

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: Відновлення інфраструктури ділянки автомобільної дороги
для збільшення пропускної спроможності

за освітньою програмою: Автомобільні дороги і аеродроми

зі спеціальності: 192 Будівництво та цивільна інженерія

(шифр і назва спеціальності)

Виконав:

студент групи: ДА 2226

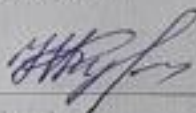


(підпис студента)

Денис БАРАШКОВСЬКИЙ

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник:

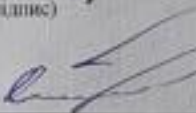


(підпис)

Професор Микола КУРГАН

(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Нормоконтролер:

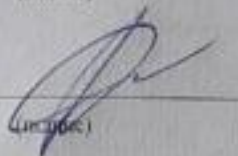


(підпис)

Доцент Сергій БАЙДАК

(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Консультант:



(підпис)

Ст. викл. Олег ЛУЖИЦЬКИЙ

(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

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

Студент



(підпис)

Дніпро – 2024

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: Відновлення інфраструктури ділянки автомобільної дороги
для збільшення пропускної спроможності

за освітньою програмою: Автомобільні дороги і аеродроми

зі спеціальності: 192 Будівництво та цивільна інженерія
(шифр і назва спеціальності)

Виконав:

студент групи: ДА 2226

Денис БАРАШКОВСЬКИЙ
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

(підпис студента)

Керівник:

Професор Микола КУРГАН
(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

Нормоконтролер:

Доцент Сергій БАЙДАК
(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

Консультант:

Ст. викл. Олег ЛУЖИЦЬКИЙ
(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

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

Студент _____
(підпис)

Дніпро – 2023

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

Faculty of «Construction, Architecture and Infrastructure»
(faculty)

Department of Transport Infrastructure
(department)

Explanatory Note
to Master's Thesis
magistr
(higher education degree)

on the topic: Restoration of the infrastructure of the road section

to increase throughput

according to educational curriculum: Construction and civil engineering

in the Speciality: 192 Motor roads and airfields

Done by the student

/

of the group: ДА2221

/ Denys Barashkovsky/
(name, surname)

Scientific Supervisor:

/ Professor Mykola Kurhan /
(position, name, surname)

Normative controller:

/ Associate Professor Sergiy Baidak/
(position, name, surname)

Supervisors:

/ Senior teacher Oleg Luzhitsky/
(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: Бакалавр

Освітня програма: Автомобільні дороги і аеродроми

Спеціальність: Будівництво та цивільна інженерія

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри

Олексій ТЮТКІН

(підпис)

« ____ » _____ 2023 р.

З А В Д А Н Н Я

на кваліфікаційну роботу _____ магістр
(ступінь вищої освіти)

студенту Барашковському Денису Петровичу

1. Тема роботи: Відновлення інфраструктури ділянки автомобільної дороги для збільшення пропускної спроможності

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

Затверджена наказом від 01.03. 2023 р. № 196 ст.

2. Строк подання студентом роботи – 15 січня 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи:

Район проектування – Миколаївська область	Розрахункова швидкість, км/год – 90
Початковий пункт – км 0+000	Інтенсивність руху дорожніх транспортних засобів – 900 автомобілів на добу
Кінцевий пункт – км 11+000	Категорія дороги – IV
Довжина ділянки дороги, км – 11,0	Кількість смуг руху – 2
Керівний похил, ‰ – 13	Конструкція дорожнього одягу – асфальтобетон

4. Зміст пояснювальної записки:

1 Аналітична частина

- 1.1 Аналіз стану питання щодо будівництва автомобільних доріг в Миколаївській області. Мета роботи.
- 1.2 Огляд наукових досліджень за зазначеною проблемою
- 1.3 Норми проектування плану і поздовжнього профілю при реконструкції автомобільної дороги.

2 Основна частина

- 2.1 Технічна характеристика об'єкту
- 2.2 Методика оцінки пропускної здатності автомобільної дороги
- 2.3 Дослідження впливу різних факторів на пропускну спроможність автомобільної дороги

3 Економічна частина			
3.1 Розробка варіантів дорожнього одягу в залежності від ступеню руйнування			
3.2 Обґрунтування рекомендованого варіанту			
4 Охорона праці та захист навколишнього середовища			
4.1 Заходи з охорони праці при відновленні інфраструктури ділянки автомобільної дороги			
4.2 Оцінка впливу на навколишнє середовище			
5. Перелік графічного матеріалу: Конструкції дорожнього одягу, що прийняті для техніко-економічного порівняння			
6. Консультанти розділів роботи:			
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Завдання видав:	Завдання прийняв:
		(підпис, дата)	(підпис, дата)
1	Курган М. Б., професор		
2	Курган М. Б., професор		
3	Лужицький О.Ф., ст. викл.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Відсотки
1	Аналіз стану питання щодо будівництва автомобільних доріг в Миколаївській області. Мета роботи.	02.10.2023	10
2	Огляд наукових досліджень за зазначеною проблемою. Вимоги і норми проектування плану й профілю при реконструкції автомобільної дороги	16.10.2023	10
3	Технічна характеристика ділянки Любомирівка – Першотравневе у межах Миколаївської області	01.11.2023	15
4	Методика оцінки пропускної здатності автомобільної дороги. Дослідження впливу різних факторів на пропускну спроможність.	20.11.2023	25
5	Техніко-економічне порівняння варіантів дорожнього одягу. Обґрунтування рекомендованого варіанту	11.12.2023	20
6	Заходи з охорони праці при відновленні інфраструктури ділянки автомобільної дороги та захист навколишнього середовища	25.12.2023	10
7	Подання кваліфікаційної роботи до кафедри	15.01.2024	10
8	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Екзаменаційної комісії	28.01.2024	100

Студент

(підпис)

Денис БАРАШКОВСЬКИЙ

Керівник роботи

(підпис)

Микола КУРГАН

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи магістра:
(рівень освіти)

76 с., 24 рис., 10 табл., 40 джерел.

Об'єкт дослідження – процес реконструкції ділянки автомобільної дороги, що передбачає відновлення інфраструктури.

Предмет дослідження – технічні вимоги і параметри реконструкції автодороги; матеріали і технології для виконання будівельних робіт; вплив реконструкції на навколишнє середовище та розробка заходів для зменшення негативних наслідків.

Мета роботи – проведення досліджень, аналіз існуючого стану й розробка заходів щодо модернізації автомобільної дороги з метою виконання всіх вимог і нормативів, які регулюють процес реконструкції доріг та інфраструктури автомобільної дороги з метою підвищення її пропускної спроможності, безпеки та комфорту користувачів.

Методи дослідження. У роботі використовувалися статистичний аналіз і натурні спостереження для визначення параметрів плану, поздовжнього профілю і технічного стану автомобільної дороги. Розрахунки виконувались з використанням програми Excel.

Одержані результати. На основі виконання комплексу будівельних робіт передбачено приведення геометричних характеристик ділянки автомобільної дороги до вимог діючих нормативних документів, як для автомобільної дороги IV технічної категорії. Надані рекомендації з відновлення дорожнього покриття в залежності від ступеня руйнування сприятимуть прийняттю ефективних проектних рішень та попередньої оцінки завданих збитків від руйнування або пошкодження автомобільних доріг внаслідок збройної агресії Російської Федерації.

Ключові слова: автомобільний транспорт, автомобільна дорога, пропускна спроможність, безпека руху, діагностика об'єктів, поздовжній профіль, план лінії, максимальна швидкість, навколишнє середовище.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	9
1.1 Аналіз стану питання щодо будівництва автомобільних доріг в Миколаївській області.....	9
1.2 Огляд наукових досліджень за зазначеною проблемою.....	13
1.3 Обґрунтування обраної теми наукового дослідження	18
2 ОСНОВНА ЧАСТИНА	20
2.1 Технічна характеристика об'єкту.....	20
2.2 Методика оцінки пропускну здатності автомобільної дороги	31
2.3 Дослідження впливу різних факторів на пропускну здатність автомобільної дороги.....	37
3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	42
3.1 Технологія проведення робіт з капітального ремонту дорожнього одягу.	42
3.2 Розробка варіантів дорожнього одягу в залежності від ступеню руйнування	49
3.3 Обґрунтування рекомендованого варіанту	52
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	60
4.1 Заходи з охорони праці при відновленні інфраструктури ділянки автомобільної дороги.....	60
4.2 Оцінка впливу на навколишнє середовище	61
ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	67
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	68

					051.ДА2226.2024.000			
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата	Магістерська робота	Стадія	Аркуш	Аркушів
Розробник		Барашковський				П		
Гол. кер.		Курган М. Б.						
Консульт.		Лужицький О.Ф.						
Нормокон.		Байдак С. Ю.						
						УДУНТ		

ВСТУП

Автомобільні дороги є важливим елементом інфраструктури будь-якої країни. Вони забезпечують транспортне сполучення між населеними пунктами, підприємствами, об'єктами соціальної сфери та іншими важливими об'єктами. У зв'язку з економічним розвитком країни зростає інтенсивність руху на автомобільних дорогах. Це призводить до збільшення навантаження на інфраструктуру доріг, що може призвести до зниження її пропускної спроможності.

Бойові дії, які відбуваються на території України, руйнація покриття від обстрілів та інші фактори суттєво впливають на пропускну спроможність автомобільних доріг. Руйнування дорожнього покриття, мостів, розв'язок та інших елементів інфраструктури може зробити дорогу недоступною для руху або знизити її пропускну спроможність. Наприклад, руйнування мосту може повністю перекрити дорогу, а руйнування дорожнього покриття може знизити швидкість руху і збільшити кількість заторів.

Руйнування покриття може бути викликане не тільки бойовими діями, але й іншими факторами, такими як природними катаклізмами, аваріями та зносом. Все це може призвести до погіршення умов руху, збільшенню ризику аварій і, як наслідок, зниження пропускної спроможності дороги. Отже, пропускна спроможність залежить від великої кількості факторів: дорожніх умов, складу потоку автомобілів, наявності засобів регулювання, погодно-кліматичних умов, можливості маневрування автомобілів по ширині проїжджої частини, психофізіологічних особливостей водіїв та конструкції автомобілів. Зміна цих факторів призводить до суттєвих коливань пропускної спроможності протягом доби, місяця, сезону та року. Часте розташування перешкод на дорозі призводить до зниження середньої швидкості потоку.

На пропускну спроможність маршруту загалом істотно впливає час, що витрачається на подолання вузьких місць окремих ділянок дороги. Зниження

					051.ДА2226.2024.000	Аркуш
						7
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата		

тривалості подолання таких місць (перетини доріг, затажні підйоми, наявність залізничних переїздів) дозволяє поліпшити умови руху й підвищити пропускну спроможність.

Визначення пропускнуої спроможності необхідно як для виявлення ділянок, які потребують поліпшення умов руху, так і для оцінки економічності й зручності руху всього потоку автомобілів, вибору ефективних заходів організації руху.

Відновлення інфраструктури автомобільної дороги буде сприяти збільшенню пропускнуої спроможності. Дослідженню цього питання й розробці заходів підвищення пропускнуої спроможності автомобільних доріг присвячена дійсна кваліфікаційна робота.

					051.ДА2226.2024.000	Аркуш
						8
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Аналіз стану питання щодо будівництва автомобільних доріг в Миколаївській області

Огляд наукових досліджень охоплює широке коло питань такі як: відновлення зруйнованих автомобільних доріг, питання логістики перевезень, а також питання пропускної й провізної спроможності існуючих ділянок автодоріг.

За планом Укравтодору, на Миколаївщині планується відновити близько 200 км доріг державного значення. У рамках проєкту Президента України «Велике будівництво» на автомобільній дорозі загального користування державного значення Н – 14 Олександрівка – Кропивницький – Миколаїв інтенсивно проводиться комплекс робіт з капітального ремонту, згідно запланованих термінів, більш як на 66 км (рисунок 1.1).



Рисунок 1.1 – Ділянка автодороги Олександрівка – Кропивницький – Миколаїв

Постійно зростаюча інтенсивність руху автомобільного транспорту, переважно вантажного, зумовили необхідність посилення конструкції дорожнього полотна під'їзних шляхів до міста Миколаєва. Ремонт уже розпочався на двох ділянках дороги М-14 з Одеського та Київського напрямків: км 126+000 – км 129+122 та км 139+716 – км 142+800. Автодорога М – 14 Одеса – Мелітополь – Новоазовськ входить до системи міжнародних транспортних коридорів в Україні та забезпечує зв'язок південних регіонів за логістичним маршрутом Одеса – Миколаїв – Херсон (рисунок 1.2).



Рисунок 1.2 – Під'їзні шляхи до Миколаєва по трасі М-14
(дорога буде покрита цементобетоном)

На Миколаївщині триває відновлення автодороги Н-24 Благовіщенське – Миколаїв на відрізку км 113+678 – км 134+050 (рис. 1.3, 1.4). Ділянка, що ремонтується має протяжність 20,4 кілометра та проходить між містами Южноукраїнськ і Вознесенськ. Натепер на об'єкті виконуються такі види робіт:

- розроблення ґрунту та розбирання основи узбіччя;
- ущільнення земляного полотна;
- холодне фрезерування старого покриття;
- влаштування основи дороги щебенево-піщаною сумішшю;

– влаштування дренажного шару з відсіву.



Рисунок 1.3 – Комплекс робіт з будівництва автодороги



Рисунок 1.4 – Відновлення ділянки автодороги
Благовіщенське – Миколаїв

Працівники підрядної організації ВАТ «Хмельницьке дорожньо-будівельне управління № 56» поетапно розширюють проїжджу частину, влаштовують дренаж, укладають шар з крупнозернистої асфальтобетонної суміші, що вирівнює. Попереду – укладання верхнього шару асфальтобетону (рисунок 1.5).

					051.ДА2226.2024.000	Аркуш
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата		11

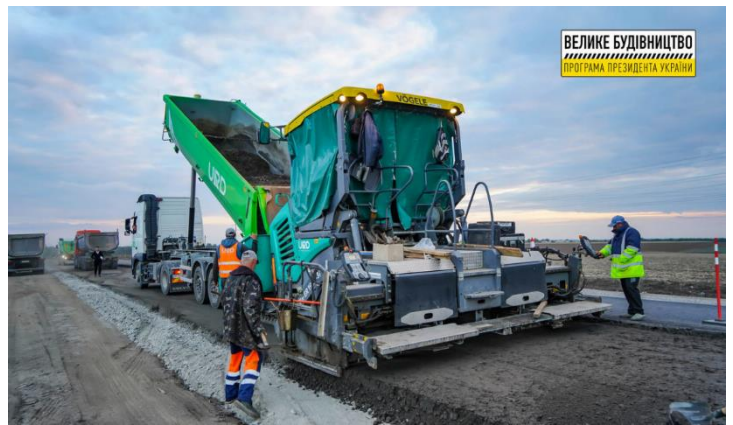
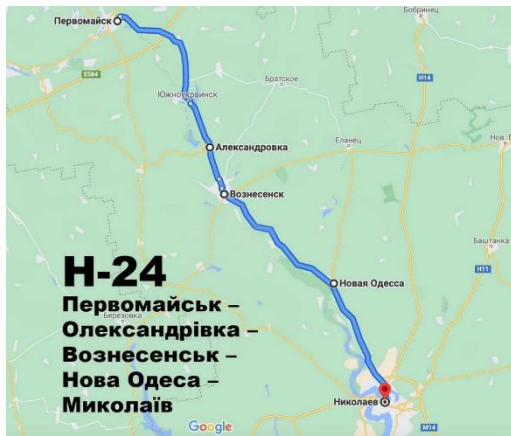


Рисунок 1.5 – Комплекс будівельних робіт з реконструкції ділянки
Первомайськ – Миколаїв

У теперішній час виконуються роботи з капітального ремонту автомобільної дороги загального користування місцевого значення О151101 (Миколаїв – Херсон) – Любомирівка – Першотравневе – (Казанка – (Р-47)), на ділянці км 0+000 – км 11+000. Підрядною організацією виконано фрезерування існуючого дорожнього покриття, регенерацію та підсилення основи дорожнього одягу по всій протяжності ділянки ремонту. Замовником здійснюється постійний контроль якості використовуваних матеріалів і відповідність технологічних процесів. Роботи виконуються без вихідних (рисунок 1.6).



Рисунок 1.6 – Відновлення ділянки автодороги
Миколаїв – Першотравневе

На даний час дорожній одяг має різного ступеню руйнування й пошкодження внаслідок збройної агресії російської федерації. Питання відновлення дорожнього одягу й попередньої оцінки завданих збитків від руйнування й пошкодження будуть розглянуті в магістерській роботі.

1.2 Огляд наукових досліджень за зазначеною проблемою

Основною науковою працею з відновлення інфраструктури, слід вважати матеріали робочої групи «Відновлення та розбудова інфраструктури» [1]. Збройна агресія російської федерації докорінно змінила транспортну систему України. Кожен день дорожня інфраструктура зазнає пошкоджень та руйнувань, що може призвести до нестабільного процесу вантажних та пасажирських перевезень. Для забезпечення безперебійного перевізного процесу необхідно вчасно проводити відновлювальні роботи дорожньої інфраструктури.

