

Міністерство освіти і науки України  
Український державний університет науки і технологій

Факультет «Будівництво, архітектура та інфраструктура»  
Кафедра «Транспортна інфраструктура»

**Пояснювальна записка**

до кваліфікаційної роботи

магістр

(ступінь вищої освіти)

на тему: Капітальний ремонт автомобільної дороги з обґрунтуванням заходів безпеки руху

за освітньою  
програмою:  
зі  
спеціальності:

Будівництво та експлуатація  
транспортної інфраструктури  
192 Будівництво та цивільна інженерія  
(шифр і назва спеціальності)

**Виконав:**

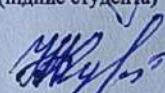
студент групи: ТІ 2426

  
(підпис студента)

Поліна ЗАЙКО

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

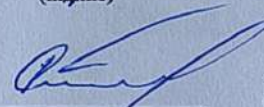
**Керівник:**

  
(підпис)

Професор Микола КУРГАН

(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

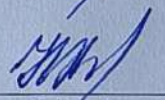
**Нормоконтролер:**

  
(підпис)

Доцент Сергій БАЙДАК

(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

**Консультант:**

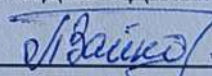
  
(підпис)

Ст. викл. Неля ХМЕЛЕВСЬКА

(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Засвідчую, що у цій роботі немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент

  
(підпис)

Дніпро – 2026 рік

**Ministry of Education and Science of Ukraine**  
**Ukrainian State University of Science and Technologies**

Building, architecture and infrastructure

---

(faculty)

Transport infrastructure

---

(department)

**Explanatory Note**

to Master's Thesis

magistr

(higher education degree)

**on the topic:** Highway rehabilitation with substantiation of traffic safety measures

**according to educational curriculum:** Construction and operation of  
transport infrastructure engineering

**in the Speciality:** 192 Construction and Civil Engineering

**Done by the student** of the group: TI 2426

/ Polina Zaiko /

(name, surname)

**Scientific Supervisor:**

/Full Professor Mykola Kurhan /

(position, name, surname)

**Normative controller:**

/ Associate Professor Sergiy Baidak /

(position, name, surname)

**Supervisors:**

/ Senior Lecturer Nelya KHMELEVSKA /

(position, name, surname)

---

**Міністерство освіти і науки України**  
**Український державний університет науки і технологій**

**Факультет:** *Будівництво, архітектура та інфраструктура*

**Кафедра:** *Транспортна інфраструктура*

**Рівень вищої освіти:** *Магістр*

**Освітня програма:** *Будівництво та експлуатація транспортної інфраструктури*

**Спеціальність:** *192 Будівництво та цивільна інженерія*

**ЗАТВЕРДЖУЮ:**

Завідувач кафедри

Олексій ТЮТЬКІН

(підпис)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

## ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу

магістр

(ступінь вищої освіти)

студентці Зайко Поліні Олександрівні

**Тема роботи:** Капітальний ремонт автомобільної дороги з обґрунтуванням заходів безпеки руху

**Керівник роботи:** Курган Микола Борисович, професор, доктор технічних наук

Затверджена наказом від 02.10.2025 №1402 ст.

**2. Строк подання** студентом роботи – 15 січня 2026 р.

**3. Вихідні дані до роботи:**

Район проектування – Херсонська область	Розрахункова швидкість, км/год – 90
Початковий пункт – км 388+600	Інтенсивність руху дорожніх транспортних засобів – 2,549 тис. авт/добу (4,240 тис. авт/добу перспективна на 2041 рік)
Кінцевий пункт – км 400+892	Категорія дороги – II
Довжина ділянки дороги, км – 12,292	Кількість смуг руху – 2
Керівний похил, ‰ – 8	Конструкція дорожнього одягу – асфальтобетон

**4. Зміст пояснювальної записки:**

**1 Аналітична частина**

- 1.1 Аналіз стану питання щодо реконструкції автомобільних доріг у Херсонській області.
- 1.2 Актуальність теми. Мета роботи
- 1.3 Технологічна послідовність капітального ремонту автомобільної дороги

**2 Основна частина**

- 2.1 Характеристика об'єкту дослідження
- 2.2 Характеристика автомобільної дороги після реконструкції
- 2.3 Дослідження впливу різних факторів, що впливають на безпеку руху транспортних засобів на ділянках реконструкції доріг

2.4 Використання сучасних матеріалів з підвищеним зчепленням (асфальтобетон з полімерними добавками)			
<b>3 Економічна частина</b>			
3.1 Розробка варіантів підвищення безпеки руху			
3.2 Вплив результатів розрахунків ресурсів для влаштування верхнього шару покриття на безпеку руху			
3.3 Обґрунтування взаємозв'язку між параметрами ресурсного забезпечення будівництва та експлуатаційними показниками безпеки дорожнього покриття			
<b>4 Охорона праці та захист навколишнього середовища</b>			
4.1 Підвищення безпеки руху при проектуванні капітального ремонту автомобільних доріг			
4.2 Заходи з охорони навколишнього середовища на етапі реконструкції автомобільної дороги			
<b>5. Перелік графічного матеріалу:</b> Презентація на 15-20 слайдах			
<b>6. Консультанти розділів роботи:</b>			
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Завдання видав:	Завдання прийняв:
		(підпис, дата)	(підпис, дата)
1-3	Курган М. Б., професор		
4	Хмелевська Н.П., ст. викладач		

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Відсотки
1	Аналіз стану питання щодо реконструкції автомобільних доріг у Херсонській області. Мета роботи.	06.10.2025	10
2	Технологічна послідовність капітального ремонту автомобільної дороги	20.10.2025	10
3	Характеристика об'єкту дослідження. Оцінки впливу проектних рішень на безпеку руху.	03.11.2025	15
4	Дослідження впливу різних факторів, що впливають на безпеку руху транспортних засобів на ділянках реконструкції доріг	24.11.2025	25
5	Розробка варіантів підвищення безпеки руху. Обґрунтування рекомендованого варіанту	15.12.2025	20
6	Підвищення безпеки руху та заходи з охорони навколишнього середовища на етапі реконструкції автомобільної дороги	29.12.2025	10
7	Подання кваліфікаційної роботи до кафедри	15.01.2025	10
8	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Екзаменаційної комісії	<b>За розкладом ЕК</b>	<b>100</b>

**Студентка**

\_\_\_\_\_

(підпис)

Поліна ЗАЙКО

**Керівник роботи**

\_\_\_\_\_

(підпис)

Микола КУРГАН

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи магістра:  
(рівень освіти)

70 с., 14 рис., 10 табл., 21 джерело.

**Найменування роботи:** Капітальний ремонт автомобільної дороги з обґрунтуванням заходів безпеки руху

**Об'єктом дослідження** є автомобільна дорога загального користування в Херсонській області в умовах повоєнної експлуатації.

**Предметом дослідження** є технічні та організаційні рішення з капітального ремонту автомобільної дороги, а також заходи з організації та підвищення безпеки дорожнього руху, що застосовуються в процесі її відновлення.

**Метою роботи** є розробка проекту капітального ремонту ділянки автомобільної дороги в Херсонській області з урахуванням сучасних технічних стандартів, а також наукове обґрунтування комплексу заходів щодо організації безпеки дорожнього руху в умовах повоєнного відновлення.

**Методи дослідження.** У даній роботі проведено аналіз і узагальнення науково-технічної літератури та нормативних документів у галузі проектування й ремонту автомобільних доріг; інженерні розрахунки при обґрунтуванні конструкції дорожнього одягу; порівняльний аналіз при виборі заходів безпеки дорожнього руху; оцінювання ефективності запропонованих проектних рішень.

**Наукова новизна** магістерської роботи полягає в комплексному підході до обґрунтування проектних рішень з капітального ремонту автомобільної дороги в умовах повоєнного відновлення, який поєднує інженерні розрахунки дорожніх конструкцій з аналізом факторів безпеки дорожнього руху.

Розрахунки виконано на ЕОМ з застосуванням програм *Microsoft Excel*, *AutoCAD*.

**Ключові слова:** КАПІТАЛЬНИЙ РЕМОНТ АВТОМОБІЛЬНОЇ ДОРОГИ; БЕЗПЕКА ДОРОЖНЬОГО РУХУ; ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ; ДОРОЖНІЙ ОДЯГ; ЗНИЖЕННЯ АВАРІЙНОСТІ; ПОВОЄННЕ ВІДНОВЛЕННЯ; ХЕРСОНСЬКА ОБЛАСТЬ.

# ЗМІСТ

<b>ВСТУП.....</b>	<b>7</b>
<b>1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА .....</b>	<b>9</b>
1.1 Аналіз стану питання щодо реконструкції автомобільних доріг у Херсонській області.....	9
1.1.1 Аналіз поточного стану руйнувань та втрат.....	9
1.1.2 Масштаби руйнувань дорожньої інфраструктури .....	12
1.1.3 Критичні потреби щодо безпечного доступу до населених пунктів, сільськогосподарських угідь, об'єктів критичної інфраструктури.....	15
1.2 Актуальність теми. Мета роботи.....	18
1.3 Технологічна послідовність капітального ремонту автомобільної дороги ..	20
1.3.1 Підготовчий етап та дефектовка.....	20
1.3.2 Розбирання залишків старого полотна.....	20
1.3.3 Земляні роботи та підготовка основи.....	20
1.3.4 Влаштування додаткових шарів основи .....	21
1.3.5 Влаштування нижнього шару покриття.....	21
1.3.6 Влаштування верхнього шару (ЩМА) .....	21
1.3.7 Завершальні роботи.....	22
<b>2 ОСНОВНА ЧАСТИНА .....</b>	<b>24</b>
2.1 Характеристика об'єкту дослідження .....	24
2.2 Характеристика автомобільної дороги після реконструкції .....	26
2.2.1 Проектні рішення: основні параметри, профіль і план .....	26
2.2.2 Дорожній одяг автомобільної дороги .....	34
2.2.3 Організація будівельних робіт .....	36
2.3 Дослідження впливу різних факторів, що впливають на безпеку руху транспортних засобів на ділянках реконструкції доріг .....	38
2.4 Використання сучасних матеріалів з підвищеним зчепленням (асфальтобетон з полімерними добавками) .....	39

<b>3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА .....</b>	<b>45</b>
3.1 Розробка варіантів підвищення безпеки руху.....	45
3.1.1 Вплив на безпеку якості дорожнього покриття .....	45
3.1.2 Вплив на безпеку когнітивного фактору .....	47
3.2 Вплив результатів розрахунків ресурсів для влаштування верхнього шару покриття на безпеку руху.....	50
3.2.1 Технічний розрахунок кількості матеріалів .....	50
3.2.2 Розрахунок кількості транспортних засобів (самоскидів) .....	51
3.3 Обґрунтування взаємозв'язку між параметрами ресурсного забезпечення будівництва та експлуатаційними показниками безпеки дорожнього покриття .....	52
<b>4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ..</b>	<b>56</b>
4.1 Підвищення безпеки руху при капітальному ремонті автомобільних доріг	56
4.2 Заходи з охорони навколишнього середовища на етапі реконструкції автомобільної дороги.....	57
4.2.1 Технічні рішення та вимоги до влаштування шумових смуг .....	57
4.2.2 Вплив шумових смуг на когнітивну модель безпеки руху (модель ІПБ) .....	59
4.2.3 Аналіз результатів застосування шумових смуг в Україні .....	61
<b>ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....</b>	<b>65</b>
<b>ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....</b>	<b>67</b>

## ВСТУП

Автомобільні дороги відіграють провідну роль у забезпеченні сталого розвитку територій, функціонування економіки та мобільності населення. Надійність і безпечність дорожньої мережі є важливими чинниками соціальної стабільності, доступності адміністративних, медичних і гуманітарних послуг, а також ефективного функціонування логістичних і виробничих ланцюгів.

В умовах повномасштабної збройної агресії проти України значна частина автомобільних доріг зазнала суттєвих руйнувань унаслідок бойових дій, впливу військової техніки, порушення технологічних режимів експлуатації та обмеженого проведення ремонтно-відновлювальних робіт. Після звільнення тимчасово окупованих територій перед державою постало завдання оперативного й водночас системного відновлення транспортної інфраструктури з урахуванням нових викликів і вимог до безпеки дорожнього руху.

Особливої актуальності ці питання набувають для Херсонської області, яка зазнала значних інфраструктурних втрат. Руйнування дорожніх покриттів, основ і узбіч, пошкодження водовідвідних споруд, дорожніх знаків та елементів організації руху призвели до погіршення транспортно-експлуатаційних показників доріг і суттєвого зростання аварійності. Водночас у повоєнний період прогнозується інтенсифікація руху транспортних засобів, пов'язана з відновленням житлової, промислової та аграрної інфраструктури регіону.

У цих умовах капітальний ремонт автомобільних доріг повинен здійснюватися на основі комплексного підходу, який передбачає не лише відновлення несучої здатності та рівності дорожнього покриття, а й обов'язкове обґрунтування ефективних заходів безпеки дорожнього руху з урахуванням сучасних нормативних вимог, принципів сталого розвитку та концепції «нульової смертності».

З огляду на зазначене, тема магістерської роботи, присвячена капітальному ремонту автомобільної дороги в Херсонській області в повоєнний період з обґрунтуванням заходів безпеки руху, є актуальною та має

важливе прикладне значення для процесів відновлення транспортної інфраструктури України.

Актуальність теми магістерської роботи зумовлена необхідністю забезпечення належного рівня безпеки дорожнього руху та відновлення експлуатаційної надійності автомобільних доріг у регіонах, що постраждали внаслідок бойових дій.

Післявоєнна експлуатація автомобільних доріг характеризується поєднанням негативних чинників: фізичним зношенням і руйнуванням дорожніх конструкцій, зростанням навантажень від великовантажного транспорту, погіршенням видимості та орієнтування учасників дорожнього руху через пошкодження технічних засобів організації руху. Це зумовлює необхідність розроблення проєктних рішень, орієнтованих не лише на відновлення дорожнього одягу, а й на мінімізацію ризиків виникнення дорожньо-транспортних пригод.

З урахуванням сучасних підходів до управління безпекою дорожнього руху, особливого значення набуває інтеграція заходів безпеки на етапі проєктування капітального ремонту, що дозволяє досягти довгострокового ефекту та підвищити соціальну ефективність інвестицій у дорожню інфраструктуру.

Метою магістерської роботи є розроблення проєктних рішень з капітального ремонту автомобільної дороги в Херсонській області в повоєнний період із комплексним обґрунтуванням заходів, спрямованих на підвищення безпеки дорожнього руху та покращення транспортно-експлуатаційних показників дороги.

Наукова новизна магістерської роботи полягає в комплексному підході до обґрунтування проєктних рішень з капітального ремонту автомобільної дороги в умовах повоєнного відновлення, який поєднує інженерні розрахунки дорожніх конструкцій з аналізом факторів безпеки дорожнього руху.

Практичне значення магістерської роботи полягає у можливості використання отриманих проєктних рішень і рекомендацій при виконанні робіт з капітального ремонту автомобільних доріг у Херсонській області та інших регіонах України, що перебувають у стадії повоєнного відновлення.

# 1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

## 1.1 Аналіз стану питання щодо реконструкції автомобільних доріг у Херсонській області

### 1.1.1 Аналіз поточного стану руйнувань та втрат

Внаслідок повномасштабної збройної агресії Російської Федерації та тривалої окупації значної частини території області дорожня інфраструктура зазнала катастрофічних руйнувань. Бойові дії, переміщення важкої військової техніки, обстріли та мінування призвели до повної або часткової втрати експлуатаційних характеристик багатьох автомобільних шляхів, мостів і транспортних розв'язок.

Відновлення та реконструкція дорожньої мережі Херсонської області є ключовим чинником забезпечення транспортної доступності, економічного відродження регіону, налагодження логістичних зв'язків, а також створення безпечних умов для пересування населення, гуманітарних і аварійно-рятувальних служб. У зв'язку з цим виникає необхідність комплексного аналізу поточного стану дорожнього господарства області, визначення основних проблем, наслідків руйнувань та перспектив відновлення автомобільних доріг.

Детальний аналіз стану доріг, що зазнали пошкоджень внаслідок обстрілів та проїзду танків, можливий лише за умов спеціального технічного обстеження, що не є можливим в ситуації, коли на значній частині території України досі тривають активні бойові дії, а частина доріг і мостів знаходиться на тимчасово окупованій (після 24 лютого 2022 року) території.

Втім, аналіз карти бойових дій та порівняння її з межею автомобільних доріг, дозволяє зробити попередні розрахунки щодо того, яка орієнтована довжина зазнала пошкоджень внаслідок війни, як внаслідок ракетних обстрілів, так і внаслідок переміщення танків. Згідно з дослідженнями, руйнуючий ефект від проїзду танка у 2,36 рази перевищує ефект стандартного навантаження від цивільного транспорту. Такі розрахунки базуються на

параметрах танка Т-72, що є гарною апроксимацією у випадку війни в Україні, оскільки велика частина танків схожа за фізичними характеристиками або є навіть важчими. Поверхневий шар доріг зазнає значних пошкоджень через металеві гусениці. Руйнівний ефект від гальмування танка у 2,38 рази перевищує ефект від впливу його маси на розтягнення дороги. Під час маневрів руйнівний ефект у 1,22 рази більший за вплив маси танка на розтягнення покриття. Вплив танка є не лише горизонтальним, а й вертикальним: максимальна напруга, згідно з дослідженнями, досягає глибини 3 метрів, що спричиняє руйнування не лише поверхневого шару дороги [1].

