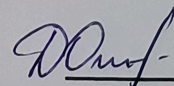


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ НАЗЕМНИХ СПОРУД І АЕРОДРОМІВ
Кафедра інфраструктури авіаційного транспорту

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

 Дубик О.М.

“25” грудня 2023 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)

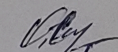
ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬО-КВАЛІФІКАЦІЙНОГО РІВНЯ
“МАГІСТР”

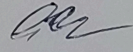
Тема: «Проект капітального ремонту ділянки дороги Мелітополь-Одеса з дослідженням способів підвищення колієстійкості нежорсткого дорожнього одягу»

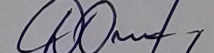
Виконавець: Утвенко Богдан Сергійович

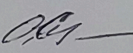
Керівник: Чернишова Оксана Сергіївна

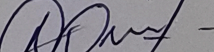
Консультанти з окремих розділів пояснювальної записки:


1. Чернишова О.С. 

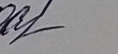
2. Чернишова О.С. 

3. Шігалова І.М. 

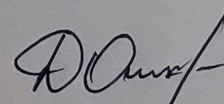
4. Чернишова О.С. 

5. Тарун А.О. 

6. Чернишова О.С. 

7. Чернишова О.С. 

Нормоконтролер: Дубик Олександр Миколайович



Київ 2023

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет наземних споруд і аеродромів

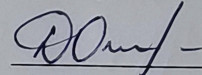
Кафедра інфраструктури авіаційного транспорту

Спеціальність: 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

Освітньо-професійна програма: «Автомобільні дороги і аеродроми»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

 О.М. Дубик

«25» грудня 2023 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання кваліфікаційної роботи

УТВЕНКА БОГДАНА СЕРГІЙОВИЧА

(П.І.Б. випускника)

1. Тема роботи «Проект капітального ремонту ділянки дороги Мелітополь - Одеса з дослідженням способів підвищення колієстійкості нежорсткого дорожнього одягу»

затверджена наказом ректора від « 21 » вересня 2023р. № 1870/ст

2. Термін виконання роботи: з 25.09.2023р. по 31.12.2023р.

3. Вихідні дані роботи: зібрані та опрацьовані під час проходження переддипломної практики дані про ділянку дороги Мелітополь – Одеса, інтенсивність руху, кількість смуг, категорія дороги – II, склад транспортного потоку, тип та стан покриття, наявність штучних споруд, їх тип та стан.

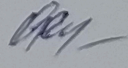
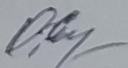

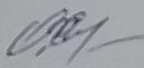
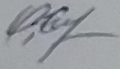
4. Зміст пояснювальної записки:

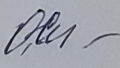
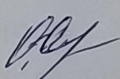
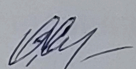
1. Характеристики району проектування та постановка задачі. 2. Вимоги до виконання капітального ремонту, проектування поздовжнього та поперечного профілів. 3. Розрахунок дорожнього одягу. 4. Технологія укладання покриття. 5. Дослідження способів підвищення колієстійкості нежорсткого дорожнього одягу. 6. Охорона праці під час виконання капітального ремонту. 7. Охорона навколишнього середовища під час виконання капітального ремонту.

5. Перелік обов'язкового ілюстративного матеріалу: таблиці, рисунки, діаграми, графіки.


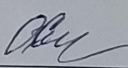
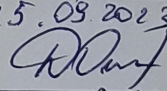
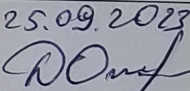
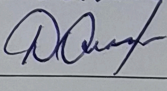
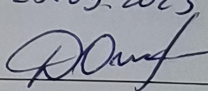
1. Загальні характеристики ділянки. 2. Поздовжній профіль ділянки дороги. 3. Поперечні профілі. 4. Розрахунок дорожнього одягу. 5-6. Технологія укладання покриття. 7-9. Дослідження способів підвищення колієстійкості нежорсткого дорожнього одягу. 10. Охорона праці.

6. Календарний план-графік

№ з/п	Завдання	Термін виконання	Підпис керівника
1.	Характеристики району проектування та постановка задачі	25.09.2023 – 01.10.2023	
2.	Вимоги до виконання капітального ремонту, проектування поздовжнього та поперечного профілів	02.10.2023 – 15.10.2023	
3.	Розрахунок дорожнього одягу	16.10.2023 – 31.10.2023	
4.	Технологія укладання покриття	01.11.2023 – 08.11.2023	
5.	Дослідження способів підвищення колієстійкості нежорсткого дорожнього одягу	09.11.2023 – 19.11.2023	

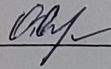
6.	Охорона праці під час виконання капітального ремонту	20.11.2023 – 26.11.2023	
7.	Охорона навколишнього середовища під час виконання капітального ремонту	27.11.2023 – 13.12.2023	
8.	Вступ, реферат, висновки	04.12.2023 – 12.12.2023	

7. Консультація з окремих розділів:

Назва розділу	Консультант (посада, П.І.Б.)	Дата, підпис	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1-5	доц. Чернишова О.С.	25.09.2023 	20.12.23 
6	ст. Мілата Н.М.	25.09.2023 	25.09.2023 
7	ст. Парун А.О.	25.09.2023 	25.09.2023 

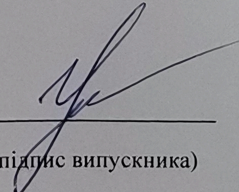
8. Дата видачі завдання: « 25 » вересня 2023 р.

Керівник дипломної роботи:


 (підпис керівника)
Чернишова О.С.

(П.І.Б.)

Завдання прийняв до виконання:


 (підпис випускника)
Утвенко Б.С.

(П.І.Б.)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота: 81 сторінка, 12 рисунків, 11 таблиць, 21 джерело.

Ключові слова: автомобільна дорога, дорожній одяг

Об'єкт дослідження: ділянка автомобільної дороги Мелітополь- Одеса.

Предмет дослідження: капітальний ремонт ділянки дороги Мелітополь-Одеса.

Мета кваліфікаційної роботи: розробити проєкт на капітальний ремонт ділянки дороги Мелітополь-Одеса, а з дослідженням способів підвищення колієстійкості асфальтобетону.

Завдання кваліфікаційної роботи:

- дослідити способи підвищення колієстійкості асфальтобетону при виконанні капітального ремонту ділянки автомобільної дороги Мелітополь-Одеса;
- оцінити поведінку асфальтового бетону в напруженому стані;
- розробити план, поздовжній та поперечні профілі для здійснення капітального ремонту автомобільної дороги Мелітополь-Одеса;
- розробити технологічні схеми для виконання капітального ремонту дороги;
- розробити заходи з охорони праці та охорони навколишнього середовища.

Методи дослідження: методи комп'ютерного моделювання, метод дедукції, індуктивний метод, методи аналізу та синтезу.

ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНУ ПРОЄКТУВАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ.....	11
1.1. Коротка характеристика існуючої дороги.....	11
1.2. Клімат.....	11
1.3. Рельєф та рослинність.....	12
1.4. Інженерно-геологічна будова та гідрогеологічні умови.....	12
РОЗДІЛ 2. ВИМОГИ ДО ВИКОНАННЯ КАПІТАЛЬНОГО РЕМОНТУ. ПРОЄКТУВАННЯ ПОЗДОВЖНЬОГО ТА ПОПЕРЕЧНИХ ПРОФІЛІВ.....	14
2.1. План ділянки дороги.....	14
2.2. Розрахунок мінімального радіуса кривої в плані.....	15
2.3. Визначення довжини відгону віражу та перехідної кривої	16
2.4. Технічні нормативи на проектування капітального ремонту дороги.....	18
2.5. Проектування поздовжнього профілю ділянки дороги при капітальному ремонті.....	19
РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНОК ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ.....	22
3.1. Загальні відомості.....	22
3.2. Вихідні дані.....	23
3.3. Розрахунок дорожнього одягу.....	23
3.3.1. Вихідні дані.....	23
3.3.2. Конструювання та розрахунок дорожнього одягу.....	23
3.3.3. Розрахунок за допустимим пружним прогином.....	26
3.3.4. Розрахунок за зсувом у підстиляючому ґрунті.....	28
3.4. Розрахунок дорожнього одягу на морозостійкість.....	29
РОЗДІЛ 4. ТЕХНОЛОГІЯ УКЛАДАННЯ ПОКРИТТЯ.....	31
4.1. Перелік робіт при виконанні капітального ремонту дороги.....	35

4.2.	Підготування сумішей із ЩМА.....	39	
4.3.	Укладання і ущільнення щебенево-мастикових асфальтобетонних сумішей (ЩМАС).....	42	
РОЗДІЛ 5. ДОСЛІДЖЕННЯ СПОСОБІВ ПІДВИЩЕННЯ КОЛІЄСТІЙКОСТІ НЕЖОРСТКОГО ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ.....			44
5.1.	Поняття про геометричну складову автомобільних доріг.....	44	
5.2.	Загальна характеристика сучасних матеріалів для ремонту та утримання автомобільних доріг.....	49	
5.3.	Підвищення колієстійкості нежорсткого дорожнього одягу з використанням сірчаного модифікатора.....	51	
5.3.1.	Причини та передумови застосування сірки в якості модифікатора.....	51	
5.3.2.	Причини, які не дозволяють розвивати технологію сірчаного асфальтобетону.....	52	
5.3.3.	Проектування сіркоасфальтобетону.....	52	
5.3.4.	Оцінка стійкості асфальтобетону до колієутворення.....	54	
5.3.5.	Економічний ефект від застосування сірчаного модифікатора.....	57	
5.3.6.	Висновки за пунктом 5.3.....	58	
РОЗДІЛ 6 ОХОРОНА ПРАЦІ ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ КАПІТАЛЬНОГО РЕМОНТУ.....			59
РОЗДІЛ 7 ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ КАПІТАЛЬНОГО РЕМОНТУ.....			68
7.1.	Оцінка впливу автомобільної дороги на навколишнє середовище.....	68	
7.2.	Джерела впливу автомобільної дороги на навколишнє природне середовище.....	71	
7.3.	Заходи щодо мінімізації негативного впливу на стан навколишнього середовища.....	73	
7.4.	Озеленення автомобільної дороги	74	
7.5.	Висновки	76	

ВИСНОВКИ.....	78
ЛІТЕРАТУРА.....	80

ВСТУП

Всі зростаючі темпи автомобілізації країни і розроблена Кабінетом Міністрів України Державна програма розвитку дорожнього господарства поставили перед дорожниками вельми актуальну задачу прискореного розвитку мережі автомобільних доріг. За останні роки значно збільшився обсяг будівництва під'їзних доріг. У сучасних умовах, коли висока інтенсивність руху на автомобільних дорогах загального користування у різних рівнях спостерігається протягом великих періодів доби, проєктні рішення по будівництву повинні забезпечувати не тільки зручність і безпеку руху одиночних автомобілів, але і високу економічну швидкість руху транспортних потоків по всіх напрямку запроєктованого споруди на коротко- середньо-і довгострокову перспективу [5]. Тому проблема комплексної оцінки варіантів проєктних рішень при капітальному ремонті автомобільної дороги Мелітополь-Одеса і їх проектування по умовам руху транспортних потоків є досить актуальною.

Наукова новизна роботи полягає в наступному:

- вивчена та сформульована проблема підвищення експлуатаційних якостей асфальтобетонних покриттів автомобільної дороги з дослідженням способів підвищення колієстійкості асфальтобетонних покриттів. Показано, що вирішення питань забезпечення необхідного рівня експлуатаційних якостей асфальтобетонних покриттів, таких як рівність, суцільність, комфортність та безпека руху пов'язано з умовами використання асфальтового бетону в конструкції дорожнього одягу.

- виявлені причини і характер передчасних руйнувань асфальтобетонних покриттів автомобільних доріг. Встановлені критичні періоди утворення дефектів різного характеру та динаміка їхнього розвитку. Показано, що на даному етапі досліджень підвищення стійкості асфальтобетонних покриттів до утворення колій повинно вирішуватися на стадії проектування дорожніх одягів, а усунення деформацій пластичного характеру в шарах зносу – на стадії

проектування складів сумішей та уточнення вимог до складових вихідних матеріалів .

Практична цінність роботи складається в розробці науково-обґрунтованих методів оцінки проектних рішень при капітальному ремонті ділянки автомобільної дороги Мелітополь-Одеса за умовами руху потоків автомобілів.

Кваліфікаційна складається із двох основних частин – перша частина присвячена науковому рішенню стану проблеми, у якій поставлена мета й завдання дослідження.

Друга частина включає в себе практичні розрахунки споруд, конструкцій, елементів доріг, розробка техніко-економічного обґрунтування, технологічних схем виконання робіт, підрозділ з охорони праці, організації дорожнього руху, охорони навколишнього середовища, які направлені на вирішення конкретної задачі пов'язаної з проектуванням, будівництвом або експлуатацією автомобільних доріг на основі запропонованих наукових розробок.

Сутність кваліфікаційної роботи полягає в удосконалюванні прийнятих проектних рішень, яка проявляється через аналіз транспортно-експлуатаційних якостей автомобільної дороги загального користування на основі обліку закономірностей руху потоків автомобілів.

РОЗДІЛ 1

ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНУ ПРОЄКТУВАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

1.1. Коротка характеристика існуючої дороги

Існуюча дорога на ділянці, що підлягає реконструкції проходить між населеними пунктами Мелітополь-Одеса. Ділянка дороги в плані має:

В межах ділянки рухаються великі транспортні потоки з низькою швидкістю, що приводить до забруднення навколишнього середовища, створюються несприятливі умови для водіїв.

Існуючий дорожній одяг капітального типу має: покриття із асфальтобетону товщиною 6 см на основі із щебеню товщиною 23 см з просоченням на 6 см та нижньому шарі основи із жорстви товщиною 15 см.

Довжина проєктної ділянки складає 5,400 км.

Основні техніко – економічні показники плану траси:

- загальна довжина – 5,400 км;
- кількість кутів – 2;
- мінімальний радіус заокруглення – 1000 м,

Всі параметри дороги в плані відповідають вимогам ДБН В.2.3.4 – 2015 «Автомобільні дороги» [1].

1.2. Клімат

За погодно-кліматичними факторами, ґрунтово-гідрологічними умовами зволоження ділянка автомобільної дороги, що проєктується, знаходиться в межах центральної дорожньо-кліматичної зони (У-ІІ за ДБН В.2.3.4 [1]), (рис 1.1).

Клімат району помірно-континентальний. Зима нехолодна, з частими відлигами. Середня температура січня $-5,8^{\circ}\text{C}$, абсолютний мінімум -37°C . Літо тепле. Середня температура липня $+20^{\circ}\text{C}$, абсолютний максимум $+38^{\circ}\text{C}$. Тривалість періоду з середньодобовою температурою повітря меншою або

рівною 0°C складає 106 діб. Середньорічна температура повітря становить $+7,2^{\circ}\text{C}$.

