходу (27 п.м., заввишки 5 м);                   | 0,24                                          | 5                             | 3370000                |
|                  | 2) влаштування розділювальної смуги шириною 5 – 6 м. з переносом проїзної частини (1 км). | 0,12                                          | 5                             | 2750000                |

На даній стабільній ділянці концентрації ДТП є привід вважати, що рівень аварійності транспортних засобів і надалі матиме такий же характер. Припустимо, що тяжкість ДТП, які стануться при невиконанні заходів по підвищенню безпеки дорожнього руху, також матиме стабільний характер і в середньому на 1 ДТП складе 0,5 – загиблих і 0,8 – поранених. Ці значення використовуються при

підрахунку ефекту, що виражається в скороченні втрат від загибелі і поранення людей, за формулою (А.8).

Результати розрахунку по встановленню прогнозованих параметрів, необхідних при розрахунку економічної ефективності, занесені до табл. А.3 та показано на рис. А.1, А.2.

Таблиця А.3 – Розрахунки по встановленню прогнозованих параметрів, необхідних при розрахунку економічної ефективності

| Прогнозові показники                                                                                   | Значення прогнозованих показників по роках розрахункового періоду |      |      |      |      | Разом |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|-------|
|                                                                                                        | 1                                                                 | 2    | 3    | 4    | 5    |       |
| 1. Очікуване число ДТП з потерпілими за відсутності заходів по підвищенню безпеки дорожнього руху, шт. | 2                                                                 | 2    | 2    | 2    | 2    | 10    |
| 2. в результаті реалізації заходів по стратегії : 1                                                    | 0,23                                                              | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,23 |       |
| 2                                                                                                      | 0,13                                                              | 0,13 | 0,13 | 0,13 | 0,13 |       |
| 3. Очікуване число відвернених ДТП в результаті реалізації заходів по стратегії: 1                     | 0,46                                                              | 0,46 | 0,46 | 0,46 | 0,46 |       |
| 2                                                                                                      | 0,26                                                              | 0,26 | 0,26 | 0,26 | 0,26 |       |

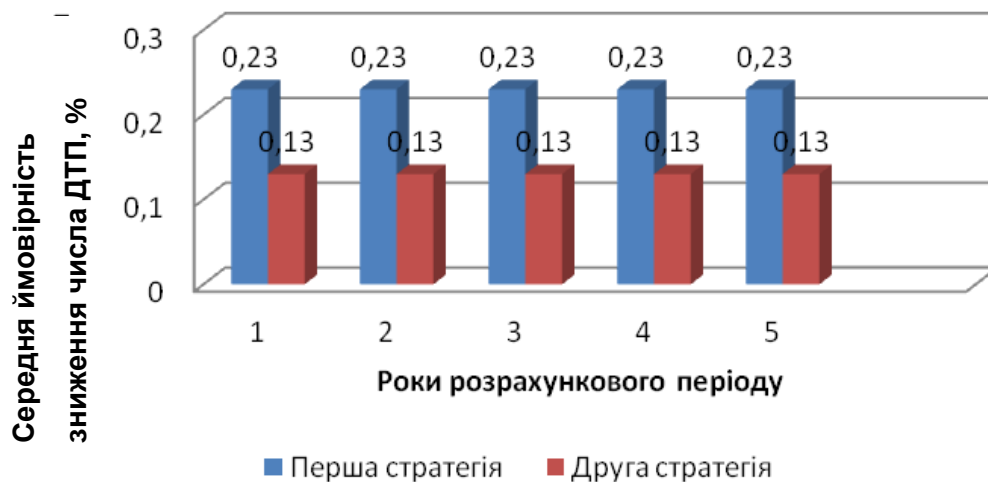


Рисунок А.1 – Ймовірність зниження ДТП у результаті реалізації заходів

Для розглянутого випадку не вдалося встановити на скільки зміниться середня швидкість руху транспортного потоку на км 117 автомобільної дороги Н-21 в результаті реалізації заходів, що входять в комплекс 1, тому в цьому

прикладі в якості оцінки ефекту в рік  $t$  приймаємо вартість відвернених в результаті реалізації комплексів заходів втрат від загибелі і поранення людей рівну  $R_t$ .

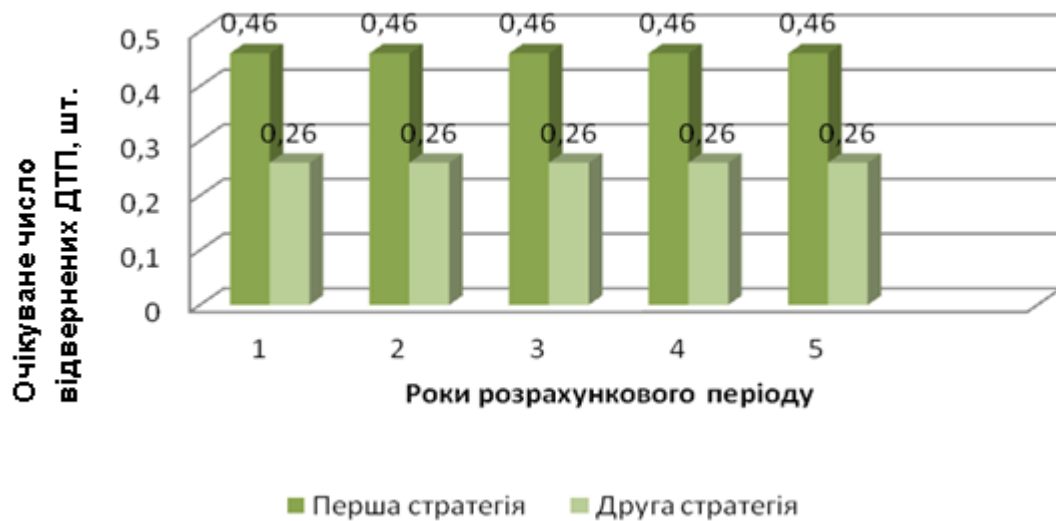


Рисунок А.2 – Кількість відведених ДТП у результаті реалізації заходів

Грошова вартість поточних витрат не враховувалася у зв'язку з її незначністю порівняно з вартістю першого та другого комплексів запропонованих заходів.

Розрахунок показників економічної ефективності здійснюється за формулами (А.5 – А.8). Зведені результати розрахунку показників економічної ефективності заходів наведені в табл. А.4.