У Швейцарському місті Лугано 5 липня 2022 завершилась Міжнародна конференція, на якій було представлено план післявоєнної відбудови держави. Метою цього плану [2] є забезпечення гармонізації нормативно-правових актів та організаційної діяльності транспортної галузі України з країнами ЄС. План з

відновлення та розбудови інфраструктури розділений за сферами: автомобільний, автомобільні дороги та дорожнє господарство – встановлення джерел фінансування будівництва та експлуатації автомобільних доріг; розвиток автомобільного транспорту загального користування та удосконалення системи контролю; відновлення функціонування та розбудова безпечної інфраструктури національної мережі автомобільних доріг із урахуванням інклюзивності; розвиток внутрішніх та міжнародних перевезень пасажирів та вантажів; впровадження новітніх технологій та гармонізація законодавства щодо будівництва автомобільних доріг із законодавством ЄС. Сам план ділиться на два етапи: перший – 2023-2025 роки, в якому планують втілити більшу частину проєктів; наступний – 2025 – 2032. Усього за цей час мають виконати 850 проєктів.

Питання з відновлення залізниць і автодоріг знайшли відображення і в навчальному процесі. Слід відмітити посібник [3] розроблений відповідно до програми підготовки офіцерів запасу за військово-обліковою спеціальністю «Застосування військових частин і підрозділів із відновлення та будівництва об'єктів національної транспортної системи», в якому розглядаються основні принципи організації робіт з відновлення земляного полотна та штучних споруд.

Питанням відновлення інфраструктури залізниць приділено уваги на різного роду міжнародних конференціях у 2022 – 2023 рр. Так, метою Міжнародної мультидисциплінарної науково-практичної інтернет-конференції [4] був аналіз сучасних підходів з удосконалення транспортно-логістичної інфраструктури та визначення найбільш ефективних напрямків їх застосування для відновлення, модернізації та подальшого комплексного розвитку української логістичної системи, створення стратегії якісного відновлення автомобільних доріг та наближення їх до стану на початку життєвого циклу.

В збірнику наукових праць за матеріалами Всеукраїнської наукової конференції [5] викладено результати досліджень фахівців Українського державного університету науки і технологій (УДУНТ), з яких випливає, що значну роль в процесі відновлення відіграють сучасні технології, проривні і новаторські технічні рішення,

конструкторські розробки, наукові відкриття, інженерні інновації. Державна спеціальна служба транспорту Міністерства оборони України першою взяла «на озброєння» цифрові науково-технічні рішення від Dystlab, які забезпечать наукове підґрунтя для швидкого відновлення мостів та інших будівель і споруд.

Питання відновлення дорожньої інфраструктури, перш за все дорожнього покриття, розглядаються і в роботах закордонних фахівців.

Одним із підходів до розв'язання проблеми відновлення дорожнього покриття є використання математичних моделей та алгоритмів для прогнозування стану дороги та підбору оптимальних методів її відновлення. У своїй роботі «Predictive models for asphalt pavement maintenance and rehabilitation» (Journal of Transportation Engineering, Part B: Pavements, 2018), F. Yang та ін. досліджували різні методи прогнозування стану дорожнього покриття на основі даних про його відмінності та руйнування [6]. За результатами дослідження було розроблено прогностичні моделі для визначення необхідності та оптимальних методів підтримки дорожнього покриття.

Для оцінки стану дороги та визначення необхідних робіт з відновлення дорожнього покриття, можуть використовуватися індекси, які враховують різні типи дефектів на дорозі. Наприклад, у статті «A comprehensive review of pavement maintenance treatments for different types of distresses» (International Journal of Pavement Research and Technology, 2020) автори S. Seyedabrishami та ін. провели огляд методів відновлення дорожнього покриття для різних типів дефектів, таких як тріщини, вибоїни, розшарування тощо [7].

Для більш ефективного використання інформації в практиці, можуть бути розроблені системи моніторингу та контролю за станом дороги, які дозволять збирати дані про дефекти та їх розповсюдження на дорозі, а також використовувати ці дані для прогнозування майбутнього стану дороги та планування робіт з її відновлення.

Одним з прикладів такої системи є програмне забезпечення Road Doctor, розроблене компанією ARRB Group. Ця система використовує дані, зібрані за

допомогою спеціальних датчиків, для аналізу стану дороги та розрахунку її залишкового ресурсу. На основі цих даних програма пропонує оптимальні методи відновлення дорожнього покриття та розраховує вартість необхідних робіт.

Також важливо враховувати екологічні аспекти при відновленні дорожнього покриття. Для цього можуть бути використані екологічно чисті матеріали та технології, такі як відновлення дороги за допомогою вторинної переробки асфальту. Наприклад, у статті «Sustainable rehabilitation of asphalt pavements using rejuvenators and recycling agents: A review» (Construction and Building Materials, 2018) автори S. Zohdy та ін. досліджували використання різних реагентів та технологій для відновлення дорожнього покриття з максимальною економією матеріальних та енергетичних ресурсів [8].

Крім того, важливо виконувати регулярні перевірки та обстеження дорожнього покриття з метою вчасного виявлення дефектів та вжиття заходів щодо їх виправлення. Наприклад, в статті «Assessment of the Effectiveness of Pavement Maintenance Treatments» (Transportation Research Record, 2021) автори провели аналіз ефективності різних методів підтримки дорожнього покриття з метою підвищення його тривалості та зменшення витрат на його підтримку[9].

На ділянках автомобільних доріг Миколаївської області конструкція дорожнього полотна – асфальтобетон. На даний час дорожній одяг має різного ступеню руйнування й пошкодження внаслідок збройної агресії російської федерації. Для відновлення дорожнього одягу використовуються рекомендації [10]. Цей альбом є інформаційним довідником для проєктувальників та замовників під час розроблення проєктних рішень щодо відновлення автомобільних доріг загального користування та попередньої оцінки завданих збитків від їх руйнування або пошкодження.

Питаннями логістики перевезень займалися різні науковці. В загальному, можна зазначити, що логістика – процес планування, організації, управління, контроль і регулювання переміщення матеріальних та інформаційних потоків у просторі і в часі від їхнього первинного джерела до кінцевого споживача [11]. В

					051.ДА2226.2024.000	Аркуш
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата		16

матеріалах Всеукраїнської науково-практичної конференції [12] містяться результати наукових досліджень з питань організації перевезень та управління логістичними системами, економіко-фінансового та правового забезпечення розвитку транспорту, інтелектуалізації ланцюгів постачання, управління екологічною безпекою транспортних потоків та транспортної логістики міста. Сучасні результати досліджень з проблемних питань та передумов використання логістики викладені в роботах [13 – 15].

В роботі [16] проведено аналіз вантажоперевезень за видами транспорту та визначено індекс ефективності логістики України. Зроблено висновок про те, що поступова, цілеспрямована інтеграція транспортного комплексу України у світову транспортну систему через розвиток міжнародних транспортних коридорів може забезпечити не лише додаткові надходження до бюджету, а й стимулювати інвестиційну активність, удосконалення транспортних технологій, транспортної інфраструктури України, країни загалом та економічного розвитку регіонів.

Аналіз сучасних публікацій показує, що дослідження з вибору пріоритетних напрямків міжнародних перевезень включають широкий спектр питань, основними з них є обґрунтування логістичних схем перевезень і термінів доставки. Завдяки своєму географічному розташуванню та розвиненій транспортній інфраструктурі Україна має значний потенціал у розвитку вантажних перевезень, насамперед у міжнародних перевезеннях, зокрема як країна-транзистор у логістичному ланцюгу торгівлі між Азією та Європою [17].

Вибір оптимального транспортного рішення включає обґрунтування найбільш вигідних маршрутів, вибір транспортних засобів відповідно до виду вантажів, режиму перевезення вантажів при якому поетапно використовуються різні види транспорту, технологію прикордонних станцій тощо.

Актуальні питання будівництва й ринкових відносин розглядаються в роботі [18]. Відповідно до законодавства України, виконавці робіт, з яких складається ринок, повинні мати кваліфікаційний сертифікат, а ринок складається з трьох бізнес-процесів: 1 – виконання проектних робіт, 2 – експертиза проектної документації

					051.ДА2226.2024.000	Аркуш
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата		17

будівництва, 3 – затвердження проектної документації. Обов'язок замовника будівництва проводити експертизу проектів будівництва об'єктів класу наслідків СС2 та СС3 за всіма напрямками незалежно від особливостей таких проектів (навіть за відсутності у складі проекту предмету для експертизи).

Методи дослідження та рішення поточних транспортних проблем розглядалися на Міжнародній науковій конференції Транспорт 21 століття, 9 – 12 червня 2019 р., Рин, Польща [19] та інших наукових працях [20].

Виходячи з результатів вищенаведеного аналізу, була визначена мета роботи і напрямки наступних досліджень.

1.3 Обґрунтування обраної теми наукового дослідження

Тема відновлення дорожнього покриття в залежності від ступеня руйнування автомобільної дороги є актуальною у наш час. За результатами аналізу наукових робіт, які були проведені в цій галузі, можна зробити висновок про те, що використання прогресивних технологій та сучасних матеріалів може допомогти зберегти дорожнє покриття в гарному стані на тривалий період часу та економити кошти на його підтримку. Виходячи з результатів вищенаведеного аналізу, була визначена мета роботи і напрямки наступних досліджень.

Об'єкт дослідження – процес реконструкції ділянки автомобільної дороги, що передбачає відновлення інфраструктури.

Предмет дослідження – технічні вимоги і параметри реконструкції автодороги; матеріали і технології для виконання будівельних робіт; вплив реконструкції на навколишнє середовище та розробка заходів для зменшення негативних наслідків.

Метою дослідження є розробка заходів з відновлення інфраструктури ділянки автомобільної дороги Любомирівка – Першотравневе у межах Миколаївської області з метою підвищення її пропускної спроможності, безпеки та комфорту користувачів.

Методи дослідження. У роботі використовується статистичний аналіз і натурні спостереження для визначення параметрів плану, поздовжнього профілю і технічного стану автомобільної дороги. Розрахунки виконуються за відомими

методиками з використанням програми Excel.

Завдання дослідження:

- провести аналіз існуючих методів і засобів відновлення інфраструктури автомобільних доріг;
- на основі виконання комплексу будівельних робіт привести геометричні характеристики ділянки автомобільної дороги до вимог діючих нормативних документів;
- на етапі реконструкції ділянки автомобільної дороги виконати розрахунки й оцінити вплив різних факторів на пропускну спроможність та запропонувати заходи для її підвищення.

Розв'язання окреслених в магістерській роботі завдань сприятиме підвищенню конкурентоспроможності автомобільного транспорту, виведенню України на новий рівень економічної взаємодії з Європейським Союзом.

Висновки до розділу I

Бойові дії, які відбуваються на території України, руйнація покриття від обстрілів та інші фактори суттєво впливають на пропускну спроможність автомобільних доріг. Руйнування дорожнього покриття, мостів, розв'язок та інших елементів інфраструктури може зробити дорогу недоступною для руху або знизити її пропускну спроможність. Наприклад, руйнування мосту може повністю перекрити дорогу, а руйнування дорожнього покриття може знизити швидкість руху і збільшити кількість заторів. Виходячи з результатів аналізу наукових праць, була визначена мета роботи і напрямки наступних досліджень.

Метою дослідження є розробка заходів з відновлення інфраструктури ділянки автомобільної дороги Любомирівка – Першотравневе у межах Миколаївської області з метою підвищення її пропускну спроможності, безпеки та комфорту користувачів.

Відновлення інфраструктури автомобільної дороги буде сприяти збільшенню пропускну спроможності. Дослідженню цього питання й розробці заходів підвищення пропускну спроможності автомобільних доріг присвячена дійсна кваліфікаційна робота.

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Технічна характеристика об'єкту

Об'єктом дослідження є автомобільна дорога загального користування місцевого значення О151101 (Миколаїв – Херсон) – Любомирівка – Першотравневе – (Казанка – (Р-47)) км 0+000 – км 11+000 Вітовського району, Миколаївської області, яка підлягає капітальному ремонту [21].

Дорога від с. Шевченкове до с. Галіциново має стати з'єднувальною транспортною артерією між дорогою державного значення М-14 та вантажними портами, розташованими на Бузькому лимані (рисунок 2.1)

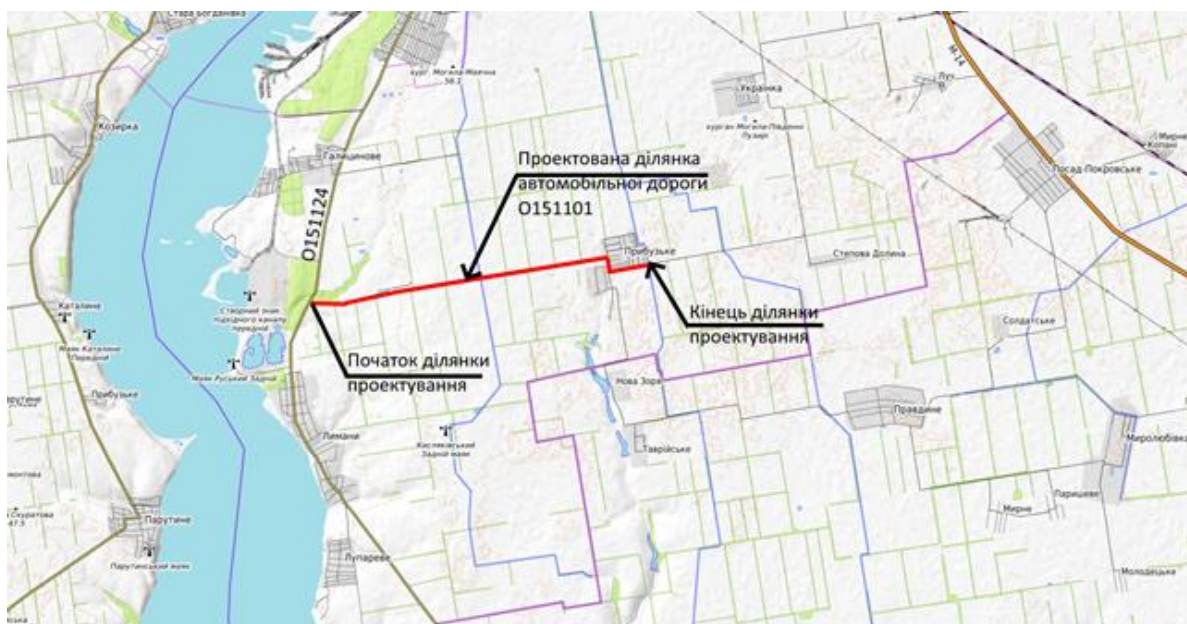


Рисунок 2.1 – Схема ділянки автодороги О151101 Любомирівка – Першотравневе км 0+000 – км 11+000

Будівництва об'їзної автомобільної дороги в обхід міста дозволить з'єднати міжнародні траси з підприємствами морегосподарського комплексу. Це дозволить суттєво збільшити можливості перевалки вантажів і оптимізувати завантаженість автотранспортної мережі Корабельного району Миколаєва і приміського Вітовського району. На даний час значна частина вантажівок рухається містом в напрямку терміналів «Ніка-Тера», порту «Ольвія». Через відсутність відстійників та об'їзної дороги водії далекобійники змушені чекати

своїєї черги на вивантаження на узбіччях міських вулиць і приміських населених пунктів. Розвантаження вулиць обласного центру і передмістя можна досягти шляхом будівництва об'їзної дороги та накопичувальних стоянок.

Відповідно до класифікації автомобільних доріг України дана дорога належить до доріг місцевого значення, але проектними рішеннями на капітальний ремонт передбачено застосування сучасних технологій та матеріалів. З огляду на значний вантажопотік, що буде рухатися даною дорогою, проектною документацією передбачено влаштування дорожнього одягу жорсткого типу, тобто цементобетонного.

Крім того, необхідний коефіцієнт зчеплення коліс транспортних засобів із покриттям буде забезпечений шорсткістю покриття, що нанесена за сучасною технологією «тихий бетон», яка була запозичена з європейської практики та тільки почала впроваджуватися на території України.

Роботи на об'єкті були розпочаті в середині вересня 2021 року. Спочатку виконані земляні роботи (рисунки 2.2, 2.3)



Рисунок 2.2 – Земляні роботи на трасі автомобільної дороги
км 0+000 – км 11+000

					051.ДА2226.2024.000	Аркуш
						21
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 2.3 – Улаштування водовідвідної каналу

За цей час на об'єкті було виконано розбирання конструкції існуючого дорожнього одягу, влаштування основи із щебеню товщиною 0,20 м та щебенево-піщаної суміші фракції 0 – 40 мм укріпленої цементом до марки М20, укладання верхнього шару покриття із цементобетону класу міцності на розтяг при згині Вtб 4.0. Також виконано фрезерування покриття на всій протяжності ділянки дороги (рисунки 2.4 – 2.6).



Рисунок 2.4 – Доставка цементобетону автосамоскидами



Рисунок 2.5 – Укладання цементобетону



Рисунок 2.6 – Фрезерування покриття на всій протяжності автодороги

Основні вихідні дані для проєктування реконструкції автомобільної дороги наведені в таблиці 2.1.