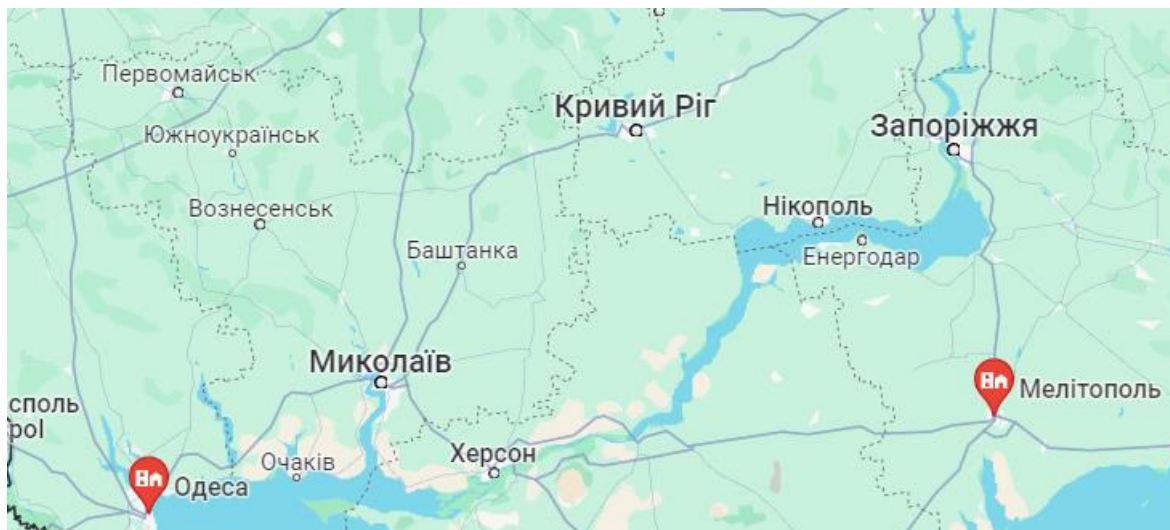


Рис.1.1. Ділянка автомобільної дороги Мелітополь-Одеса

Середньорічна кількість опадів 590 мм, з яких 507 мм рідкі та змішані. Максимум опадів припадає на червень – липень. Сніговий покрив лежить протягом 85 днів. Середня висота снігового покриву складає 20 см, максимальна – 35 см. Глибина сезонного промерзання ґрунтів становить 0,9 м максимальна - 1,25 м.

Домінуючий напрямок вітру – північно-західний і західний. Середня швидкість вітру в січні становить 5,8 м/с, в липні 3,8 м/с. Кількість днів у рік з ожеледицею – 10, з туманами – 60, хуртовиною -10, поземком – 5, градом – 6, грозою – 25.

1.3. Рельєф та рослинність

Відмітки поверхні землі коливаються від 0 до 50,0 м .

Траса автомобільної дороги перетинає належить до басейну річки Південний Буг.

1.4 Інженерно-геологічна будова та гідрогеологічні умови

На інженерно-геологічні умови ділянки автомобільної дороги, що проектується, впливають ерозійні, зсувні та просідні процеси; на ділянці заплави річки розповсюджені процеси заболочення.

Ерозійні процеси розвинуті на ділянках, що прилягають до річкової долини. Ерозія - площинна сильного прояву та балочна слабого прояву.

Зсуви приурочені до червоно-бурих й строкатокольорних глин, поверхневі - до лесових порід. Деформації, що захоплюють корінні породи, утворюються головним чином внаслідок надлишкового насичення порід підземними й поверхневими водами та ерозійним розмивом схилів, у лесовому покриві - у результаті перезволоження атмосферними опадами.

Просідні явища пов'язані з породами лесового комплексу. На ділянці прокладання траси, розповсюджені ґрунти I типу по просадочності.

Детально інженерно-геологічні умови заплави річки наведені в паспорті.

На даній ділянці траса автомобільної дороги проходить насипом, висотою від 4,9 м до 14,0 м.

На ділянках насипу з висотою до 6,0 м в основі пропонується вкласти один шар двохвісної решітки та засипати його ущільненим шаром гранвідсіву, товщиною 0,5 м.

На ділянках, де висота насипу більше 6,0 м, пропонується в основі збудувати геоматрас з використанням одно- та двохвісної решітки, висотою 1,0 м із засипкою його відсівом щебеню з місцевих кар'єрів.

При висоті насипу до 6,0 м рекомендується закладати укіс 1:2; при висоті насипу більше 6,0 м нижня частина насипу до висоти 6,0 м закладається з укосом 1:2, вище - з укосом 1:1,75.

В основі насипу через 100 м необхідно закладати марки для спостереження за осіданням під час будівництва.

РОЗДІЛ 2

ВИМОГИ ДО ВИКОНАННЯ КАПІТАЛЬНОГО РЕМОНТУ, ПРОЄКТУВАННЯ ПОЗДОВЖНЬОГО ТА ПОПЕРЕЧНИХ ПРОФІЛІВ

2.1. План ділянки дороги

Початок траси ділянки дороги, що підлягає капітальному ремонту, відповідає експлуатаційному кілометру ПК 19+00. Загальна довжина ділянки дороги км - 1,6 км. План ділянки дороги, що підлягає капітальному ремонту, наведений на рис. 2.1.