Таблиця А.4 – Розрахунки показників економічної ефективності заходів

| Роки            | Комплекс заходів |                        |              |                        |
|-----------------|------------------|------------------------|--------------|------------------------|
|                 | 1                |                        | 2            |                        |
|                 | $R_t$ , грн.     | $R_t / (1+E)^t$ , грн. | $R_t$ , грн. | $R_t / (1+E)^t$ , грн. |
| 1               | 59400*           | 53035                  | 59400        | 53035                  |
| 2               | 59400            | 26517                  | 59400        | 26517                  |
| 3               | 59400            | 17678                  | 59400        | 17678                  |
| 4               | 59400            | 13258                  | 59400        | 13258                  |
| 5               | 59400            | 10607                  | 59400        | 10607                  |
| <b>Всього</b>   |                  | <b>121098</b>          |              | <b>121098</b>          |
| $E_{інт}$       |                  | <b>7547</b>            |              | <b>-1247959</b>        |
| $ІД$            |                  | <b>2,8</b>             |              | <b>0,019</b>           |
| $t_{ок}$ , міс. |                  | <b>7</b>               |              | <b>214</b>             |

## ДОДАТОК Б

### ПРОГРАМА РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ З ІМІТАЦІЇ ПРОЦЕСУ ВИНИКНЕННЯ ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНОЇ ПРИГОДИ

Нижче наведена програма розв'язання задач з імітації процесу виникнення дорожньо-транспортної пригоди (оцінка ризику ДТП), яка базується на використанні методу Рунге-Кутта.

```

PROGRAM osipov_ol_dodatok_DIS_1;
  USES graph,Crt,Dos;
  Const  q=4;qq=8;rok=1;
  TYPE
    flt=extended{Doublereal};
    func=function(x:FLT):FLT;
    Af=array[0..q] of flt;    func3=
  PROCEDURE (N:integer;var z:Af;var y:Af;H,x,w:flt);
    zu=record
      st,mi,se,ms:word
    end;
  VAR
    z,y:Af;
    z1,z2:zu;
    ii:char;
    kc,lc,gr1,gr2,osch,n,m,l,k:integer;
    i,j,Ih,Kh,Kh1,Kh2,Kh3,Kh4,Kh5:integer;
    r,p,yu,pq,w,u,v,s:FLT;
    a,b,c,d,x,dx,dy,x1,x2,y1,y2: flt{ real Double};
    {$f+}{ДИРЕКТИВА використання зовнішньої функції}
  PROCEDURE  uz(var zz:zu);
    {Опрос поточного часу таймеру}
  begin
    with  zz do
      begin gettime(st,mi,se,ms); end
  end;

  FUNCTION Brt (var zk,zh:zu):real;
  {Фіксація реактивності фрагменту програми в секундах:
   zk – поточний час кінця, а zh -час початку рахунку }
  var
    sk,so:real;
  begin
    sk:= zk.st*3600.0+zk.mi*60.0+zk.se +zk.ms/100.0;

```

```

        so:= zH.st*3600.0+zH.mi*60.0+zH.se +zH.ms/100.0;
        sk:=sk-so;
        Brt:=sk;
writeln('Підраховано за =>',sk:10:5,'сек');
end;
        FUNCTION Fp(var z:Af;var y:Af;x,w:flt):FLT;
        {Вирахування правих частин
        диференціальних рівнянь для методу РУНГЕ - КУТТА}
        var
        r:flt;
        i:integer;
        begin
        z[1]:=1/pi*cos(0*x-w*5*sin(X));
        z[2]:=1/pi*cos(1*x-w*sin(X));
        {1 -2 Функції Бесселя} { 0 и 1 порядку}
        z[3]:=0{2/sqrt(PI)*exp(-sqr(x*5))}; { 3-4 erf(x)}
        z[4]:=0{2/sqrt(PI)*exp(-x*x)};
        fp:=w;
        END;
        FUNCTION Fv(var z:Af;var y:Af;RGK:FUNC3):FLT;
        {Підінтегральна функція інтегрального рівняння}
        var
        A,B,DX,X,r:flt;
        N,i,j:integer;
        begin
        a:=0.0;b:=pi; N:=250;
        y[1]:=0; y[2]:=0;y[3]:=0;y[4]:=0;
        {Поч. умов для ДІФ. РІВН.}
        dx:=(b-a)/n;x:=a;
        for i:=0 to n do
        BEGIN
        x:=a+i*DX; RGK(q,z,y,Dx,x,w);    END;
        fv:=r;
        END;
        PROCEDURE RGK(N:integer;var z:Af;var y:Af;H,x,w:flt);
        {Крок по формулам методу Рунге - Кутта}
        var fk:array[1..4,1..q] of flt;
        y1:Af; i:integer; r:flt;
        BEGIN
        r:= Fp(z,y,x,w);
        for i:=1 to n do
        begin fk[1,i]:=h*z[i]; y1[i]:=y[i]+0.5*fk[1,i];end;
        r:= Fp(z,y1,x,w);
        for i:=1 to n do
        begin fk[2,i]:=h*z[i];y1[i]:=y[i]+0.5*fk[2,i];end;
        r:= Fp(z,y1,x+0.5*h,w);

```

```

for i:=1 to n do
    begin fk[3,i]:=h*z[i];  y1[i]:=y[i]+0.5*fk[3,i];
end;

r:= Fp(z,y1,x+h,w);
for i:=1 to n do
    begin fk[4,i]:=h*z[i];  y[i]:=y[i]+
0.1666666666666666*(fk[1,i]+2.0*fk[2,i]+2.0*fk[3,i]+fk[4,i]);
end;

r:= Fp(z,y,x,w);
END;
{Кінець описательної частини}
BEGIN {Початок програми}
write('Введіть А і В'); { readln( A,B); } a:=-0.1;b:=20;
{Г Р А Ф І К И} uz( z1);
gr1:=9; gr2:=2; initgraph(gr1,gr2,'C:\Bp\bgi');
osch:=graphresult;
if osch<>grok then begin
    writeln(grapherrormsg(osch));
    writeln('grapherror->osch');
    closegraph; halt;
end;

clearViewport;setbkcolor(0);setcolor(15);
k:=getmaxx;l:=getmaxy; m:=1;n:=k;
dx:=(b-a)/n;x:=a;
for i:=1 to n-3 do
    {Визначення MAX и MIN інт. кривих}
    BEGIN
x:=a+i*DX; w:=X; y1:= FV(z,y,RGK);
for j:=1 to q do
    begin r:=y[j];
if r<c then begin c:=r; end
else if r>d then begin d:=r; end
end;
END; if d<1.2 then d:=1.2;
x:=a; dy:=(d-c)/m;
Ih:=1;Kh:=1; yy:=0; pq:=2/sqrt(PI)*exp(0)*dx/3;
x2:=0; s:=4; y2:=0;
for i:=1 to n-3 do
    BEGIN
x:=a+i*DX; w:=X; s:=6-s;
y1:= FV(z,y,RGK); y1:=Y[1]*y[2]; K:=M-ROUND((y1-C)/(Dy));
if Kh=1 then begin Kh2:=k;Kh3:=K; Kh1:=k; Kh4:=k;Kh5:=K;
end;
for j:=3 to q do
    begin