За шириною земляного полотна та горизонтальними кривими існуюча ділянка автомобільної дороги, що підлягає реконструкції, задовольняє вимоги

автомобільної дороги IV технічної категорії окрім двох горизонтальних кривих, які розташовані на забудованій території та мають радіуси 15 м.

Таблиця 2.1 – Техніко-економічні показники автомобільної дороги загального користування місцевого значення О151101 (Миколаїв – Херсон) – Любомирівка – Першотравневе – (Казанка – (Р-47)) км 0+000 – км 11+000

Показники	Одиниці виміру	Значення
Індекс дороги		О151101
Технічна категорія автомобільної дороги		IV
Довжина проекрованої ділянки	км	10,965
Розрахункова швидкість руху транспортних засобів	км/ГОД	90
Ширина смуги руху	м	3,00
Ширина узбіччя	м	2,00
в тому числі укріплена смуга	м	0,5
Кількість смуг руху	шт.	2
Ширина тротуару	м	1,5
Довжина тротуару	м	1647
Довжина посадкових майданчиків	м	40
Кути повороту	шт.	38
Мінімальний радіус горизонтальної кривої	м	15
Мінімальний радіус вертикальної опуклої кривої	м	30000
Мінімальний радіус вертикальної увігнутої кривої	м	8000
Максимальний позовжній ухил	‰	13
Мінімальний позовжній похил	‰	0
Верхній шар покриття ділянки автомобільної дороги		Цементобетон
Примикання	шт.	41
Мінімальний радіус заокруглення на примиканнях поза населеним пунктом	м	15
Мінімальний радіус заокруглення на примиканнях в межах населеного пункту	м	8
Водопрпускні труби автомобільної дороги	шт.	4
Загальна кошторисна вартість будівництва	млн грн.	231,333
Тривалість будівництва	місяців	5,0

За параметрами поздовжнього профілю існуюча ділянка проекрованої автомобільної дороги задовольняє вимоги автомобільної дороги IV технічної категорії.

Існуючий дорожній одяг проекрованої ділянки автомобільної дороги – дрібнозернистий асфальтобетон.

Проектом передбачено виконання комплексу будівельних робіт для покращення експлуатаційного стану ділянки автомобільної дороги, приведення геометричних характеристик ділянки автомобільної дороги до вимог діючих нормативних документів, як для автомобільної дороги IV технічної категорії.

На ділянці автомобільної дороги передбачається влаштування узбіч з поперечним похилом 40 ‰ та укріплення їх фрезованим асфальтобетоном.

Проектом передбачається влаштування технічних засобів організації дорожнього руху, а саме: металевого бар'єрного огороження, дорожньої розмітки та дорожніх знаків. Бар'єрне огороження влаштовується на ділянках автомобільної дороги в межах водопропускних труб та в межах влаштування тротуару. Проектом передбачається відсипка насипів висотою до 2,0 м з улаштуванням укосів крутизною 1:3.

В результаті капітального ремонту ділянки автомобільної будуть покращені експлуатаційні показники (доведення геометричних параметрів ділянки автомобільної дороги до нормативних показників), забезпечені безпека руху автотранспорту та пішоходів (проектом передбачається влаштування технічних засобів організації дорожнього руху та тротуару в межах існуючої забудови). Буде забезпечено надійне транспортне сполучення населених пунктів регіону та об'єктів виробничої діяльності між собою та з загальною мережею доріг, покращені транспортно-експлуатаційні показники, знижена собівартість перевезення вантажів і час перебування їх у дорозі, підвищиться безпека руху.

Наведемо характеристику основних параметрів автомобільної дороги.

Поздовжній профіль. Запроектований, згідно вимог ДБН В.2.3-4:2015 [22]. Чорну лінію поздовжнього профілю побудовано на основі

					051.ДА2226.2024.000	Аркуш
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата		25

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. Ухили поздовжнього профілю забезпечують відведення поверхневих вод. Проектна лінія ув'язана з існуючим рельєфом (рис. 2.7).

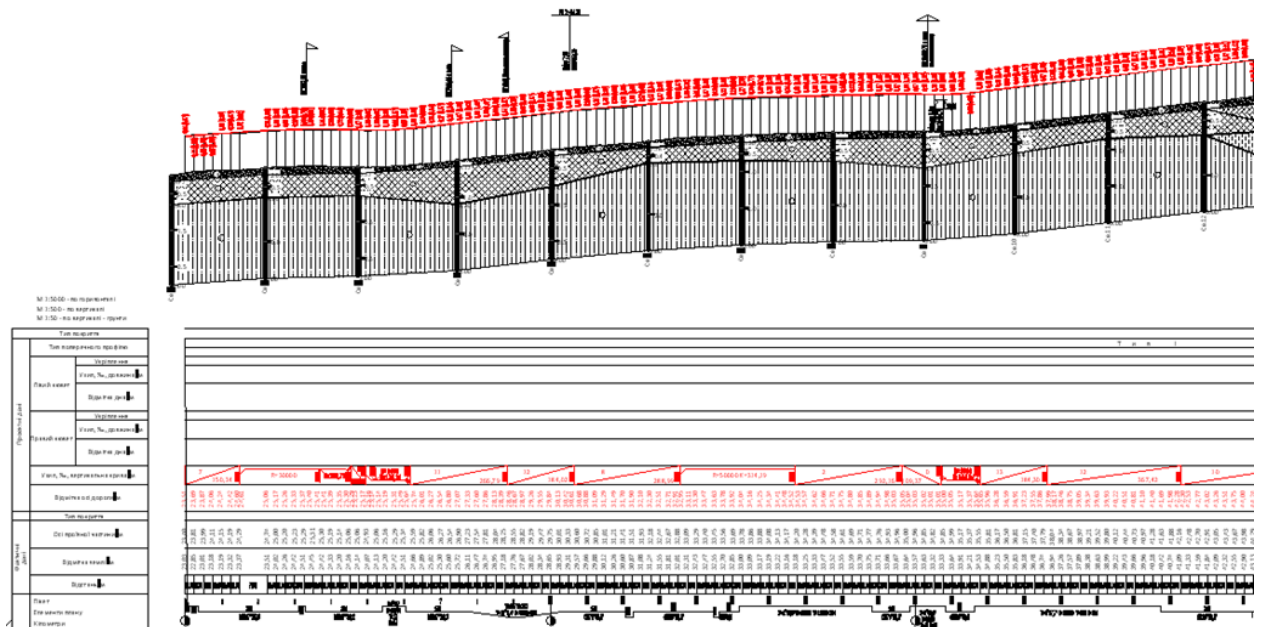


Рисунок 2.7 – Поздовжній профіль автодороги (фрагмент)

Видимість в поздовжньому профілі для розрахункових швидкостей забезпечена. Поперечні ухили проїзної частин становлять 25‰, узбіччя – 40‰. Проектом передбачається спрямлення поздовжнього профілю ділянки автомобільної дороги та відведення зливових вод за допомогою поздовжніх, поперечних ухилів та кюветів. Для запобігання розмиву укосів насипу передбачено укріплення засівом багаторічних трав по рослинному шару ґрунту товщиною 0,1 м та влаштування комплексу поверхневого водовідведення.

План траси. Існуюча ділянка автомобільної дороги має параметри плану, які не відповідають розрахунковій швидкості 90 км/год, крім ділянки на ПК92+50.....ПК97+30. В межах існуючої забудови проектом не передбачається

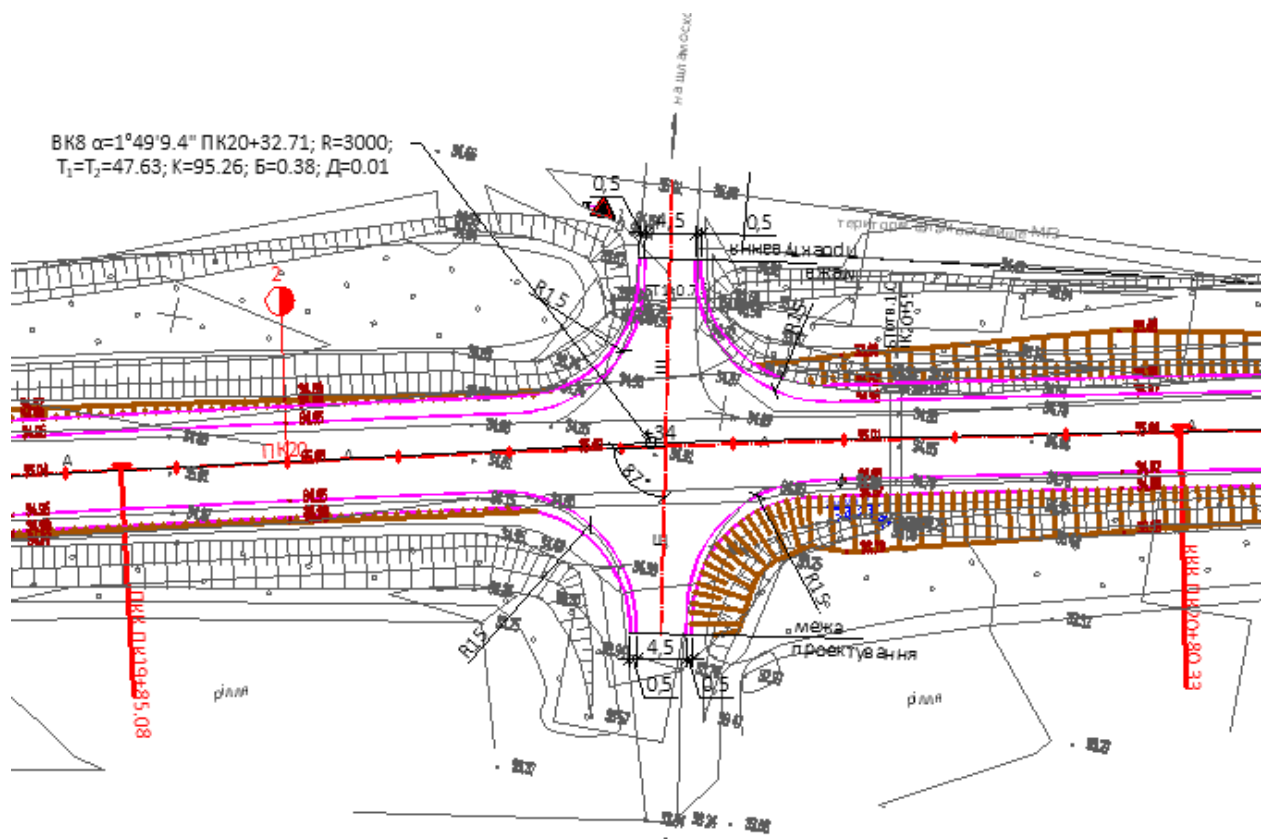


Рисунок 2.9 – Детальний план траси на ділянці пк 19+000 – пк 21+000

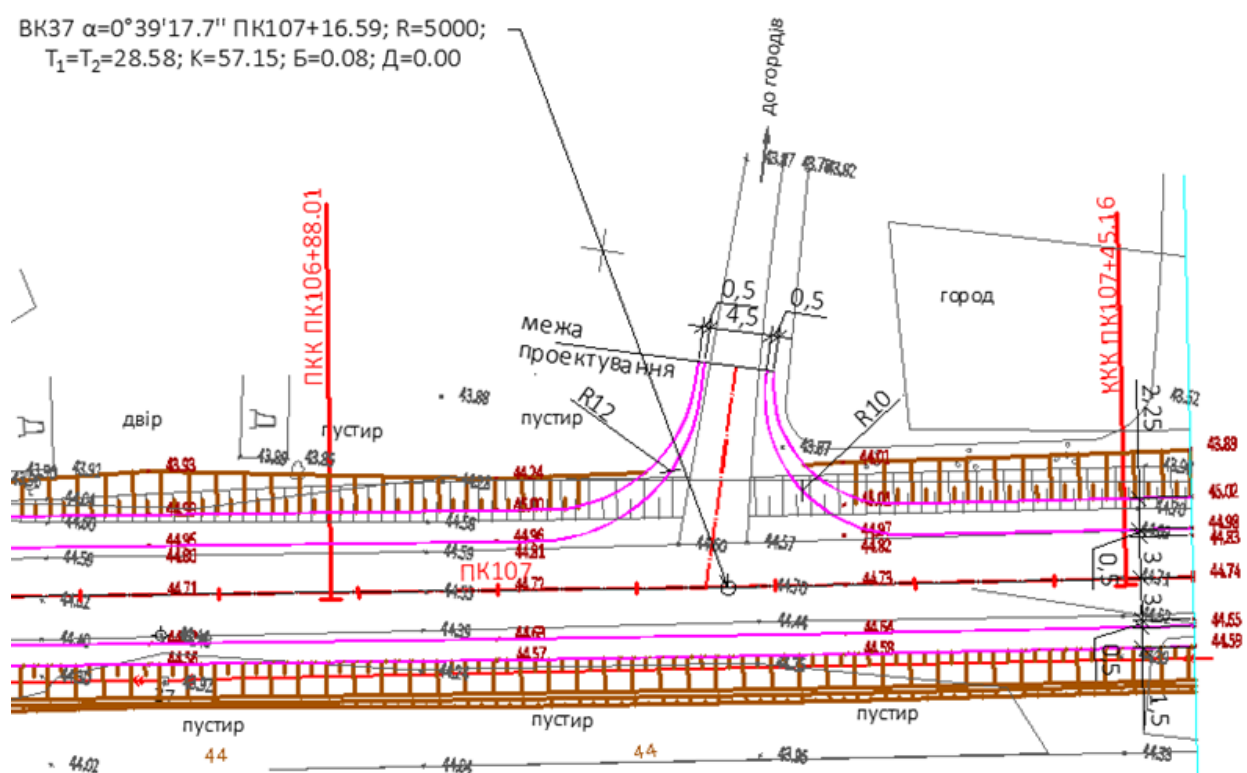


Рисунок 2.10 – Детальний план траси на ділянці пк 107+16,59

Земляне полотно й штучні споруди. Запроектовані з урахуванням рельєфу місцевості, кліматичних умов району прокладання траси згідно вимог ДБН В.2.3-4:2015 [22].

Для будівництва насипу земляного полотна передбачається використання ґрунту від влаштування виїмок. Розрахунковий модуль пружності ґрунту насипу 100 МПа. Параметри типових поперечних профілів наведені на рисунках 2.11 і 2.12.

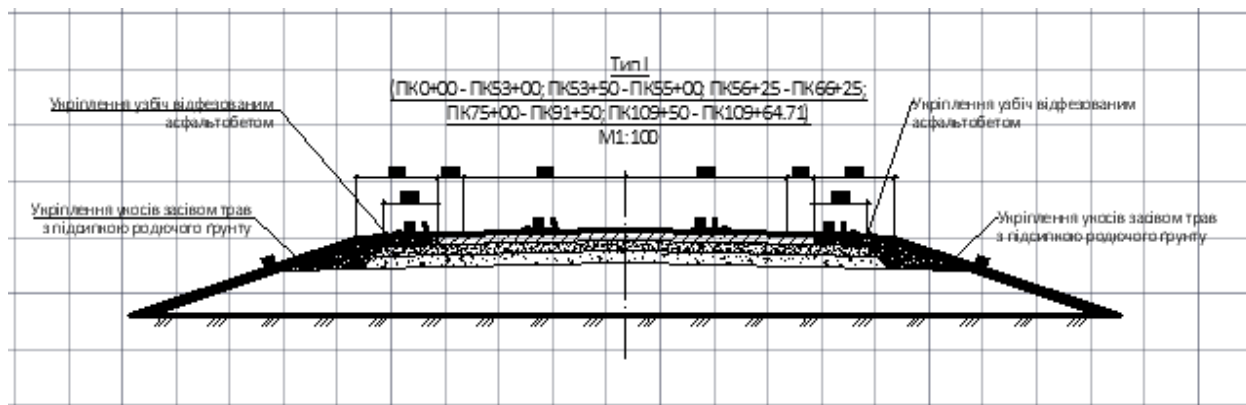


Рисунок 2.11 – Типовий поперечний профіль типу I

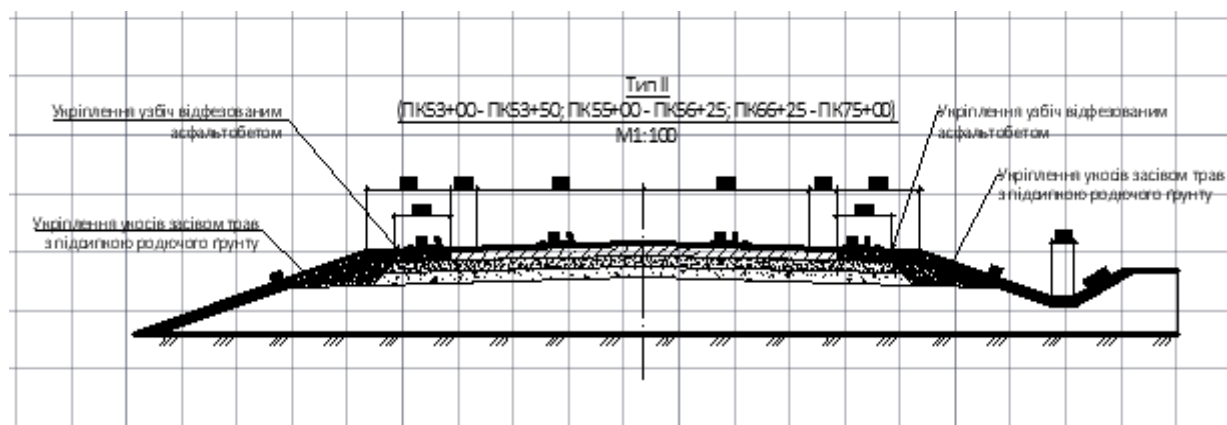


Рисунок 2.12 – Типовий поперечний профіль типу II

При реконструкції автодороги заплановані роботи з подовження водопропускних труб і заміни оголовків. Приклад наведено на рисунку 2.13.