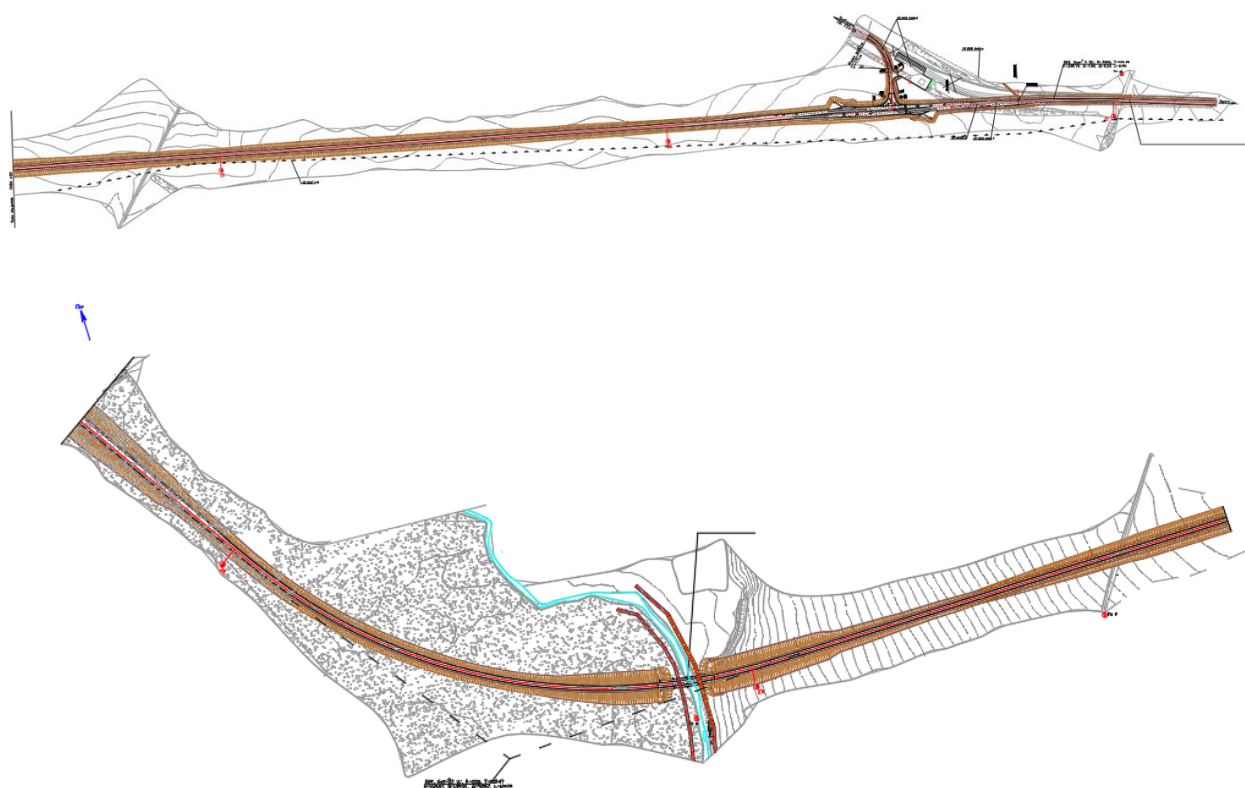


Рис. 2.1. План траси існуючої ділянки дороги, що підлягає капітальному ремонту (ділянка дорога Мелітополь-Одеса)

На ділянці ПК 19+0.00 - ПК 35+0.00 існуюча дорога має по дві смуги руху в кожен сторону і за проєктними рішеннями передбачається добудова перехідно-швидкісних смуг з обох боків.

По трасі 2 кути повороту з радіусами колової кривої 3100 м, 1625 м. На кривій з радіусом 3100 м не влаштовується віраж.

Враховуючи високу інтенсивність руху і незадовільний стан покриття передбачено його підсилення.

В існуючій смузі відведення дороги розміщені кабелі зв'язку, силові кабелі, водопровід, каналізація.

Основні параметри даної дороги відповідно до ДБН В.2.3-4:2015 «Автомобільні дороги. Частина 1. Проектування. Частина 2. Будівництво» [1] наведені в таблиці 2.1.

2.2. Розрахунок мінімального радіуса кривої в плані

Мінімальний радіус кривої в плані визначається за формулою:

$$R = \frac{V^2}{g(\mu \pm i_n)}, \quad (2.1)$$

V - Розрахункова швидкість руху автомобіля для II категорії дороги, 33,3 м/с;

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$ - прискорення вільного падіння;

μ – коефіцієнт поперечної сили, обираємо $\mu = 0,15$ для забезпечення зручності поїздки;

i_n – поперечний похил віражу $i_n = 20\%$ (знак "+" приймають при влаштуванні віражу).

Мінімальний радіус кривої в плані при влаштуванні віражу:

$$R = \frac{33,3^2}{9,81(0,15 + 0,02)} = \frac{33,3^2}{1,864} = 665 \text{ м} \quad (2.2)$$

Мінімальний радіус кривої в плані без влаштуванні віражу:

$$R = \frac{33,3^2}{9,81(0,15 - 0,02)} = \frac{33,3^2}{1,275} = 870 \text{ м} \quad (2.3)$$

2.3. Визначення довжини відгону віражу і перехідної кривої

Для підвищення стійкості автомобіля та утворення впевненості управління на кривих влаштовують віражі з похилом проїзної частини, а також узбіччя до центра кривої.

Перехід від двосхилого поперечного профілю проїзної частини на прямолінійній ділянці до односкатного виконують плавно в межах ділянки, яку називають відгоном віражу.

Таблиця 2.1

Основні параметри дороги

Найменування елементів	Од. вим.	Параметри дороги	Примітки
1	2	3	4
Розрахункова швидкість	км/год.	90	ДБН В 2.3-4 [1]
Кількість смуг руху	шт.	2	ДБН В 2.3-4 [1]
Ширина смуги руху	м	3,75	ДБН В 2.3-4 [1]
Ширина проїзної частини	м	7,5	ДБН В 2.3-4 [1]
Ширина узбіч	м	3,75	ДБН В 2.3-4 [1]
Ширина укріпленої смуги узбіч	м	0,50	ДБН В 2.3-4 [1]
Найбільший поздовжній похил	‰	60	ДБН В 2.3-4 [1]
Найменша відстань видимості:			
для зупинки	м	175	ДБН В 2.3-4 [1]
зустрічного автомобіля	м	320	ДБН В 2.3-4 [1]
Найменші радіуси кривих:			
в плані	м	450	ДБН В 2.3-4 [1]
в поздовжньому профілі:			
випуклих	м	9000	ДБН В 2.3-4 [1]
увігнутих	м	2100	ДБН В 2.3-4 [1]

Довжина відгону віражу

$$L_{\text{відг}} = \frac{B \cdot i_{\text{в}}}{i_{\text{д}}} \quad (2.4)$$

$$L_{\text{відг}} = \frac{7,5 \cdot 0,02}{0,005} = 30 \text{ м} \quad (2.5)$$

B - ширина проїзної частини, м;

$i_{\text{в}}$ - похил віражу;

$i_{\text{д}}$ - додатковий поздовжній похил зовнішньої кромки проїзної частини $i_{\text{д}}$ відносно до поздовжнього похилу на ділянках відгону віражу, $i_{\text{д}}$ згідно [1] для категорій I - II на рівнинній місцевості - 5‰.

Довжина відгону віражу не повинна бути надто короткою, оскільки в цьому разі під час руху автомобіля з великою швидкістю по змінному поперечному профілю дороги виникає неприємне бічне розкачування автомобіля.

При використанні перехідних кривих відгін віражу влаштовують по всій довжині перехідної кривої. Довжина перехідної кривої визначається за формулою:

$$L = \frac{V^3}{RJ} \quad (2.6)$$

$$L = \frac{33,3^3}{1300 \cdot 0,5} = 57 \text{ м} \quad (2.7)$$

R - радіус кругової кривої, м;

J - міра наростання відцентрового прискорення.

Капітальний ремонт ділянки дороги здійснюється в межах існуючої смуги постійного водовідведення.

В смугі відведення проходять кабелі, електрокабелі, водопропускні труби та інші інженерні комунікації.

2.4. Технічні нормативи для проєктування капітального ремонту дороги

На основі техніко-економічних розрахунків про перспективну завантаженість дороги, аналізу її пропускної здатності встановлено, що для дороги доцільно виконувати капітальний ремонт за нормами II категорії, відповідно до ДБН В.2.3 – 4:2015 [1], прийнявши при цьому технічні нормативи, які наведені в таблиці 2.1.