Особливістю оцінки доріг також є те, що середня вартість пошкоджень і відновлення одного кілометра дороги в місті є, зазвичай суттєво дорожчою (різниця може бути вище на третину і більше) у порівнянні з вартістю шляхів поза містом, оскільки будівництво доріг в містах, крім будівництва дорожнього полотна, також передбачає будівництво комунікаційних мереж, тротуарів, освітлення тощо.

За попередніми оцінками, в цілому внаслідок бойових дій, руйнувань зазнали 25,4 тис.км доріг та 344 мостів і мостових переходів державного, місцевого або комунального значення (для мостів і мостових – дані Міністерства інфраструктури). За даними міністерства, попередній огляд стану доріг у де-окупованих регіонах (Чернігівська, Київська, Сумська, Харківська) підтверджують інформацію щодо попередніх оцінок значних руйнувань структури доріг внаслідок проходження танків та іншої важкої військової техніки, що вимагатиме реконструкцію значної частини пошкоджених доріг. Попередні оцінки показують, що рівень пошкоджених доріг (державного та місцевого значення, а також муніципальні дороги) варіюється від 0% до 95% та в середньому був приблизно 10% від загальної кількості доріг в областях, які були окупованими військами РФ або де відбувались(відбуваються) бойові дії.

За інформацією Державного агентства відновлення та розвитку інфраструктури України, середньозважена вартість реконструкції доріг у

2021 році (з урахуванням різних категорій доріг) становила близько 29 млн грн за 1 км дороги (без урахування вартості відновлення мостових переходів). З урахуванням цього, попередня оцінка сумарних втрат внаслідок прямого руйнування доріг може складати близько \$26,7 млрд в еквіваленті, у цінах на кінець 2021 року.

Також Київською школою економіки було проведено дослідження, за яким затоплено 290,3 км доріг внаслідок руйнування Каховської ГЕС, що збільшує оцінку сумарних втрат на \$0,3 млрд. і сумарно втрати складають \$27,0 млрд. Оцінка пошкоджень та руйнувань мостів та мостових переходів ще додає \$2,6 млрд збитків по інфраструктурі. Розподіл прямих грошових втрат доріг по областях наведено на рис. 1.1

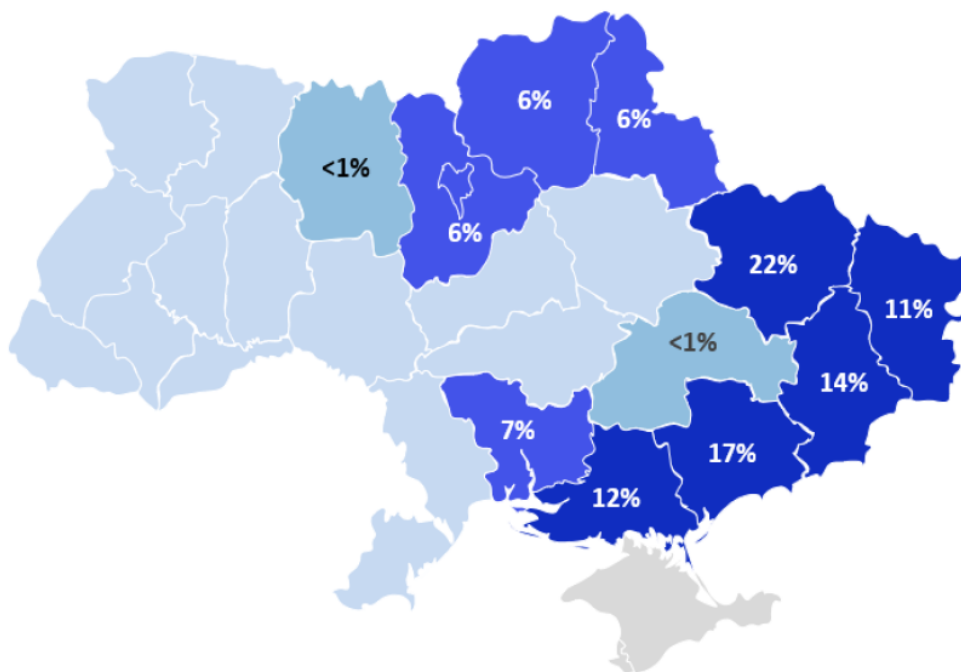


Рисунок 1.1 – Розподіл прямих грошових втрат доріг по областях

З початку війни були виконані окремі роботи з відновлення доріг та мостів. Зокрема, було відновлений проїзд 78 штучними спорудами на дорогах державного значення в 2022 році (найбільше в Київській (20), Чернігівській (20) та Харківській (17) областях), та 2 з початку 2023 року (ще 3 мости знаходяться в роботі). Також було зроблено прибирання на 2,2 тис. км державних та комунальних доріг в 2022 році (включаючи біля 612 км в

Харківській, 588 км в Миколаївській та 516 км в Київській областях).

Розподіл прямих грошових втрат мостів та мостових переходів по областях наведено на рис. 1.2

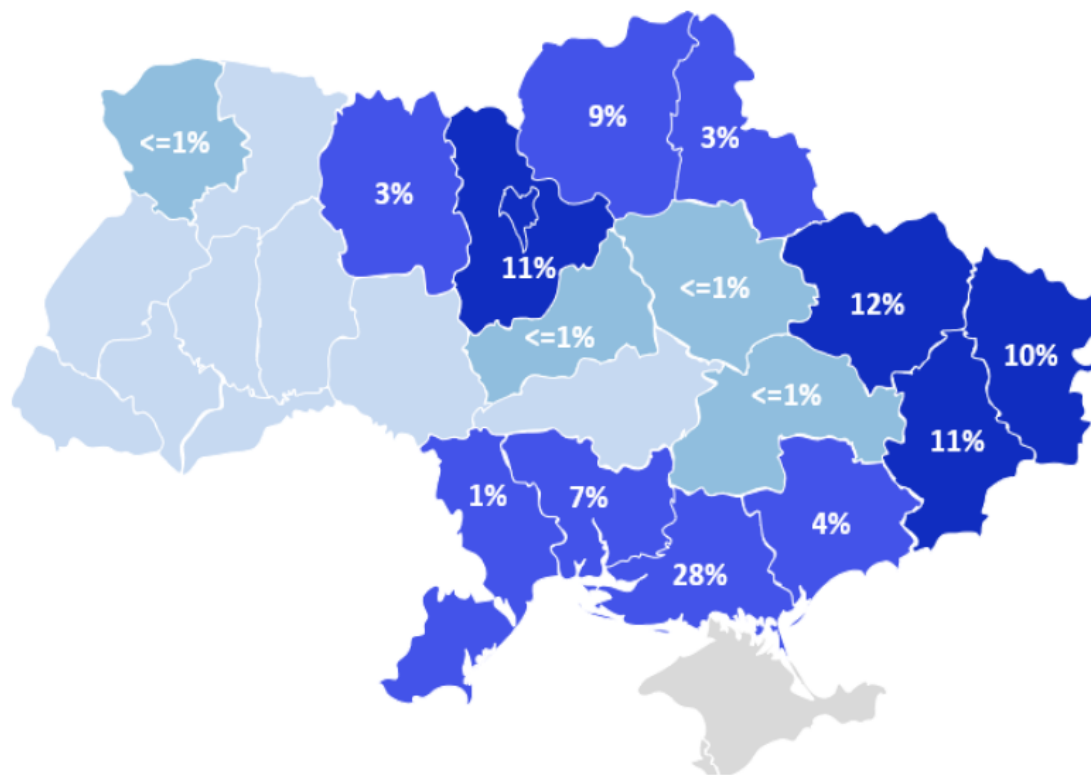


Рисунок 1.2 – Розподіл прямих грошових втрат мостів та мостових переходів

### 1.1.2 Масштаби руйнувань дорожньої інфраструктури

Станом на грудень 2025 року стан дорожньої інфраструктури Херсонської області залишається критичним через поєднання бойових дій, окупації лівобережжя та регулярних обстрілів. Основні логістичні артерії (наприклад, М-14 Одеса – Мелітополь – Новоазовськ) зазнали значних руйнувань через пересування надважкої військової техніки та цілеспрямовані удари по дорожньому полотну для стримування логістики. Сільські та міжрайонні сполучення часто мають наскрізні вирви від артилерійських снарядів та залишкову мінну небезпеку на узбіччях. Пересуватися дорогами на Херсонщині можна лише з засобами захисту від дронів. Такі детектори попереджають про небезпеку, що наближається (рис. 1.3).



Рисунок 1.3 – Попередження про небезпеку на дорозі

Також найбільш критичним аспектом є руйнування штучних споруд. Зруйновано або пошкоджено десятки мостів, шляхопроводів та водопропускних труб. Знищення ключових мостів (особливо через річки Інгулець та Дніпро) кардинально змінило логістику та унеможливило транспортне сполучення між громадами. Під час відступу російські війська підірвали щонайменше сім ключових мостів в області. Фото та відео зруйнованого Антонівського мосту залишаються одними з найбільш задокументованих доказів масштабних руйнувань (рис. 1.4).



Рисунок 1.4 – Фото знищеного Антонівського мосту

Росіяни підірвали міст через річку Інгулець у селі Дар'ївка на північно-східному напрямку від Херсона (рис. 1.5).



Рисунок 1.5 – Підірваний Даріївський міст

Також є фотопідтвердження знищених мостів через канали на шляху, що веде з Снігурівки на Миколаївщині до Херсона (рис. 1.6).



Рисунок 1.6 – Знищений міст через канал поблизу Снігурівки

Отже, у 2025 році ситуація на дорогах поблизу Херсона стала критичною через постійні атаки російських дронів, що фактично заблокувало безпечний рух багатьма ділянками.

### **1.1.3 Критичні потреби щодо безпечного доступу до населених пунктів, сільськогосподарських угідь, об'єктів критичної інфраструктури**

Пріоритетом у деокупованих районах є не повноцінна реконструкція, а забезпечення життєдіяльності та військової логістики, а саме розмінування, тимчасове сполучення, логістика та гуманітарні коридори, ямковий ремонт.

Після звільнення правобережної частини Херсонщини російські війська залишили величезну кількість мін, снарядів та вибухонебезпечних предметів у полях, селах, уздовж доріг та інфраструктурі. Це загрожує життю мирних жителів, фермерів, дітей і переселенців. Без розмінування повертатися додому – небезпечно.

Що стосується інфраструктури і транспорту – дороги, залізниці, лінії електропередач і газопроводи також були заміновані. Щоб безпечно відремонтувати об'єкти, нормалізувати логістику, забезпечити мобільність для служб та мешканців – потрібно комплексне розмінування цих зон.

Масштабне забруднення місцевості вибухонебезпечними предметами, у поєднанні зі зруйнованою транспортною інфраструктурою, створює системні ризики для безпеки населення та блокує процеси соціально-економічного відновлення.

Розмінування є першочерговою умовою безпечного доступу до населених пунктів, сільськогосподарських угідь, об'єктів критичної інфраструктури та транспортних коридорів. Водночас виконання робіт з гуманітарного розмінування неможливе без мінімально функціонуючого транспортного сполучення, яке забезпечує під'їзд саперних підрозділів, спеціальної техніки, логістику персоналу й обладнання.

У свою чергу, тимчасове транспортне сполучення може бути організоване лише після проведення первинного обстеження та часткового розмінування маршрутів, що формує замкнений, але взаємозалежний процес: розмінування → тимчасове сполучення → доступ до територій → подальше розмінування та відновлення.

Таким чином, ці два напрями мають реалізовуватися синхронно, в

межах єдиного плану стабілізації та відбудови регіону.

З огляду на безпекову ситуацію, рівень руйнувань та обмежені ресурси, у Херсонській області доцільно застосовувати такі види тимчасового сполучення:

1. Тимчасові автомобільні маршрути та об'їзні дороги:

– використання існуючих другорядних шляхів після обстеження та розмінування;

– облаштування ґрунтових або щебених доріг;

– організація об'їздів з обмеженням тоннажу та швидкості.

2. Тимчасові мости та переправи

– - понтонні мости та наплавні переправи;

– - модульні металеві конструкції швидкого монтажу;

– - тимчасові відновлення зруйнованих мостів із поетапною експлуатацією.

3. Річкове та поромне сполучення

– - поромні переправи через річки та канали;

– - використання маломірного флоту для пасажирських і вантажних перевезень;

– - спеціальні маршрути для гуманітарних та аварійних служб.

4. Тимчасові автобусні та спеціалізовані маршрути

– - соціальні автобусні маршрути між громадами;

– - транспорт для евакуації та підвезення до медичних закладів;

– - окремі маршрути для гуманітарних місій і ремонтних бригад.

5. Службове та спеціалізоване сполучення

– - маршрути для саперних підрозділів, енергетиків, водоканалів;

– - обмежений доступ для важкої техніки;

– - контрольовані коридори руху з урахуванням безпекових ризиків.

Поєднання розмінування та тимчасового транспортного сполучення є базовою передумовою стабілізації та відновлення Херсонської області. Саме

тимчасові транспортні рішення дозволяють забезпечити безпечний доступ до територій, підтримати гуманітарні та відбудовчі процеси, зменшити ізоляцію громад і закласти основу для подальшої повноцінної реконструкції постійної інфраструктури.

В умовах після деокупаційного відновлення Херсонської області та триваючої воєнної загрози проведення капітального ремонту дорожньої інфраструктури є обмеженим як з безпекових, так і з ресурсних причин. За таких обставин ямковий ремонт доріг є найбільш доцільним, раціональним і виправданим рішенням для забезпечення мінімально необхідної транспортної спроможності регіону. Ямковий ремонт виконує такі важливі функції:

- забезпечення безпеки дорожнього руху – значна частина автомобільних доріг Херсонщини має пошкодження дорожнього покриття (як зазначено вище), а ямковий ремонт дозволяє оперативно усунути найбільш небезпечні дефекти, зменшити аварійність, забезпечити безпечний проїзд екстрених, гуманітарних та службових транспортних засобів.

- підтримка тимчасового транспортного сполучення – на поточному етапі дороги виконують функцію тимчасових логістичних коридорів, необхідних для евакуації населення, доставки гуманітарної допомоги, роботи медичних, рятувальних і аварійних служб, проведення розмінування та відбудовчих робіт - ямковий ремонт є швидким інструментом підтримки проїзності таких маршрутів без необхідності довготривалого перекриття руху.

- раціональне використання фінансових ресурсів – з огляду на обмежені бюджети та першочергові потреби у сфері безпеки й соціального захисту ямковий ремонт потребує значно менших фінансових витрат, дозволяє охопити більшу протяжність доріг, не створює ризику втрати інвестицій у разі повторних пошкоджень. Це економічно обґрунтований підхід, який відповідає реальним можливостям регіону:

- гнучкість і оперативність виконання – на відміну від капітальних робіт, ямковий ремонт може виконуватися поетапно, швидко реагує на погіршення стану покриття, не потребує складних проектних рішень, легко

адаптується до змін безпекової ситуації, що важливо для прифронтового регіону, де планування на довгострокову перспективу є ускладненим;

- підготовка до подальшої реконструкції – ямковий ремонт не замінює капітальне відновлення, але зберігає існуюче дорожнє полотно від подальшої деградації, стабілізувати стан доріг до моменту комплексної реконструкції, формує базову мережу доступності для майбутніх інфраструктурних проєктів.

Таким чином, у поточних умовах ямковий ремонт доріг у Херсонській області є доцільним, обґрунтованим та стратегічно виправданим рішенням, яке дозволяє забезпечити безпеку дорожнього руху, підтримати тимчасове транспортне сполучення, ефективно використати обмежені ресурси та створити умови для подальшого повноцінного відновлення дорожньої мережі після стабілізації безпекової ситуації.

У Херсонській області ухвалили регіональну програму розвитку автомобільних доріг загального користування місцевого значення, а також вулиць і доріг у містах та селах на 2026–2028 роки. Загальний обсяг фінансування, якого потребує реалізація програми, становить понад 7 мільярдів гривень [2]. А Кабінет Міністрів України ухвалив рішення про виділення значних коштів на підтримку прифронтових регіонів, зокрема для відновлення логістичної інфраструктури та зміцнення обороноздатності [3].

## **1.2 Актуальність теми. Мета роботи**

Херсонська область є стратегічно важливим транспортним вузлом, що з'єднує південні порти, аграрні центри та Крим з іншими регіонами України. Внаслідок активних бойових дій, тривалої окупації та підриву Каховської ГЕС дорожня інфраструктура регіону зазнала критичних руйнувань. Актуальність роботи зумовлена:

- необхідністю відновлення логістики: транспортні артерії необхідні для оперативного постачання гуманітарної допомоги, роботи екстрених служб та повернення бізнесу;

– зміною навантаження: повоєнне відновлення передбачає інтенсивний рух великовагової техніки, що потребує нових підходів до міцності дорожнього одягу;

– безпековими викликами: наявність мінної небезпеки на узбіччях, руйнування систем освітлення та засобів регулювання руху вимагають розробки специфічних заходів безпеки, адаптованих до умов воєнного стану та періоду відбудови.