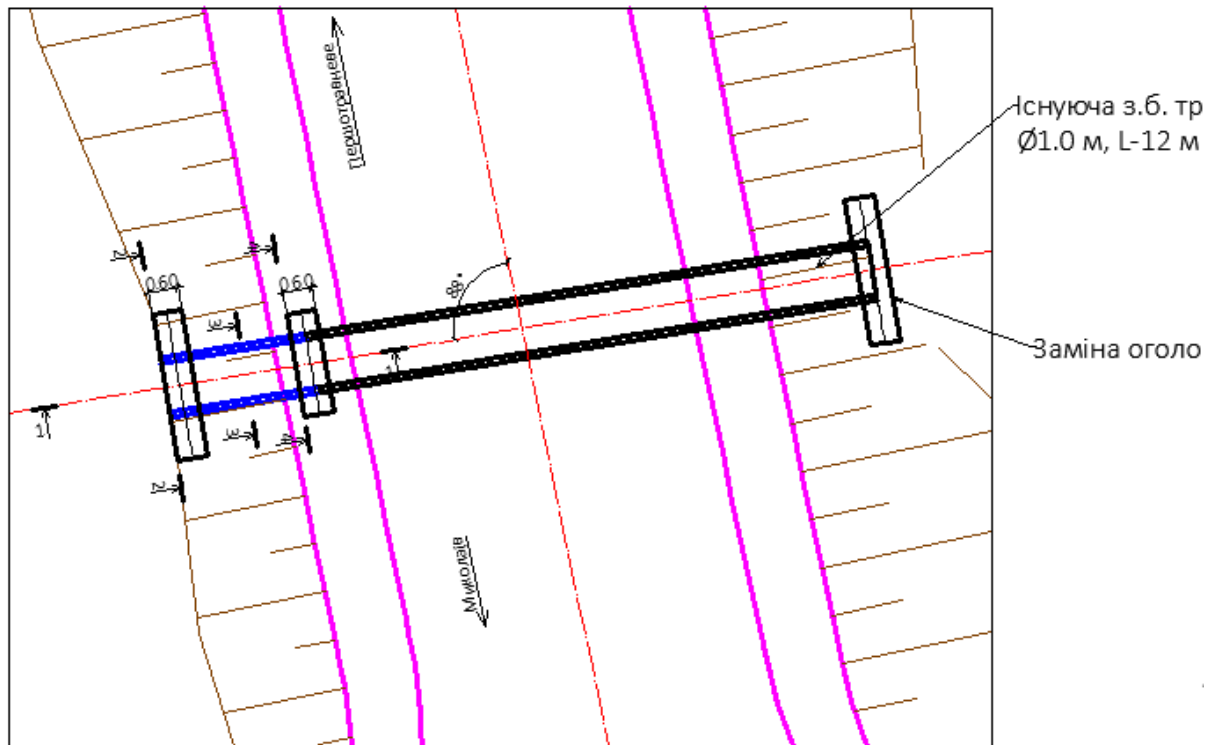


Рисунок 2.13 – Подовження труби з заміною оголовка на ПК 20+54,7

Дорожній одяг. Розроблено три варіанти конструкцій дорожнього одягу. Погоджена з замовником конструкція дорожнього одягу наведена в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Рекомендована конструкція дорожнього одягу

№ з/п	Матеріал шару	h шару, см	Модуль пружності E, МПа	
			Пружний прогин	Зсув
1	Бетон важкий В30 (М400) B_{btb} 4,0 (R_{tb} 50)	20	32400	1600
2	Щебенево-піщана суміш С-7, укріплена цементом М20	18	400	
3	Щебінь М1000-1400, влаштований за способом заклинки	20	180	
4	Ґрунт – суглинок легкий	—	100	

При виконанні розрахунків враховувалася інтенсивність дорожнього руху, яка становить 886 автомобілів на добу з перспективною інтенсивністю приросту 4% (таблиця 2.3).

Таблиця 2.3 – Інтенсивність дорожнього руху згідно довідки Управління інфраструктури Миколаївської обласної

Транспортні одиниці	Кількість	
	авто/добу	%
Легкові	362	40,9
Мікроавтобуси	88	9,9
Автобуси середні	38	4,3
Автобуси важкі	22	2,5
Вантажні легкі	48	5,4
Вантажні середні	62	7,0
Вантажні важкі	78	8,8
Тягачі з напівпричепами	166	18,7
Тягачі з причепами	22	2,5
Всього	886	100,0

Даним проектом передбачається виконання будівельних робіт з капітального ремонту ділянки автомобільної дороги в одну чергу без виділення пускових комплексів.

2.2 Методика оцінки пропускної здатності автомобільної дороги

Пропускна здатність проїзної частини визначається кількістю смуг руху і пропускною здатністю кожної з них, характером руху на магістралі (безперервне або регульоване). Розрахунок пропускної здатності при змішаному по структурі потоці проводиться в приведених одиницях.

Як правило, пропускну здатність смуги руху визначають на основі спрощеної динамічної теорії транспортного потоку. Відповідно до цієї теорії прийняті умови:

- автомобілі в транспортному потоці рухаються один за одним без обгону;
- швидкість всіх автомобілів однакова і не змінюється під час руху;
- автомобілі рухаються на однаковому постійному відстані один від одного, достатньому для повного гальмування заднього автомобіля при зупинці

попереду автомобіля, що їде.

Фактична пропускна здатність руху, менше теоретично можливої, оскільки не витримуються дві основні вимоги розрахункової схеми: однакова швидкість потоку і безперервність руху.

Для отримання більш точних результатів розрахунку пропускної здатності автодороги можна використовувати спеціалізовані програмні продукти.

TransCAD – це програмний продукт для транспортних розрахунків, який розробляється компанією Autodesk. TransCAD дозволяє проводити розрахунки пропускної здатності автодоріг, а також інші транспортні розрахунки, такі як розрахунки інтенсивності руху, часу проїзду, заторів та інших.

VISSIM – це програмний продукт для транспортних розрахунків, який розробляється компанією PTV Group. VISSIM дозволяє проводити розрахунки пропускної здатності автодоріг, а також інші транспортні розрахунки, такі як розрахунки інтенсивності руху, часу проїзду, заторів та інших.

SUMO - це програмний продукт для транспортних розрахунків, який розробляється компанією TU Dresden. SUMO дозволяє проводити розрахунки пропускної здатності автодоріг, а також інші транспортні розрахунки, такі як розрахунки інтенсивності руху, часу проїзду, заторів та інших.

Ці програмні продукти дозволяють враховувати всі фактори, які впливають на пропускну здатність автодоріг, такі як: площа перехресть і світлофорів; кількість смуг руху на перехрестях і світлофорах; кількість смуг руху на в'їздах і виїздах з автодороги; стан автодороги; стан навколишнього середовища; час доби; день тижня; місяць року; погодні умови; інтенсивність руху на інших дорогах.

Використання спеціалізованих програмних продуктів дозволяє отримати більш точні результати розрахунку пропускної здатності автодоріг, ніж використання усереднених формул.

При виконанні розрахунків в кваліфікаційній роботі використані рекомендації наведені в навчальному посібнику д.т.н О. О. Лобашова і к.т.н. О. В. Прасоленка [23].

					051.ДА2226.2024.000	Аркуш
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата		32

Теоретична пропускна здатність однієї смуги руху (P_m) визначається за формулою

$$P_m = \frac{3600 \cdot V}{L} \quad (2.1)$$

де V – швидкість руху потоку, м/с, приймається залежно від класу магістралей; при цьому слід враховувати, що фактичні швидкості потоку на 15–20 % нижче за розрахункові швидкості одиночного автомобіля. Розрахункову швидкість максимальна 80/60 км/год, у потоці – 60/45 км/год.

L – величина динамічного габариту, м; динамічний габарит – мінімальна відстань між передніми бамперами автомобілів, що рухаються один за одним і при цьому забезпечується безпека руху.

Розрахунок пропускної здатності ведеться за умови неможливості переходу на суміжну смугу при повному використанні пропускної здатності проїзної частини. У цих умовах величина L визначається з використанням третьої групи спрощених динамічних моделей руху за формулою

$$L = t_p \cdot V + (l'_z - l''_z) + l_\phi + l_a,$$

де t_p – час реакції водія від початку гальмування переднього автомобіля до початку гальмування заднього автомобіля. За даними спостережень $t_p = 0,60 - 0,83$ с. З урахуванням часу спрацьовування гальмівної системи приймається для розрахунку $t_p = 1$ с;

l'_z – гальмівний шлях переднього автомобіля, м.;

l''_z – гальмівний шлях заднього автомобіля, м;

l_ϕ – відстань безпеки між транспортними засобами, що зупинилися (приймається рівною 2 м);

l_a – довжина автомобіля (приймається 5 м).

Якщо використовувати основне рівняння руху автомобіля для розрахунку

гальмівних шляхів переднього і заднього автомобілів для горизонтальної ділянки шляху, то формула визначення теоретичної пропускної здатності однієї смуги набуває виду [23]:

$$P_m = \frac{3600 \cdot V}{t_p + \frac{V^2}{2g} \left(\frac{1}{f_k + \frac{Q_m}{Q} \varphi \pm i} - \frac{1}{f_k + \varphi \pm i} \right) + l_b + l_a}, \quad (2.2)$$

де g – прискорення вільного падіння, $9,8 \text{ м/с}^2$;

f_k – коефіцієнт опору коченню, визначається залежно від типу дорожнього покриття і механічних властивостей робочої поверхні колеса (таблиця 2.4);

φ – коефіцієнт зчеплення, залежить від стану дорожнього покриття, типу покриття, стану поверхні коліс (приймається з таблиці 2.5);

$\frac{Q_m}{Q}$ – відношення зчіпної ваги автомобіля до повного можна прийняти рівним 0,6;

i – поздовжній ухил, виражений десятковим дробом; приймається із знаком (+) при русі на підйом і з знаком (–) при русі на спуск.

Таблиця 2.4 – Коефіцієнт опору кочення

Тип дорожнього покриття	Коефіцієнт f_k
Асфальтобетон і цементобетон	0,01 – 0,02
Чорне щебеневе	0,02 – 0,025
Біле щебеневе	0,03 – 0,05
Бруківка	0,04 – 0,05

Таблиця 2.5 – Коефіцієнт зчеплення

Стан поверхні дороги	Коефіцієнт φ
Суха і чиста	0,6 – 0,7
Волога й брудна	0,3 – 0,4
Слизька	0,2 – 0,3
Що обледеніла	0,1 – 0,2

При визначенні пропускної здатності, наприклад для несприятливих умов руху рекомендується приймати при $V \leq 60$ км/год коефіцієнт зчеплення $\varphi = 0,2$; коефіцієнт опору коченню $f_k = 0,02$.

При підстановці у формулу (2.2) вказаних вище значень отримаємо спрощену формулу для прямих горизонтальних ділянок дороги

$$P_m = \frac{3600 \cdot V}{V + 7 + 0,13 V^2} \quad (2.3)$$

При швидкості $V > 60$ км/год слизька поверхня проїзної частини, що обледеніла, практично не забезпечує рух з високими швидкостями і не відповідає вимогам безпеки руху. Тому при розрахунковій швидкості потоку, що перевищує 60 км/год, слід приймати стан поверхні проїзної частини, що забезпечує коефіцієнт зчеплення $\varphi = 0,3$. За таких умов розрахунок пропускної здатності виконується за формулою

$$P_m = \frac{3600 \cdot V}{V + 7 + 0,10 V^2} \quad (2.4)$$

Приклад розрахунку пропускної здатності магістралі і рівня завантаження.

а) існуюча інтенсивність руху в приведених одиницях дорівнює:

$$N_{прив} = \sum N_i \cdot k_i \quad (2.5)$$

де k_i – коефіцієнти приведення до легкового автомобіля, табл. 2.6.

Таблиця 2.6 – Вантажопідйомність і коефіцієнти приведення

Транспортні одиниці	Показники	
	Вантажопідйомність, т	Коеф. k_i
Легкові	0,3-0,5	1,0
Мікроавтобуси	1,0-2,5	2,0-2,5
Автобуси середні	3,0-5,0	3,0-3,5
Автобуси важкі	5,0-10,0	4,0-4,5
Вантажні легкі	1,0-3,5	1,5-2,0
Вантажні середні	3,5-10,0	2,0-2,5
Вантажні важкі	10,0-40,0	2,5-3,0
Тягачі з напівпричепами	10,0-40,0	3,0-3,5
Тягачі з причепами	10,0-50,0	3,5-4,0

За формулою (2.5) і транспортного потоку (таблиця 2.6)
 $N_{прив} = 1894$ прив. один.

б) теоретична пропускна здатність однієї смуги при $V = 60$ км/год $= 16,7$ м/с визначається за формулою (2.3):

$$P_m = \frac{3600 \cdot 16,7}{16,7 + 7 + 0,13 \cdot 16,7^2} = 1009$$

Так як $N_{прив} = 1894 > P_m = 1009$ то пропускної здатності автодороги з 2-х смуг недостатньо.

Якщо існуюча інтенсивність руху в приведених одиницях більша ніж пропускна здатність однієї смуги, то це означає, що на даній ділянці дороги спостерігається затор. Щоб усунути затор, необхідно вжити заходів для зменшення інтенсивності руху або збільшення пропускної здатності дороги.

Це можна зробити, наприклад, шляхом будівництва додаткових смуг руху, або шляхом розширення існуючих смуг руху.

Кількість смуг руху на автомобільних дорогах встановлюється в

залежності від розрахункової інтенсивності руху та нормованого значення рівня завантаження дороги рухом з округленням у більшу сторону за формулою

$$n = \frac{N_{\text{прив}}}{Z \cdot P_{\text{розр}}} \quad (2.6)$$

де n – кількість смуг руху в одному напрямку;

$N_{\text{прив}}$ – розрахункова годинна інтенсивність руху в одному напрямку, приведена до легкового автомобіля, авт./год;

Z – коефіцієнт завантаження рухом; на звичайних автодорогах можна прийняти $Z = 0,70$;

$P_{\text{розр}}$ – розрахункова пропускна здатність однієї смуги руху, приведена до легкового автомобіля.

За формулою (2.6) $n = 2,69 \approx 3$.

2.3 Дослідження впливу різних факторів на пропускну здатність автомобільної дороги

Найбільший вплив на пропускну здатність автодороги мають такі фактори:

Інтенсивність руху. Чим більша інтенсивність руху, тим менша пропускна здатність автодороги. Це пов'язано з тим, що при більшій інтенсивності руху збільшується ймовірність зіткнень і заторів.

Швидкість руху. Чим більша швидкість руху, тим більша пропускна здатність автодороги. Це пов'язано з тим, що при більшій швидкості руху автомобілі можуть проїжджати відстань за менший час.

Кількість смуг руху. Чим більше смуг руху, тим більша пропускна здатність автодороги. Це пов'язано з тим, що при більшій кількості смуг руху автомобілі можуть рухатися паралельно, не перешкоджаючи один одному.

Менший вплив на пропускну здатність автодороги мають такі фактори:

Стан автодороги. Стан автодороги може впливати на пропускну здатність, але цей вплив не є таким значним, як вплив інтенсивності руху, швидкості руху та

кількості смуг руху.

Стан навколишнього середовища. Стан навколишнього середовища, наприклад, наявність перешкод на узбіччях дороги, може впливати на пропускну здатність, але цей вплив також не є таким значним, як вплив інтенсивності руху, швидкості руху та кількості смуг руху.

Час доби, день тижня, місяць року, погодні умови, інтенсивність руху на інших дорогах. Ці фактори можуть впливати на пропускну здатність, але цей вплив є незначним і може бути врахований при необхідності.

Таким чином, найбільше впливають на пропускну здатність автодороги інтенсивність руху, швидкість руху та кількість смуг руху. Стан автодороги, стан навколишнього середовища, час доби, день тижня, місяць року та інтенсивність руху на інших дорогах мають менший вплив на пропускну здатність автодороги.

Якщо застосувати бальну оцінку, то інтенсивність руху, швидкість руху та кількість смуг руху можна оцінити наступним чином:

Інтенсивність руху – 5 балів.

Швидкість руху – 4 бали.