Для двох кутів повороту визначаємо параметри горизонтальної кривої в плані за формулами 2.8 – 2.11:

$$T = R \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \quad (2.8)$$

$$K = \pi \cdot R \cdot \frac{\alpha}{180} \quad (2.9)$$

$$B = R(\sec \frac{\alpha}{2} - 1) \quad (2.10)$$

$$D = 2T - K \quad (2.11)$$

Для першого повороту ($\alpha = 1^{\circ}16'$; $R = 3100$ м):

$$T = 3100 \cdot \operatorname{tg} \frac{1^{\circ}16'}{2} = 34,17 \text{ м.} \quad (2.12)$$

$$K = 3,14 \cdot 3100 \cdot \frac{1^{\circ}16'}{180} = 68,49 \text{ м} \quad (2.13)$$

$$B = 3100(\sec \frac{1^{\circ}16'}{2} - 1) = 0,19 \text{ м.} \quad (2.14)$$

$$D = 2 \cdot 34,17 - 68,49 = 0 \quad (2.15)$$

Для другого повороту ($\alpha = 23^{\circ}31'$; $R = 1625$ м):

$$T = 1625 \cdot \operatorname{tg} \frac{23^{\circ}31'}{2} = 388,52 \text{ м.} \quad (2.16)$$

$$K = 3,14 \cdot 1625 \cdot \frac{23^{\circ}31'}{180} = 556,85 \text{ м}$$

(2.17)

$$B = 1625(\sec \frac{23^{\circ}31'}{2} - 1) = 35,15 \text{ м.} \quad (2.18)$$

2.5. Проектування поздовжнього профілю ділянки дороги при капітальному ремонті

Розріз вертикальної проекції траси, що розгорнута в площині креслення, називається поздовжнім профілем траси. При кресленні поздовжнього профілю використовуються наступні вихідні дані:

- журнал кутової зйомки прокладання траси на місцевості;
- пікетажний журнал;
- журнал поздовжнього нівелювання.

Побудову поздовжнього профілю ділянки автомобільної дороги Мелітополь-Одеса починаємо з нанесення лінії поверхні землі по осі дороги.

Потім наносимо розгорнутий план траси, а також фактичні дані, які включають в себе фактичні відмітки, ухили і відстані.

Також на поздовжній профіль наносимо інженерно-геологічний розріз у масштабі 1:100.

Найменування і типи ґрунтів наведені у таблиці 2.2.

По всій довжині проектної ділянки дороги не спостерігалось факторів, які несприятливо впливають на стійкість і міцність земляного полотна. Майже вся ділянка дороги, що підлягає капітальному ремонту, у поздовжньому профілі складається із випуклих чи увігнутих вертикальних кривих.

Таблиця 2.2

**Найменування типів ґрунтів під ділянкою дороги, що підлягає
капітальному ремонту**

Номер ґрунту	Групи ґрунтів	Найменування ґрунту
1	9б	Ґрунтово-рослинний шар з корінням рослин
2	35б 35в	Насипний ґрунт: суглинок легкий пілуватий, твердий, напівтвердий, з прошарками тугопластичного до гл. гл. 0.5м включення щебеню 20-40%
3а	36б	Супісок пілуватий, лесовидний, просідний, твердий
4а	35в	Суглинок легкий пілуватий, лесовидний, просідний, твердий
4б	35в	Суглинок легкий пілуватий, лесовидний, просідний, напівтвердий
5б	36а	Супісок пілуватий, пластичний
6а	35в	Суглинок легкий пілуватий, твердий
6б	35в	Суглинок легкий пілуватий, напівтвердий
6в	36б	Суглинок легкий пілуватий, тугопластичний
6г	35а	Суглинок легкий пілуватий, м'якопластичний
9	37а	Торф піщанистий, стійкої консистенції, з прошарками супіску, пластичного до 20%
10б	36а	Супісок пілуватий, пластичний, з домішками органічних речовин
11б	36а	Супісок пілуватий, пластичний
11в	36а	Супісок пілуватий, текучий

126	29а	Пісок пилюватий, середньої щільності
12в	29а	Пісок пилюватий, щільний
136	29а	Пісок мілкий, середньої щільності
13в	29а	Пісок мілкий, щільний
146	29а	Пісок середньої крупності, середньої щільності
14в	29а	Пісок середньої крупності, щільний

Поздовжній профіль ділянки дороги, що підлягає капітальному ремонту, складається із шістьох вертикальних кривих (див. рис. 2.2)

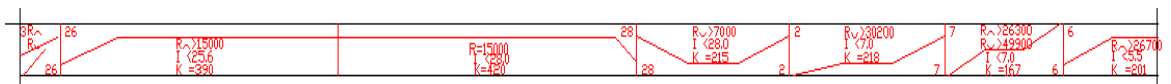


Рис. 2.2. Вертикальні криві на ділянці дороги Мелітополь-Одеса, що підлягає капітальному ремонту

Поздовжні ухили ділянки дороги коливаються в межах від 0.002 до 0.028. Це цілком задовольняє нормативні вимоги ДБН В 2.3-4-2015[1] для II категорії дороги. Поздовжній профіль ділянки дороги, що підлягає капітальному ремонту з підсиленням дорожнього одягу, наведений на рис. 2.3.

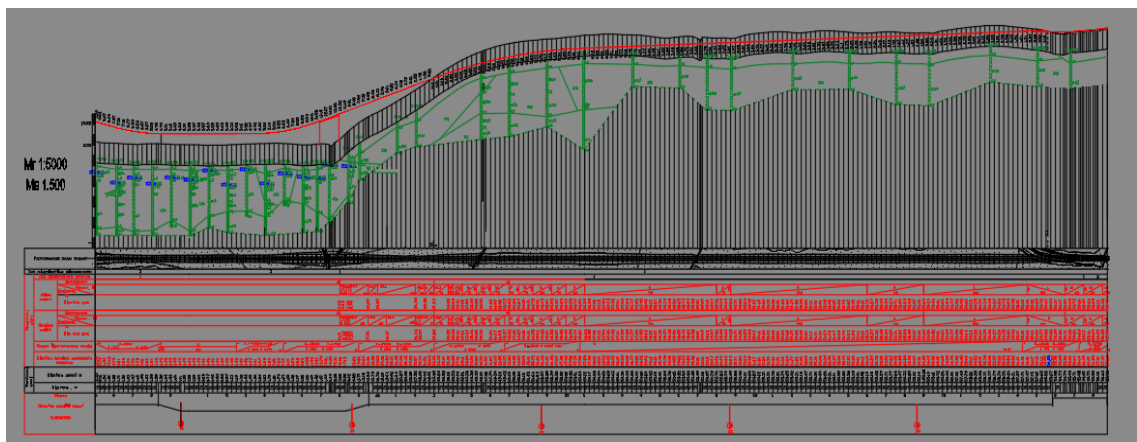


Рис. 2.3 Поздовжній профіль ділянки дороги Мелітополь-Одеса, що підлягає капітальному ремонту

РОЗДІЛ 3

РОЗРАХУНОК ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ

3.1. Загальні відомості

Конструкцію дорожнього одягу та матеріал покриття згідно з ГБН В.2.3-37641918-559:2019 [2] призначається виходячи з транспортно-експлуатаційних вимог, інтенсивності руху та складу автотранспортних засобів в його потоці, кліматичних ґрунтово-геологічних умов, санітарно-гігієнічних вимог, вимог безпеки та комфортності руху, забезпеченості місцевими будівельними матеріалами.

Покриття сплановано стабільно міцним, рівним, шорстким, та протистоїть накопиченню пластичних деформацій влітку, зберігає суцільність при прогині навесні і восени та при розтягуванні від охолодження в зимовий період. Для тривалого збереження шорсткості матеріал покриття стійкий до стирання.

Основа забезпечує зменшення прогину покриття від дії зовнішнього навантаження, а також має достатню жорсткість, щоб зменшувати напруження в додатковій основі та в ґрунті земляного полотна до допустимих значень.

Додаткова основа сприяє зменшенню прогину та напружень від транспортних засобів у покритті, основі і земляному полотні, а також виконує такі функції:

- відведення води з верхньої частини земляного полотна (при погано фільтруючому ґрунті) і з основи дорожнього одягу (дренажний шар та гідроізоляційний шар);
- зменшення товщини промерзаючого шару ґрунту (морозозахисний шар);
- зменшення глибини промерзання земляного полотна (теплоізоляційний шар);
- виключення взаємного проникання зернистого матеріалу основи і ґрунту земляного полотна (розділюючий шар);
- забезпечення проїзду автомобілів і будівельної техніки під час

будівництва дорожнього одягу (технологічний шар).