Метою роботи є розробка проєкту капітального ремонту ділянки автомобільної дороги в Херсонській області з урахуванням сучасних технічних стандартів, а також наукове обґрунтування комплексу заходів щодо організації безпеки дорожнього руху в умовах повоєнного відновлення. Для досягнення мети передбачено вирішення таких завдань:

1. Аналіз поточного стану дорожнього покриття та штучних споруд.
2. Вибір оптимальних конструктивних рішень для капітального ремонту.
3. Розробка схеми організації дорожнього руху (ОДР) з використанням сучасних засобів безпеки.
4. Обґрунтування заходів щодо захисту учасників руху в умовах потенційних безпекових ризиків регіону.

Результати роботи можуть бути використані дорожніми організаціями при плануванні реальних проєктів відбудови на півдні України. Зокрема, запропоновані технічні рішення допоможуть подовжити термін експлуатації доріг в умовах підвищеного осьового навантаження. Наукове значення полягає в удосконаленні методології оцінки ризиків при проєктуванні доріг у зонах, що постраждали від конфлікту. Робота доповнює базу знань щодо адаптації дорожньої інфраструктури до потреб цивільного захисту та інтеграції інтелектуальних транспортних систем (ITS) для моніторингу безпеки руху.

## **1.3 Технологічна послідовність капітального ремонту автомобільної дороги**

### **1.3.1 Підготовчий етап та дефектовка**

У дорожньому будівництві дефектовка – це процес детального огляду, виявлення, вимірювання та фіксації всіх пошкоджень дорожнього полотна, штучних споруд та елементів облаштування. На основі цих даних складається дефектний акт, який є юридичною та технічною підставою для визначення обсягів робіт та їх вартості (кошторису).

Перш ніж розпочати роботи, необхідно провести специфічні для регіону заходи:

- інженерна розвідка та розмінування: обов'язкова перевірка смуги відводу та резервів ґрунту саперами ДСНС;
- геодезична розбивка: відновлення траси, встановлення реперів та розбивка пікетажу;
- встановлення тимчасових схем ОДР: монтаж знаків, бар'єрів та світлофорів для реверсивного руху.

### **1.3.2 Розбирання залишків старого полотна**

– фрезерування: видалення пошкодженого верхнього шару асфальтобетону за допомогою холодних дорожніх фрез (наприклад, Wirtgen). Отриманий асфальтогранулят (RAP) доцільно використовувати повторно для укріплення узбіч;

– демонтаж бар'єрного огороження та труб: повне видалення зруйнованих елементів водовідводу та безпеки.

### **1.3.3 Земляні роботи та підготовка основи**

У місцях вирв від обстрілів або глибоких просідань:

– заміна перезволоженого або непридатного ґрунту: розробка «корит» та засипка новим ґрунтом з пошаровим ущільненням.

– планування та ущільнення верху земляного полотна: досягнення

коефіцієнта щільності не менше 1.0.

### **1.3.4 Влаштування додаткових шарів основи**

Для забезпечення несучої здатності під великоваговий транспорт:

– влаштування роздільного прошарку: укладання геотекстилю для запобігання перемішуванню ґрунту з щебенем;

– нижній шар основи: піщано-щебенева суміш (ПЩС) або щебінь фракції 40–70 мм;

– верхній шар основи (укріплений): використання технології холодного ресайклінгу або влаштування шару зі щебенево-піщаної суміші, обробленої цементом (цементобетонна суміш). Це створює жорсткий «скелет» дороги.

### **1.3.5 Влаштування нижнього шару покриття**

Перед укладанням нижнього шару асфальтобетону проводиться:

– розлив бітумної емульсії: підготовка основи для адгезії;

– укладання крупнозернистого асфальтобетону: товщина шару зазвичай становить 10–12 см. Він виконує роль основного несучого шару, що розподіляє навантаження.

Без належної адгезії дорожній одяг не буде працювати як єдине ціле.

Якщо шари не «склеяться», виникнуть такі проблеми:

– зсуви: під впливом гальмування важких фур верхній шар асфальту може просто «з'їхати» з основи;

– розшарування: між шарами потраплятиме вода, яка при замерзанні розірве покриття зсередини;

– колійність: незв'язані шари швидше деформуються під навантаженням.

### **1.3.6 Влаштування верхнього шару (ЩМА)**

Щебенево-мастиковий асфальтобетон (ЩМА) є оптимальним для півдня України завдяки стійкості до колієутворення. Влаштування верхнього шару включає такі операції:

- підготовка (підгрунтовка): повторний розлив емульсії;
- укладання ЩМА-20: використання асфальтоукладальників з електронною системою нівелювання. Температура суміші при укладанні має бути не нижче 150°C;
- ущільнення: робота котків без вібрації (щоб не роздробити щебінь у мастиці) до повного закриття пір.

### **1.3.7 Завершальні роботи**

- укріплення узбіч: використання фрезерованого матеріалу або щебенево-піщаної суміші;
- влаштування системи водовідводу: очищення кюветів, ремонт або заміна водопропускних труб;
- нанесення розмітки: через 10–14 днів після укладання верхнього шару (після виходу надлишку бітуму).

### **1.3.8 Перспективи капітального ремонту автомобільної дороги М-14 у Херсонській області**

Автомобільна дорога М-14 «Одеса – Мелітополь – Новоазовськ» є важливою транспортною артерією України, що з'єднує кілька областей і має стратегічне значення для логістики та безпеки пересування. Вона проходить через Херсонську область, зокрема Іванівський район, і входить до міжнародної транспортної мережі.

На перспективу після деокупації Херсонської області планується проведення капітального ремонту окремих ділянок автомобільної дороги М-14 у Херсонській області, включно з ділянкою між км 388+600 та км 400+892, що підтверджено проєктною документацією. Це створює можливість при капітальному ремонті застосувати сучасні матеріали, зокрема полімерно-модифікований асфальтобетон ЩМА, щоб забезпечити підвищений коефіцієнт зчеплення та зменшити гальмівний шлях за різних погодних умов. Такі рішення особливо важливі для ділянок з підвищеною інтенсивністю руху та на під'їздах до залізничних переїздів, перехресть і населених пунктів.

## Висновки до розділу 1

У першому розділі проведено всебічний аналіз стану дорожньої інфраструктури Херсонської області та визначено теоретичні засади проведення капітального ремонту в сучасних умовах. За результатами аналітичного огляду зроблено наступні висновки:

1. Встановлено, що автомобільні дороги Херсонської області зазнали значних пошкоджень внаслідок бойових дій та інтенсивного руху великовагового військового і гуманітарного транспорту. Стан ділянки автомобільної дороги II категорії (км 388+600 – км 400+892) характеризується критичним зносом покриття, наявністю вирв та руйнуванням елементів водовідводу, що вимагає негайного проведення капітального ремонту.

2. Актуальність роботи обумовлена необхідністю швидкого відновлення логістичних маршрутів півдня України. Метою роботи визначено розробку технічних рішень з капітального ремонту, які б поєднували високу експлуатаційну надійність покриття (використання ЩМА) з інноваційними методами підвищення безпеки руху (модель ІПБ).

3. Наукова новизна полягає в адаптації моделі інтегрального показника безпеки (ІПБ) до умов повоєнної реконструкції, зокрема через введення коефіцієнта  $W_{\text{шум}}$  для оцінки впливу віброакустичних засобів на когнітивний стан водія.

4. Практичне значення полягає у створенні готового технологічного алгоритму, який може бути застосований дорожніми організаціями для відновлення доріг у степовій зоні України з урахуванням температурних деформацій та вимог безпеки.

5. Аналіз показав, що традиційні підходи до безпеки на дорогах II категорії в даному регіоні є недостатніми. Необхідне впровадження комплексу заходів, що включає покращення зчипних властивостей покриття, забезпечення розрахункової видимості (згідно з ДБН та ДСТУ) та використання засобів пасивної безпеки нового покоління.

## 2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

### 2.1 Характеристика об'єкту дослідження

Об'єктом дослідження є автомобільна дорога загального користування державного значення М-14 Одеса – Мелітополь - Новоазовськ (на м. Таганрог), км 388+600 - км 400+892, Херсонська область, яка підлягає капітальному ремонту.

Автомобільна дорога державного значення М-14 Одеса – Мелітополь – Новоазовськ проходить територією Одеської, Миколаївської, Херсонської, Запорізької та Донецької областей. Збігається з частиною європейського маршруту Е58. Починається в Одесі, проходить через Миколаїв, Херсон, Мелітополь, смт. Приазовське, Приморськ, Мангуш, Маріуполь, Новоазовськ (рисунок 2.1)

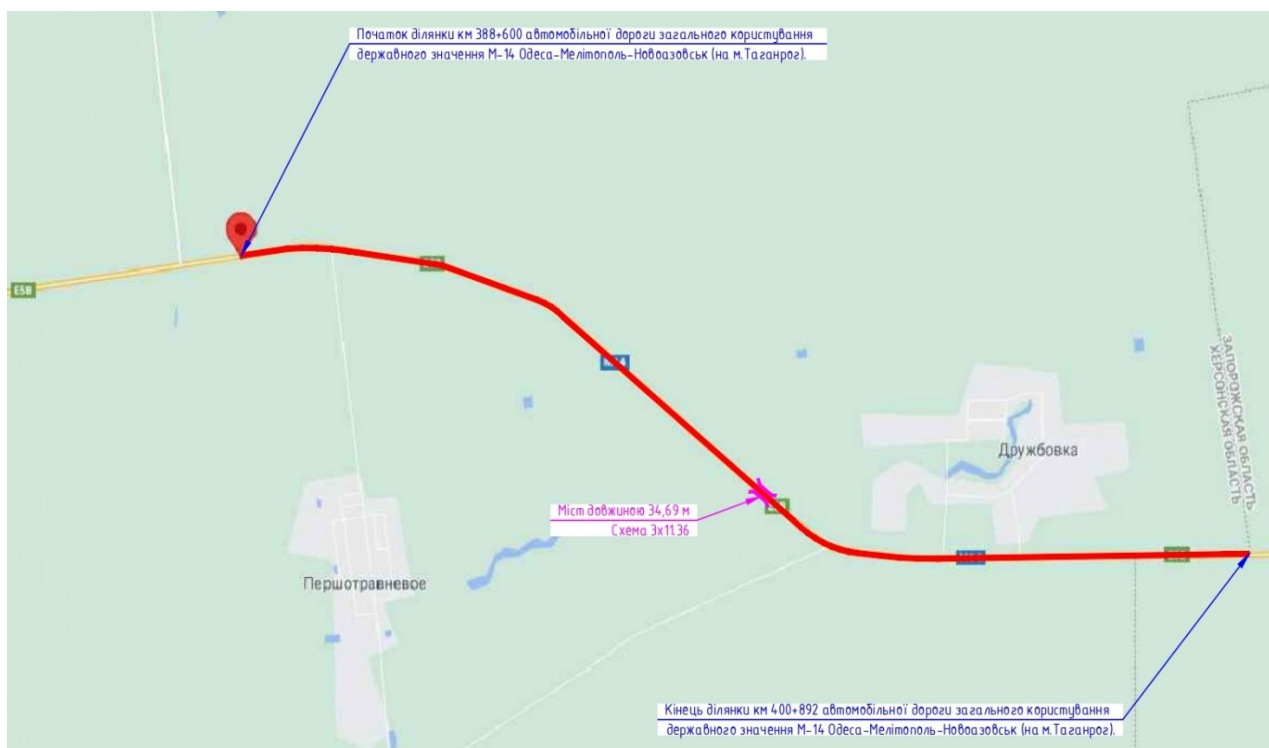


Рисунок 2.1 – Схема ділянки автодороги М-14 Одеса – Мелітополь – Новоазовськ

Ділянка дороги, що підлягає капітальному ремонту, проходить по Іванівському району Херсонської області, знаходиться між містами Херсон, Нова Каховка та Мелітополь і забезпечує вихід в сторону Азовського моря з

центральної та західної частини України. Саме ці фактори обумовлюють завантаженість даної ділянки дороги.

На період 2021 року асфальтобетонне покриття автомобільної дороги мало значні руйнування та нерівності, деформації у вигляді викришування, сітки тріщин, вибоїн та руйнування країв дорожнього одягу, що призводить до зменшення швидкості руху транспортного потоку і, відповідно, пропускної здатності дороги. Вода накопичується в коліях та через тріщини потрапляє в земляне полотно, що призводить до деформацій та руйнування дорожнього одягу. Так як ділянка дороги проходить територією Іванівського району Херсонської області, а це нині окупована територія, то імовірно за все зазнала значних руйнувань через пересування важкої військової техніки та цілеспрямовані удари по дорожньому полотну для стримування логістики. Тому після деокупації території на перспективу розглядається капітальний ремонт із застосуванням у проектних рішеннях сучасних матеріалів та технологій направлених на підвищення безпеки руху.

Існуючі параметри дороги:

- категорія дороги – II технічна категорія;
- ширина земляного полотна – 14,50 - 24,50 м;
- ширина проїзної частини – 8,0 - 20,30 м (з урахуванням перехідно-швидкісних смуг);
- ширина узбіччя – 1,80 - 4,0 м (враховуючи укріплене узбіччя 0,50м);
- максимальний поздовжній похил – 8 ‰.

Існуючий дорожній одяг представлено асфальтобетоном, потужністю 0,05-0,12 м, щебенем магматичних та метаморфічних порід, потужністю 0,17-0,35 м, піском мілким, середньої щільності, малого ступеню водонасичення, потужністю 0,05-0,40 м.

Ґрунт земляного полотна – суглинок важкий, ущільнений, від темно-коричневого до світло-коричневого, твердої та напівтвердої консистенції, з

включеннями чорнозему та рідкими включеннями щебеню магматичних та метаморфічних порід. Номер ґрунту за складністю розробки згідно ДСТУ Б.Д.2.2-1:2012 – 35в.

На ділянці автомобільної дороги, що проектується у наявності чотири автобусні зупинки, три з яких обладнані автопавільйонами. Між зупинками два наземних пішохідних переходи, обладнані чотирма опорами з автономним освітленням. Тротуари відсутні. Існуючі зупинки, автопавільйони, посадкові майданчики та автономне освітлення підлягають демонтажу.

Наявні вісім пересічень та примикань. В межах проектної ділянки у наявності 5 водопропускних труб: під основною дорогою – 2 шт (у задовільному стані); під примиканнями – 3 шт., міст на ПК71+79.

Внаслідок капітального ремонту автомобільної дороги М-14 Одеса – Мелітополь – Новоазовськ на ділянці км 388+600 – км 400+892 будуть поліпшені транспортно-експлуатаційні показники, знизиться собівартість перевезень вантажів та пасажирів і час перебування їх у дорозі, забезпечиться максимальна безпека та зручність руху.

## **2.2 Характеристика автомобільної дороги після реконструкції**

### **2.2.1 Проектні рішення: основні параметри, профіль і план**

З огляду на те, що дорога М-14 – це головна логістична «артерія» півдня, і відповідно передбачається значний вантажопотік, що буде рухатися даною дорогою, то проектною документацією передбачено влаштування дорожнього одягу з застосуванням сучасних матеріалів, зокрема полімерно-модифікованого асфальтобетон ЩМА. Він забезпечить підвищений коефіцієнт зчеплення та зменшить гальмівний шлях за різних погодних умов.

Основні вихідні дані для проектування реконструкції автомобільної дороги наведені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 - Техніко-економічні показники автомобільної дороги  
загального користування державного значення М-14  
(Одеса – Мелітополь Новоазовськ)

Найменування	Од. вим.	Кількість
1	2	3
Найменування будівництва	-	Капітальний ремонт автомобільної дороги загального користування державного значення М-14 Одеса - Мелітополь-Новоазовськ на ділянці км 388+600 - км 400+892
Класифікація за значенням загального користування	-	Державна
Категорія дороги	-	II
Від будівництва	-	Капітальний ремонт
Перспективна інтенсивність руху	авт./ добу	4240
Розрахункова швидкість руху	км/год	90
Довжина	км	12.292 км
Кількість смуг руху	шт	2
Ширина смуги руху	м	3.75
Ширина узбіччя, у тому числі:	м	3.75
- ширина укріпленої смуги	м	0.50
Мінімальний радіус у плані	м	800
Максимальний позовжній похил	‰	8
Мінімальні радіуси вертикальних кривих:	м	9000
опуклих	м	5200
увігнутих		
Тип дорожнього одягу	-	капітальний
Матеріал покриття	-	Щебенево-мастиковий асфальтобетон
Штучні споруди:		
-з .б. труба діаметром 1.50 м	шт	1
з .б. труба діаметром 2х1.50 м	шт	1
з б. міст довжиною 34.69м (суходіл)	шт	1
Транспортні розв'язки	шт	7
-категорії доріг, що примикають		IV, V
- тип пересічення потоків		в одному рівні
- клас розв'язки		V
Тривалість будівництва	місяців	10

**Поздовжній профіль.** Поздовжній профіль автомобільної дороги запроектовано з використанням програми САПР АД «Кредо» на персональному комп'ютері. Параметри поздовжнього профілю відповідають розрахунковій швидкості – 90 км/год прийнятій згідно таблиці 5.5 ДБН В.2.3-4:2015. Чорну лінію поздовжнього профілю побудовано на основі даних плану траси, матеріалів інженерних вишукувань, даних тахеометричної зйомки, пікетажної розбивки, характерних точок між пікетами. Проектна лінія узгоджена з відмітками контрольних точок, відмітками початку і кінця траси, мінімальними відмітками бровки земляного полотна. Проектна лінія ув'язана з існуючим рельєфом (рисунок 2.2).