Кількість смуг руху – 3 бали.

Інші фактори можна оцінити так:

Стан автодороги – 2 бали.

Стан навколишнього середовища – 1 бал.

Час доби, день тижня, місяць року, погодні умови, інтенсивність руху на інших дорогах – 0,5 бали.

Ця оцінка є відносною і може бути змінена в залежності від конкретних умов. Наприклад, якщо автодорога має поганий стан, то вплив цього фактору на пропускну здатність може бути більшим, ніж 2 бали.

Також, бали можна надавати в залежності від ступеня впливу фактору на пропускну здатність. Наприклад, якщо інтенсивність руху зростає з 1000 до 2000 автомобілів/год, то пропускну здатність автодороги може зменшитися на 20%. У цьому випадку інтенсивність руху можна оцінити 5 балами, а її вплив на

пропускну здатність – 1 балом.

Бальна оцінка дозволяє порівняти вплив різних факторів на пропускну здатність автодороги. Це може бути корисно при проектуванні та будівництві автодоріг, а також при плануванні транспортних потоків.

Для застосування бальної оцінки використовується математичний апарат, який дозволяє перевести кількісні характеристики факторів у якісні. Цей апарат називається кількісно-якісним аналізом.

Кількісно-якісний аналіз дозволяє встановити зв'язок між кількісними характеристиками факторів і їх впливом на якісну характеристику. У випадку з пропускну здатністю автодороги кількісними характеристиками факторів є інтенсивність руху, швидкість руху, кількість смуг руху та інші. Якісною характеристикою є пропускна здатність автодороги.

Для встановлення зв'язку між кількісними характеристиками факторів і їх впливом на якісну характеристику використовуються різні методи. Одним з найбільш поширених методів є метод експертних оцінок.

Метод експертних оцінок передбачає, що експерти, які мають досвід у конкретній галузі, оцінюють вплив різних факторів на якісну характеристику. Ці оцінки можуть бути представлені у вигляді балів.

Наприклад, експерти можуть оцінити вплив інтенсивності руху на пропускну здатність автодороги наступним чином:

- Інтенсивність руху до 1000 автомобілів/год – 1 бал;
- Інтенсивність руху від 1000 до 2000 автомобілів/год – 2 бали;
- Інтенсивність руху від 2000 до 3000 автомобілів/год – 3 бали;
- Інтенсивність руху від 3000 до 4000 автомобілів/год – 4 бали;
- Інтенсивність руху понад 4000 автомобілів/год – 5 балів.

Ці оцінки можуть бути використані для розрахунку пропускну здатності автодороги. Наприклад, якщо інтенсивність руху становить 2000 автомобілів/год, то вплив цього фактору на пропускну здатність автодороги дорівнює 2 бали.

Крім методу експертних оцінок для встановлення зв'язку між кількісними

характеристиками факторів і їх впливом на якісну характеристику можуть використовуватися інші методи, такі як кореляційний аналіз, регресійний аналіз та інші.

У цій роботі прийнята 5-ти бальна шкала, а не, наприклад, 10-ти бальна, тому що вона є достатньою для оцінки впливу різних факторів на пропускну здатність автодороги. 10-ти бальна шкала може бути занадто громіздкою і складною для застосування. Крім того, вона може не бути потрібною, оскільки більшість факторів мають відносно невеликий вплив на пропускну здатність автодороги.

5-ти бальна шкала є достатньою для того, щоб точно оцінити вплив різних факторів на пропускну здатність автодороги. Крім того, вона є легкою для розуміння і застосування. Ось деякі аргументи на користь 5-ти бальної шкали:

Вона є достатньою для оцінки впливу різних факторів на пропускну здатність автодороги. Вона є легкою для розуміння і застосування. Вона є менш громіздкою і складною, ніж 10-ти бальна шкала.

Звичайно, 10-ти бальна шкала також може бути використана для оцінки впливу різних факторів на пропускну здатність автодороги. Однак, вона не є обов'язковою і може бути застосована лише в тому випадку, якщо це необхідно.

Висновки до розділу 2

Відповідно до класифікації автомобільних доріг України дорога Любомирівка – Першотравневе км 0+000 – км 11+000 Вітовського району, Миколаївської області належить до доріг місцевого значення, яка підлягає капітальному ремонту.

Проектними рішеннями на капітальний ремонт передбачено застосування сучасних технологій та матеріалів. З огляду на значний вантажопотік, що буде рухатися даною дорогою, передбачено заміну дорожнього одягу з асфальтобетону на дорожній одяг жорсткого типу, тобто цементобетонний.

Розрахунками встановлено, що існуюча інтенсивність руху в приведених одиницях більша ніж пропускну здатність однієї смуги. Щоб усунути затор, який

					051.ДА2226.2024.000	Аркуш
						40
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата		

може виникати, необхідно вжити заходів для зменшення інтенсивності руху або збільшення пропускної здатності дороги. Це можна зробити, наприклад, шляхом будівництва додаткових смуг руху, або шляхом розширення існуючих смуг руху.

При дослідженні впливу різних факторів на пропускну здатність автомобільної дороги встановлено, що найбільший вплив на пропускну здатність автодороги мають такі фактори як Інтенсивність руху, швидкість руху, кількість смуг руху. Менший вплив на пропускну здатність автодороги мають такі фактори як стан автодороги, стан навколишнього середовища.

					051.ДА2226.2024.000	Аркуш
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата		41

З ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Технологія проведення робіт з капітального ремонту дорожнього одягу

Об'єкти інфраструктури стали однією з ключових сфер, які зазнали найбільших атак з боку агресора, з розгортанням повномасштабної війни проти України. Детальний аналіз стану доріг, що зазнали пошкоджень внаслідок обстрілів та проїзду танків, можливий лише за умов спеціалізованого 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 території.

За попередніми оцінками, внаслідок бойових дій, руйнувань зазнали 23,8 тис. км доріг та 305 мостів і мостових переходів. Попередній огляд стану доріг у деокупованих регіонах (Чернігівська, Київська, Сумська, Харківська області) підтверджують інформацію щодо значних руйнувань структури доріг внаслідок проходження танків та іншої важкої військової техніки, що вимагатиме реконструкції значної частини пошкоджених доріг. У цій роботі розглядаються будівельні роботи з відновленням дорожнього одягу в залежності від ступеня руйнування автомобільної дороги, що відбулося на території Миколаївської області.

Метою роботи є вибір конструкції та розроблення методики відновлення автомобільної дороги на прикладі ділянки Любомирівка – Першотравневе км 0+000 – км 11+000.

Одним із підходів до розв'язання проблеми відновлення дорожнього покриття є використання математичних моделей та алгоритмів для прогнозування стану дороги та підбору оптимальних методів її відновлення. Так, у роботі [24] автори досліджували різні методи прогнозування стану дорожнього покриття на основі даних про його відмінності та руйнування доріг. За результатами дослідження було розроблено прогностичні моделі для визначення необхідності та оптимальних методів підтримки дорожнього покриття.

					051.ДА2226.2024.000	Аркуш
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Для оцінки стану дороги та визначення необхідних робіт з відновлення дорожнього покриття, можуть використовуватися індекси, які враховують різні типи дефектів на дорозі. Наприклад, у статті [25] автори провели огляд методів відновлення дорожнього покриття для різних типів дефектів, таких як тріщини, вибоїни, розшарування тощо.

Для більш ефективного використання інформації в практиці, можуть бути розроблені системи моніторингу та контролю за станом дороги, які дозволять збирати дані про дефекти та їх розповсюдження на дорозі, а також використовувати ці дані для прогнозування майбутнього стану дороги та планування робіт з її відновлення. Одним з прикладів такої системи є програмне забезпечення Road Doctor, розроблене компанією ARRB Group. Ця система використовує дані, зібрані за допомогою спеціальних датчиків, для аналізу стану дороги та розрахунку її залишкового ресурсу. На основі цих даних програма пропонує оптимальні методи відновлення дорожнього покриття та розраховує вартість необхідних робіт [26].

Також важливо враховувати екологічні аспекти при відновленні дорожнього покриття. Для цього можуть бути використані екологічно чисті матеріали та технології, такі як відновлення дороги за допомогою вторинної переробки асфальту. Наприклад, у статті [27] автори досліджували використання різних реагентів та технологій для відновлення дорожнього покриття з максимальною економією матеріальних та енергетичних ресурсів. Крім того, важливо виконувати регулярні перевірки та обстеження дорожнього покриття з метою вчасного виявлення дефектів та вжиття заходів щодо їх виправлення. У статті [28] автори провели аналіз ефективності різних методів підтримки дорожнього покриття з метою підвищення його тривалості та зменшення витрат на його підтримку. Проблеми відновлення дорожнього покриття існують в різних країнах. Так, у роботі [29] наведені результати загального руйнування асфальтового покриття. Відповідно до поточного дослідження національної автомагістралі № 61 встановлено, що поздовжні тріщини, розтріскування, колії,

					051.ДА2226.2024.000	Аркуш
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата		43

плями та втомні тріщини є переважаючими. На ці п'ять пошкоджень припадало 97,41% ваги руйнування бітумного покриття. Автори прийшли висновку, що поздовжні тріщини та розтріскування є переважаючими, і такий тип руйнування є найпоширенішим видом погіршення дорожнього покриття разом із розтріскуванням від втоми та колійністю на багатьох дорогах Індії.

Питанням відновлення інфраструктури залізниць приділено уваги на різного роду міжнародних конференціях у 2022 – 2023 рр. Так, метою Міжнародної мультидисциплінарної науково-практичної інтернет-конференції [30] був аналіз сучасних підходів з удосконалення транспортно-логістичної інфраструктури та визначення найбільш ефективних напрямків їх застосування для відновлення, модернізації та подальшого комплексного розвитку української логістичної системи, створення стратегії якісного відновлення автомобільних доріг.

В збірнику наукових праць за матеріалами Всеукраїнської наукової конференції [31] викладено результати досліджень фахівців УДУНТ, з яких випливає, що значну роль в процесі відновлення відіграють сучасні технології, проривні і новаторські технічні рішення, конструкторські розробки, наукові відкриття, інженерні інновації. Державна спеціальна служба транспорту Міністерства оборони України першою взяла «на озброєння» цифрові науково-технічні рішення від Dystlab, які забезпечать наукове підґрунтя для швидкого відновлення мостів, автодоріг та інших будівель і споруд.

За результатами аналізу наукових робіт, які були проведені в цій галузі, можна зробити висновок про те, що використання прогресивних технологій та сучасних матеріалів може допомогти зберегти дорожнє покриття в гарному стані на тривалий період часу та економити кошти на його підтримку. Виходячи з результатів вищенаведеного аналізу, була визначена мета роботи і напрямки наступних досліджень.

Технічна характеристика об'єкту дослідження. Реалізація наукового дослідження виконана в проекті автодороги загального користування місцевого

					051.ДА2226.2024.000	Аркуш
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата		44

значення О151101 (Миколаїв – Херсон) – Любомирівка – Першотравневе – (Казанка – (Р-47)) на ділянці км 0+000 – км 11+000 Вітовського району, Миколаївської області, яка підлягає відновленню. Конструкція дорожнього полотна – асфальтобетон.

На даний час дорожній одяг має різного ступеню руйнування й пошкодження внаслідок збройної агресії Російської Федерації. Для відновлення дорожнього одягу враховані рекомендації наведені в інформаційному довіднику [32], які використовуються під час розроблення проектних рішень щодо відновлення автомобільних доріг загального користування та попередньої оцінки завданих збитків від їх руйнування або пошкодження.

Довжина ділянки, що підлягає відновленню – 5,5 км, існуюча ширина дороги складає – 6,0 м.

На підставі ДБН В.2.3.4-2015, п. 4.1 [22] визначено категорію дороги за технічною специфікацією. При розрахунковій інтенсивності – 150 приведених одиниць транспорту, дорогу віднесено до IV категорії. Асфальтобетонне покриття знаходиться в незадовільному стані – вибоїни, викришування крайки проїзної частини, зруйноване узбіччя.

Вказана автомобільна дороги за візуальним та геологічним обстеженням має ділянки зі слабкою основою. Тому ці ділянки охарактеризовані як ділянки з сильним ступенем руйнування. Інші ділянки охарактеризовані як з середнім ступенем руйнування.

З проведеного аналізу випливає, що в проекті необхідно передбачити дві конструкції дорожнього одягу, які будуть застосовуватись на ділянках з сильним та середнім ступенем руйнування.

Згідно [31, 32] передбачені наступна конструкція на ділянках зі слабкою основою:

1. Шар ЩПС С-7 згідно ДСТУ Б В.2.7-30:2013;
2. ЩПС С-7 згідно ДСТУ Б В.2.7-30:2013 укріплена цементом 3 %, h=12 см;

					051.ДА2226.2024.000	Аркуш
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата		45

3. Розлив бітумної емульсії ЕКШ – 50 за ДСТУ Б В.2.7-129:2013, 1 л/м²
4. Вирівнюючий шар АБ.Кр.Щ.А.НП.І згідно ДСТУ Б В.2.7-119-2011 на бітумі БНД 70/100 згідно з ДСТУ 4044-2019, h_{сер}=12 см;
5. Розлив бітумної емульсії ЕКШ-50 за ДСТУ Б В.2.7-129:2013, 0,4 л/м²;
6. АБ.Др.Щ.А.НП.І згідно ДСТУ Б В.2.7-119-2011 на бітумі БНД 70/100 згідно з ДСТУ 4044-2019, h=5 см

На ділянках з середнім ступенем руйнування призначена наступна конструкція:

1. ЩПС С-7 згідно ДСТУ Б В.2.7-30:2013 укріплена цементом 3%, h=12 см;
2. Розлив бітумної емульсії ЕКШ-50 за ДСТУ Б В.2.7-129:2013, 1 л/м²
3. Вирівнюючий шар АБ.Кр.Щ.А.НП.І згідно ДСТУ Б В.2.7-119-2011 на бітумі БНД 70/100 згідно з ДСТУ 4044-2019, h_{сер}=12 см;
4. Розлив бітумної емульсії ЕКШ-50 за ДСТУ Б В.2.7-129:2013, 0,4 л/м²;
5. АБ.Др.Щ.А.НП.І згідно ДСТУ Б В.2.7-119-2011 на бітумі БНД 70/100 згідно з ДСТУ 4044-2019, h=5 см

Проведення робіт з капітального ремонту дорожнього одягу виконується за наступною технологією:

- зняття асфальтобетонного шару покриття всієї ділянки автомобільної дороги за методом холодного фрезерування;
- зрізання щебеневої основи в місцях з сильним ступенем руйнування покриття бульдозером;
- засипка основи в місцях з сильним ступенем руйнування покриття щебенево-піщаною сумішшю та вирівнювання грейдером з ущільненням котками;
- улаштування на всій ділянці ремонту щебенево-піщаної суміші – укріпленої цементом асфальтоукладацьником з ущільненням котками;
- улаштування на всій ділянці ремонту нижнього шару покриття з

					051.ДА2226.2024.000	Аркуш
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата		46

крупнозернистого щільного асфальтобетону асфальтоукладальником з ущільненням котками;

– улаштування на всій ділянці ремонту верхнього шару покриття з дрібнозернистого щільного асфальтобетону асфальтоукладальником з ущільненням котками.

Влаштування основи дорожнього одягу оптимальної піщано-щебеневої суміші, обробленої цементом виконується асфальтоукладальником на гусеничному ходу VÖGELE SUPER 2100, який зображений на рисунку 3.1 однією смугою.

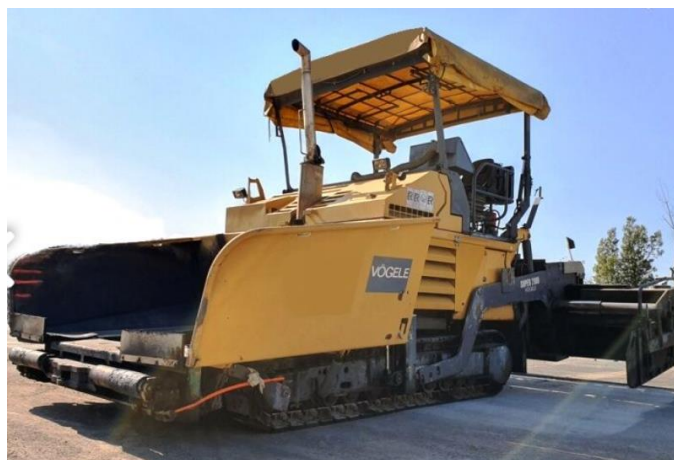


Рисунок 3.1 – Асфальтоукладальник на гусеничному ходу
VÖGELE SUPER 2100

Готову оптимальну піщано-щебєневу суміш, оброблену цементом, транспортують автосамоскидами до місця будівництва та вивантажують у приймальний бункер без зупинки укладача. Завантажена у бункер асфальтоукладальника суміш подається на розподільчу систему шнеками.

Під час руху укладальника вперед він зрізає зайвий шар матеріалу та залишає за собою шар суміші потрібної товщини, який частково ним ущільнений. Поверхня, яка сформована і частково ущільнена трамбувальним брусом, вирівнюється вигладжувальною плитою.