```

```

    kc:=i mod 15;
if j=3 then begin  y1:=Y[1]*y[2];
    K:=M-ROUND((y1-C)/(Dy));Kh:=Kh2;
    LINE(Ih-1,Kh-1,I-1,K-1);  LINE(Ih,Kh,I,K);
    Kh2:=k;
    Circle(I,K,rok); end
    else
        if j=4 then
begin
    yy:=yy+2*s/3*y[1]*y[2]/w*dx*exp(-sqr(w));
    y1:=yy; kc:=5;
        K:=M-ROUND((y1-C)/(Dy));Kh:=Kh1;
    LINE(Ih-1,Kh-1,I-1,K-1);  LINE(Ih,Kh,I,K);
        Circle(I,K,rok);Kh1:=k;
    end
        else  y1:=y[j];
    end;
    kc:=i mod 15;
    for j:=2 to  q  do
        begin
if j=2 then
    begin
        pq:=pq+y[2]/w*s*(1-2/sqrt(PI)*
            exp(-5*w*w))*dx/3;
        y1:=pq; K:=M-ROUND((y1-C)/(Dy));Kh:=Kh3;
    LINE(Ih-1,Kh-1,I-1,K-1);LINE(Ih,Kh,I,K);
    Kh3:=k; Circle(I,K,rok); end;
        if j=3 then
            begin
                x2:=x2+y[1]*y[2]/w*2*s/sqrt(PI)*
                    exp(-sqr(w*5))*dx/3;
                y1:=x2; K:=M-ROUND((y1-C)/(Dy));Kh:=Kh4;
                LINE(Ih-1,Kh-1,I-1,K-1);LINE(Ih,Kh,I,K);
                Kh4:=k; Circle(I,K,rok); end;
if j=4 then
            begin y2:=y2+s/3*y[2]/(w)*dx;y1:=y2;
                kc:=5; K:=M-ROUND((y1-C)/(Dy));Kh:=Kh5;
                LINE(Ih-1,Kh-1,I-1,K-1);LINE(Ih,Kh,I,K); Kh5:=K;
                { PUTPIXEL(I-1,K-1,KC);PUTPIXEL(I,K,KC); }
                Circle(I,K,rok); end ;
            end;
        ih:=i;  END;
        {Кінець циклу побудови інтегральних кривих}
        { В І С І К О О Р Д И Н А Т }
        k:=getmaxx;l:=getmaxy;  m:=1;n:=k;

```

```

dx:=(b-a)/n;x:=a;  j:=1;  dy:=(d-c)/m;
lc:=M-ROUND((-C)/(Dy));  Kc:=ROUND((-a)/(Dx));
  line(kc,0,kc,1);line(0,lc,n,lc);
    for i:=0 to N DIV 10  do
      begin
        X:=a{+Kc*DX}+i*10*dx;
        K:=ROUND((X-a)/(Dx));  line(k,lc-2,k,lc+2);
      end;
    line(k,lc-5,k+10,lc);
      line(k,lc+5,k+10,lc);
    Kc:=ROUND((-a)/(Dx));
      for i:=0 to M DIV 10  do
        begin
          X:=C+{(M-LC)*dy+}i*10*dy;
          K:=M-ROUND((X-c)/(Dy));
        line(kc-2,k,kc+2,k);
        end;
      K:=M-ROUND((d-c)/(Dy));
        line(kc-5,k+10,kc,k);
          line(kc+5,k+10,kc,k);
            uz(  z2);
          repeat until keypressed;
            closegraph;
        yy:= Brt ( z2,z1);
        writeln('a=',yy,' b=',pq,' c=',c,'d=',d);
        read(ii);
      end.{Кінець програми osipov_ol_dodatok_DIS_1}

```



# ДОДАТОК В

## ПРОГРАМА РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ ДЛЯ ЛОКАЛЬНОЇ АПРОКСИМАЦІЇ ЕМПІРИЧНИХ ДАНИХ У ЗАДАЧАХ МОДЕЛЮВАННЯ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКУ

Нижче наведена програма розв'язання задач для локальної апроксимації емпіричних даних у задачах моделювання транспортного потоку.

Розв'язок надано у вигляді графіків.

```

PROGRAM osipov_ol_dodatok_DIS_B;
  uses graph,Crt,Dos;
  Const c=104;chs=5;cls=11;
  TYPE
    flt=extended{Doublereal};
    zu=record
      st,mi,se,ms:word end;
    fl=array[0..c] of flt;
    fl1=array[0..c,1..4] of flt;
    f3=string[20];

  VAR
    II,q,qq:char;
    z2,z1:zu;
    a2,b2,c2,D2:flt;
    w,ag:fl;
    ves:fl1;
    n,zzz,az,nr:integer;
    kc,lc,gr1,gr2,osch,m,l,k,i,j,Ih,
    Kh,Kh1,Kh2,Kh3,Kh4,Kh5:integer;
    r,p,yu,pq,u,v,s:FLT;
    a,b,d,x,dx,dy,x1,x2,y1,y2: flt;
    {$f+}  {ДИРЕКТИВА використання зовнішньої функції}

  PROCEDURE killbuf;
var c : char;
begin
  while Keypressed do c:=readkey;
end;
{**Формування  або ввід
  з КЛАВІАТУРИ  В И Б І Р К И**}
  PROCEDURE formm(var w,f:fl);