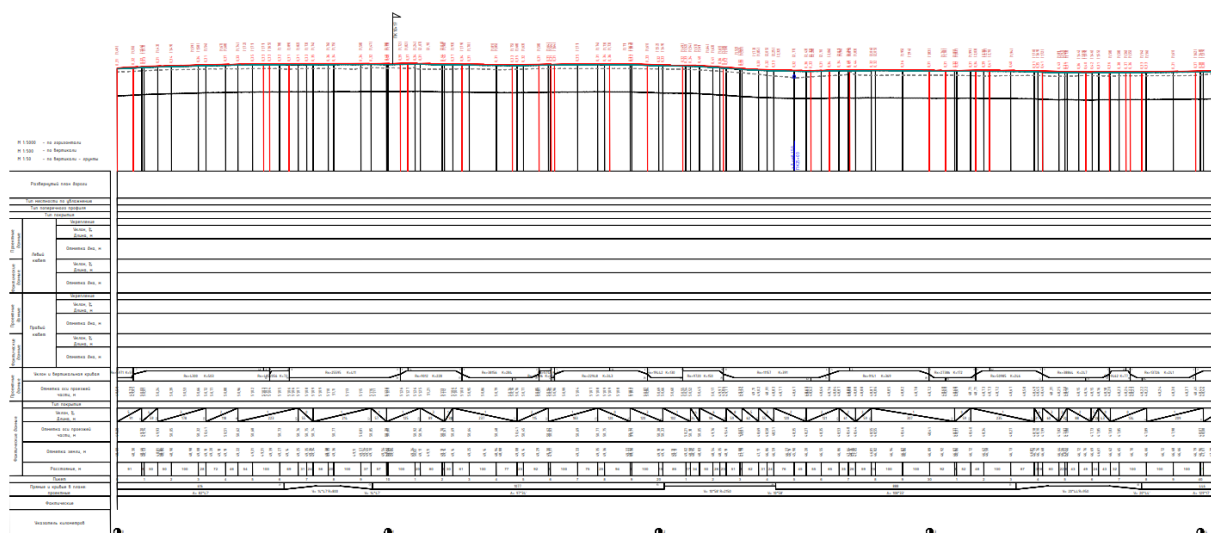


Рисунок 2.2 – Поздовжній профіль автодороги (фрагмент)

**План траси.** Проектом передбачено відновлення та закріплення траси в місцевості I категорії складності.

Початок проектної ділянки дороги знаходиться на ПК0+00, що відповідає км 388+600; кінець проектної ділянки дороги знаходиться на ПК122+92, що відповідає км 400+892 експлуатаційного кілометражу автомобільної дороги М-14 Одеса – Мелітополь – Новоазовськ.

Параметри плану запроектовані відповідно до розрахункової швидкості.

- ширина проїзної частини – 7,50 м;

- ширина смуги руху – 3,75 м;
- кількість смуг руху – 2;
- ширина узбіччя – 3,75 м, в тому числі, укріпленої смуги узбіччя (з дорожнім одягом по типу основного проїзду) – 0,50 м.

Фрагменти плану наведено на рисунках 2.3 та 2.4

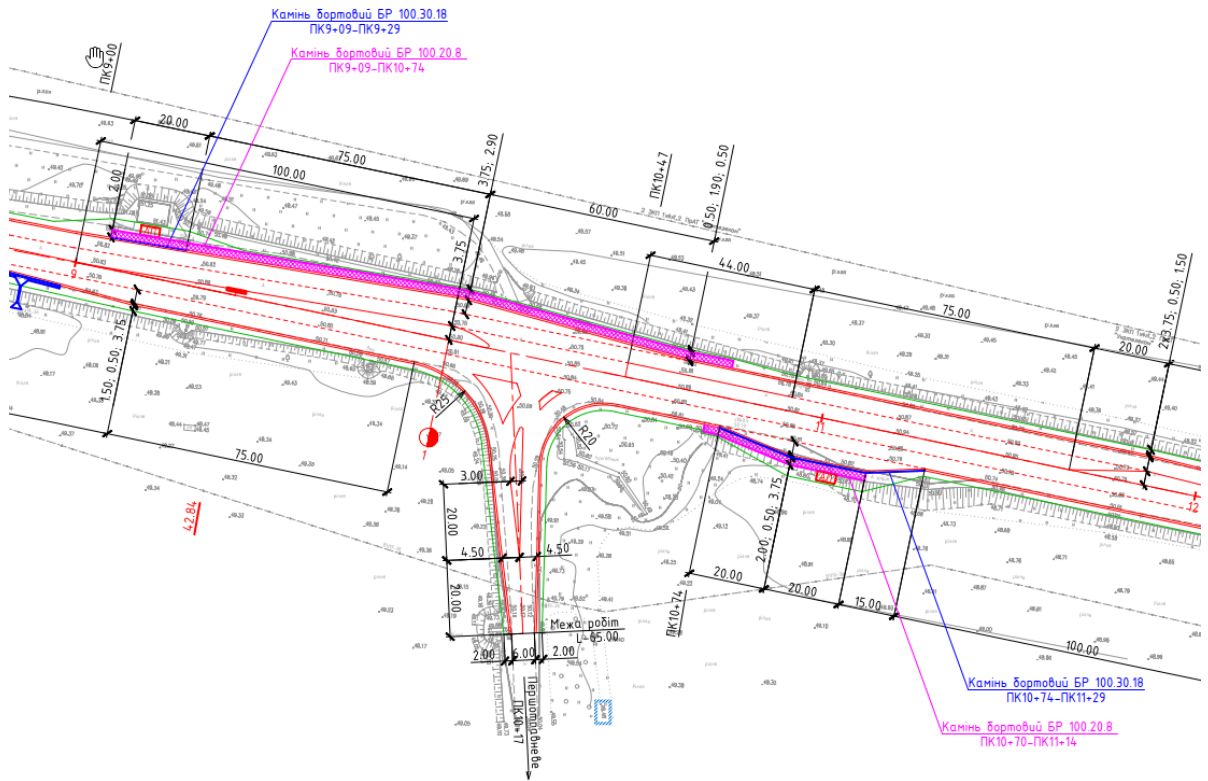


Рисунок 2.3 – Детальний план траси на ділянці ПК9+000 – ПК12+000

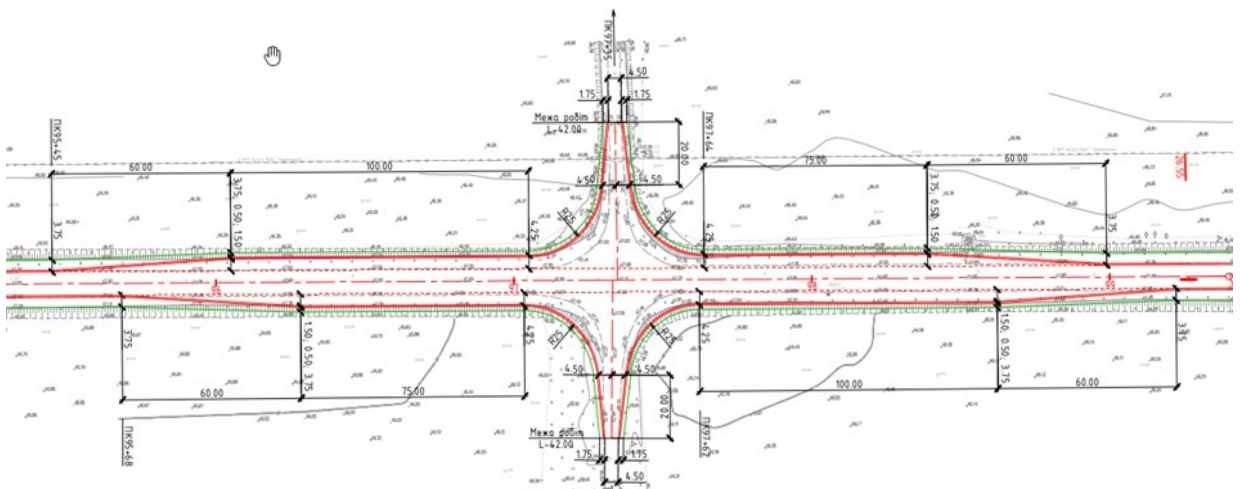


Рисунок 2.4 – Детальний план траси на ділянці ПК96+000 – ПК99+000

Проект капітального ремонту автомобільної дороги розроблено з максимальним використанням існуючої смуги відведення та не потребує додаткового відведення земель, окрім примикання на ПК75+53 праворуч в с. Іванівка шириною 6,0 м де робочим проектом передбачено зміну кута до нормативного та місця розташування примикання, що потребує додаткового відводу землі (рисунок 2.5)

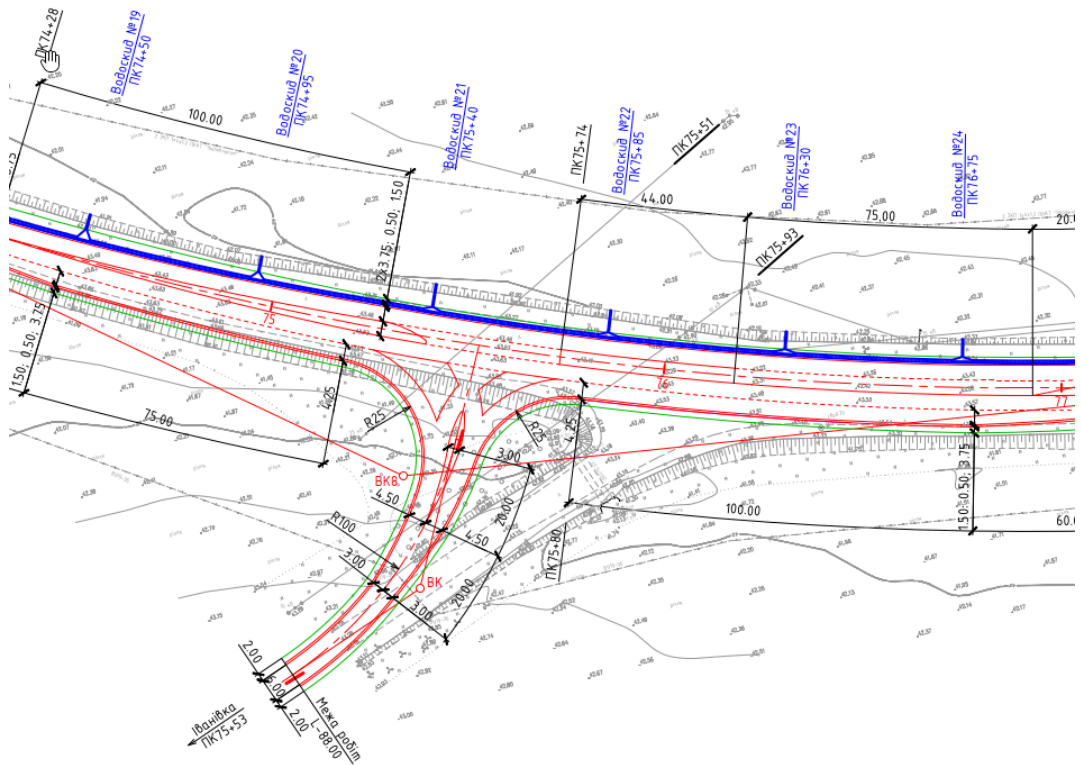


Рисунок 2.5 – Місце розташування примикання на ПК75+53, що потребує додаткового відводу землі

**Поверхнєве водовідведення.** Для запобігання розмивів узбіч та укосів земляного полотна у місцях влаштування віражів, проектом передбачено влаштування скидів води відкритими лотками для відведення води за межі земляного полотна. Скиди води влаштовуються на узбіччі із бетонних блоків, які являють собою укріплену монолітним бетоном площадку. Вода зі скиду, розташованого на узбіччі, потрапляє у телескопічні лотки по укосам насипу, з них до гасника в підшві насипу, з яких відводиться за межі земляного полотна у понижені місця.

Збирання поверхневих вод з дорожнього одягу здійснюється за допомогою водовідвідних лотків Б-1-22-75 (рисунок 2.6) .

Для захисту земляного полотна від поверхневих вод, що впливають на міцність та стійкість, а також від розмивів проектом також передбачено укріплення укосів земляного полотна та частини узбіччя рослинним ґрунтом з висівом насіння багаторічних трав товщиною 0,15 м.

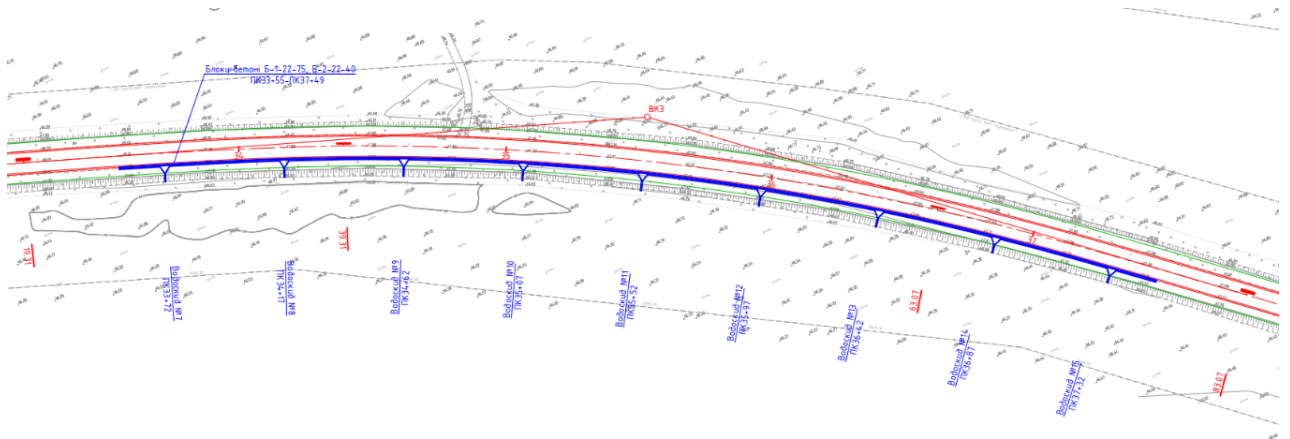


Рисунок 2.6 – Місце розташування примикання на ПК75+53, що потребує додаткового відводу землі

**Поперечний профіль.** Проектом прийнято 2 типи поперечного профілю конструкції земляного полотна згідно таблиці 6.5 та 6.7 ДБН В.2.3-4:2015:

Тип 1 - насип висотою до 2,0 м з крутизною укосів 1:3; (рисунок 2.7)

Тип 2 - насип висотою від 2,0 до 3,0 м з крутизною укосів 1:1,75 з влаштуванням бар'єрного огороження на узбіччі (рисунок 2.8).

Поперечний похил проїзної частини складає 25%, поперечний похил узбіччя – 50%, поперечний похил тротуарів складає 15% та направлений в бік проїзної частини.

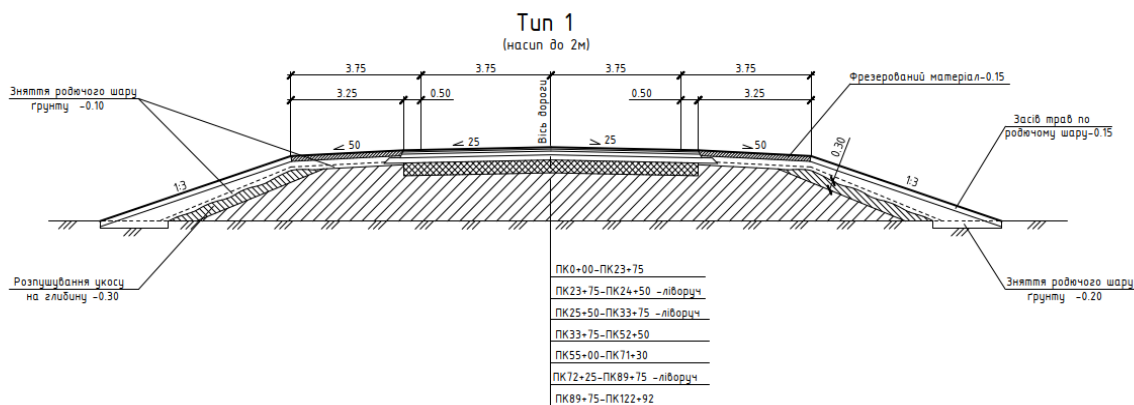


Рисунок 2.7 – Насип висотою до 2,0 м

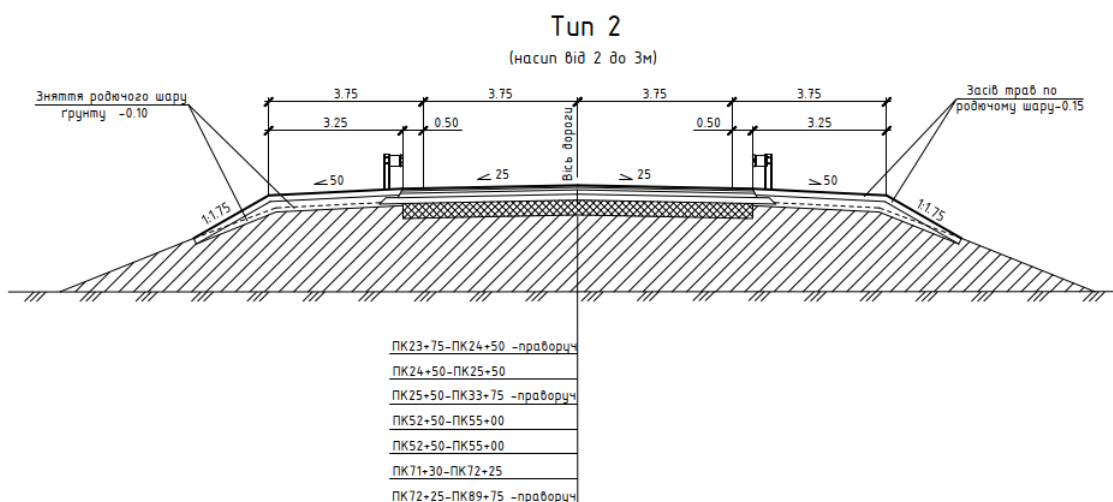


Рисунок 2.8 – Насип висотою до 2,0 м

При виконанні розрахунків враховувалася інтенсивність дорожнього руху. Інформація про інтенсивність руху на дорозі, щорічний приріст інтенсивності руху та склад автопарку надана ДП «ДерждорНДІ» (табл. 2.2).