Ущільнення основи дорожнього одягу оптимальної піщано-щебєневої суміші, обробленої цементом виконують у наступній послідовності:

					051.ДА2226.2024.000	Аркуш
						47
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата		

– коток дорожній самохідний вібраційний комбінованої дії HAMM HD110K, масою 9,3 т за 2 проходи по одному сліду, що зображений на рисунку 3.2;



Рисунок 3.2 – Коток дорожній самохідний вібраційний комбінованої дії HAMM HD110K

– коток дорожній самохідний вібраційний гладковальцевий HAM HD 110, масою 10,6 т за 3 проходи по одному сліду, наведений на рисунку 3.3;



Рисунок 3.3 – Коток дорожній самохідний вібраційний гладковальцевий HAM HD 110

Остаточне ущільнення основи дорожнього одягу з оптимальної піщано-щебеневої суміші, обробленої цементом виконують важкими котками:

– коток самохідний на пневматичних шинах HAMM HD 150 масою 14.3 т

за три проходи по одному сліду;

– самохідний ґрунтовий вібраційний коток гладким вальцем НАММ 3520 масою 19,8 т за 2 проходи по одному сліду, що зображено на рисунку 3.4.



Рисунок 3.4 – Коток самохідний на пневматичних шинах НАММ HD

Котки повинні рухатись від країв смуги до осі, при цьому кожний слід від попереднього проходу котка повинен перекриватися при наступному проході не менше ніж на $\frac{1}{3}$ ширини вальця.

Технологія виконання робіт ґрунтується на рекомендаціях типових технологічних карт на влаштування основи дорожнього одягу, нижнього шару покриття і влаштування верхнього шару покриття [33 – 35].

3.2 Розробка варіантів дорожнього одягу в залежності від ступеню руйнування

Розробка й порівняння варіантів дорожнього одягу залежить від ступеню руйнування автомобільної дороги. Прийнято, що після військових дій дорожнє покриття було зруйновано на 50%, що внесло немалі труднощі у планування руху транспорту та збільшило ризик аварій на дорозі.

Варіанти проектних схем можуть мати суттєві відмінності за технічними показниками, вартістю будівництва, якістю транспортування та експлуатації, показниками щодо забезпечення безпеки руху та вимог охорони навколишнього середовища. Загальним критерієм вибору оптимального варіанту є показник

					051.ДА2226.2024.000	Аржуш
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата		49

ефективності капітальних вкладень і експлуатаційні показники на протязі життєвого циклу дороги [31].

Відповідно до рекомендацій [32] вибір варіанту конструкції дорожнього одягу проводився наступним способом:

а) визначалася категорія автомобільної дороги за ДБН В.2.3-4-2015 [22];

б) визначався ступінь руйнування автомобільної дороги. Прийнято, що на половині довжини ділянки руйнування дорожнього одягу слід розглядати як сильне на всю товщину без пошкодження земляного полотна;

в) вибиралися з таблиці 4 [32] варіанти конструкції дорожнього одягу з наведених альтернативних варіантів з урахуванням паспортних даних та аналізу технічної інформації.

Варіанти конструкцій дорожнього одягу наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Варіанти конструкції дорожнього покриття при сильному руйнуванні автодороги

Варіант 1		Варіант 2		Варіант 3		Варіант 4	
Матеріал	h, с м	Матеріал	h, с м	Матеріал	h, с м	Матеріал	h, с м
Асфальтобетон АСГ.Др.Щ.А.НП. I. БНД 70/100	5	Асфальтобетон АСГ.Др.Щ.А.НП. I. БНД 70/100	5	Асфальтобетон АСГ.Др.Щ.А.НП. I. БНД 70/100	5	Цементобетон дорожній В _{тб} 3,6; В25; F200; W8	18
Асфальтобетон АСГ.Кр.Щ.А.НП. I. БНД 70/100	10	Асфальтобетон АСГ.Др.Щ.А.НП. I. БНД 70/100	7	СБМД.Г.Кр.Щ.І БНД 70/100	10	Цементобетон дорожній В _{тб} 0,8; В5,5; F75; W4	15
ЩПС–20, укріплена цементом марка матеріалу М20	12	ЩПС-20, укріплена цементом марка матеріалу М20	12	ЩПС С7	17	ЩПС С7	17
ЩПС С–7	17	ЩПС С7	17	Пісок щільний природний або з відсівів дроблення гірських порід	15	Пісок щільний природний або з відсівів дроблення гірських порід	20
Пісок щільний природний або з відсівів дроблення гірських порід	20	Пісок щільний природний або з відсівів дроблення гірських порід	20				

Порівняння варіантів проведено з урахуванням вартості основних матеріалів, тобто асфальтобетону і цементобетону, згідно з цінами на дорожньо-будівельні матеріали за даними служб автомобільних доріг в областях за період 2015–2022 рр. База даних цін на матеріальні ресурси доступна за посиланням [36].

Графіки зміни цін протягом останніх п'яти років на основні будівельні матеріали наведено на рисунках 3.5 – 3.7. Червоними лініями позначено лінії тренду зміни цін.

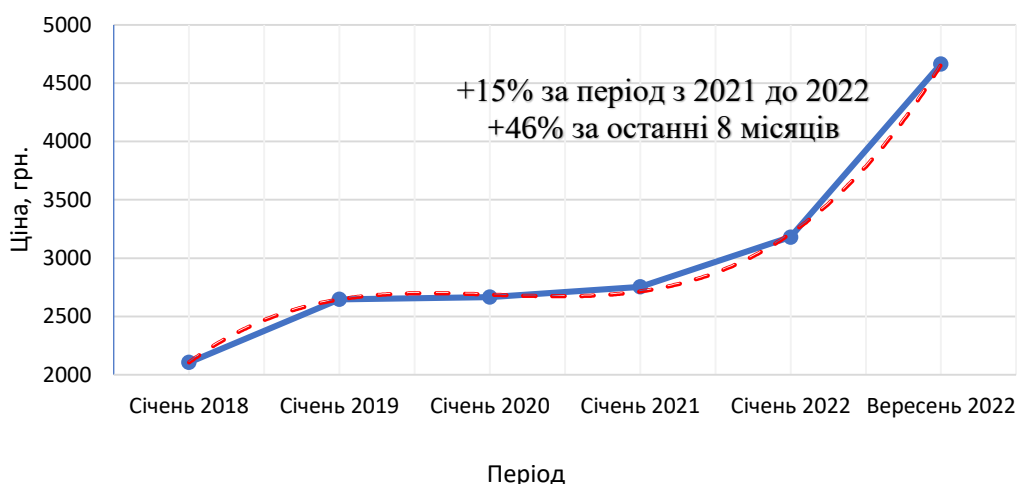


Рисунок 3.5 – Динаміка зміни цін на крупну асфальтобетонну суміш

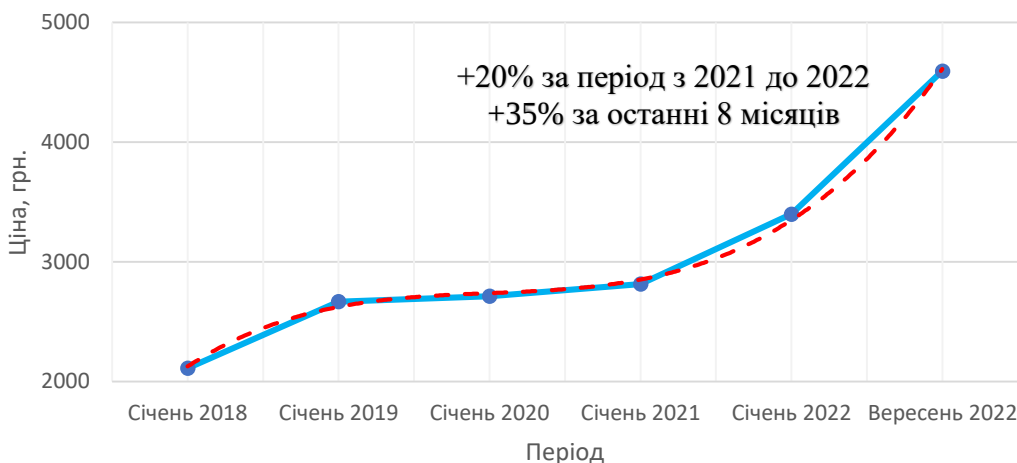


Рисунок 3.6 – Динаміка зміни цін на дрібну асфальтобетонну суміш

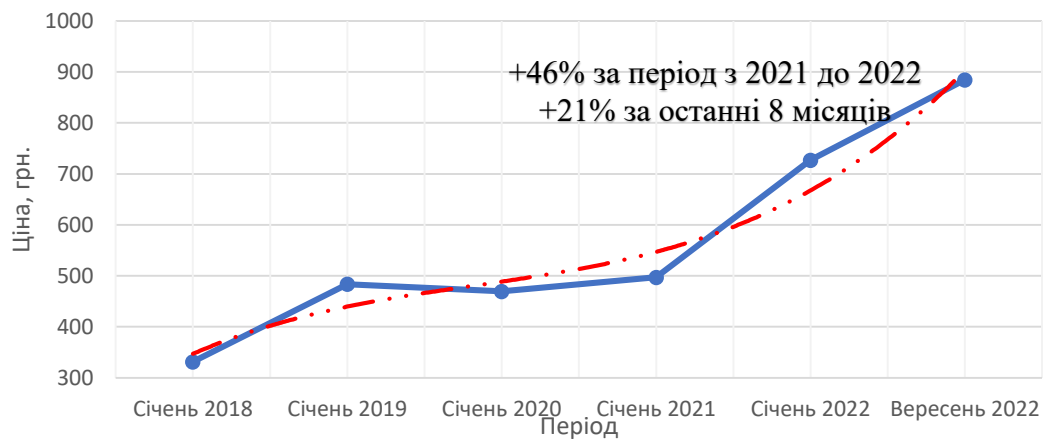


Рисунок 3.7 – Динаміка зміни цін на ІЩПС С-5

Використовуючи дані табл. 3.11 і ціни матеріалів (рис. 3.5 – 3.7) були визначені вартості по кожному з варіантів за формулою [37]:

$$K = (a_1 \cdot Q_1 + a_2 \cdot Q_2 + a_3 \cdot Q_3 + a_4 \cdot Q_4) \quad (3.1)$$

де Q_1, Q_2, Q_3, Q_4 – об’єм шару асфальтобетону, цементобетону та інших шарів для відповідного варіанту;

a_1, a_2, a_3, a_4 – ціна асфальтобетону, цементу та інших матеріалів згідно рис. 3.5 – 3.7.

Об’єм матеріалу знаходиться як добуток ширини проїжджої частини B (м) на товщину шару h (см) і довжину ділянки L (км), що підлягає відновленню:

$$Q = B \cdot (h \cdot 10^{-2}) \cdot (L \cdot 10^3) \cdot (\delta \cdot 10^{-2}) \quad (3.2),$$

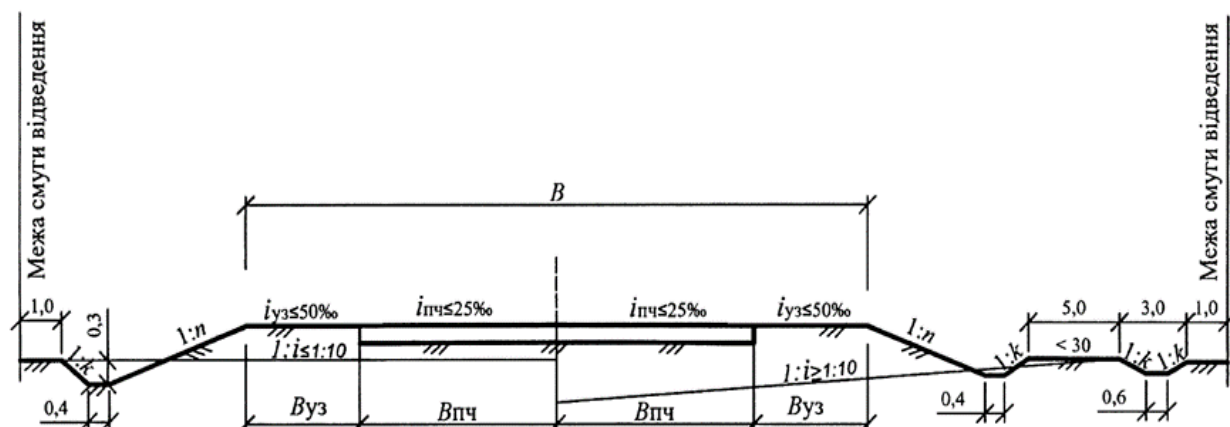
де δ – відсоток зруйнованої автодороги.

3.3 Обґрунтування рекомендованого варіанту

Розглянемо приклад розрахунків для варіанту 1. Використовуючи вихідні дані (таблиця 3.1), ціни на асфальтобетонну суміш (рисунки 3.5, 3.6) і дані щодо проїжджої частини для автодороги IV категорії [38] (рисунок 3.8) отримуємо:

$$B = 6,0 \text{ м}; h = 5 \text{ см}; L = 5,5 \text{ км}; \delta = 50 \%.$$

Схеми поперечних профілів автомобільних доріг наведені у ДСТУ Б. 2.3 – 33:2016 [38] та на рисунках 1.3 і 1.4 [39].



B для: восьми смуг руху дороги I-а категорії – 43,5 м; шести смуг руху дороги I-а категорії – 36,0 м; шести смуг руху дороги I-б категорії – 33 м; чотирьох смуг руху дороги I-а категорії – 28,5 м; чотирьох смуг руху дороги I-б категорії – 25,5 м; для дороги II категорії – 15,0 м; для дороги III категорії – 12,0 м; для дороги IV категорії – 10,0 м; для дороги V категорії – 8,0 м;

$B_{вз}$ для: I-а, I-б, II – 3,75 м; III – 2,5 м; IV – 2,0 м; V – 1,75 м;

$B_{пч}$ для: восьми смуг руху дороги I-а категорії – 2 м × 15 м; для шести смуг руху дороги I-а, I-б категорій – 2 м × 11,25 м; для чотирьох смуг руху дороги I-а, I-б категорій – 2 м × 7,5 м; для дороги II категорії – 7,5 м; для дороги III категорії – 7,0 м; для дороги IV категорії – 6,0 м; для дороги V категорії – 4,5 м.

Рисунок 3.5 – Схема поперечного профілю земляного полотна в насипі висотою до 6,0 м [38]

Тоді за формулою (2) об'єм асфальтобетону крупнозернистого, пористого, типу А – Б, буде дорівнювати

$$Q = 6,0 \times (5 \times 10^{-2}) \times (5,5 \times 10^3) \times (50 \times 10^{-2}) = 834 \text{ м}^3$$

Об'єми матеріалів для інших шарів розраховуються аналогічно з урахуванням можливої зміни їхньої товщини (див. табл. 3.1). Далі розраховуються вартості для варіантів 1 – 4, табл. 3.2.

Варіант 2 конструкції дорожнього одягу на автомобільних дорогах IV категорії дороги в порівнянні з іншими варіантами потребує меншої кількості матеріалу, що приводить до зменшення часу й витрат на використання техніки й робочої сили. Крім того, процес реалізації другого варіанту є менш складним і технологічно вимогливим, що буде сприяти простоті у його здійсненні і скороченні термінів відбудови. Базуючись на показниках таблиці 3.2, було встановлено, що варіант 2 дешевший на 13,3% відносно 1-го, на 6,7% відносно 3-го і на 6,6% відносно 4-го (таблиця 3.3).