```

```

var j,i,n:integer;
A,B,di,osh,fx,x,h,hx:flt;
u,v,z,u1,v1,z1,v2,v3:f3;
q,qq:char;
{***формування тексту для діалогу і висновок ****}
FUNCTION nPR( u,v,z:f3):char;
BEGIN
  writeln(u+v+z+'-відповідь y/n'); readln(q);npr:=q;
END;
{*****Формування або ВВод *****}
BEGIN
  u:=' Ви задаєтеся==> ';
  v:='A,B -Областью опр. и ч-лом узлов? ';
  u1:=' индексом і ош-кой=> ';
  v1:='ВВОДИТЕ дані з клавіатури?';
  v2:='ВВОДИТЕ '; v3:='пару:Xi и Fi ';
  Q:= NPR(v1,' ',' '); qq:=q;
  if('y'=q) then BEGIN
    for i:=0 to c do
      begin
        write(v2,i,v3);
        readln(W[I],f[i]);
      end
    END else
      begin
        Q:= NPR(u,v,' ');
        if('y'=q) then readln(A,B,N)
        else
          begin A:=0.0;b:=1.0;N:=c; end;
        end;
        Hx:=(b-a)/n;
        for i:=0 to c do
          begin
            x:=A+hx*(i); h:= 0.204*abs(SIN(50*X));
            if((i <16)and(i>11))or((i <52)and(i >47))
            or((i <67)and(i>63))or((i <104)and(i >98))
            then h:=abs(h)*5;
            fx:=h-0.1666666*x*x*x+0.5*x*x+0.95*x+0.1;
            w[i]:=x;
            h:=(random-0.5)/16;h:=sqr(h)*h*H*0.025;
            f[i]:=h+fx;
          end;
        END;
      END;
PROCEDURE UPRI(a:fl;j,k:integer);
  var i :integer;

```

```

BEGIN
writeln;
  for i:=j to k do
    begin
      write( a[i]:6:3);
      if i mod 10 =0 then
        begin write(' ',i:4);   writeln; end;
      end;
    END;
FUNCTION S_sign(var w, ag:fl;n:integer):integer;
VAR
nmn,ism,isb, is, im,imi,i,j,x :integer;
  mot,mop,mou,rm,rmi,r,s,t,moS,mos_ :flt;
  D, td,ud:fl;
  q,qud:char;
  u,v,ww:string[20];
PROCEDURE gripu(var a,b,c,d:flt;ix,jy:integer);
var
  p,q,osch,k,l,lc,m,n,ll,i,j,gr1,gr2:integer;
  v3,u3,v1,u1,h,z,r,v,u,ag1,x,ai,dx,dy,y,G:flt;
mf,af:fl;
  PROCEDURE MiSP(var a:fl;j,k:integer);
  var i,Q :integer;
  x,y:flt;
  BEGIN   a[0]:=0;Q:=4;
    for i:=j to k do
      begin
{ IF I<(K-Q) THEN mnkp(a2,b2,c2,D2,I,I+J); }
      x:=w[i];

      a[i]:=A2*x+B2;
      end;
    END;
  PROCEDURE SGLAJ(var a:fl;j,k:integer);
  var i :integer;
  x,y:flt;
  BEGIN   a[0]:=0;
    for i:=j to k do
      begin
x:=w[i];y:=af[i];
      a[i]:=0.005*x*x+0.05*x+0.1;
      end;
    END;

  PROCEDURE mnkp(var aa,bb,cc,DD:flt;il,ir:integer);

```

```

{**ПРОЦУДНРА, реализующая МНК для локальной аппроксимации
эмпирических данных КУБИЧЕСКОЙ параболой*****}
type
    m45=array[1..4,1..5] of flt;
    m4=array[1..4] of flt;
    mB=array[1..11] of flt;
var
    d,s,r,t,u,v:flt;
    x,f:fl;
    a,q:m45;
    bx:MB;
    d1,b:m4;
    i,j,k:integer;
    {*****Подпрограмма, реализующая метод
Гаусса*****}
    PROCEDURE Gauss(n:integer; Var a:m45; Var x:m4; Var
s:flt);
Var
    i,j,k,l,k1,n1 : integer;
    r
        : flt;
Begin
    n1:=n+1;
    For k:=1 to n do
        Begin
            k1:=k+1;
            s:=a[k,k];
            j:=k;
{**** Установка максимальных по модулю элементов***
на главной диагонали *****}
            For i:=k1 to n do
                Begin
                    r:=a[i,k];
                    If Abs(r) > Abs(s) then
                        Begin
                            s:=r;
                            j:=i;
                        End;
                End;
            End;
            If s=0.0 then exit;
            If j<>k then
                For i:=k to n1 do
                    Begin
                        r:=a[k,i];
                        a[k,i]:=a[j,i];
                        a[j,i]:=r;

```

```

    End;
    {*****Прямой ход метода*****}
    For j:=k to n1 do
    a[k,j]:=a[k,j]/s;
    For i:=k1 to n do
    Begin
        r:=a[i,k];
        For j:=k1 to n1 do
            a[i,j]:=a[i,j]-a[k,j]*r;
        End;
    End;
    {**** Обратный ход метода ****}
    If s<>0.0 then
    For i:=n downto 1 do
    Begin
        s:=a[i,n1];
        For j:=i+1 to n do
            s:=s-a[i,j]*x[j];
        x[i]:=s;
    End;
    End;
    {*****Формирование Системы НОРМАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ*****}
    PROCEDURE mnk1(var b:MB;p,q:integer);
    var s,r,t,u,v:flt;
    PF,QF,n,i,j,k:integer;
begin
    for i:=1 to 11 do
        b[i]:=0;
    for i:=P to Q do
    BEGIN
        r:=x[i]; U:=r*r; t:=r*r*R; s:=f[i];
        b[1]:=b[1]+T*T; b[2]:=b[2]+U*T;b[3]:=b[3]+R*T;
        b[4]:=b[4]+T; b[5]:=b[5]+U;b[6]:=b[6]+R;
        b[7]:=b[7]+1; b[8]:=b[8]+s*T; b[9]:=b[9]+s*U;
        b[10]:=b[10]+s*R; b[11]:=b[11]+s;
    END;
    end;{mnk1}
begin
    {Формирование СЛАНУ}
        X:=W;F:=AG;
        I:=IL;J:=IR;
        mnk1(bx,I,J);
        for i:=1 to 4 do
        for j:=1 to 4 do
            A[i,j]:=bx[i-1+j];
        for j:=1 to 4 do

```

```

begin
  A[j,5]:=BX[7+j];
end;
q:=A;
gauss(4,a,d1,s);
aa:=d1[1];bb:=d1[2];
cc:=d1[3]; DD:=d1[4];
end;

BEGIN      k:=0; i:=0; n:=ix;j:=chs;
p:=0;q:=N;      for i:=0 to N do
begin
IF I<(N-4) THEN mnkp(a2,b2,c2,D2,I,I+4);
x:=w[i];
MF[i]:=A2*x+B2;
end;{MiSP(mf,1,ix);}
upri(mf,0,n);
mnkp(a2,b2,c2,D2,p,q);
ves[0,1]:=a2;ves[0,2]:=b2;
ves[0,3]:=c2;ves[0,4]:=D2;
{ЗДЕСЬ СТОИТ процедура СГЛАЖИВАНИЕ}
writeln(' A=',a2,' B=',b2,' C=',c2,'
D=',D2,k:5,i:4);
i:=0; n:=ix;j:=cLs;
for I:=1 TO N-J DO
BEGIN
mnkp(a2,b2,c2,D2,I,I+J);
ves[i,1]:=a2;ves[i,2]:=b2;ves[i,3]:=c2;ves[i,4]:=D2;
{ writeln(' A=',a2,' B=',b2,' C=',c2,'
D=',D2,k:5,i:4);}
END ;
writeln(' A=',a,' B=',b,' C=',c,' d',d);
readln(qq);
{*****ВЫВОД на ГРАФИК*****}
gr1:=1;gr2:=1;
initgraph(gr1,gr2,'C:\Bp\bgi');
osch:=graphresult;
if osch<>grok then
begin
write('O-ka GR GR GR ');
writeln(grapherrormsg(osch));
closegraph;
HALT;
end;
clearViewport;