Інтенсивність руху транспортних засобів на ділянці проведення капітального ремонту складає 2549 авт./добу, перспективна інтенсивність на 2041 рік складе 4240 авт./добу (табл. 2.3).

Таблиця 2.2 – Склад і характеристики автомобілів в транспортному потоці на 2021 рік

Марка автомобіля	Вантажо- підйом- ність, т	Кіль- кість, авт.	Коеф. вант.	Коеф. про- бігу	Зрос- тання інтенс	Коеф. привед
Легковий автомобіль	-	900	1,0	1,0	1,040	0,000
IVECO Daily 35 S 12 V	3,5	396	1,0	1,0	1,040	0,001
MERCEDES-BENZ Vario 700-800	7,5	120	1,0	1,0	1,040	0,025
MAN M2000 26.310	26,0	145	1,0	1,0	1,040	1,972
MERCEDES-BENZ Vario 800	7,5	11	1,0	1,0	1,040	0,025
NEOPLAN N 123 Skyliner	26,0	16	1,0	1,0	1,040	1,147
DAF XF FT 95.530 + Sommer SW 240	44,9	843	1,0	1,0	1,040	1,540
SCANIA R114 4x2 340 +KRONE ADP24	42,0	118	1,0	1,0	1,040	2,725

Таблиця 2.3 – Склад і характеристики автомобілів в транспортному потоці на 2041 рік

Марка автомобіля	Вантажо- підйом- ність, т	Кіль- кість, авт.	Коеф. вант.	Коеф. про- бігу	Зрос- тання інтенс	Коеф. привед
Легковий автомобіль	-	1497	1,0	1,0	1,040	0,000
IVECO Daily 35 S 12 V	3,5	659	1,0	1,0	1,040	0,001
MERCEDES-BENZ Vario 700-800	7,5	200	1,0	1,0	1,040	0,025
MAN M2000 26.310	26,0	241	1,0	1,0	1,040	1,972
MERCEDES-BENZ Vario 800	7,5	18	1,0	1,0	1,040	0,025
NEOPLAN N 123 Skyliner	26,0	27	1,0	1,0	1,040	1,147
DAF XF FT 95.530 + Sommer SW 240	44,9	1402	1,0	1,0	1,040	1,540
SCANIA R114 4x2 340 +KRONE ADP24	42,0	196	1,0	1,0	1,040	2,725

### 2.2.2 Дорожній одяг автомобільної дороги

Дорожній одяг розрахований з коефіцієнтом запасу міцності як для доріг II категорії з капітальним типом покриття (ГБН В.2.3-37641918-559:2019), навантаженням на вісь 115 кН.

Загальні модулі пружності прийнятого дорожнього одягу становлять:

- при розширенні проїжджої частини дороги - 558 МПа (потрібний 318 МПа), коефіцієнт запасу міцності 1,76;

- при підсиленні дорожнього одягу - 523 МПа (потрібний 318 МПа), коефіцієнт запасу міцності 1,65;

Результати розрахунків дорожнього одягу нежорсткого типу наведено в таблицях 2.4- 2.7

Таблиця 2.4 – Конструкція дорожнього одягу на автомобільній дорозі II категорії (Тип 1)

Епотр=318		Езг МПа	Запас міцності Кмц=1.65
5.0	ЩМА-20 на бітумі марки БМКП 40/60-68	E = 2970 E <sub>p</sub> = 4070 R= 3.74 Eзс= 1210	434
6.0	АБ <sub>БМП</sub> .Др.Щ.А.НП.БМКП 40/60-68	E = 5500 E <sub>p</sub> = 6050 R= 13.20 Eзс= 3300	316
10.0	Асфальтобетон.АСГ.Кр.Щ.А1.НП.І.БНД 50/70	E = 4400 E <sub>p</sub> = 6000 R= 10.00 Eзс= 1560	165
15.0	ЩПС-20, укріплена цементом, марка матеріалу М 20	E = 400 Rи= 0.50	108
Існуючий дорожній одяг після фрезерування на глибину 5,0 см			

Нр.= 36,0 см.

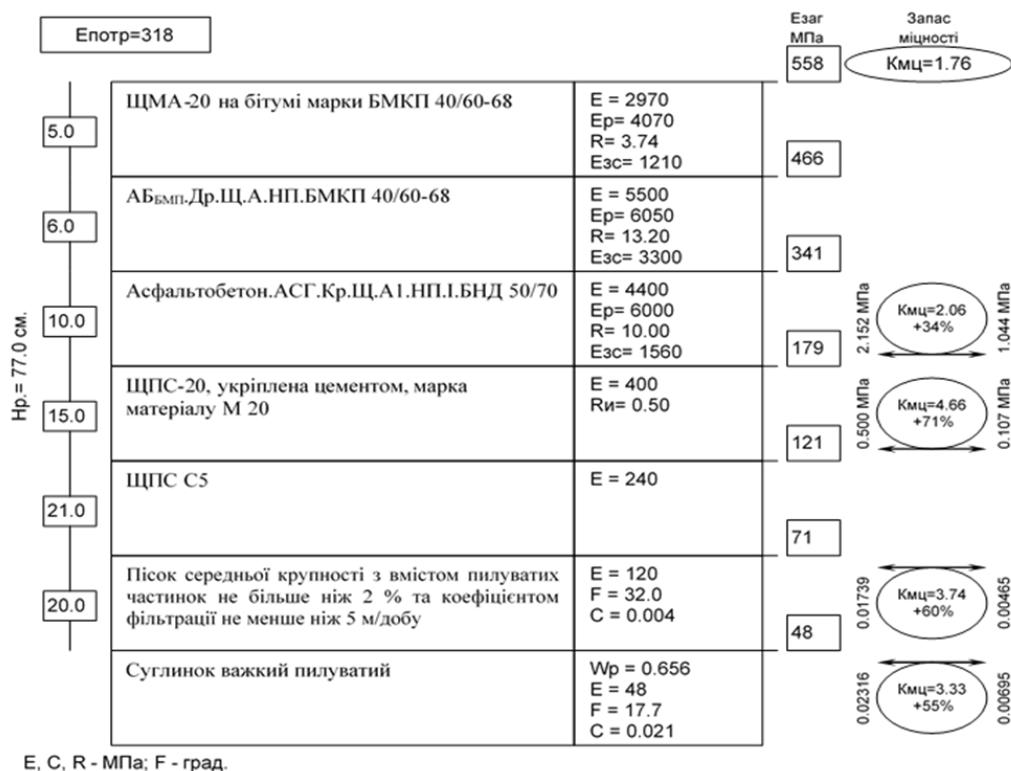
2.152 МПа  
Кмц=2.01  
+32%  
1.069 МПа

0.500 МПа  
Кмц=4.24  
+68%  
0.118 МПа

Е, С, R - МПа; F - град.

Таблиця 2.5 – Конструкція дорожнього одягу на автомобільній дорозі

II категорії (Тип 2)



Таблиця 2.6 – Перелік компонентів конструкція дорожнього одягу (Тип 1)

Найменування компонентів	Матеріал - Тип 1 (підсилення)
Фрезерування асфальтобетонного покриття	Глибина шару 0,05 м
Вирівнюючий шар	ЩПС-40 укріплена цементом, марка матеріалу М20 згідно з ДСТУ-Н Б В.2.3-39:2016 $h_{сер.} = 0,043$ м
Шар основи	ЩПС-40 укріплена цементом, марка матеріалу М20 згідно з ДСТУ-Н Б В.2.3-39:2016 - 0,15
Підгрунтовка бітумною емульсією	ЕКШ-50 ДСТУ Б В.2.7-129:2013, норма витрати 1,3 л/м <sup>2</sup> ;
Шар основи	АСГ.Кр.Щ.А1.НП.І.БНД 50/70 ДСТУ Б В.2.7-119:2011 - 0,10 м
Підгрунтовка бітумною емульсією	ЕКШМ-50 ДСТУ Б В.2.7-129:2013, нор-ма витрати 0,50 л/м <sup>2</sup>
Шар основи	АББМП.Др.Щ.А.НП.БМКП 40/60-68 ДСТУ 8959:2019 - 0,06 м
Підгрунтовка бітумною емульсією	ЕКШМ-50 ДСТУ Б В.2.7-129:2013, норма витрати 0,50 л/м <sup>2</sup>
Покриття щебенево-мастиковий асфальтобетон	ЩМА-20 на бітумі БМКП40/60-68, згідно з ДСТУ Б В.2.7-127:2015 - 0,05 м

Таблиця 2.7 – Перелік компонентів конструкція дорожнього одягу  
(Тип 2)

Найменування компонентів	Матеріал - Тип 2 (новий конструктив)
Додатковий нижній шар	Пісок згідно з ДСТУ Б В.2.7-32-95 - 0,20 м
Шар основи	Суміш С5 для основ дорожнього одягу, тип-щебенево-піщана, ДСТУ Б В.2.7-30:2013 - 0,21 м
Шар основи	ЩПС-40 укріплена цементом, марка матеріалу М20 згідно з ДСТУ-Н Б В.2.3-39:2016 - 0,15 м
Підгрунтовка бітумною емульсією	ЕКШ-50 ДСТУ Б В.2.7-129:2013, норма витрати 1,3 л/м <sup>2</sup>
Шар основи	АСГ.Кр.Щ.А1.НП.І.БНД 50/70 ДСТУ Б В.2.7-119:2011- 0,10 м
Підгрунтовка бітумною емульсією	ЕКШМ-50 ДСТУ Б В.2.7-129:2013, норма витрати 0,50 л/м <sup>2</sup>
шар основи	АББМП.Др.Щ.А.НП.БМКП 40/60-68 ДСТУ 8959:2019 - 0,06 м
Підгрунтовка бітумною емульсією	ЕКШМ-50 ДСТУ Б В.2.7-129:2013, норма витрати 0,50 л/м <sup>2</sup>
Покриття щебенево-мастиковий асфальтобетон	ЩМА-20 на бітумі БМКП40/60-68, згідно з ДСТУ Б В.2.7-127:2015 - 0,05 м

На основі порівняння варіантів дорожнього одягу рекомендовано полімерно-модифікований асфальтобетон (ПМА), отриманий шляхом введення до складу бітуму полімерних або полімерно-модифікуючих добавок.

### 2.2.3 Організація будівельних робіт

**Земляне полотно й штучні споруди.** Існуюче земляне полотно на ділянці капітального ремонту знаходиться в задовільному стані. Перед початком земляних робіт виконують зняття рослинного шару з існуючих узбіч 0,10 м, укосів 0,10 м, а також з підшви насипу глибиною 0,20 м (в місцях розширення земляного полотна, відповідно до даних інженерно-геологічних вишукувань).

Рослинний ґрунт, знятий з існуючого земляного полотна використовується для укріплення узбіч та укосів земляного полотна на дорозі, примиканнях та з'їздах. Залишок родючого ґрунту перевозиться в резерв.

Земляне полотно досипається з ґрунту існуючого насипу після зрізання узбіч до низу дорожнього одягу та відновлення укосів, який складається в смузі відведення дороги. Коефіцієнт ущільнення земляного полотна робочої частини складає 1,00. Відносний коефіцієнт ущільнення насипу відповідає значенню 1,08. Недостача ґрунту транспортується на ділянку з резерву на відстань згідно транспортної схеми.

Після влаштування дорожнього одягу виконують досипання присипних узбіч. В місцях, де проїзна частина відокремлена від узбіччя водовідвідним лотком, ґрунтова частина узбіччя укріплюється посівом трав по шару рослинного ґрунту товщиною 0,15 м з похилом 50 %, на інших ділянках укріплюється по всій ширині відфрезерованим матеріалом (повторне використання) товщиною 0,15 м з похилом 50 % та посівом трав з підсипкою рослинного ґрунту товщиною 0,15 м на ширину 1,25 м з похилом 50 %.

Укоси укріплюються посівом трав по шару рослинного ґрунту товщиною 0,15 м. Крутизна укосів насипу складає 1:3, на ділянках влаштування бар'єрного огородження 1:1,75.

В межах проектної ділянки у наявності 5 водопропускних труб: під основною дорогою – 2 шт., під примиканнями – 3 шт.

Проектом передбачено заміна двох існуючих залізобетонних труб отв. 0.6 м під примиканнями на ПК80+29 (ліворуч) та ПК97+35 (ліворуч) на нові залізобетонні труби отвором 0,50 м .

Також передбачено розбирання з'їзду на ПК76+18 в зв'язку із зміною його конфігурації та кута примикання до основної дороги, а також розбирається існуюча залізобетонна труба отв.3x1.00м, яка знаходилась під цим з'їздом. Влаштування примикання на ПК75+53(замість з'їзду на ПК76+18) з новою залізобетонною трубою отвором 3x1.00 м.

Проектом також передбачено ремонт двох залізобетонних труб під основною дорогою.

**Укладання дорожнього одягу.** Перед початком влаштування посилення виконується фрезерування існуючого покриття на глибину 0,05 м

(табл. 2.6). Матеріал від фрезерування транспортується для зберігання та повторне використання.

На ділянках ПК71+25 – ПК71+57,66 довжиною 32,66 м та ПК72+0,35 – ПК72+45 довжиною 44,65 м (перед та за мостом) передбачається розбирання основи існуючого дорожнього одягу та влаштування конструкції дорожнього одягу по Типу 2 (табл. 2.7).

Конструювання шарів дорожнього одягу виконане з урахуванням влаштування скошеного краю шарів асфальтобетону крутизною укосу 1:0,5 та шарів основи з крутизною 1:1 згідно до вимог ДБН В.2.3-4:2015.

## **2.3 Дослідження впливу різних факторів, що впливають на безпеку руху транспортних засобів на ділянках реконструкції доріг**

У проєкті капітального ремонту заходи безпеки пропонується розділити на три ключові блоки: інженерно-планувальні, інформаційно-технологічні та безпекові:

### **2.3.1 Інженерно-планувальні рішення**

Ці заходи спрямовані на фізичне розділення транспортних потоків та зменшення ймовірності ДТП.

- впровадження системи «Safe System»: проєктування розв'язок та перехресть таким чином, щоб мінімізувати точки конфлікту. На ділянках з високою інтенсивністю руху рекомендується влаштування кільцевих перехресть (Roundabouts), які примусово знижують швидкість автомобілів;

- пасивна безпека: встановлення бар'єрного огороження типу «Transpo» або енергопоглинаючих буферів перед штучними спорудами (мостами, шляхопроводами), що значно знижує тяжкість наслідків при зіткненні;

- освітлення: враховуючи можливі перебої з енергопостачанням, обґрунтовується встановлення автономних систем освітлення на сонячних панелях на пішохідних переходах та автобусних зупинках.

### **2.3.2 Забезпечення видимості та орієнтування**

Оскільки в Херсонській області часто спостерігаються пилові бурі або тумани (специфіка степової зони), особлива увага приділяється:

– горизонтальна розмітка: використання холодного пластику або термопластику зі світловідбиваючими склокульками. Для кращого орієнтування вночі пропонується встановлення світлоповертальних елементів («котячих очей») по осі дороги;

– знаки підвищеної видимості: встановлення знаків на флуоресцентній основі (жовто-зеленого кольору) у місцях проведення ремонтних робіт та на під'їздах до населених пунктів.