Таблиця 3.2 – Розрахункові дані за варіантами

Варіант	Тип матеріалу	Товщина шару, см	Об'єм матеріалу, м ³	Вартість	
				на одиницю, грн	загальна, тис. грн
1	2	3	4	5	6
1	АСГ.Др.Щ.А–Б.НП.І.БНД 70/100 – асфальтобетон дрібнозернистий щільний типу А–Б непереривчастого зернового складу, марки І, бітум марки БНД 70/100	5	834	4 600	3836
	АСГ.Кр.Щ.А–Б.НП.І.БНД 70/100 – асфальтобетон крупнозернистий щільний типу А–Б непереривчастого зернового складу, марки І, бітум марки БНД 70/100	10	1668	4 600	7673
	ЩПС–20, укріплена цементом марка матеріалу М20	12	2002	1 650	3303
	ЩПС С7	17	2836	890	2524
	Загальна вартість за варіантом 1			17,337 млн грн	
2	АСГ.Др.Щ.А.НП.І.БНД 70/100 – асфальтобетон дрібнозернистий щільний типу А, непереривчастого зернового складу, марки І, бітум марки БНД 70/100	5	834	4 600	3836
	АСГ.Др.Щ.А.НП.І.БНД 70/100 – асфальтобетон дрібнозернистий щільний типу А, непереривчастого зернового складу, марки І, бітум марки БНД 70/100	7	1167	4 600	5373
	ЩПС–20, укріплена цементом марка матеріалу М20	12	2002	1 650	3303
	ЩПС С7	17	2836	890	2524
	Загальна вартість за варіантом 2			15,037 млн грн	
3	АСГ.Др.Щ.А.НП.І.БНД 70/100 – асфальтобетон дрібнозернистий щільний типу А, непереривчастого зернового складу, марки І, бітум марки БНД 70/100	5	834	4 600	3836
	СБМД.Г.Кр.Щ.І. БНД 70/100 – суміш бітумомінеральна дорожня гаряча, крупнозерниста, щільна, марки І, бітум марки БНД 70/100, згідно з ДСТУ Б В.2.7–305	10	1168	4 600	5373
	ЩПС С–7	17	2836	890	2524
	Загальна вартість за варіантом 3			16,189 млн грн	
4	Цементобетон дорожній В _{тб} 3,6; В25; F200; W8	18	3002	2 840	8526
	Цементобетон дорожній В _{тб} 0,8; В5,5; F75; W4	15	2502	2 050	5129
	ЩПС С–7	17	890	890	2554
	Загальна вартість за варіантом 4			16,179 млн грн	

Таблиця 3.3 – Порівняльна вартість по варіантам

Номер варіанта	Вартість, млн грн/км	Відсоток, %
Варіант 1	3,152	100,0
Варіант 2	2,734	86,7
Варіант 3	2,943	93,4
Варіант 4	2,942	93,3

Крім вартості будівництва, важливо оцінити вартість ремонту та обслуговування на протязі життя дорожнього покриття, а також експлуатаційні показники, що пов'язані з тривалістю служби, опором руху, зносостійкістю, шумом, вібрацією і в кінцевому підсумку – з безпекою руху транспортних засобів. Вартість ремонту та обслуговування на протязі життя дорожнього покриття є ключовим аспектом у плануванні та управлінні інфраструктурою. Оцінка цих витрат допомагає ефективно розподіляти бюджет, визначати пріоритети і раціонально витратити ресурси на підтримання якості доріг [36].

1. Життєвий цикл. Тривалість служби асфальтобетону і цементобетону може значно різнитися в залежності від багатьох факторів, таких як якість матеріалів, конструкції дорожнього покриття, трафік, кліматичні умови, рівень обслуговування та інші чинники. Тривалість служби асфальтобетону зазвичай коливається від 10 до 20 років, тривалість служби цементобетону може досягати 20 – 30 років.

2. Опір руху транспортних засобів. Матеріали покриття можуть суттєво впливати на опір руху транспортних засобів, що впливає на витрату пального, швидкість руху та загальну продуктивність транспорту. Традиційний асфальтобетон має досить низький опір руху, що сприяє більш низькій витраті пального і дозволяє досягати високих швидкостей.

3. Зносостійкість. Різні матеріали мають різні тривалості служби та здатність щодо зносостійкості та механічного навантаження. Асфальтобетон має

добру стійкість до зносу при помірних навантаженнях та правильному обслуговуванні. Цементобетон є відносно стійким до зносу і може довго тримати свою структуру при великих навантаженнях.

4. Склад матеріалів та технологія. Використання високоякісних матеріалів (бітуму, цементу та інших компонентів), які відповідають вимогам стандартів, може збільшити тривалість служби дорожнього одягу. Правильний вибір матеріалів та відповідна технологія укладання асфальту, бетону або інших матеріалів, урахування конкретних умов та вимог, можуть значно подовжити життєвий термін дорожнього покриття.

5. Поточне утримання. Асфальтобетон може вимагати регулярного планового обслуговування та періодичного заповнення тріщин і ям. Вартість ремонту може залежати від інтенсивності трафіку, кліматичних умов, якості виконання робіт. Цементобетон може мати менше потреби в регулярному ремонті порівняно з асфальтобетоном, але ремонт може бути більш складним та коштовним процесом через високу жорсткість матеріалу.

6. Стійкість до погодних умов. Покриття, яке краще витримує вплив погодних факторів, пов'язане з властивостями матеріалів, їх структурою та якістю будівництва. Так, цементобетон відомий своєю високою стійкістю до погодних умов. Він може витримувати екстремальні температури, заморожування-відлиги цикли та інші погодні випробування. Цементобетон менше схильний до пошкоджень під впливом сонячної радіації та ультрафіолету.

7. Безпека руху. Різні типи дорожніх покриттів можуть впливати на безпеку руху та можливість ДТП (дорожньо-транспортних пригод) залежно від їхніх фізичних характеристик та інших факторів. Для сухої погоди та швидкості 80 – 100 км/год на асфальтобетонному покритті гальмівний шлях може бути приблизно 40 – 60 метрів. У випадку цементобетону, який може мати жорстку структуру, гальмівний шлях може бути трохи коротшим в діапазоні 35 – 55 метрів.

8. Шум і вібрація. Матеріали покриття можуть мати значний вплив на екологічні аспекти, такі як забруднення повітря, води, ґрунту, енергоефективність

					051.ДА2226.2024.000	Аркуш
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата		56

та стійкість природних екосистем. Наприклад, цемент, що використовується при виготовленні цементобетону, вимагає значного споживання енергії та води під час виробництва, супроводжується викидами парникових газів, зокрема CO₂. Вибір матеріалів покриття може впливати на рівень шуму та світлового забруднення, що може відігравати роль у покращенні якості життя мешканців. Шум і вібрація на асфальтобетоні може залежати від текстури та структури покриття. Цементобетон може мінімізувати шум, оскільки його жорстка структура зазвичай забезпечує менший рівень коливань і вібрації. Це може бути особливо корисним у місцях з високою інтенсивністю руху та важкими транспортними засобами.

9. Стійкість до завантаження. Цементобетон може бути корисним у місцях з високою інтенсивністю руху та важкими транспортними засобами. Він є більш стійким до великого навантаження та зносу, але вимагає більшої уваги до технології в будівництві та обслуговуванні.

10. Екологічні аспекти. Матеріали покриття можуть мати значний вплив на екологічні аспекти, такі як забруднення повітря, води, ґрунту, енергоефективність та стійкість природних екосистем. Вибір матеріалу покриття може визначити, як добре дорожні проекти відповідають екологічним стандартам та сприяють сталому розвитку. Це допоможе знизити негативний вплив дорожніх проектів на навколишнє середовище та підвищити їхню екологічну придатність.

Перелічені показники допомагають провести комплексну оцінку та визначити оптимальний тип дорожнього покриття залежно від конкретних умов та потреб [11].

Порівнювати різних варіантів дорожнього покриття виконано шляхом використання «матриці порівняння», де рядки відповідають різним типам дорожнього покриття, а стовпці відповідають різним аспектам порівняння (таблиця 3.4). У цьому прикладі використовували шкалу оцінок від 1 до 5 для кожного аспекту.

Таблиця 3.4 – Матриця пріоритетів варіантів дорожнього одягу

Основні характеристики дорожнього покриття	Варіант 1	Варіант 2	Варіант 3	Варіант 4
	Асфальтобетон крупнозернистий пористий типу А–Б	Асфальтобетон дрібнозернистий щільний типу А	Бітумомінеральна дорожня гаряча дрібнозерниста суміш	Цементобетон дорожній
Життєвий цикл	3	4	3	5
Опір руху	4	4	2	3
Зносостійкість	3	4	3	5
Склад матеріалів і технологія	3	3	2	4
Поточне утримання	5	5	4	3
Стійкість до погодних умов	3	4	3	5
Безпека руху	4	4	3	5
Шум і вібрації	3	3	4	3
Стійкість до завантаження	4	4	3	5
Екологічні аспекти	3	4	2	3
Сума показників	35	39	29	41

Сумарна оцінка для кожного типу покриття, надає можливість отримати загальну оцінку, відповідно до якої перевагу слід надати варіанту 4 [40].

Висновки до розділу 3

У роботі набули подальшого розвитку наукові підходи до встановлення конструкції дорожнього покриття за обсягами й вартістю матеріалів з корегуванням прийнятого рішення за експлуатаційними показниками, що враховують тривалість служби, опір руху транспортним засобам, зносостійкість, шум, вібрацію і в кінцевому підсумку – безпеку руху транспортних засобів. Надані рекомендації з відновлення дорожнього покриття в залежності від ступеня руйнування сприятимуть прийняттю ефективних проектних рішень та попередньої оцінки завданих збитків від руйнування або пошкодження автомобільних доріг внаслідок збройної агресії Російської Федерації.

Під час вибору методу організації будівельних робіт з відновленням дорожнього одягу слід враховувати наявність матеріалів, технічного оснащення і термінів відбудови. Вибір конструкції покриття і матеріалу залежить від ступеню

руйнування дороги і встановлюється за техніко-економічними показниками з урахуванням терміну життєвого циклу автомобільної дороги.

Аналіз наукових праць є важливим інструментом для розуміння існуючих методів відновлення дорожнього покриття і визначення важливості вчасного обстеження та застосування відповідних заходів. Загальний аналіз розглянутих в роботі наукових праць допомагає визначити найбільш ефективні та вартісні методи реконструкції дорожнього покриття, а також планувати стратегії для збереження та підтримання якості доріг.

У виборі конструкції дорожнього покриття для відновлення автомобільних доріг загального користування необхідно віддавати перевагу варіантному способу, який передбачає обрання оптимальної конструкції на основі врахування різних факторів і дозволяє вибрати найкращий варіант, який відповідає конкретним умовам, бюджету й технічним вимогам.

Якщо враховувати ступінь руйнування автомобільної дороги як попередній варіант, можна розглядати рекомендації, наведені в «Альбомі типових конструкцій дорожнього одягу» для відновлення автомобільних доріг загального користування та попередньої оцінки завданих збитків від їх руйнування внаслідок збройної агресії Російської Федерації.

На основі розрахунку об'ємів матеріалів і їхньої вартості як тимчасовий може бути запропонований варіант з використанням дрібнозернистого щільного асфальтобетону, а також щебенево-піщаної суміші, укріпленої цементом.

Варіант порівняно з іншими потребує меншої кількості матеріалу, що приводить до зменшення використання техніки, робочої сили, та дозволяє скоротити витрати й ризики потенційних проблем з доставкою або доступністю цих ресурсів, є менш складним щодо технології робіт, що буде сприяти його простоті у здійсненні і скороченні термінів відбудови автомобільної дороги.

Водночас, зважаючи на вартість ремонту та обслуговування протягом життєвого циклу дорожнього покриття, на перспективу може бути рекомендований варіант з цементобетонним покриттям, що враховує експлуатаційні показники, пов'язані з тривалістю служби, опором руху, зносостійкістю, шумом, вібрацією і в кінцевому підсумку – з безпекою руху транспортних засобів.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Заходи з охорони праці при відновленні інфраструктури ділянки автомобільної дороги

Основні заходи з охорони праці при відновленні інфраструктури ділянки автомобільної дороги можна розділити на кілька категорій:

Організаційно-технічні заходи:

Проведення інструктажів з охорони праці для всіх працівників, які будуть залучені до робіт.

Забезпечення працівників засобами індивідуального захисту (ЗІЗ).

Влаштування безпечних проходів і робочих місць.

Використання безпечних технологій виконання робіт.

Технічні заходи:

Влаштування огорожі робочої зони.

Встановлення сигнальних знаків і покажчиків.

Забезпечення освітлення робочої зони.

Медико-профілактичні заходи:

Проведення медичних оглядів працівників.

Забезпечення працівників аптечкою першої допомоги.

Ось деякі конкретні приклади заходів з охорони праці, які необхідно вжити при відновленні інфраструктури ділянки автомобільної дороги:

При роботі з дорожньою технікою необхідно використовувати засоби індивідуального захисту, такі як каски, жилети, рукавички та взуття з ковзаючою підошвою.

При роботі з вантажами необхідно використовувати вантажопідйомні механізми та дотримуватися правил безпеки при роботі з ними.

При роботі з електрообладнанням необхідно дотримуватися правил електробезпеки.

При роботі з хімічними речовинами необхідно дотримуватися правил хімічної безпеки.

					051.ДА2226.2024.000	Аркуш
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата		60

Важливо, щоб заходи з охорони праці були розроблені та реалізовані з урахуванням конкретних умов проведення робіт. Для цього необхідно провести ретельний аналіз можливих небезпечних і шкідливих факторів, які можуть виникнути під час робіт.

Ось кілька додаткових рекомендацій щодо забезпечення безпеки при відновленні інфраструктури ділянки автомобільної дороги:

Необхідно регулярно проводити інструктажі з охорони праці для працівників.

Необхідно забезпечити працівників засобами індивідуального захисту, які відповідають вимогам безпеки.

Необхідно регулярно перевіряти стан робочих місць і обладнання на предмет відповідності вимогам безпеки.

Необхідно забезпечити контроль за дотриманням працівниками правил безпеки праці.

Реалізація цих рекомендацій дозволить підвищити рівень безпеки при відновленні інфраструктури ділянки автомобільної дороги та знизити ризик нещасних випадків.

4.2 Оцінка впливу на навколишнє середовище

Відновлення інфраструктури ділянки автомобільної дороги може мати як позитивний, так і негативний вплив на навколишнє середовище.

До позитивного впливу можна віднести:

– покращення безпеки руху. Це може призвести до зменшення кількості ДТП, а отже, до зниження забруднення повітря і шумового забруднення.

– покращення умов для дорожнього руху. Це може призвести до зменшення пробок і заторов, а отже, до зниження викидів шкідливих речовин в атмосферу.

– покращення пропускної здатності дороги. Це може призвести до зменшення кількості автомобілів, які використовують альтернативні шляхи, а отже, до зниження забруднення повітря в цих районах.

					051.ДА2226.2024.000	Аркуш
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата		61

До негативного впливу можна віднести:

– забруднення повітря.

При відновленні інфраструктури ділянки автомобільної дороги можуть використовуватися хімічні речовини, такі як асфальт, бетон, фарби та розчинники. Ці речовини можуть виділяти шкідливі речовини в атмосферу, такі як оксиди азоту, оксиди сірки та викиди твердих частинок.

– забруднення ґрунтів і вод.

При відновленні інфраструктури ділянки автомобільної дороги можуть використовуватися матеріали, які можуть забруднювати ґрунти і води. Наприклад, асфальт може містити небезпечні речовини, такі як важкі метали.

– шумове забруднення.

При використанні дорожньої техніки можуть виникати шумові викиди, які можуть негативно впливати на здоров'я людей і тварин.

Важливо, щоб при відновленні інфраструктури ділянки автомобільної дороги були враховані всі можливі негативні впливи на навколишнє середовище. Для цього необхідно проводити оцінку впливу на навколишнє середовище (ОВНС). ОВНС дозволяє визначити, які негативні впливи можуть виникнути в результаті реалізації проекту, і розробити заходи щодо їх мінімізації.

Ось кілька конкретних рекомендацій щодо зменшення негативного впливу відновлення інфраструктури ділянки автомобільної дороги на навколишнє середовище:

1. Використання екологічно чистих матеріалів та технологій. Наприклад, можна використовувати асфальт, який містить менше шкідливих речовин, або бетон, який виготовлений з відновлюваних матеріалів.

2. Застосування заходів щодо зменшення викидів шкідливих речовин в атмосферу. Наприклад, можна використовувати мобільні очисні установки для очищення відпрацьованих газів дорожньої техніки.

3. Використання заходів щодо зменшення забруднення ґрунтів і вод. Наприклад, можна використовувати захисні плівки для уникнення забруднення

					051.ДА2226.2024.000	Аркуш
						62
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата		

ґрунтів під час проведення робіт.

4. Застосування заходів щодо зменшення шумового забруднення. Наприклад, можна використовувати шумозахисні екрани або обладнати дорожню техніку шумозаглушувачами.

Реалізація цих рекомендацій дозволить зменшити негативний вплив відновлення інфраструктури ділянки автомобільної дороги на навколишнє середовище та зробити його більш екологічним.

Якщо порівнювати асфальтобетон, цементобетон, бруківку, чорний щебіть, то які з цих покриттів завдають менший вплив на навколишнє середовище? У цілому, бруківка та чорний щебінь є найбільш екологічно чистими покриттями для автомобільних доріг. Вони не містять шкідливих речовин, які можуть забруднювати повітря, ґрунти та води. Крім того, вони можуть бути виготовлені з відновлюваних матеріалів, таких як деревина або відходи будівництва.

Асфальтобетон і цементобетон також можуть бути екологічно чистими, якщо вони виготовлені з використанням відновлюваних матеріалів або матеріалів з низьким рівнем викидів. Однак, вони зазвичай містять більше шкідливих речовин, ніж бруківка або чорний щебінь.

Ось більш детальний аналіз впливу кожного з цих покриттів на навколишнє середовище:

Асфальтобетон є найпоширенішим покриттям для автомобільних доріг у світі. Він складається з піску, щебеню та асфальту. Асфальт є бітумною смолою, яка виготовляється з нафти або природного газу.

Асфальтобетон може мати значний негативний вплив на навколишнє середовище. При виробництві асфальту виділяються шкідливі речовини, такі як оксиди азоту, оксиди сірки та викиди твердих частинок. Ці речовини можуть негативно впливати на якість повітря, а також на здоров'я людей і тварин. Крім того, асфальтобетон може містити важкі метали, такі як свинець, кадмій і ртуть. Ці метали можуть забруднювати ґрунти і води.