```

```

        setbkcolor(0);
        setcolor(15);
k:=getmaxx;l:=getmaxy;  n:=k;m:=1;{  n:=m;}
    DX:=(B-A)/N; X:=A; I:=0;J:=(k div ix);c:=c;
    dy:=(d-c)/m; y:=c;  k:=0;
    while k<n do
    begin
        inc(i);
        inc(k,j);
    if i<ix then begin g:=ag[i]; x:=w[i];
                    l:=round((g-c)/dy);
putpixel(round((x-a)/dx),m-1,14);
        end;
        k:=getmaxx;l:=getmaxy;      n:=k;m:=1;
        DX:=(B-A)/N; X:=A; I:=0;J:=(k div ix)+1;c:=c;
        dy:=(d-c)/m; y:=c;  k:=0; H:=(B-A)/IX;
        for i:=1 TO n DO
        begin
            X:=a+i*dx;          k:= round((x-a)/H);
            IF K<(IX-CLS) THEN
            BEGIN a2:=ves[k,1];b2:=ves[k,2];
            c2:=ves[k,3];D2:=ves[k,4];END;
            g:=((a2*x+b2)*x)+c2)*X+D2;
            l:=round((g-c)/dy);
putpixel(i,m-1,5);
        end;
            k:=getmaxx;l:=getmaxy;      n:=k;m:=1;
            DX:=(B-A)/N; X:=A; I:=0;J:=(k div ix)+1;c:=c;
            dy:=(d-c)/m; y:=c;  k:=0;

a2:=ves[0,1];b2:=ves[0,2];c2:=ves[0,3];D2:=VES[0,4];
        for i:=1 TO n DO
        begin
            X:=a+i*dx;

            g:=((a2*x+b2)*x)+c2)*X+D2;
            l:=round((g-c)/dy);
putpixel(i,m-1,2);

        end;
            k:=getmaxx;l:=getmaxy;      n:=k;m:=1;{  n:=m;}
            DX:=(B-A)/N; X:=A; I:=0;J:=(k div ix)+1;c:=c;
            dy:=(d-c)/m; y:=c;  k:=1;  MiSP(mf,1,ix);
            h:=(B-A)/ix;
            for i:=1 TO n DO

```

```

BEGIN
X:=a+i*dx;                      k:= round((x-a)/H);

    g:=mf[k];r:=mf[k+1];z:=w[k];v:=w[k+1];u:=v-x;
    u3:=u*sqr(u);u1:=u;u:=x-z;
    v3:=u*sqr(u);v1:=u;u:=x-z;
    g:=g*u3/(6*h)+r*v3/(6*H)+(ag[k]-g*H*H/6)*u1/h+
    (ag[k+1]-r*H*H/6)*v1/h;

                                l:=round((g-c)/dy);
putpixel(i,m-1,7);              END ;
{СПЛАЙН-АППРОКСИМАЦИЯ}
    k:=getmaxx;
    l:=getmaxy;n:=k;dx:=(b-a)/n;
    m:=1;kc:=k div 2;              dy:=(d-c)/m;
    k:=round(-a/dx);    lc:=round(-c/dy);  lc:=m-lc;
    line(k,5,k,l-5);
    line(0,lc,n,lc);
    for i:=0 to n div 10 do
    begin
        X:=A+I*10*DX;
        k:=round((x-a)/dx);
        line(k,lc-2,k,lc+2);
    end;
    line(k,lc-5,k+10,lc);
    line(k,lc+5,k+10,lc);
    k:=round(-a/dx);
    for i:=1 to m div 10 do
    begin
        y:=c+I*10*Dy;
        lc:=round((y-c)/dy);
        line(k-2,lc,k+2,lc);
    end;
    k:=round(-a/dx);
    line(k-5,m-lc,k,0);
    line(k+5,m-lc,k,0);
    repeat until keypressed;
    closegraph;
END;

PROCEDURE mmij(var l,t:flt;var il,ir:integer);
var r:flt;
i:integer;
begin
    l:=ag[1];t:=1;  ir:=1;  il:=1;

```



```

    for i:=0 to N do
    begin
        r:=ag[i];
        if (t<r) then
            begin t:=r;ir:=i end ELSE
        if (l>r) then
            begin l:=r;il:=i;end;
        end;
    END;
BEGIN nm:=c;
    mmi (rmi,rm,imi,im);
        s:=w[1];t:=w[c]; n:=c;
    gripu(s,t,rmi,rm,c,n);
        killbuf;
    END;

    begin
        clrscr;
        formm(w,ag);
    { upri(w,0,c); upri(ag,0,c); }
        zzz:=S_sign(w,ag,c);
        readln;
    End.

```

**ДОДАТОК Г**  
**АКТИ, ДОВІДКИ, ПАТЕНТИ ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ**  
**ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ**



### АКТ

**Про упровадження у навчальний процес Державного вищого навчального закладу «Луганський будівельний коледж» наукових досліджень викладача спецдисциплін Осипова В.О. за напрямком «Організація і правила дорожнього руху»**

Комісія у складі:

Голова – методист коледжу Сацик Л.Г.

Члени комісії – голова циклової комісії автодорожньої дисциплін Захарч А.І., викладачі спецдисциплін Стрельнікова Л.М. Копець Ю.В.

цим актом засвідчує, що наукові результати дисертаційного дослідження викладача спецдисциплін Осипова В.О. використовуються при підготовці проведення лекцій, практичних та семінарських занять відповідно тем організації дорожнього руху, що дозволило підняти науковий рівень викладання навчального матеріалу. Отримані наукові результати дозволяють розробити Методичні рекомендації по облаштуванню нерегульованих наземних пішохідних переходів сучасними технічними засобами організації дорожнього руху, які використовуються у рамках вивчення студентами курсу спеціальності 5.06010109 «Будівництво, експлуатація та ремонт автомобільних доріг і аеродромів» навчальної дисципліни «Організація і правила дорожнього руху».