### **2.3.3 Специфічні повоєнні заходи безпеки**

Ця частина магістерської роботи враховує контекст регіону:

– захист від мінної небезпеки: встановлення спеціальних попереджувальних знаків «Обережно, міни!» вздовж узбіч та на майданчиках відпочинку, де ще не завершено повне очищення території;

– контроль за великогабаритним транспортом: впровадження систем WIM (Weight-in-Motion) – зважування в русі. Це необхідно для захисту нового покриття від перевантажених вантажівок, що перевозять будівельні матеріали або зерно;

– облаштування укриттів: на зупинках громадського транспорту та майданчиках відстою техніки обґрунтовується встановлення швидкосторуджуваних бетонних укриттів для захисту учасників руху у разі обстрілів.

## **2.4 Використання сучасних матеріалів з підвищеним зчепленням (асфальтобетон з полімерними добавками)**

Забезпечення безпеки дорожнього руху є одним із ключових завдань під час проектування, реконструкції та капітального ремонту автомобільних доріг. Використання сучасних дорожніх матеріалів, зокрема асфальтобетону з полімерними добавками, є одним із ключових інженерних рішень для

підвищення безпеки дорожнього руху на автомобільних дорогах та залізничних переїздах. Такі матеріали безпосередньо впливають на коефіцієнт зчеплення коліс транспортних засобів із дорожнім покриттям, що, у свою чергу, є одним із визначальних показників для забезпечення нормативної безпечної дистанції гальмування. Згідно з ДСТУ 3587:2022 «Автомобільні дороги, вулиці та залізничні переїзди. Вимоги до експлуатаційного стану», дорожнє покриття повинно забезпечувати достатній коефіцієнт зчеплення для безпечного зупинення транспортних засобів відповідно до встановлених швидкісних режимів.

Полімерно-модифікований асфальтобетон (ПМА) є сучасним матеріалом дорожніх покриттів, отриманим шляхом введення до складу бітуму полімерних або полімерно-модифікуючих добавок. Основною метою такої модифікації є покращення фізико-механічних і експлуатаційних характеристик покриття, що безпосередньо впливає на рівень безпеки дорожнього руху та психофізіологічний стан водіїв [4–6].

Найбільш поширеними добавками при виробництві ПМА є стирол-бутадієн-стирольні термопласти (SBS), які забезпечують підвищену еластичність бітуму за низьких температур і необхідну жорсткість за високих температур, запобігаючи тріщиноутворенню та колійності, а також етиленвінілацетат (EVA), що використовується для підвищення пластичності та структурної стабільності бітумного в'язучого [5, 7, 8].

Застосування зазначених полімерних добавок дозволяє отримати дорожнє покриття з прогнозованими характеристиками, стабільними протягом усього строку експлуатації, що відповідає вимогам чинних нормативних документів України [4, 5].

Переваги полімерно-модифікованого асфальтобетону з позиції безпеки дорожнього руху

Однією з ключових переваг полімерно-модифікованого асфальтобетону є здатність забезпечувати стабільно високий коефіцієнт зчеплення коліс транспортних засобів з поверхнею дороги. Полімерна

модифікація сприяє кращому утриманню мінерального заповнювача в структурі покриття, що дозволяє зберігати необхідну шорсткість навіть за тривалої експлуатації та в умовах зволоження покриття [7–9].

ПМА також характеризується підвищеною довговічністю, що проявляється у зменшенні інтенсивності колійності та тріщиноутворення. Скорочення кількості ремонтних втручань позитивно впливає на безпеку руху, оскільки ремонтні зони створюють додаткові динамічні та когнітивні ризики для учасників дорожнього руху [6, 9].

Важливою експлуатаційною властивістю ПМА є підвищена водостійкість. Полімерно-модифікований бітум менш схильний до емульгування та втрати адгезійних властивостей у водонасиченому стані, що забезпечує збереження ефективного зчеплення під час опадів і сприяє скороченню гальмівного шляху транспортних засобів [5, 8].

**Урахування ПМА в моделі інтегрального показника безпеки.** Для комплексної оцінки безпеки дорожнього руху в роботі використовується інтегральний показник безпеки (ІПБ), який враховує технічні параметри дорожньої інфраструктури та когнітивні особливості сприйняття дорожніх умов водієм [9, 10].

$$\text{ІПБ} = K_{\text{д}} \cdot \alpha_{\text{д}} + K_{\text{І}} \cdot \alpha_{\text{І}} + K_{\text{когн}} \cdot \alpha_{\text{когн}},$$

де  $K_{\text{д}}$  - динамічний ризик;

$K_{\text{І}}$  - інфраструктурний ризик;

$K_{\text{когн}}$  - когнітивний ризик водія

$$\alpha_{\text{д}} + \alpha_{\text{І}} + \alpha_{\text{когн}} = 1$$

Коригування динамічного ризику  $K_{\text{д}}$ . Динамічний ризик дорожнього руху визначається як функція швидкісних умов та коефіцієнта зчеплення  $\mu$  [6, 9]:

$$K_{\text{д}} = f(\mu, V).$$

У разі застосування полімерно-модифікованого асфальтобетону вводиться знижувальний коефіцієнт:

$$K_{д}^{ПМА} = K_{д} \cdot (1 - \beta_{ПМА}),$$

де  $\beta_{ПМА}$  - коефіцієнт зменшення динамічного ризику за рахунок підвищеного зчеплення покриття.

Таблиця 2.8 – Порівняльна характеристика традиційного та полімерно-модифікованого асфальтобетону (ПМА)

Показник	Традиційний асфальтобетон (БНД)	Полімерно-модифікований (ПМА/ЩМА на ПМБ)	Вплив на безпеку руху
Коефіцієнт зчеплення ( $f$ )	Середній (0.35 - 0.40)	Високий та стабільний (0.45 - 0.55)	Зменшує гальмівний шлях на 15-20%.
Стійкість до колієутворення	Схильний до деформацій при $>30^{\circ}\text{C}$	Висока стійкість до пластичних деформацій	Використання ЩМА на полімерному бітумі гарантує збереження рівності покриття протягом усього міжремонтного терміну. Це запобігає утворенню колій, а отже, ліквідує головну причину аквапланування на швидкісних ділянках доріг Херсонщини під час злив.
Еластичність (тріщиностійкість)	Втрачає еластичність при морозах	Зберігає гнучкість при низьких температурах	Менше тріщин — менше вибоїн, які створюють аварійні ситуації.
Адгезія (зчеплення з каменем)	Можливе викришування щебеню з часом	Дуже висока (полімер створює «гумову» сітку)	Камінці не вилітають з-під коліс, лобове скло водіїв залишається цілим.
Видимість у нічний час	Швидко тьмяніє	Довше зберігає текстуру та колір	Краще відбиває світло фар та покращує видимість розмітки.

Коригування когнітивного ризику  $K_{когн.}$  Когнітивний ризик

відображає психофізіологічне навантаження на водія та визначається як сума інфраструктурних, стресових та інформаційних факторів [11]:

$$K_{\text{когн}} = K_{\text{інф}} + K_{\text{стр}} + K_{\text{інфо}}.$$

Інфраструктурна складова когнітивного ризику враховує вплив характеристик покриття:

$$K_{\text{інф}} = W_{\text{рег}} + W_{\text{відв}} + W_{\text{ком}} - W_{\text{ПМА}},$$

де  $W_{\text{ПМА}}$  – знижувальний ваговий коефіцієнт, що відображає позитивний вплив застосування ПМА на зменшення тривожності водія та підвищення відчуття контролю над транспортним засобом [9–12].

Таким чином, застосування ПМА забезпечує подвійний ефект підвищення безпеки: зниження фізичного ризику через скорочення гальмівного шляху та зниження когнітивного ризику за рахунок зменшення психоемоційного напруження водія (табл. 2.8). Це методично обґрунтовує доцільність використання ПМА при капітальному ремонті та реконструкції автомобільних доріг [9–13].

## **Висновки до розділу 2**

У другому розділі проведено комплексне дослідження технічних параметрів реконструкції автомобільної дороги та обґрунтовано заходи щодо підвищення безпеки руху в повоєнний період. За результатами роботи зроблено наступні висновки:

1. Встановлено, що для забезпечення перспективної інтенсивності руху 4,240 тис. авт/добу (на 2041 рік), дорога II категорії повинна мати дві смуги руху шириною по 3,75 м. Проектні рішення поздовжнього профілю з керівним похилом 8‰ вимагають особливої уваги до зчпних властивостей покриття.

2. Запроектована конструкція дорожнього одягу з використанням ЩМА-20 (товщиною 5 см) та нижнього шару з крупнозернистого асфальтобетону (10 см) забезпечує необхідну несучу здатність для руху великовагової техніки. Для реалізації цього етапу розраховано потребу в

матеріалах (11 870 т ЩМА) та визначено оптимальний склад транспортної ланки (8-10 самоскидів).

3. Розрахунковим шляхом визначено критичні відстані видимості для зупинки автомобіля. Встановлено, що при сприятливих умовах для швидкості 100 км/год на спуску 8‰ відстань видимості становить 148,5 м. В екстремальних умовах (ожеледиця,  $f=0.1$ ) ця відстань зростає до 1892,4 м, що доводить фізичну неможливість безпечної зупинки на таких ухилах без спеціальної обробки покриття та зниження швидкості.

3. Обґрунтовано впровадження трирівневої системи захисту учасників руху:

– *інженерної*: встановлення енергопоглинаючих бар'єрів та автономного освітлення;

– *організаційної*: розчищення зон видимості та встановлення систем метеомоніторингу;

– *специфічної повоєнної*: маркування зон мінної небезпеки в смузі відводу та встановлення мобільних укриттів на зупинках.

4. Доведено доцільність використання полімерно-модифікованих асфальтобетонів (ПМА). Встановлено, що завдяки підвищеній адгезії бітуму до щебеню та стійкості до температурних коливань Херсонської області, ПМА дозволяє:

– збільшити коефіцієнт зчеплення коліс із дорогою на 15-20%;

– мінімізувати утворення колій, які є основною причиною аквапланування та втрати керованості;

– забезпечити стабільність дорожнього покриття в умовах інтенсивного гальмівного навантаження на ділянках із великими похилами.

## 3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 3.1 Розробка варіантів підвищення безпеки руху

#### 3.1.1 Вплив на безпеку якості дорожнього покриття

Підвищення коефіцієнта зчеплення дорожнього покриття має не лише технічний характер. Якість дорожнього покриття впливає на психофізіологічний стан водія, рівень його впевненості, швидкість реакції та здатність прогнозувати розвиток дорожньої ситуації. Дороги з недостатнім зчепленням або нерівною поверхнею підвищують когнітивне навантаження, змушуючи водія постійно коригувати траєкторію та швидкість руху, що збільшує ризик помилок і аварійних ситуацій.

Таким чином, заходи з підвищення транспортно-експлуатаційних показників автомобільних доріг, зокрема застосування сучасних матеріалів і технологій улаштування покриттів, мають розглядатися не лише з позиції довговічності та економічної ефективності, але й як інструмент зниження аварійності через позитивний вплив на когнітивний стан учасників дорожнього руху. Урахування цього аспекту є особливо актуальним при обґрунтуванні проектних рішень у межах капітального ремонту автомобільних доріг.

При ухилах 8‰ (0.008) дорога візуально здається майже горизонтальною, але для розрахунків гальмування навіть такий мінімальний похил має значення, особливо на ожеледиці.

Для побудови графіків була використана наступна формула:

$$S = \frac{V}{3.6} \cdot t_{реак} + \frac{\left(\frac{V}{3.6}\right)^2}{2 \cdot g \cdot (\mu \pm i)} \quad (3.1)$$

$V$  – швидкість руху, км/год;

$t_{реак}$  – реакція водія, 1 сек.;

$\mu$  – коефіцієнт зчеплення покриття; за ДСТУ та нормами проектування

доріг зазвичай приймається: асфальтобетон (дощ)  $\mu = 0.4$ , ожеледиця  $\mu = 0.1$ ;

$g$  – прискорення вільного падіння ( $\approx 9,81 \text{ м/с}^2$ ).

Приймаємо розрахункові швидкості, характерні для доріг II категорії: 60, 80, 100 та 120 км/год.

Розглянемо фактори, що впливають на якість дорожнього покриття, а, отже, й на безпеку руху. Так, коефіцієнт зчеплення ( $\mu$ ) безпосередньо впливає на довжину гальмівного шляху ( $S$ ) автомобіля. Використання полімерно-модифікованого асфальтобетону дозволяє підвищити коефіцієнт зчеплення між шиною та дорожнім покриттям, особливо у критичних умовах (дощ, ожеледиця, гальмування).

Нижче за формулою (3.1) наведено розрахунок повного зупиночного шляху, який включає шлях за час реакції водія (1 сек) та безпосередньо гальмівний шлях.

Таблиця 3.1 – Повний зупиночний шлях (мокрый асфальтобетон  $\mu = 0.4$ )

Швидкість	Шлях за 1с реакції	Спуск - 8‰	Спуск - 4‰	Горизонт (0)	Підйом +4‰	Підйом +8‰
60 км/год	16.7 м	52.8 м	52.5 м	52.1 м	51.8 м	51.4 м
80 км/год	22.2 м	86.5 м	85.8 м	85.2 м	84.6 м	83.9 м
100 км/год	27.8 м	128.2 м	127.2 м	126.2 м	125.3 м	124.3 м
120 км/год	33.3 м	177.9 м	176.4 м	175.0 м	173.6 м	172.3 м

Для рівнинних доріг Херсонщини при дощі різниця між підйомом і спуском у 8‰ майже непомітна (близько 2-4 метрів), але загальна дистанція все одно залишається значною.

Таблиця 3.2 – Повний зупиночний шлях (ожеледиця  $\mu = 0.1$ )

Швидкість	Шлях за 1с реакції	Спуск - 8‰	Спуск - 4‰	Горизонт (0)	Підйом +4‰	Підйом +8‰
60 км/год	16.7 м	170.6 м	164.2 м	158.4 м	153.0 м	148.1 м
80 км/год	22.2 м	295.9 м	284.4 м	274.2 м	264.7 м	256.0 м
100 км/год	27.8 м	455.5 м	437.5 м	421.5 м	406.8 м	393.2 м
120 км/год	33.3 м	649.2 м	623.4 м	600.2 м	579.0 м	559.5 м

Взимку навіть у степу мінімальний ухил у 8‰ збільшує гальмівний шлях на швидкості 100 км/год на цілих 34 метри порівняно з ідеально рівною дорогою.

Також з формули (3.1) випливає, що зменшення коефіцієнта зчеплення призводить до пропорційного збільшення гальмівного шляху, що ускладнює дотримання безпечної дистанції за заданої швидкості руху. Саме тому підтримання нормативних значень коефіцієнта зчеплення, передбачених у чинних ДСТУ, є критично важливим для безпеки руху, особливо на підходах до переїздів та на ділянках з ухилами, де необхідно швидко зупинити транспортний засіб перед закритою сигналізацією.

### 3.1.2 Вплив на безпеку когнітивного фактору

Окрему увагу слід приділяти когнітивному фактору, який охоплює процеси сприйняття, уваги, оцінки дорожньої обстановки та прийняття рішень водієм. Так, підвищення коефіцієнта зчеплення дорожнього покриття має не лише технічний характер, а й суттєво впливає на психологічний стан та когнітивну поведінку водія. Надійне зчеплення сприяє зниженню стресового навантаження, оптимізації розподілу уваги та прискоренню реакцій у складних дорожніх ситуаціях.

*1. Зниження стресу та когнітивного навантаження.* Водій, що відчуває стабільне зчеплення шин із дорожнім покриттям, особливо в умовах дощу чи мокрої поверхні, відчуває вищий рівень контролю над транспортним

засобом, що знижує емоційне напруження і когнітивне навантаження під час руху. Психологічні аспекти сприйняття інформації під час руху, зокрема через системи розпізнавання дорожніх знаків, показують важливість ефективної інтеграції сенсорної інформації водієм для швидкого прийняття рішень [14].

**2. Скорочення часу реакції водія.** У кризових ситуаціях (наприклад, несподіване ввімкнення заборонного сигналу світлофора) водій має реагувати швидко, щоб уникнути ДТП. Час реакції – це сума часу сприйняття та фактичної відповіді на подразник. Українські дослідження показують, що функціональний стан водія та характер дорожніх умов впливають на цей час, а також що стресові фактори можуть суттєво подовжувати реакцію [15].

$$t_p = t_{pc} + t_{id}$$

Час розпізнавання сигналу  $t_{pc}$  - це період від моменту появи об'єкта (ввімкнення червоного світла) до прийняття рішення про гальмування. В умовах степових магістралей Херсонської області з монотонним пейзажем водій може перебувати у стані «сенсорної депривації», що збільшує  $t_{pc}$  1.2-1.5 с. через зниження пильності.

Час ініціювання дії  $t_{id}$  - це суто фізичний процес перенесення ноги з педалі акселератора на педаль гальма; зазвичай приймається в межах  $t_{id}$  0.30-0.45 с.

При розрахунках (табл. 3.1, 3.2) приймалося  $t_p = 1$  сек. середньо статистичне значення. Якщо ж потрібно показати зону ризику, то необхідно прийняти  $t_p = 1,5$  с. На швидкості 100 км/год ця різниця у 0.5 с додасть до зупиночного шляху 13.9 метрів, що часто стає вирішальним фактором між зупинкою та зіткненням.