Один шар додаткової основи може виконувати декілька функцій.

Загальна товщина дорожнього одягу і товщина окремих шарів забезпечує міцність та морозостійкість усєї конструкції.

3.2 Вихідні дані

За погодно-кліматичними факторами, ґрунтово-гідрогеологічними умовами зволоження, ділянка автомобільної дороги, що проектується, знаходиться в межах центральної дорожньо-кліматичної зони (У-ІІ. ДБН В.2.3-4:2015 [1]).

3.3 Розрахунок дорожнього одягу

3.3.1 Вихідні дані

Дорожньо-кліматична зона – ІІ;

Технічна категорія дороги – ІІ;

Перспективна інтенсивність руху 3715 авт/добу, на одну смугу – $3715 \cdot 0,7 = 2600$ авт/добу.

Середній склад транспортного потоку по типам автомобілів: легкові – 46%, вантажні: ГАЗ-66-01 – 8%; ГАЗ-53А, ГАЗ-93А, ЗИЛ-130, ЗИЛ-555 – 15%; МАЗ-200, МАЗ-500А, КамАЗ-5320, КамАЗ-5410 – 18%; автобуси: ЛАЗ-697Н; ЛАЗ-672; ЛАЗ-699Н – 13%.

Ґрунт земляного полотна – суглинок важкий пилуватий, суглинок з домішками органічних речовин, глина пилувата напівтверда;

Місцеві будівельні матеріали – пісок крупний середньої щільності;

Рівень залягання ґрунтових вод – 1,0-2,0 м;

Розрахунковий автомобіль – група А;

3.3.2 Конструювання та розрахунок дорожнього одягу

Інтенсивність руху по маркам автомобілів, авт/добу:

ГАЗ-66-01 – $2600 \cdot 0,08 = 208$;

ГАЗ-53А – $2600 \cdot 0,10 = 260$;

ЗИЛ-130 – $2600 \cdot 0,05 = 130$;

МАЗ-500А	– 2600·0,08=208;
КамАЗ-5320	– 2600·0,04=104;
КамАЗ-5410	– 2600·0,06=156;
<u>ЛАЗ-699Н</u>	<u>– 2600·0,13=338</u>
Всього – 1404	

Користуючись [1, 2], встановлюю найбільше статичне навантаження на одиничну вісь кожної марки автомобіля. За отриманими даними знаходимо коефіцієнти приведення до розрахункового автомобіля групи А (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Коефіцієнти приведення до розрахункового автомобіля

Марка автомобіля	Коефіцієнт приведення	К-сть розрахункових автомобілей
ГАЗ-66-01	0,01	208·0,01=2,08
ГАЗ-53А	0,08	260·0,08=20,8
ЗИЛ-130	0,20	130·0,20=26
МАЗ-500А	1,04	208·1,04=216,32
КамАЗ-5320	0,27	104·0,27=28,08
КамАЗ-5410	0,27	156·0,27=42,12
ЛАЗ-699Н	0,4	338·0,4=135,2

Розрахункова приведена інтенсивність руху складає $N_p = 471$ авт/добу.

Відповідно до [2] визначається потрібний модуль пружності: $E_{номр} = 240$ МПа.

Виходячи з експлуатаційних вимог, наявності та вартості окремих матеріалів, умов їх транспортування, а також наявності техніки, призначаємо конструкцію дорожнього одягу (таблиця 3.2).

Потрібний коефіцієнт міцності дорожнього одягу, що проектується, відповідає рівню надійності: $K_H = 0,90$, $K_{зсв} = 0,94$.

Нормативна вологість за [2] становить: $\bar{W} = 0,65W_T$, розрахункова вологість складає:

$$W_p = \bar{W}(1 + tv_m) \quad (3.1)$$

де \bar{W} – середня багатолітня вологість гранта в межах активної зони, доли від W_T (межа текучості);

$v_m = \frac{\sigma_w}{\bar{W}}$ – коефіцієнт варіації. σ_w – середньоквадратичне відхилення відносно середнього значення вологості ґрунту, отримане за даними багаторічних (більше 12 років) спостережень;

t – коефіцієнт нормованого відхилення, що приймається залежно від заданого рівня проєктної надійності [2].

Таблиця 3.2

Конструкція дорожнього одягу

№ п/п	Матеріал	Розрахунок		
		E, МПа	T, МПа	R, МПа
1	щебенево-мастичний асфальтобетон (ЩМА-15) з модифікатором та ПАР товщиною 4 см;	3200	700	4500
2	гарячий щільний крупнозернистий асфальтобетон I марки типу Б з ПАР товщиною 7 см;	3200	700	4500
3	гарячий пористий крупнозернистий асфальтобетон марки I товщиною 7 см;	2000	550	2800
4	щебенево-піщана суміш С-5 оброблена цементом 4% марки 40 товщиною 14 см;	400	400	400
5	щебенево - піщана суміш С-5 товщиною 17 см;	350	350	350
6	відвальний доменний шлаковий щебінь, товщину потрібно визначити.	200		

$$W_p = 0,67(1 + 1,32 \cdot 0,09)W_T = 0,75W_T$$

При розрахунковій вологості $0,73 W_T$ знаходимо нормативне та розрахункове значення динамічного модуля пружності:

$$E_{GP} = \bar{E}_{GP}(1 - tv_E) \quad (3.2)$$

де \bar{E}_{GP} – середнє багаторічне значення модуля пружності ґрунту [2];

v_E – коефіцієнт варіації модуля пружності ґрунту [2].

$$E_{GP} = 34(1 - 1,32 \cdot 0,07) = 30,86 \text{ МПа}$$

Відповідно до [2] кут внутрішнього тертя $\varphi_{GP} = 13^\circ$, зчеплення $\bar{C}_{GP} = 0,017$ МПа.

Розрахункову величину зчеплення визначаю за формулою:

$$C_{GP} = \bar{C}_{GP}(1 - tv_{C_{GP}}) \quad (3.3)$$

де \bar{C}_{GP} – середнє багаторічне значення питомого зчеплення ґрунту;

$v_{C_{GP}}$ – коефіцієнт варіації зчеплення ґрунту, що приймається рівним 0,15.

$$C_{GP} = 0,017(1 - 1,32 \cdot 0,15) = 0,014 \text{ МПа.}$$

3.3.3. Розрахунок за допустимим пружним прогином

1) еквівалентний модуль пружності в основі шару щербенево-мастичного асфальтобетону (ЩМА-15) з модифікатором та ПАР:

$$E_{заг} = E_{номр} K_{GP} = 240 \cdot 0,94 = 225,6 \text{ МПа}; \quad (3.4)$$

$$\frac{E_{заг}}{E_1} = \frac{225,6}{3200} = 0,09; \quad \frac{h_1}{D_D} = \frac{4}{37} = 0,11; \quad (3.5)$$

Відповідно до [2]) знаходимо:

$$\frac{E'_{заг}}{E_1} = 0,085, \text{ звідси } E'_{заг} = 3400 \cdot 0,085 = 289 \text{ МПа};$$