Акт виконано у 4 (чотирьох) примірниках.

Голова комісії: Сацик **Л.Г. Сацик** викладач вищої кваліфікаційної категорії, викладач-методист

Члени комісії: Захарч **А.І. Захарченко** викладач вищої кваліфікаційної категорії

Стрельнікова **Л.М. Стрельнікова** викладач другої кваліфікаційної категорії

Копець **Ю.В. Копець** викладач спецдисциплін



## ДОВІДКА

### Про використання науково-дослідних розробок ДВНЗ «Луганський будівельний коледж»

При виконанні робіт з обладнання нерегульованих наземних пішохідних переходів на вулицях і дорогах м. Луганськ враховано *Методичні рекомендації по організації роботи нерегульованих наземних пішохідних переходів з використанням сучасних технічних засобів організації дорожнього руху*, розроблені викладачем спецдисциплін ДВНЗ «Луганський будівельний коледж» ОСИПОВИМ ВАЛЕНТИНОМ ОЛЕКСАНДРОВИЧЕМ у рамках наукових досліджень з безпеки дорожнього руху.



Л.М. Константинова



### ДОВІДКА ПРО ВИКОРИСТАННЯ

При здійсненні навчального процесу Луганської автошколи ВСА (підготовці лекцій та практичних занять відповідно тематики організації дорожнього руху) було враховано та використано матеріали, розроблені у рамках наукового дослідження викладачам Державного вищого навчального закладу «Луганський будівельний коледж» Осиповим Валентином Олександровичем.

Зем. директора ВСА  
Посада  
(печатка)

Карпач С.А.  
Підпис







### ДОВІДКА

Філія «Станично Луганський райавтодор» ДП «Луганський облавтодор» підтверджує, що протягом 2009 – 1012 років викладачем спеціальних дисциплін Державного вищого навчального закладу «Луганський будівельний коледж» Осиповим Валентином Олександровичем на опорній мережі доріг району проводились практичні випробування з поліпшення експлуатаційних якостей дорожніх знаків, а саме:

- випробувався новий тип світлоповертальної інженерної плівки;
- використовувалися дерев'яні стояки дорожніх знаків;
- проводився експеримент щодо захисту дорожніх знаків від налипання мокрого снігу взимку.

Результати практичних випробувань використовуються філією при виконанні робіт по підвищенню безпеки руху транспортних засобів.

Начальник



А.Д. Бабич



### ДОВІДКА

Філія «Станично Луганський райавтодор» ДП «Луганський облавтодор» надає довідку в тому, що у 2011 році викладачем спеціальних дисциплін Державного вищого навчального закладу «Луганський будівельний коледж» Осиповим Валентином Олександровичем на автомобільній дорозі державного значення Р-22 КПП «Красна Талівка» - Луганськ було експериментально застосовано новий тип світлоповертальних елементів на бар'єрній огорожі з використанням мікропризматичної плівки.

Начальник

А.Д. Бабич





Державна служба автомобільних доріг України  
(УКРАВТОДОР)

Служба автомобільних доріг у Луганській області

91000, м. Луганськ, вул. Лівія Залізничі, 9

Телефон: (0642) 52-01-43, 52-52-36

Факс: 59-96-64, 93-10-24

E-mail: lugavtdor@leasat.net

№ 7-р-364 16.09.2013

### ДОВІДКА

Про використання науково-дослідних розробок

Служба автомобільних доріг у Луганській області надає довідку, що при виконанні робіт з облаштування технічними засобами організації дорожнього руху (ТЗ ОДР) ділянки автомобільної дороги державного значення М-04 Знам'янка- Луганськ - Ізварине у межах Лутугинського району, було використано пропозиції щодо встановлення *гнучких сигнальних стовпчиків*, запропонованих *Оситовим Валентином Олександровичем* у рамках його наукових досліджень з удосконалення безпеки дорожнього руху, та впровадження сучасних ТЗ ОДР.

Заступник начальника  
Служби автодоріг

Є.В. Крюков





Державна служба автомобільних доріг України  
(УКРАВТОДОР)

Служба автомобільних доріг у Луганській області

91000, м. Луганськ, вул. Ліній Залізниця, 9

Телефон: (0642) 52-01-43, 52-52-36

Факс: 59-96-64, 93-10-24

E-mail: lugavtodon@leasat.net

№ 7-р-365 16.01.2013

### ДОВІДКА

#### Про використання науково-дослідних розробок

При виконанні робіт з встановлення протиосліплювальних екранів на ділянці автомобільної дороги державного значення Н-21 Старобільськ – Луганськ – Красний Луч – Макіївка – Донецьк на перегоні м. Щастя - сел. Металіст Слов'яносербського району, було використано розрахунок ефективної висоти екрану, запропонований Осиповим Валентином Олександровичем у рамках його наукових досліджень з удосконалення безпеки дорожнього руху.

Заступник начальника  
Служби автодоріг

Є.В. Крюков





ДЕРЖАВНА СЛУЖБА АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ УКРАЇНИ  
(УКРАВТОДОР)

**Служба автомобільних доріг у Луганській області**

91056, м. Луганськ, вул. Лінія Залізниці, 9

Телефон: 52-01-43, 52-52-36 Факс: 59-96-64

" 16 " 01 2003 р.

№ 2-п-366

**ДОВІДКА**

**Про використання науково-дослідних розробок**

Служба автомобільних доріг у Луганській області надає довідку, що підтверджує передачу на використання філіям ДП «Луганський облавтодор» удосконаленого **Методу оцінки безпеки руху ділянок автодоріг та програмного продукту**, запропонованого *Осиповим Валентином Олександровичем* в рамках його наукових досліджень.

Заступник начальника

Служби автодоріг

**Є.В. Крюков**





УКРАЇНА



## ПАТЕНТ

НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

№ 77250

**СПОСІБ ВЛАШТУВАННЯ ШУМОВИХ СМУГ НА ПОКРИТТІ  
АВТОМОБІЛЬНОЇ ДОРОГИ ЗА ДОПОМОГОЮ ДОРОЖНЬОЇ  
ФРЕЗИ**

Видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи  
і корисні моделі".

Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні  
моделі **11.02.2013.**

Голова Державної служби  
інтелектуальної власності України

— М.В. Ковіня



(11) **77250**(19) **UA**(51) МПК (2013.01)  
E01F 9/00(21) Номер заявки: **u 2012 07852**(22) Дата подання заявки: **26.06.2012**(24) Дата, з якої є чинними  
права на корисну модель: **11.02.2013**(46) Дата публікації відомостей  
про видачу патенту та  
номер бюлетеня: **11.02.2013,  
Бюл. № 3**(72) Винахідник:  
**Осипов Валентин  
Олександрович, UA**(73) Власник:  
**ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ  
НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
"ЛУГАНСЬКИЙ  
БУДІВЕЛЬНИЙ КОЛЕДЖ",  
вул. Оборонна, 8, м. Луганськ,  
91031, UA**

(54) Назва корисної моделі:

**СПОСІБ ВЛАШТУВАННЯ ШУМОВИХ СМУГ НА ПОКРИТТІ АВТОМОБІЛЬНОЇ ДОРОГИ ЗА  
ДОПОМОГОЮ ДОРОЖНЬОЇ ФРЕЗИ**

(57) Формула корисної моделі:

Спосіб влаштування шумових смуг на покритті автомобільної дороги за допомогою дорожньої фрези, що передають водію відчуття сильного шумового та вібраційного впливу та змушують його різко підвищити увагу на дорозі, який відрізняється тим, що виконують відфрезеровані (поглиблені) штучні деформації у вигляді смуг.



УКРАЇНА



## ПАТЕНТ

НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

№ 77531

СПОСІБ ЗАХИСТУ ДОРОЖНІХ ЗНАКІВ ВІД НАЛИПАННЯ  
МОКРОГО СНІГУ ЗА ДОПОМОГОЮ РІДКОГО ВОСКУ  
(ЦЕТІОЛАНУ)

Видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи  
і корисні моделі".

Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні  
моделі **25.02.2013.**

Голова Державної служби  
інтелектуальної власності України

— М.В. Ковіня



(11) **77531**(19) **UA**(51) МПК  
**B05D 5/08 (2006.01)**  
**B01J 2/30 (2006.01)**(21) Номер заявки: **u 2012 05004**(22) Дата подання заявки: **23.04.2012**(24) Дата, з якої є чинними  
права на корисну модель: **25.02.2013**(46) Дата публікації відомостей  
про видачу патенту та  
номер бюлетеня: **25.02.2013,**  
**Бюл. № 4**(72) Винахідник:  
**Осипов Валентин**  
**Олександрович, UA**(73) Власник:  
**ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ**  
**НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД**  
**"ЛУГАНСЬКИЙ**  
**БУДІВЕЛЬНИЙ КОЛЕДЖ",**  
вул. Оборонна, 8, м. Луганськ,  
91031, UA

(54) Назва корисної моделі:

**СПОСІБ ЗАХИСТУ ДОРОЖНІХ ЗНАКІВ ВІД НАЛИПАННЯ МОКРОГО СНІГУ ЗА ДОПОМОГОЮ**  
**РІДКОГО ВОСКУ (ЦЕТІОЛАНУ)**

(57) Формула корисної моделі:

Спосіб захисту дорожніх знаків на автомобільних дорогах від налипання мокрого снігу у зимовий період шляхом нанесення на знаки рідкого воску (цетіолану) в аерозолі або розприскувачем, що не дає змогу снігу закривати інформацію на знаках від учасників дорожнього руху.



УКРАЇНА



## ПАТЕНТ

НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

№ 86208

СПОСІБ ВЛАШТУВАННЯ БЕЗПЕЧНОГО ПЕРЕТИНУ  
ІНВАЛІДАМИ ЗОРУ ПРОЇЗНОЇ ЧАСТИНИ АВТОДОРІГ

Видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи  
і корисні моделі".

Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні  
моделі **25.12.2013.**

Голова Державної служби  
інтелектуальної власності України

*M. V. Koviya*  
М.В. Ковія



(11) **86208**(19) **UA**(51) МПК (2013.01)  
E01F 11/00(21) Номер заявки: **u 2013 04046**(22) Дата подання заявки: **01.04.2013**(24) Дата, з якої є чинними  
права на корисну модель: **25.12.2013**(46) Дата публікації відомостей  
про видачу патенту та  
номер бюлетеня: **25.12.2013,  
Бюл. № 24**

(72) Винахідник:

**Осипов Валентин  
Олександрович, UA**

(73) Власник:

**ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ  
НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
"ЛУГАНСЬКИЙ  
БУДІВЕЛЬНИЙ КОЛЕДЖ",  
вул. Оборонна, 8, м. Луганськ,  
91031, UA**

(54) Назва корисної моделі:

**СПОСІБ ВЛАШТУВАННЯ БЕЗПЕЧНОГО ПЕРЕТИНУ ІНВАЛІДАМИ ЗОРУ ПРОЇЗНОЇ ЧАСТИНИ  
АВТОДОРІГ**

(57) Формула корисної моделі:

Спосіб влаштування безпечного перетину інвалідами зору проїзної частини автодоріг, що включає будівництво підвищеного наземного пішохідного переходу, виконаного з гуми.



## ДОДАТОК Д

### СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ ТА ВІДОМОСТІ ПРО АПРОБАЦІЮ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЇ

**Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:**

**Статті у виданнях іноземних держав або у виданнях України, які включені до міжнародних наукометричних баз:**

1. 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.
2. Осипов В. А. Проблема аварийности с участием пешеходов на улицах и дорогах населенных пунктов // *ОРАЛДЫҢҒЫЛЫМЖАРШЫСЫ*. 2012. № 2 (38). С. 109-116.
3. Осипов В. А. Световозвращающие элементы на верхней одежде как способ снижения аварийности с участием пешеходов // *Вестник НЦ БЖД*. 2012. № 2 (12). С. 36-40.
4. Осипов В. А., Кравченко А. П. Модернизация технических средств организации дорожного движения // *Совершенствование организации дорожного движения и перевозок пассажирских грузов. Безопасность дорожного движения* : сб. науч. трудов. Минск: БНТУ, 2016. С. 525-533.
5. Осипов В. О., Коструб В. О. Пропозиції щодо впровадження нового дорожнього знаку // *Вісник Донецької академії автомобільного транспорту*. 2011. № 4. С. 23-28.
6. Осипов В. О. Щодо вдосконалення методики оцінки ефективності заходів з підвищення безпеки руху // *Вісник Донецької академії автомобільного транспорту*. 2012. № 3. С. 41-48.
7. Осипов В. О. Використання протизасліплювальних екранів для зменшення аварійності на автомобільних дорогах у темний час доби // *Сучасне промислове та цивільне будівництво*. 2012. Том 8. № 3. С. 131-135.