Цементобетон є міцнішим і довговічнішим покриттям, ніж асфальтобетон.

					051.ДА2226.2024.000	Аркуш
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата		63

Він складається з цементу, піску, щебеню та води. Цементобетон може також мати значний негативний вплив на навколишнє середовище. При виробництві цементу виділяються шкідливі речовини, такі як оксиди азоту, оксиди сірки та викиди твердих частинок. Ці речовини можуть негативно впливати на якість повітря, а також на здоров'я людей і тварин. Крім того, цементобетон може містити важкі метали, такі як свинець, кадмій і ртуть. Ці метали можуть забруднювати ґрунти і води.

Бруківка є традиційним покриттям для автомобільних доріг. Вона складається з каменів, які укладаються на основу з піску або щебеню. Бруківка не містить шкідливих речовин і не виділяє викидів в атмосферу. Вона також може бути виготовлена з відновлюваних матеріалів, таких як деревина або відходи будівництва.

Чорний щебінь є простим і недорогим покриттям для автомобільних доріг. Він складається з щебеню, який укладається на основу з піску або щебеню. Чорний щебінь не містить шкідливих речовин і не виділяє викидів в атмосферу. Він також може бути виготовлений з відновлюваних матеріалів, таких як відходи будівництва.

Отже, бруківка та чорний щебінь є найбільш екологічно чистими покриттями для автомобільних доріг. Вони не містять шкідливих речовин і не виділяють викидів в атмосферу. Крім того, вони можуть бути виготовлені з відновлюваних матеріалів.

В практиці будівництва автомобільних доріг використовують асфальтобетонні суміші гарячі й холодні. Виникає питання, які з них мають менший вплив на навколишнє середовище?

Холодні асфальтобетонні суміші мають менший вплив на навколишнє середовище, ніж гарячі. Це пов'язано з тим, що для їх виготовлення не потрібно нагрівати асфальт до високих температур, як це робиться для гарячих асфальтобетонних сумішей. Холодні асфальтобетонні суміші не виділяють шкідливих речовин в атмосферу і не вимагають використання значної кількості

					051.ДА2226.2024.000	Аркуш
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата		64

енергії. Тому вони є більш екологічно чистим варіантом, ніж гарячі асфальтобетонні суміші.

При виробництві гарячих асфальтобетонних сумішей виділяються шкідливі речовини, такі як оксиди азоту, оксиди сірки та викиди твердих частинок. Ці речовини можуть негативно впливати на якість повітря, а також на здоров'я людей і тварин. Крім того, гарячі асфальтобетонні суміші вимагають більшого використання енергії, ніж холодні. Це також може негативно впливати на навколишнє середовище.

Ось деякі конкретні переваги холодних асфальтобетонних сумішей:

- зменшена емісія шкідливих речовин в атмосферу;
- зменшене споживання енергії; зменшена кількість відходів;
- підвищення безпеки праці.

Холодні асфальтобетонні суміші можуть використовуватися для різних видів дорожніх робіт, включаючи ремонт, будівництво та реконструкцію. Вони можуть бути використані для укладання асфальту на різних типах дорожнього покриття, включаючи асфальтобетон, цементобетон і чорний щебінь.

Холодні асфальтобетонні суміші є перспективним напрямком розвитку дорожнього будівництва. Вони дозволяють зменшити негативний вплив дорожнього будівництва на навколишнє середовище.

Висновки до розділу 4

Основні напрями з охорони праці при відновленні інфраструктури ділянки автомобільної дороги потребують розділення на кілька категорій: організаційно-технічні, технічні, медико-профілактичні заходи. Це дало можливість запропонувати конкретні заходи з охорони праці, які необхідно вжити при відновленні інфраструктури ділянки автомобільної дороги.

Встановлено, що відновлення інфраструктури ділянки автомобільної дороги може мати як позитивний, так і негативний вплив на навколишнє середовище. До позитивного впливу віднесені покращення безпеки руху, що призводить до зменшення кількості ДТП, а отже, до зниження забруднення

повітря і шумового забруднення; покращення умов для дорожнього руху. Це може призвести до зменшення пробок і заторів, а отже, до зниження викидів шкідливих речовин в атмосферу; покращення пропускної здатності дороги. Це може призвести до зменшення кількості автомобілів, які використовують альтернативні шляхи, а отже, до зниження забруднення повітря в цих районах.

Важливо, щоб при відновленні інфраструктури ділянки автомобільної дороги були враховані всі можливі негативні впливи на навколишнє середовище.

					051.ДА2226.2024.000	Аркуш
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата		66

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

В роботі використані наукові підходи до встановлення конструкції дорожнього покриття за обсягами й вартістю матеріалів з корегуванням прийнятого рішення за експлуатаційними показниками, що враховують тривалість служби, опір руху транспортним засобам, зносостійкість, шум, вібрацію і в кінцевому підсумку – безпеку руху транспорту.

Аналіз наукових праць є важливим інструментом для розуміння існуючих методів відновлення дорожнього покриття і визначення важливості вчасного обстеження та застосування відповідних заходів. Загальний аналіз розглянутих в роботі наукових праць допомагає визначити найбільш ефективні та вартісні методи реконструкції дорожнього покриття, а також планувати стратегії для збереження та підтримання якості доріг.

При виборі конструкції дорожнього покриття для відновлення автомобільних доріг загального користування необхідно віддавати перевагу варіантному способу, який передбачає обрання оптимальної конструкції на основі врахування різних факторів і дозволяє вибрати найкращий варіант, який відповідає конкретним умовам, бюджету й технічним вимогам.

Враховуючи ступінь руйнування автомобільної дороги як попередній варіант, можуть розглядатися рекомендації, що наведені в «Альбомі типових конструкцій дорожнього одягу» для відновлення автомобільних доріг загального користування та попередньої оцінки завданих збитків від їх руйнування внаслідок збройної агресії Російської Федерації.

Запропоновано варіант відновлення автомобільної дороги з укладанням цементобетонного покриття, який враховує експлуатаційні показники, пов'язані з тривалістю служби, опором руху, зносостійкістю, шумом, вібрацією і в кінцевому підсумку – з безпекою руху транспортних засобів.

Надані рекомендації з відновлення дорожнього покриття в залежності від ступеня руйнування сприятимуть прийняттю ефективних проектних рішень та попередньої оцінки завданих збитків від руйнування або пошкодження автомобільних доріг внаслідок збройної агресії Російської Федерації.

					051.ДА2226.2024.000	Аркуш
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата		67

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. План відновлення України. URL: <https://suspilne.media/257340-plan-vidnovlenna-ukraini-so-prezentuvali-v-lugano/>
2. Національна рада з відновлення України від наслідків війни. Проект Плану відновлення України. Матеріали робочої групи «Відновлення та розбудова інфраструктури» Липень 2022. – 178 с. <https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/recoveryrada/ua/restoration-and-development-of-infrastructure.pdf>
3. Відновлення залізниць : навч. посіб. / А. В. Радкевич, О. П. Северин, М. О. Баб'як [та ін.]. – Дніпро : ДНУЗТ, 2016. – 272 с. <http://eadnurt.diit.edu.ua/jspui/handle/123456789/9576>
4. Матеріали Міжнародної мультидисциплінарної науково-практичної інтернет-конференції молодих дослідників, здобувачів вищої освіти та науковців «Сучасна наука: інновації та перспективи» 6-7 квітня 2023 р., м. Київ. – 452 с.
5. Логістика і транспортна безпека: проблеми та перспективи розвитку в контексті аналізу сучасних викликів, загроз; збірник наукових праць за матеріалами Всеукраїнської наукової конференції, 28 жовтня 2022 р., – УДУНТ, Дніпро. – 179 с.
6. Predictive models for asphalt pavement maintenance and rehabilitation (Journal of Transportation Engineering, Part B: Pavements, 2018), F. Yang та ін., [Електронний ресурс] // режим доступу : <https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/JPEODX.0000113>.
7. Seyedabrishami, S., Nejad, F. M., & Moghadas Nejad, F. (2020). A comprehensive review of pavement maintenance treatments for different types of distresses. International Journal of Pavement Research and Technology, 13(4), 382-402.
8. Sustainable rehabilitation of asphalt pavements using rejuvenators and recycling agents: A review (Construction and Building Materials, 2018) автори S. Zohdy та ін., [Електронний ресурс] // режим доступу: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061817318921>.
9. Assessment of the Effectiveness of Pavement Maintenance Treatments (Transportation Research Record, 2021), [Електронний ресурс] // режим

					051.ДА2226.2024.000	Архив
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата		68

доступу: <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/03611981211007846>.

10. Альбом конструкцій дорожнього одягу. Укравтодор, ДП «ДЕРЖДОРНДІ». Київ, 2022. – 26 с.

11. Амітан В. Н. Логістизація процесів в організаційно–економічних системах / В. Н. Амітан, Р. Р. Ларіна, В. Л. Пілюшенко. Донецьк: ТОВ «Юго–Восток, Лтд», 2013. – 73 с.

12. Транспорт та логістика: сучасні виклики та перспективи розвитку (Transport & Logistics: Current Challenges and Prospects): матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції, м. Одеса, 18 листопада 2021 р. / [під наук ред. Ільченко С. В.] ; НАНУ, МОНУ та ін. – Одеса : ДУ ІРЕЕД НАН України, 2021. – 166 с.

13. Клімова І. Г. Проблеми та передумови використання логістики в Україні / І. Г. Клімова // Держава та регіони. 2016. № 3. - С. 143–147.

14. Маселко Т. Є. Проблеми управління транспортно–логістичними системами України та перспективи розвитку в контексті європейської інтеграції / Т. Є. Маселко, С. Г. Шевченко. Режим доступу: http://www.nbu.gov.ua/portal/chem_biol/nvnltu/17_2/301_Maselko_17_2.pdf

15. Устенко М. О., Івашкевич В. С. Перспективи розвитку транспортно-логістичних систем України / Вісник економіки транспорту і промисловості № 59, 2017. – С. 84-90.

16. Основные проблемы и перспективы развития транспортной логистики в Украине / Вестник Киевского института бизнеса и технологий. 2019. – Том 40 (2). – С. 35-39.

17. Kurhan M., Kurhan D. Problems of providing international railway transport // Matec. – 2018. – Vol. 230. pp. 01007. doi: 10.1051/matecconf/201823001007.

18. Зелена книга. Будівництво та ремонт автомобільних доріг / В. Притоманов, З. Мельник, А. Шляхетко. // Офіс ефективного регулювання BRDO. – К., 2020. – 120 с. <https://regulation.gov.ua/book/138-zelena-kniga-budivnictvo-i-remont-avtomobilnih-dorig>.

19. Research Methods and Solutions to Current Transport Problems: Proceedings

					051.ДА2226.2024.000	Архив
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата		69

of the International Scientific Conference Transport of the 21st Century, 9– 12th of June 2019, Ryn, Poland. Editors: Mirosław Siergiejczyk, Karolina Krzykowska. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-27687-4>.

20. Курган М. Б. Оцінка безпеки руху транспортних засобів на перетині автомобільної дороги й залізниці в одному рівні / М. Б. Курган, Д. М. Курган, М. А. Гусак, М. О. Гаврилов, О. Ф. Лужицький // Наука та прогрес транспорту, 2022, № 2 (98). – С. 45-58. ISSN 2307–3489 (Print), ISSN 2307–6666 (Online).

21. Капітальний ремонт а/д О151101 (Миколаїв–Херсон)–Першотравневе–(Казанка-(Р-47) км 0+000–км 11+000 [Електронний ресурс]. Дата звернення 15.12.2023. <https://youtu.be/Wu6LIUwJKhU?si=EWyxс-Aq1qtzMrpJY>

22. ДБН В.2.3-4:2015 Автомобільні дороги. Частина І. Проектування. Частина ІІ Будівництво [Чинний від 2017-04-01]. Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2015. 104 с.

23. Лобашов О. О. Практикум з дисципліни «Організація дорожнього руху»: навч. посіб. / О. О. Лобашов, О. В. Прасоленко; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х.: ХНАМГ, 2011. – 221 с. ISBN 978-966-695-210-6

24. Gulzar S., Fried A., Preciado J., Castorena C., Underwood S., Habbouche J., Boz I. Towards sustainable roads: A State-of-the-art review on the use of recycling agents in recycled asphalt mixtures, Journal of Cleaner Production. 2023. Vol. 406. P. 136994. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136994>

25. Yao L., Dong Q., Ni F., Jiang J. Effectiveness Evaluation of Asphalt Pavement Maintenance Treatments Based on Equivalent Area Method. Proceedings of GeoShanghai 2018 International Conference: Transportation Geotechnics and Pavement Engineering. 2018. P. 379–388. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-13-0011-0_41

26. Chen D., Hildreth J., Mastin N. Determination of IRI Limits and Thresholds for Flexible Pavements. Journal of Transportation Engineering, Part B: Pavements. 2019. Vol. 145. Iss. 2. P. 04019013. DOI: <https://doi.org/10.1061/JPEODX.0000113>

27. Shaikh S. G., Mahajan D. U., Shaikh M. N. S., Wadekar A. P. Scientific Study of Asphalt Road Surface Distress and their Role in the Design of Flexible

Pavements. International Journal of Engineering Trends and Technology. Vol. 70. Iss. 1. P. 220–232. DOI: <https://doi.org/10.14445/22315381/ijett-v70i1p227>

28. Chu C., Wang L., Xiong H. A review on pavement distress and structural defects detection and quantification technologies using imaging approaches. Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition). 2022. Vol. 9. Iss. 2. P. 135–150. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jtte.2021.04.007>

29. Nikolaienko I., Khara M., Meredova M., Valiyeva S. Research of the theory and practice of multimodal transportation. Логістика і транспортна безпека: проблеми та перспективи розвитку в контексті аналізу сучасних викликів, загроз; збірник наукових праць за матеріалами Всеукраїнської наукової конференції (Дніпро, 28 жовтня 2022 р.). УДУНТ. Дніпро, 2022. С. 49–51.

30. Іванов Р. В., Курган М. Б. Інновації на залізничних переїздах країн ЄС і України. Матеріали Міжнародної мультидисциплінарної науково-практичної інтернет-конференції молодих дослідників, здобувачів вищої освіти та науковців «Сучасна наука: інновації та перспективи» (Київ, 6-7 квітня 2023). К. – С. 58–62.

31. Безуглий А. О., Ілляш С. І., Тимошук О. Ю. Техніко-економічне обґрунтування вибору варіанту конструкцій дорожнього одягу. Дороги і мости. 2015. № 15. С. 27–34.

32. Автомобільні дороги. Дорожній одяг нежорсткий. Проектування. ГБН В.2.3-37641918-559:2019. Київ, Міністерство інфраструктури України. 2019. 63 с.

33. ТК 218-03450778-128:2011 Технологічна карта на влаштування верхнього шару покриття товщиною 5 см із дослідної партії гарячої дрібнозернистої асфальтобетонної суміші з протиожеледними добавками асфальтоукладальником на гусеничному ходу Vögele Super 2100. ДП «Державний дорожній науково-дослідний інститут імені М. П. Шульгіна» (ДП «ДерждорНДІ»), 2011.

34. ТК 37641918/03450778-149:2012 Типова технологічна карта на влаштування основи дорожнього одягу товщиною 18 см з оптимальної піщано-щебеневої суміші, обробленої цементом, асфальтоукладальником на гусеничному ході VÖGELE SUPER 2100. ДП «Державний дорожній науково-дослідний

інститут імені М. П. Шульгіна» (ДП «ДерждорНДІ»), 2012.

35. ТК 37641918/03450778-150:2012 Типовая технологическая карта на устройство нижнего слоя покрытия толщиной 8 см из горячей асфальтобетонной смеси асфальтоукладчиком на гусеничном ходу VOGELE SUPER 2100. ГП «Государственный дорожный научно-исследовательский институт имени М. П. Шульгина» (ГП «ГосдорНИИ»), 2012.

36. Ціни на дорожно-будівельні матеріали згідно даних служб автомобільних доріг в областях за липень 2023 року. URL: <https://prices.dorndi.org.ua/sum/>

37. Улановський В. І. Організація будівельних робіт з відновленням дорожнього одягу в залежності від ступеня руйнування автомобільної дороги : кваліфікаційна робота на ступінь вищої освіти бакалавр. Дніпро, 2023. – 51 с.

38. ДСТУ Б В.2.3-33:2016 Автомобільні дороги. Визначення меж смуг відведення [Чинний від 2017-01-01]. Київ : Мінрегіон України, 2016. – 31 с.

39. Ресурсозбереження та новітні технології в дорожньому будівництві матеріалів : методичні рекомендації до практичних занять / уклад. М. Б. Курган, М. О. Гаврилов М. А. Гусак Н. П. Хмелевська. Укр. держ. ун-т науки і технологій. Дніпро, 2023. – 41 с.

40. Лужицький О.Ф. Відновлення дорожнього покриття залежно від ступеня руйнування автомобільної дороги / О.Ф. Лужицький, М.Б. Курган, М.А. Гусак, В.І. Улановський //Наука та прогрес транспорту, 2023, № 2 (102). doi: <https://doi.org/10.15802/stp2023/290164>