2) еквівалентний модуль пружності в основі шару гарячого щільного крупнозернистого асфальтобетону І марки типу Б з ПАР:

$$\frac{E'_{заг}}{E_2} = \frac{289}{3200} = 0,085; \quad \frac{h_2}{D_D} = \frac{7}{37} = 0,19;$$

Відповідно до [2]) знаходимо:

$$\frac{E''_{заг}}{E_2} = 0,06, \text{ звідси } E''_{заг} = 3400 \cdot 0,06 = 208 \text{ МПа};$$

3) еквівалентний модуль пружності в основі шару гарячого пористого крупнозернистого асфальтобетону марки І:

$$\frac{E''_{заг}}{E_3} = \frac{208}{2000} = 0,08; \quad \frac{h_3}{D_{д}} = \frac{7}{37} = 0,19;$$

Відповідно до [2]) знаходимо:

$$\frac{E'''_{заг}}{E_3} = 0,05, \text{ звідси } E'''_{заг} = 2600 \cdot 0,05 = 132 \text{ МПа};$$

4) еквівалентний модуль пружності в основі шару щебенево-піщаної суміші С-5 обробленої цементом 4% марки 40:

$$\frac{E'''_{заг}}{E_4} = \frac{132}{400} = 0,33; \quad \frac{h_4}{D_{д}} = \frac{14}{37} = 0,38;$$

Відповідно до [2]) знаходимо:

$$\frac{E''''_{заг}}{E_4} = 0,245, \text{ звідси } E''''_{заг} = 400 \cdot 0,245 = 98 \text{ МПа};$$

5) еквівалентний модуль пружності в основі шару щебенево-піщаної суміші С-5:

$$\frac{E''''_{заг}}{E_5} = \frac{98}{350} = 0,28; \quad \frac{h_5}{D_{д}} = \frac{17}{37} = 0,46;$$

Відповідно до [2]) знаходимо:

$$\frac{E''''''_{заг}}{E_5} = 0,165, \text{ звідси } E''''''_{заг} = 350 \cdot 0,165 = 58 \text{ МПа};$$

6) встановлюю товщину шару із відвального доменного шлакового щебеню:

$$\frac{E''''''_{заг}}{E_5} = \frac{58}{200} = 0,29; \quad \frac{E_{ГР}}{E_6} = \frac{30,86}{200} = 0,154$$

Відповідно до [2]) знаходимо:

$$\frac{h_6}{D_{д}} = 0,48, \text{ звідси } h_6 = 37 \cdot 0,48 = 18 \text{ см.}$$

Загальна товщина дорожнього покриття складає:

$$h_{д.о.} = 4 + 7 + 7 + 14 + 17 + 18 = 67 \text{ см.}$$

Результати розрахунків наведено в табл. 3.3.

3.3.4. Розрахунок по зсуву в підстиляючому ґрунті

1) середній модуль в підстиляючому ґрунті:

$$E_{CP} = \frac{3200 \cdot 4 + 3200 \cdot 7 + 2000 \cdot 7 + 400 \cdot 14 + 350 \cdot 17 + 200 \cdot 18}{4 + 7 + 7 + 14 + 17 + 18} = 960,45 \text{ МПа};$$

2) знаходимо відношення:

$$\frac{E_{CP}}{E_{ГР}} = \frac{960,45}{30,86} = 31,12, \quad \frac{h_{д.о.}}{D_{д}} = \frac{67}{37} = 1,81 \quad (3.6)$$

Таблиця 3.3

Результати розрахунків дорожніх одягів

Шар	Матеріал шару	Е, МПа	h, см	$\frac{h}{D_{д}}$	$E_{заг}$, МПа
Перший	щебенево-мастиківий асфальтобетон (ЩМА-15) з модифікатором та ПАР	3200	4	0,11	289
Другий	гарячий щільний крупнозернистий асфальтобетон I марки типу Б з ПАР	3200	7	0,19	208
Третій	гарячий пористий крупнозернистий асфальтобетон марки I	2000	7	0,19	132
Четвертий	щебенево-піщана суміш С-5 оброблена цементом 4% марки 40	400	14	0,38	98
П'ятий	щебенево - піщана суміш С-5	350	17	0,46	58
Шостий	відвальний доменний шлаковий щебінь	200	18	0,48	

3) для цих відношень та $\varphi_{ГР} = 13^\circ$ відповідно до [2] знаходимо, що $\frac{\tau_{AM}}{p} = 0,009$, звідси активна напруження зсуву від рухомого навантаження:

$$\tau_{AM} = 0,009 \cdot 0,6 = 0,005 \text{ МПа}; \quad (3.7)$$

4) активне напруження зсуву в ґрунті від ваги верхніх шарів одягу відповідно до [2]:

$$\tau_{AB} = 0,001 \text{ МПа};$$

5) повне напруження зсуву складає:

$$T = \tau_{AM} + \tau_{AB} = 0,005 + 0,001 = 0,006 \text{ МПа}; \quad (3.8)$$

6) допустиме активне напруження зсуву в ґрунті:

$$T_{\text{доп}} = K_1 K_2 K_3 C_{GP} \quad (3.9)$$

де K_1 – коефіцієнт, що враховує зниження опору ґрунту під агресивною дією рухомих навантажень. При розрахунку на дію короткочасних навантажень приймають $K_1 = 0,6$;

K_2 – коефіцієнт запасу на неоднорідність роботи конструкції, пов'язаний з неврахуванням несприятливих природних умов, з технологічними та іншими причинами; вплив цих факторів підвищується зі збільшенням інтенсивності руху. Відповідно до [2] $K_2 = 0,88$.

K_3 – коефіцієнт, що враховує особливості роботи ґрунту в конструкції, пов'язані зі збільшенням фактичного зчеплення в ґрунті за рахунок защемлення.

C_{GP} – зчеплення в ґрунті активної зони земляного полотна в розрахунковий період, МПа.

$$T_{\text{доп}} = 0,6 \cdot 0,88 \cdot 1,5 \cdot 0,014 = 0,011 \text{ МПа};$$

7) коефіцієнт міцності:

$$K_{\text{миц}} = \frac{T_{\text{доп}}}{T} = \frac{0,011}{0,006} = 1,83. \quad (3.10)$$

Умова міцності за зсувом вважається виконаною, якщо:

$$K_{\text{миц}} \geq K_{\text{зсв}}, \quad 1,83 \geq 0,94 \quad (3.11)$$

Таким чином, умова по зсуву в ґрунті земляного полотна забезпечена.

3.4. Розрахунок дорожнього одягу на морозостійкість

Умова міцності дорожнього одягу на морозостійкість:

$$(l_{нуч} + l_{МЗ}) \leq l_{ДОП} \quad (3.12)$$

де $l_{нуч}$ – розрахункове здимання ґрунту земляного полотна;

$l_{МЗ}$ – розрахункове здимання матеріалів морозозахисного шару, якщо шар представлений недостатньо морозостійкими матеріалами;

$l_{ДОП}$ – допустима величина зимового здимання покриття; $l_{ДОП} = 4$ см.

Величину здимання визначаємо відповідно до [2] за такими вихідними даними: z – глибина промерзання, см; z_1 – загальна товщина шарів зі стабільних матеріалів, см; H – необхідне підвищення конструкції над розрахунковим рівнем ґрунтових вод; B – комплексна характеристика властивостей ґрунтів [2]; α_0 – кліматичний показник, що визначається відповідно до [2].

За вихідними даними: $z=1,25$ м; $z_1=0,67$ м; $H=1,5$ м. Та за табличними даними: $B=4,0$ см²/добу; $\alpha_0=35$.