8. Осипов В. А., Кравченко А. П. Влияние элементов принудительного снижения скорости на потери в автомобильном движении // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. 2012. № 6 (177). С. 72-75.
9. Осипов В. О. Порівняльний аналіз механічних властивостей світлоповертальних плівок для дорожніх знаків // Вісник Донецької академії автомобільного транспорту. 2013. № 1. С. 55-60.
10. Осипов В. О., Кравченко О. П. Модернізація бар'єрного огороження автомобільних доріг // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. 2013. № 5 (194). С. 62-66.

**Статті у фахових виданнях:**

11. Осипов В. О. Спосіб боротьби з налипанням мокрого снігу на дорожні знаки // Наукові нотатки. 2012. Вип. 37. С. 261-265.
12. Осипов В. О., Кравченко О. П. Щодо влаштування гумових підвищених пішохідних переходів // Комунальне господарство міст : наук.-техн. зб. Серія : Технічні науки та архітектура. 2012. Вип. 103. С. 366-373.
13. Осипов В. О., Ісаєв І. М., Кравченко О. П. Пропозиції щодо влаштування підвищених наземних пішохідних переходів // Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія : Технічні науки. 2012. № 3 (62). С. 63-67.
14. Осипов В. О. Підвищення експлуатаційних характеристик автодоріг шляхом вдосконалення безпеки руху на пішохідних перехідах // Науковий вісник Луганського національного аграрного університету. Серія : Технічні науки. 2013. № 47. С. 274-283.
15. 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.

**Опубліковані праці апробаційного характеру:**

16. Осипов В. О., Коструб В. О. Вдосконалення світлоповертальних елементів, які встановлюються на бар'єрній огорожі. *Безпека дорожнього руху:*

- правові та організаційні аспекти* : мат. VI Міжн. наук.-практ. конф. (17–18 листопада 2011 р., м. Донецьк). Донецьк, 2011. С. 268-272.
- 17.Осипов В. О. Досвід використання дерев'яних стояків дорожніх знаків у Луганській області *Zprávyvědeckého myšlení – 2011: materiály VII mezinárodní vědecko-praktická konference* (27.10.2011 – 05.11.2011). Praha : Publishing House «Edukation and Science», 2011. С. 71-74.
  - 18.Осипов В. О. Встановлення гнучких сигнальних стовпчиків - як засіб економії державних коштів. *Будешего въпроси от света на наука – 2011* : мат. за 7-а межд. науч. практ. конф. София, 2011. Том 29. С. 79-82.
  - 19.Осипов В. А. Мировой опыт применения фрезерованных шумовых полос на покрытии автодороги и перспективы его применения на Украине. *Настоящи изследвания и развитие – 2012* : мат. за 8-а межд. науч. конф. (17–25 януари, 2012). София, 2011. Том 20. С. 48-54.
  - 20.Осипов В. О., Кравченко О. П., Ісаєв І. М. Влаштування гумових підвищених пішохідних переходів. *Транспортные проблемы крупнейших городов: материалы международной научно-практической конференции* : тезисы докладов (12–16 марта 2012 г., г. Харьков). Харьков, 2012. С. 27-29.
  - 21.Осипов В. О., Кравченко О. П. Щодо захисту дорожніх знаків від налипання мокрого снігу. *Логистика промислових регіонів* : зб. наук. праць за мат. Четвертої міжн. наук.-практ. конф. (23–25 квітня 2012 р., м. Донецьк). Донецьк, 2012. С. 164-165.
  - 22.Осипов В. А. Методика пассивной защиты пешеходов от наезда транспортных средств в темное время суток. *Инженерия транспорта и транспортных перевозок* : сб. стат. 15-й конференции молодых ученых Литвы (4 мая 2012 г., г. Вильнюс). Вильнюс, 2012. С. 46-49.
  - 23.Осипов В. А., Кравченко А. П. Влияние элементов принудительного снижения скорости на автотранспортное средство. *Наука – образованию, производству, экономике* : мат. Десятой межд. науч.-техн. конф. в 4 томах. Минск : БНТУ, 2012. Том 3. С. 174-175.

- 24.Осипов В. А. К вопросу снижения аварийности на наземных нерегулируемых пешеходных переходах. *Проблеми підвищення рівня безпеки, комфорту та культури дорожнього руху* : мат. III міжн. наук.-практ. конф. (16–17 квітня 2013 р., м. Харків). Харків : ХНАДУ, 2013. С. 194-196.
- 25.Осипов В. А., Кравченко А. П. Использование противоослепительных экранов на автодорогах Iб категории. *Наука – образованию, производству, экономике* : мат. Одиннадцатой межд. науч.-техн. конф. в 4 томах. Минск : БНТУ, 2013. Том 3. С. 144-145.
- 26.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.
- 27.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.
- 28.Осипов В. О., Мельниченко А. И. Изучение влияния отдельных технических факторов на потери в движении транспорта. *Организация дорожного движения и перевозок пассажиров и грузов и транспорт* : сб. науч. труд. конф. Минск. БНТУ, 2017. С. 132-135.

#### **Свідоцтва та патенти:**

- 29.Патент України на корисну модель № 77250 Україна, МПК (2013.01), E01F9/00. Спосіб влаштування шумових смуг на покритті автомобільної дороги за допомогою дорожньої фрези / Осипов В. О. Дата реєстрації 11.02.2013 р.
- 30.Патент України на корисну модель № 77531 Україна, МПК, B05D5/08 (2006.01) B01J2/30 (2006.01). Спосіб захисту дорожніх знаків від налипання

мокрого снігу за допомогою рідкого воску (цетиолану) / Осипов В. О. Дата реєстрації 25.02.2013 р.

31. Патент України на корисну модель № 86208 Україна, МПК (2013.01), E01F11/00. Спосіб влаштування безпечного перетину інвалідами зору проїзної частини автодоріг / Осипов В. О. Дата реєстрації 25.12.2013 р.

**Опубліковані праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:**

32. 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.
33. Осипов В. А. Опыт применения гибких сигнальных столбиков в Луганской области (Украина) // Современная техника и технологии. Ноябрь, 2011 [Электронный ресурс]. URL: <http://technology.snauka.ru/2011/11/134>. Дата звернення 03.10.2017.
34. Osipov V. «Lying policeman» – as factor of influence on losses of the motion of transport vehicles // Research Bulletin SWorld «Modern scientific research and their practical application». Volume j21209, 2012. CID: j21209-037. P. 16-18. [Електронний ресурс]. URL: <http://www.sworld.com>.
35. Осипов В. О. Безпека дорожнього руху: технічні засоби та інженерне облаштування: навч. пос. Луганськ : Вид-во «Ноулідж», 2014. 192 с.