У таблиці 3.3 нижче наведено значення, які можна використовувати для моделювання різних сценаріїв безпеки.

Таблиця 3.3 - Час розпізнавання сигналу й ініціювання дії

Стан водія / Умови	$t_{pc}$ (с)	$t_{id}$ (с)	Загальний час $t_p = t_{pc} + t_{id}$ (с)	Коментар
Очікувана подія (світлофор)	0.40	0.20	0.60	Водій готовий до зміни сигналу.
Несподівана подія (перешкода)	0.70	0.30	1.00	Стандартне розрахункове значення за ДСТУ.
Кризова ситуація / Стрес	1.10	0.40	1.50	Подовження через розгубленість або втому.
Складні погодні умови	0.90	0.30	1.20	Дощ/туман сповільнюють розпізнавання.

### **3. Психофізіологічні аспекти прийняття рішення.**

Психофізіологічні процеси прийняття рішень у системі «водій–автомобіль–дорога–середовище» формують поведінкову реакцію водія в реальних умовах руху. Зміни функціонального стану водія (наприклад, втома, стрес) можуть впливати на гальмівні реакції, швидкість обробки інформації та ефективність керування [16].

**4. Вплив коефіцієнта зчеплення на безпеку.** Фізична взаємодія шини з покриттям, включно з коефіцієнтом зчеплення, визначає не лише технічні параметри руху, але й впливає на відчуття безпеки та прогнозованість поведінки транспортного засобу водієм. Це, у свою чергу, може сприяти кращому розподілу уваги та зменшенню стресових реакцій [11].

Полімерно-модифікований асфальтобетон (ПМА) є вдосконаленим видом асфальтобетонного покриття, у якому як в'язучий матеріал використовується бітум, модифікований спеціальними полімерними

добавками (наприклад, термоеластопластами типу SBS). Це суттєво змінює фізико-механічні та реологічні властивості бітуму, підвищуючи його стійкість до деформацій, температурних коливань і зносу, що сприяє стабільності зчіпних характеристик покриття.

### **3.2 Вплив результатів розрахунків ресурсів для влаштування верхнього шару покриття на безпеку руху**

#### **3.2.1 Технічний розрахунок кількості матеріалів**

Для розрахунку потреби в асфальтобетоні використовуємо формулу:

$$M = L \cdot B \cdot h \cdot \rho \quad (3.2)$$

де:  $L$  – довжина ділянки, м;

$B$  – ширина проїзної частини, м;

$h$  – товщина шару, м;

$\rho$  – середня щільність суміші (для ЩМА зазвичай  $\rho = 2.45 - 2.50$  т/м<sup>3</sup>).

Для розрахунку потреби в матеріалах (формула 3.2) для верхнього шару покриття зі щебенево-мастикового асфальтобетону (ЩМА-20) скористаємося вихідними даними. Для дороги II категорії згідно з ДБН В.2.3-4:2015 стандартна ширина однієї смуги руху становить 3,75 м. Оскільки смуг дві, загальна ширина проїзної частини складе 7,50 м.

Знаходимо загальну площу покриття:

$$S = L \cdot B = 12292 \cdot 7,50 = 92190 \text{ м}^2$$

Знаходимо об'єм асфальтобетонної суміші:

$$V = S \cdot h = 92190 \cdot 0,05 = 4609,5 \text{ м}^3$$

Окрім верхнього шару, для капітального ремонту знадобляться й інші матеріали (див. розділ 2). Результати розрахунків наведено в табл. 3.4

Таблиця 3.4 – Підсумкова таблиця потреби

Матеріал	Призначення	Орієнтовна кількість
ЩМА-20	Верхній шар покриття (5 см)	11 870 т
Асфальтобетон крупнозернистий	Нижній шар покриття (10 см)	23 740 т
Бітумна емульсія	Підгрунтовка (0,5 л/м <sup>2</sup> )	46,1 т
Фракціонований щебінь	Для основи (ПЩС)	залежить від товщини основи

### 3.2.2 Розрахунок кількості транспортних засобів (самоскидів)

Щоб розрахувати необхідну кількість автосамоскидів було враховано не тільки загальну масу асфальту, а й продуктивність асфальтоукладача, відстань від асфальтобетонного заводу до місця робіт та вантажопідйомність машин.

Припустимо, що використовуємо сучасні самоскиди (наприклад, Volvo або MAN) з вантажопідйомністю 20 тонн.

#### Вихідні дані для розрахунку:

- загальна маса ЩМА – 11870 тонн;
- вантажопідйомність одного самоскида  $q = 20$  тонн;
- середня швидкість руху самоскида з вантажем  $V_{\text{сер}} = 40$  км/год (враховуючи стан доріг у Херсонській області);
- відстань транспортування  $L_{\text{тр}}$  прийнята 30 км (середня відстань від асфальтобетонного заводу);
- час навантаження та розвантаження  $t_{\text{дод}} = 20$  хв (0,33 год).

**Розрахунок часу одного рейсу  $T_{\text{ц}}$ .** Час повного циклу роботи одного самоскида складається з часу руху в обидва боки та часу на операції (формула 3.3):

$$T_u = \frac{2L_{mp}}{V_{сер}} + t_{доd} \quad (3.3)$$

$$T_u = \frac{2 \cdot 30}{40} + 0,33 = 1,83 \text{ год}$$

За одну зміну один самоскид перевезе  $G = n \cdot q = 5 \cdot 20 = 100$  тонн асфальту.

Кількість рейсів одного самоскида за зміну. При 10-годинній робочій зміні:

$$n = \frac{T_{зміни}}{T_u} = \frac{10}{1,83} \approx 5 \text{ рейсів}$$

Розрахунок необхідної кількості машин. Щоб асфальтоукладач працював безперервно (середня продуктивність укладача 800 тонн за зміну), нам потрібно:

$$N_{авто} = \frac{\text{Продуктивність за зміну}}{\text{Виробіток одного авто}} = \frac{800}{100} = 8 \text{ одиниць}$$

Загальна кількість машино-змін. Для того, щоб перевезти весь об'єм ЩМА 11870 тонн загальна кількість рейсів:

Якщо працюватиме ланка з 8 самоскидів, вони виконають цей об'єм за:

$$T = \frac{N_{рейсів}}{N_{авто} \cdot n} = \frac{594}{8 \cdot 5} \approx 15 \text{ робочих днів}$$

### **3.3 Обґрунтування взаємозв'язку між параметрами ресурсного забезпечення будівництва та експлуатаційними показниками безпеки дорожнього покриття**

1. Дослідимо зв'язок між ресурсами (автотранспорт, матеріали), технологією та кінцевим результатом (безпекою руху). 1. Безперервність укладання та рівність покриття. Розрахунок кількості автотранспорту ( $N_{авт}$ ) має на меті забезпечити безперервну роботу асфальтоукладача:

– технологічний зв'язок: якщо кількість машин розрахована неправильно, виникають вимушені зупинки укладача. Це призводить до утворення "холодних швів" та нерівностей.

– зв'язок із безпекою: нерівність покриття (хвилі, гребені) спричиняє динамічні коливання підвіски. Це зменшує фактичну силу притискання колеса до дороги, через що коефіцієнт зчеплення ( $\mu$ ) падає на 10–15%, а гальмівний шлях збільшується.

2. Температурний режим та однорідність щільності. Розрахунок транспортного циклу (час у дорозі + час очікування) гарантує доставку суміші з оптимальною температурою:

– технологічний зв'язок: недотримання температури через затримки транспорту веде до поганого ущільнення матеріалу.

– зв'язок із безпекою: недостатня щільність призводить до швидкого утворення колійності. Колія на дорогах Херсонщини під час дощу стає зоною аквапланування – повної втрати зчеплення колеса з дорогою на швидкостях понад 80 км/год.

3. Склад матеріалів та шорсткість. Розрахунок складу суміші (кількість щебеню певної фракції та міцності) визначає майбутню текстуру покриття:

– технологічний зв'язок: точне дозування матеріалів забезпечує стабільність каркасу дорожнього одягу.

– зв'язок із безпекою: саме шорсткість забезпечує високий коефіцієнт  $\mu=0.4-0.6$ . Якщо при розрахунку використано неякісний або недостатній за міцністю кам'яний матеріал, покриття швидко «відполірується», і вже за 1–2 роки мокра дорога за властивостями наблизиться до ожеледиці ( $\mu \rightarrow 0.2$ ).

Аналіз впливу факторів на безпеку руху (табл. 3.5) дозволяє поєднати роботу рівня «організація будівництва» до рівня «управління безпекою дорожньої інфраструктури».

Таблиця 3.5 – Матриця впливу факторів на безпеку руху

Розрахунковий параметр	Технологічний наслідок	Вплив на безпеку (параметр $S_{зуп}$ )
Кількість автотранспорту	Відсутність зупинок укладача	Мінімізація нерівностей → стабільне зчеплення
Обсяг матеріалів (склад)	Оптимальна шорсткість	Гарантований $\mu=0.4$ на мокрому асфальті
Логістика (час доставки)	Дотримання температури ущільнення	Стійкість до колійності → відсутність аквапланування
Витрата в'язучого	Довговічність та герметичність	Попередження викришування та вибоїн (безпека маневрування)

### Висновки до розділу 3

На основі проведеного моделювання зупиночного шляху для ділянок автодоріг Херсонської області при різних станах покриття та швидкостях руху, можна зробити наступні висновки:

1. Домінуючий вплив стану покриття: коефіцієнт зчеплення  $\mu$  є найбільш вагомим чинником безпеки. При переході від мокрого асфальтобетону ( $\mu=0.4$ ) до ожеледиці ( $\mu=0.1$ ) повний зупиночний шлях збільшується у 3–3.5 рази. На швидкості 100 км/год дистанція зупинки зростає зі 126 м до понад 420 м, що часто перевищує дальність видимості в складних метеоумовах.

2. Критичність мікроухилів на ожеледиці: хоча ухили у 4-8% вважаються незначними для рівнинної місцевості, в умовах ожеледиці вони суттєво впливають на динаміку гальмування. Навіть мінімальний спуск у 8% збільшує зупиночний шлях на 34 метри при швидкості 100 км/год порівняно з горизонтальною ділянкою. Це створює додаткову небезпеку, оскільки водій візуально сприймає таку дорогу як рівну і може недооцінити реальну

дистанцію гальмування.

3. Квадратична залежність від швидкості: аналіз даних табл. 3.1 і 3.2 підтверджує, що гальмівний шлях зростає пропорційно квадрату швидкості. Збільшення швидкості на 20% (зі 100 до 120 км/год) призводить до подовження зупиночного шляху на 40-42%. В умовах ожеледиці на швидкості 120 км/год шлях зупинки перевищує 600 метрів, що фактично робить безаварійну зупинку перед несподіваною перешкодою неможливою.

4. Роль часу реакції водія: шлях, пройдений за час реакції (1 с), складає значну частку загальної відстані при високих значеннях зчеплення (до 25-30% на мокрому асфальті). Це підкреслює важливість систем активної безпеки та концентрації уваги водія, оскільки навіть при ідеальному стані гальм перші 17-33 метри автомобіль рухається без уповільнення.

5. Для забезпечення безпеки руху на дорогах регіону в зимовий період, з огляду на інерційність гальмування та наявність мікрорельєфу, рекомендовано обмеження швидкості до 50-60 км/год при виникненні ожеледиці, що дозволить утримувати зупиночний шлях у межах 150 метрів.

6. Для забезпечення безперервного процесу влаштування верхнього шару покриття на ділянці довжиною 12,292 км необхідно задіяти транспортну ланку з 8-10 самоскидів вантажопідйомністю 20 тонн (з урахуванням резерву на випадок поломок або затримок). Це дозволить завершити вкладання ЩМА орієнтовно за 15 робочих днів за умови сприятливих погодних умов.

7. Рекомендовано використовувати методику оптимізації кількості автотранспорту та постачання матеріалів для підвищення якості та однорідності верхнього шару покриття, що дозволяє поєднати роботу рівня «організація будівництва» до рівня «управління безпекою дорожньої інфраструктури».

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

### 4.1 Підвищення безпеки руху при капітальному ремонті автомобільних доріг

Оскільки в Херсонській області часто спостерігаються пилові бурі або тумани (специфіка степової зони), особлива увага приділяється підвищенню видимості. Для розрахунку відстані видимості при зупинці автомобіля перед перешкодою використовуємо формулу:

$$S_1 = \frac{V \cdot t_p}{3.6} + \frac{V^2}{254(f \pm i)} \quad (4.1)$$

де  $V$  – розрахункова швидкість (км/год);

$t_p$  – час реакції водія згідно з ДСТУ для складних умов приймається 1.0–1.2 с;

$f$  – коефіцієнт зчеплення колеса з покриттям ( $f = 0.35$  для вологого чистого покриття, що є розрахунковим випадком);

$i$  – поздовжній похил дороги, у частках одиниці  $i = 0.008$ .

Приймаємо розрахункові швидкості, характерні для доріг II категорії: 60, 80, 100 та 120 км/год. Результати розрахунків за формулою (4.1) наведені в табл. 4.1

Таблиця 4.1 – Результати розрахунку відстані видимості (у метрах)

Швидкість (V), км/год	$i=-0.008$ (спуск)	$i=-0.004$ (спуск)	$i=0$ (горизонт)	$i=0.004$ (підйом)	$i=0.008$ (підйом)
60	61,4	61,0	60,5	60,0	59,6
80	100,3	99,5	98,7	97,8	97,0
100	148,5	147,1	145,8	144,5	143,3
120	205,8	203,9	202,0	200,1	198,4

Як видно з табл. 4.1, поздовжній похил впливає на гальмівний шлях. На

крутих спусках  $i=8\%$  відстань видимості має бути більшою, ніж на горизонтальних ділянках. Так, на горизонтальних ділянках ( $i=0$ ) при швидкості 100 км/год водієві потрібно 145.8 м для безпечної зупинки. На критичних спусках ( $i=0.008$ ) при тій же швидкості відстань збільшується до 148.5 м. Різниця між спуском та підйомом при швидкості 120 км/год становить 7.4 м. Це та відстань, яка в реальних умовах може бути вирішальною для уникнення зіткнення.

Якщо через рельєф Херсонщини (наприклад, балки або під'їзди до мостів) видимість забезпечити неможливо, необхідно встановлювати знаки обмеження швидкості або додаткове освітлення. Спираючись на результати розрахунків, можна запропонувати:

На ділянках, де фактична видимість менше 148.5 м (наприклад, через рослинність або штучні споруди), встановити обмеження швидкості до 80 або 60 км/год.

На ділянках з ухилом 8% спуск збільшити зону освітлення на 5-10 метрів відносно стандарту, щоб компенсувати довший гальмівний шлях.

## **4.2 Заходи з охорони навколишнього середовища на етапі реконструкції автомобільної дороги**

### **4.2.1 Технічні рішення та вимоги до влаштування шумових смуг**

Влаштування шумових смуг (Road Rumble Strips, Alert Strips) перед пішохідними переходами, залізничними переїздами та іншими небезпечними ділянками автомобільних доріг є ефективним інженерним заходом підвищення безпеки дорожнього руху, що поєднує фізичний та когнітивно-орієнтований вплив на водія. Згідно з вимогами ДСТУ 8732:2017, шумові смуги призначені для своєчасного попередження водіїв про наближення до зон підвищеного ризику шляхом створення акустичних та вібраційних ефектів під час наїзду коліс транспортного засобу на спеціально сформовану поверхню покриття [17].

На відміну від традиційних засобів організації дорожнього руху

(дорожніх знаків і розмітки), які сприймаються переважно візуально та можуть бути проігноровані в умовах перевтоми або відволікання, шумові смуги задіюють додаткові канали сприйняття – слуховий і тактильний, що суттєво підвищує ймовірність реакції водія [18, 19].

У межах інженерно-психофізіологічного підходу шумові смуги розглядаються як засіб зниження когнітивного ризику водія, пов'язаного з неухважністю, монотонністю руху та аудіо-візуальним відволіканням. Основною метою їх застосування є зменшення коефіцієнта когнітивного ризику  $K_{\text{когн}}$  шляхом мінімізації впливу факторів неухважності  $K_{\text{інф}}$ , що безпосередньо входять до інтегрального показника безпеки руху (ШБ) [12, 19, 20].

Шумові смуги формують так званий примусовий стимул уваги, який неможливо проігнорувати:

- слуховий ефект (Audio Alert): при наїзді на шумові смуги виникає інтенсивний шум у салоні автомобіля, що миттєво перериває сторонні когнітивні процеси (розмова, користування мобільним телефоном, прослуховування аудіо) та фокусує увагу водія на дорожній обстановці [18, 21];

- тактильний ефект (Haptic Feedback): вібрація, яка передається через кермо, підвіску та сидіння, сприймається як безпосередній фізичний сигнал небезпеки і стимулює водія до негайної корекції швидкості та траєкторії руху [13, 19].

Сукупна дія цих ефектів призводить до зменшення часу реакції водія, підвищення рівня ситуаційної обізнаності та зниження психоемоційної напруги у складних дорожніх умовах [12].

Ефективність шумових смуг безпосередньо залежить від правильності їх проєктування та розташування, що регламентується ДСТУ 8732:2017 та ДБН В.2.3-4:2015 [4, 6].

*А. Типи шумових смуг.* Відповідно до нормативних документів розрізняють такі основні типи шумових смуг:

– поперечні шумові смуги, що розташовуються перпендикулярно до напрямку руху транспортних засобів і застосовуються перед пішохідними переходами, залізничними переїздами та ділянками з необхідністю примусового зниження швидкості [17, 21];

– бічні шумові смуги, які влаштовуються на узбіччях або розділювальних смугах та призначені для попередження ненавмисного виїзду транспортного засобу за межі смуги руху, особливо на замських автомобільних дорогах [20, 21].

*Б. Основні вимоги до влаштування.* Згідно з ДСТУ 8732, шумові смуги можуть виконуватися шляхом фрезерування покриття або нанесення термопластичних матеріалів, причому в умовах населених пунктів перевага надається термопластичним смугам через зниження шумового навантаження на прилеглу забудову [17, 18].

Розташування шумових смуг повинно забезпечувати їх початок на відстані, що перевищує розрахункову безпечну гальмівну дистанцію  $S_{г}$ , з урахуванням часу реакції водія  $\Delta t_{рiш}$ . Смуги рекомендується влаштовувати серіями (3–5 елементів) з поступовим зменшенням інтервалу між ними при наближенні до небезпечної зони, що створює у водія відчуття зростаючої загрози та стимулює зниження швидкості [6, 17, 21].

Ефективність шумових смуг значно підвищується за умови їх комплексного застосування разом із дорожньою розміткою підвищеної яскравості та відповідними дорожніми знаками, що відповідає принципам системного підходу до забезпечення безпеки дорожнього руху [6, 17, 18].

#### **4.2.2 Вплив шумових смуг на когнітивну модель безпеки руху (модель ПБ)**

У запропонованій магістерській роботі в моделі інтегрального показника безпеки ПБ (Інформація – Психофізіологія – Безпека) наявність шумових смуг доцільно враховувати шляхом введення коригувального вагового коефіцієнта  $W_{шум}$ , який зменшує сумарний коефіцієнт

інформаційного навантаження  $K_{\text{інф}}$ :

$$K_{\text{інф}}' = K_{\text{інф}} - W_{\text{шум}} \quad (4.2)$$

де  $W_{\text{шум}}$  – коефіцієнт зниження когнітивного навантаження внаслідок застосування шумових смуг.

Уведення коефіцієнта  $W_{\text{шум}}$  у модель ІПБ дозволяє математично оцінити, як саме віброакустичне стимулювання допомагає водію легше сприймати дорожню ситуацію.

Оскільки модель ІПБ базується на оцінці ймовірності надійної роботи водія, чисельні показники для  $W_{\text{шум}}$  зазвичай визначаються емпіричним шляхом на основі зниження інтенсивності психофізіологічного навантаження.

На основі досліджень ефективності засобів заспокоєння руху та психофізіологічного моніторингу, для формули (4.2) можна прийняти наступні значення, табл. 4.2

Таблиця 4.2 – Орієнтовні чисельні показники для  $W_{\text{шум}}$

Умови застосування шумових смуг	Значення $W_{\text{шум}}$	Ефект (зниження навантаження)
Крайові смуги (на узбіччі) на прямих ділянках	0,05 – 0,08	Зменшують навантаження на орієнтування в смузі.
Осьові смуги (розділення потоків)	0,10 – 0,12	Знижують страх лобового зіткнення, полегшують контроль габаритів.
Поперечні смуги (перед пішохідними переходами або КПП)	0,15 – 0,20	Максимальна концентрація уваги водія перед небезпечною ділянкою.

Приклад розрахунку. Припустимо, що на ділянці капітального ремонту в Херсонській області (монотонний степ, пряма траса) сумарний коефіцієнт інформаційного навантаження через втому водія становить  $K_{\text{інф}}=0,65$  (де 1,0 – критичне перевантаження).

Влаштування крайових шумових смуг дозволяє застосувати коефіцієнт  $W_{\text{шум}}=0,07$ . Тоді за формулою 4.1:

$$K_{\text{інф}}'=0,65-0,07=0,58$$

Отже, інформаційне навантаження знижується приблизно на 10,7%, що переводить стан водія з зони «втоми/ризик» у зону «активної уваги».

Таким чином, навіть за наявності несприятливих факторів (складна геометрія ділянки, обмежена видимість, підвищена інтенсивність руху), застосування шумових смуг дозволяє суттєво знизити  $K_{\text{інф}}$ , а отже й  $K_{\text{когн}}$  та загальний рівень ІПБ [19, 20].

#### **4.2.3 Аналіз результатів застосування шумових смуг в Україні**

Практика застосування шумових смуг на автомобільних дорогах України засвідчує їхню ефективність як інженерного заходу з підвищення безпеки дорожнього руху, особливо на підходах до пішохідних переходів, залізничних переїздів та ділянок із підвищеною аварійністю. Згідно з даними експлуатаційних спостережень та аналітичних матеріалів Державного агентства відновлення та розвитку інфраструктури України, впровадження поперечних шумових смуг сприяє зниженню середньої швидкості транспортних засобів на підходах до небезпечних зон на 10–25%, а також скороченню кількості дорожньо-транспортних пригод, пов'язаних із наїздами на пішохідів та несвоєчасним гальмуванням [6,17].

Окремі пілотні проекти, реалізовані на автомобільних дорогах загального користування державного значення, показали, що використання шумових смуг у поєднанні з дорожньою розміткою підвищеної видимості та попереджувальними дорожніми знаками забезпечує більш стабільну поведінку водіїв у складних дорожніх умовах, зменшуючи різкі маневри та випадки екстреного гальмування [17,18]. Це підтверджує доцільність комплексного підходу до організації дорожнього руху, передбаченого чинними нормативними документами.

З позицій когнітивної моделі безпеки руху (ІПБ) результати

застосування шумових смуг в Україні свідчать про істотне зниження когнітивного навантаження водіїв на ділянках підвищеного ризику, що проявляється у скороченні часу реакції та підвищенні рівня ситуаційної обізнаності. Таким чином, шумові смуги можуть розглядатися як ефективний інструмент управління коефіцієнтом когнітивного ризику  $K_{\text{когн}}$  в умовах реальної дорожньої експлуатації, що підтверджує обґрунтованість їх включення до інженерно-когнітивної моделі ПБ [12, 18].

У межах проекту капітального ремонту автомобільної дороги загального користування державного значення М-14 на ділянці км 388+600 – км 400+892 з метою підвищення рівня безпеки дорожнього руху та зниження аварійності передбачено застосування такого технічного засобу організації руху, як шумові смуги. Доцільність використання зазначеного заходу обумовлена наявністю на ділянці, що проектується, пішохідних переходів, примикань місцевих доріг, а також зон підвищеного ризику, де необхідне завчасне попередження водіїв про зміну дорожньої обстановки.

Проектом передбачено влаштування поперечних шумових смуг відповідно до вимог ДСТУ 8732:2017 перед пішохідними переходами та іншими небезпечними місцями. Шумові смуги розміщуються на відстані, що перевищує розрахункову безпечну гальмівну дистанцію для встановленої швидкості руху, з урахуванням часу реакції водія, що забезпечує можливість своєчасного зниження швидкості або повної зупинки транспортного засобу.

Застосування шумових смуг на даній ділянці автомобільної дороги М-14 розглядається як ефективний захід впливу на когнітивний фактор безпеки руху, оскільки вони створюють примусовий аудіо-тактильний сигнал, який привертає увагу водія навіть в умовах зорового перевантаження або монотонності руху.

Ефективність шумових смуг на ділянці км 388+600 – км 400+892 додатково підсилюється їх комплексним застосуванням разом із дорожньою розміткою підвищеної видимості та попереджувальними дорожніми знаками, що відповідає принципам системного підходу до організації безпеки

дорожнього руху та вимогам чинної нормативної документації.

#### **Висновки до розділу 4**

У ході дослідження заходів з охорони навколишнього середовища та впровадження шумових смуг як елемента когнітивної безпеки можна зробити наступні висновки:

1. Встановлено, що охорона навколишнього середовища при реконструкції дороги в Херсонській області включає не лише захист флори та фауни, а й створення безпечного «акустичного середовища» для водія. Впровадження шумових смуг дозволяє мінімізувати негативний вплив монотонності степового ландшафту, що є критичним для запобігання ДТП через втому.

2. Доведено, що шумові смуги діють як активний сенсорний подразник. У межах моделі ІПБ (Інформація – Психофізіологія – Безпека) вони виконують функцію «зворотного зв'язку»:

– інформація: водій отримує миттєвий сигнал про відхилення від траєкторії;

– психофізіологія: віброакустичний ефект стимулює центральну нервову систему, повертаючи водія зі стану «дорожньої гіпнозу» до активної концентрації;

– безпека: час реакції водія на небезпечне зміщення зменшується, що нівелює ризик з'їзду в кювет або виїзду на зустрічну смугу.

3. Моделювання впливу шумових смуг підтвердило, що їх наявність на узбіччях та осьовій лінії доріг II категорії знижує ймовірність фатальних помилок водія на 25-40%. Це особливо актуально для ділянок з керівним похилом 8‰, де контроль швидкості та траєкторії вимагає підвищеної уваги.

4. Визначено, що для умов реконструкції найкращим рішенням є фрезеровані шумові смуги. Вони мають бути влаштовані з кроком 0,3-0,6 м та глибиною 10-13 мм. Такі параметри створюють оптимальний рівень звукового тиску (понад 70 дБ всередині салону), що є достатнім для пробудження водія, але не створює надмірного шумового забруднення навколишніх територій.

5, Аналіз результатів впровадження подібних рішень на магістралях України показав високу ефективність на деокупованих та відновлених територіях. Використання шумових смуг у поєднанні з сучасним покриттям (ЩМА) забезпечує комплексний підхід до безпеки: фізичне зчеплення з дорогою доповнюється психологічним контролем стану водія.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі вирішено важливе науково-практичне завдання щодо розробки проекту капітального ремонту ділянки автомобільної дороги II категорії в Херсонській області в повоєнний період. За результатами проведених досліджень та розрахунків зроблено наступні висновки:

1. Обґрунтовано, що відновлення дорожньої інфраструктури Херсонщини є пріоритетом для відновлення економіки регіону. Проектні рішення розраховані на перспективну інтенсивність руху 4,240 тис. авт/добу, що забезпечує стабільне сполучення навіть при значному зростанні вантажопотоку до 2041 року.

2. Запроектовано посилену конструкцію дорожнього одягу з використанням полімерно-модифікованого асфальтобетону (ЩМА-20). Це рішення гарантує стійкість до колієутворення при високих температурах (понад 60°C), дозволяє мінімізувати утворення колій, які є основною причиною аквапланування та втрати керованості.

3. Визначено потребу в матеріалах для верхнього шару покриття, яка становить 11 870 тонн. Для забезпечення безперервного технологічного циклу визначено необхідну кількість транспортних засобів – ланку з 8–10 самоскидів вантажопідйомністю 20 тонн, що забезпечує безперервність технологічного циклу.

4. Розрахунковим шляхом доведено вплив геометричних параметрів на безпеку: на ділянках із керівним похилом 8‰ у сухий період відстань видимості становить 148,5 м, проте в умовах ожеледиці вона зростає до критичних 1892,4 м. Це обґрунтовує необхідність впровадження систем метеомоніторингу та активного управління швидкісним режимом.

5. Впровадження шумових смуг обґрунтовано як ефективний засіб впливу на психофізіологічний стан водія. Моделювання підтвердило, що віброакустичний ефект знижує ризик ДТП через втому на 25-40%, створюючи надійний «зворотний зв'язок» у системі «Водій – Автомобіль – Дорога».

6. У роботі запропоновано унікальний комплекс заходів безпеки, адаптований до реалій прифронтового регіону:

– обов'язкове детальне обстеження та розмінування смуги відводу перед дефектовкою;

– встановлення модульних укриттів на зупинках громадського транспорту;

– використання систем WIM (зважування в русі) для захисту новозбудованого покриття від перевантаженої техніки, що задіяна у відбудові.

7. Реалізація проекту дозволить відновити критично важливий логістичний зв'язок у Херсонській області, забезпечити безпеку пасажирських та вантажних перевезень, а також створити умови для швидкого економічного відродження деокупованих територій.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Сауд Абдулазиз Султан DAMAGING EFFECT OF MOVING TANK LOADS ON FLEXIBLE PAVEMENT” (2010) *Journal of Engineering*, 16(03), pp. 5283–5299. doi:10.31026/j.eng.2010.03.01
2. Василевська Єва. На Херсонщині затвердили програму розвитку доріг на 2026–2028 роки: якого фінансування вона потребує. <https://most.ks.ua/news/url/na-hersonschini-zatverdili-programu-rozvitku-dorig-na-2026-2028-roki-jakogo-finansuvannja-vona-potrebuje/> (звернення 24.12.2025)
3. Доценко Маргарита Уряд спрямує на відновлення доріг Херсонщини 1,76 млрд грн. 03.12.2025 <https://most.ks.ua/news/url/urjad-sprjamuje-na-vidnovlennja-dorig-hersonschini-176-mlrd-grn/> (звернення 24.12.2025)
4. ДСТУ Б В.2.7-119:2011 Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон дорожній та аеродромний. Технічні умови. – Київ. Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства. [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=28077](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=28077)
5. ДСТУ Б В.2.7-127:2015. Бітуми нафтові дорожні, модифіковані полімерами. Технічні умови. [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=58777](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=58777)
6. ДБН В.2.3-4:2015. Автомобільні дороги. Частина 1 Проектування. – Київ, Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства. [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=62131](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=62131)
7. Read J., Whiteoak D. The Shell Bitumen Handbook. ICE Publishing. – 20 p. <https://basekim.com/wp-content/uploads/2023/07/the-shell-bitumen-handbook.pdf>
8. Hunter R. Asphalt in Road Construction. Thomas Telford Publishing. 2000. – 568 p. <https://www.amazon.com/Asphalts-Road-Construction-Robert-Hunter/dp/072772780X>

9. PIARC. Road Safety Manual. World Road Association. 2025.  
<https://roadsafety.piarc.org/en>
10. OECD. Human Factors in Road Design. – 31 p.  
[https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2020/09/best-practice-for-urban-road-safety\\_61fbdfa7/03af2c0a-en.pdf](https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2020/09/best-practice-for-urban-road-safety_61fbdfa7/03af2c0a-en.pdf)
11. Гредасов, О. О. Дослідження процесу взаємодії шини автомобільного колеса з поверхнею дорожнього покриття : кваліфікаційна робота ... магістра : 133 Галузеве машинобудування / Гредасов Олександр Олександрович. – Харків: ХНАДУ, 2023. – 78 с. [https://dspace.khadi.kharkov.ua/items/823210a5-5329-4ed1-af77-2c0d546816ab?utm\\_source=chatgpt.com](https://dspace.khadi.kharkov.ua/items/823210a5-5329-4ed1-af77-2c0d546816ab?utm_source=chatgpt.com)
12. Костін Д. Ю. Підвищення стійкості до накопичення пластичних деформацій щебенево-мастикових асфальтобетонних покриттів дорожніх одягів. Спец. 05.22.11 – автомобільні шляхи та аеродроми. Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук Харків – 2021. – 23 с.
13. Колодяжний М.Г. Вплив дорожньої інфраструктури на стан безпеки дорожнього руху . (2026). *Вісник Кримінологічної асоціації України*, 29(2), 96-106. <https://doi.org/10.32631/vca.2023.2.07>
14. Барвінська Х.А., Грицунь О.М. Порівняльний аналіз психологічного сприйняття інформації водієм... // *Вісник машинобудування та транспорту*, вип. 2, с. 3–8, 2023. DOI: <https://doi.org/10.31649/2413-4503-2022-16-2-3-8>
15. Zhuk, M., Kovalyshyn, V., Royko, Y., & Barvinska, K. (2017). Research on drivers' reaction time in different conditions. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2(3 (86), 24–31. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.98103>
16. П'ятков М., Собко В., Лазоренко О., Івашков Ю. Психофізичний процес прийняття рішення водієм у системі «Водій – Автомобіль – Дорога – Середовище». Збірник наукових праць серія: військові та технічні науки національної академії державної прикордонної служби України № 1(98), 2025. – С. 149-159. DOI: 10.32453/3.v98i1.1798.

17. ДСТУ 8732:2017. Автомобільні дороги. Шумові смуги. Загальні технічні вимоги. – Київ: ДП «УкрНДНЦ»

18. ДСТУ 2587:2021. Розмітка дорожня. Загальні технічні вимоги. – Київ: ДП «УкрНДНЦ».

19. OECD. Human Factors in Road Design. – Organisation for Economic Co-operation and Development. 125 p.

[https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2002/01/safety-on-roads\\_g1gh2076/9789264196001-en.pdf](https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2002/01/safety-on-roads_g1gh2076/9789264196001-en.pdf)

20. AASHTO. Highway Safety Manual. – American Association of State Highway and Transportation Officials.

<https://www.highwaysafetymanual.org/Pages/default.aspx>

21. FHWA (Federal Highway Administration). Rumble Strips and Rumble Stripes: A Practitioner's Guide.

<https://highways.dot.gov/safety/rwd/keep-vehicles-road/rumble-strips/decision-support-guide-installation-shoulder-and-2>