Відповідно до вищенаведених даних:

$$\frac{z_1}{z} = \frac{67}{125} = 0,536, \quad \frac{z}{H} = \frac{125}{150} = 0,83, \quad (3.13)$$

$$\frac{l_{нуч} \alpha_0}{Bz} = 0,3, \text{ звідси: } l_{нуч} = \frac{0,3Bz}{\alpha_0} = \frac{0,27 \cdot 4,0 \cdot 125}{35} = 3,86 \text{ см}$$

З умови відомо, що $l_{ДОП} = 4$ см. Таким чином $l_{нуч} < l_{ДОП}$, що свідчить про морозостійкість дорожнього одягу.

РОЗДІЛ 4

ТЕХНОЛОГІЯ УКЛАДАННЯ ПОКРИТТЯ

Асфальтобетонні шари покриття широко використовуються на дорогах I-IV категорій, їх міцність визначає міцність всього дорожнього одягу в цілому, а рівність і шорсткість – забезпечує рух автомобілів з розрахунковою швидкістю, безпеку і комфортність.

Асфальтовий бетон має структуру коагуляційного типу, властивості якої залежать від вмісту і властивостей органічного в'язучого і мінерального порошку – найбільш дрібнозернистої частини мінеральної суміші [3, 4, 6-21].

Технологічний процес виготовлення асфальтобетонної суміші відбувається на асфальтобетонних заводах (АБЗ) стаціонарного або пересувного типів, шляхом рівномірного розподілу в'язучого на суміш кам'яного матеріалу (щебеню), піску і мінерального порошку. Це забезпечує однорідність структури асфальтового бетону, забезпечує максимальну міцність коагуляційних зв'язків вірним вибором в'язучого і температурного режиму приготування, укладання і ущільнення суміші та забезпечує максимальне насичення зв'язками за рахунок ущільнення [3, 4].

Залежно від температури приготування асфальтобетонні суміші і асфальтовий бетон поділяються на гарячі, що готується на в'язких бітумах БНД 90/130, БНД 60/90 при температурі 150-170 °С і холодні, які виготовляються на рідких бітумах класів СГ і МГ та укладаються за температури суміші від 5 до 30 °С. Холодні суміші не потребують ущільнення, але мають меншу міцність у порівнянні з гарячими сумішами.

За розміром мінеральних зерен поділяються на: крупнозернисті (до 40 мм), середньозернисті (до 20 мм), дрібнозернисті (10-15 мм) і піщані (3-5 мм).

Найбільше розповсюдження для улаштування верхнього шару покриття має дрібнозернистий асфальтобетон тип «Б» та «В».

Взагалі, фізико-механічні властивості асфальтового бетону повинні відповідати вимогам ДСТУ Б В.2.7-119:2011 «Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон дорожній та аеродромний. Технічні умови» [3].

В останні роки в Україні широко використовується щебенево-мастиковий асфальтобетон (ЩМА), фізико-механічні властивості якого повинні відповідати вимогам ДСТУ Б В.2.7-127:2015 «Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон щебенево-мастикові. Технічні умови» [4].

Залежно від крупності мінеральних зерен розрізняють: ЩМА-5, ЩМА-10, ЩМА-15 і ЩМА-20.

Використовується для улаштування верхнього шару як покриття з високим опором навантаженню від шипованих шин великовагових автомобілів.

Технологічний процес укладання асфальтобетонних покриттів складається із таких основних операцій: приготування асфальтобетонної суміші на АБЗ, доставка суміші, підготовка основи, укладання асфальтобетонної суміші, ущільнення шару.

Асфальтобетонну суміш до місця робіт доставляють автомобілями-самоскидами. Дальність транспортування повинна бути такою, щоб температура на місці укладання була не нижче ніж 140 °С для гарячих сумішей. Необхідно враховувати, що суміш охолоджується тим повільніше, чим більша її маса в кузові автомобіля-самоскида. Тому використання великовантажних автомобілів дозволяє збільшити дальність доставки суміші, зменшити кількість перестановок пересувних АБЗ і витрати на їх монтаж і демонтаж. Собівартість перевезень також зменшується.

Асфальтобетонні шари необхідно укладати на суху, чисту і рівну основу, тому що зволожена чи забруднена основа не забезпечує зчеплення з шаром асфальтобетону, що різко знижує міцність шарів дорожнього одягу, виникненню зсувних деформацій і зменшенню довговічності.

Вологу основу висушують розігрівачами. Очищення від пилу і бруду виконують металевими щітками поливомийних машин, або стиснутим повітрям пересувного компресора.

Перед укладанням суміші проводять попередню розбивку, яка повинна забезпечити необхідну товщину і ширину покриття, прямолінійність крайок. Встановлюють опорні бруски або укладають канати.

Початкова товщина шару в пухкому тілі при укладанні асфальтоукладальником призначається на 15-20 % більше проєктної товщини для гарячих сумішей. Для забезпечення кращого зчеплення шарів основи і покриття перед улаштуванням суміші за 2-3 години виконують так звану під ґрунтовку – розлив рідкого бітуму марки СГ або МГ чи бітумної емульсії у кількості 0,5-1,0 л/м².

Укладання асфальтобетонної суміші виконують самохідними укладальниками, які забезпечують товщину шару від 5 до 10 см із заданим поперечним похилом, як правило, одразу на всю ширину покриття і попередньо ущільнюють шар. Ущільнюючий вплив укладальників незначний і дорівнює 3-5 проходкам легкого котка.

При одночасній роботі двох або більше асфальтоукладальників випередження одного з них щодо іншого на суміжних смугах повинно бути в межах 10-30 м.

Технологічний процес роботи асфальтоукладальника полягає в наступному. Безперервно рухаючись вперед, асфальтоукладальник завантажується на ходу асфальтобетонною сумішшю з автомобіля-самоскида. З бункера асфальтобетонна суміш двома скребковими живильниками подається до шнека, який рівномірно розподіляє її по ширині укладання смуги більш товстим шаром, ніж це необхідно для остаточної обробки. Товщину шару суміші регулюють за допомогою регулювальних гвинтів, піднімаючи або опускаючи ними робочі органи. Обробляють покриття вигладжувальною плитою, яку перед початком робіт прогривають за допомогою встановленої на

ній форсунки. Виконавши роботи на одній смузі, асфальтоукладальник переходить на суміжну [3,4, 6-21].

Ущільнення асфальтобетонних покриттів є однією з найвідповідальніших операцій. Воно забезпечує монолітність та міцність шару.

Ущільнення гарячих сумішей слід розпочинати безпосередньо після їх укладання, дотримуючи при цьому температурний режим 120-160°C. При вистиганні суміші укатка стає малоефективна або неможлива. Тому проміжок часу між укладкою та ущільненням суміші має бути таким, щоб не сталося надмірного застигання суміші. Ущільнення асфальтобетонної суміші проводиться в два етапи. Перший етап ущільнення називають прикаткою; другий етап – укаткою.

На першому етапі ущільнення використовують легкі жорсткобарабанні катки або катки на пневматичних шинах. Переключення передач в межах ділянки, що укочується не рекомендується. Це пов'язано з тим, що при переключенні передач швидкість катка зменшується, а ущільнююча дія збільшується, що призводить до появи на поверхні шару поглиблень та нерівностей.

Перші проходи віброкатків виконуються з вимкненими вібраторами для запобігання зсувів суміші та утворення нерівностей.

Робочі швидкості катків при ущільненні не повинні перевищувати 2-3 км/год. При великих швидкостях спостерігається розхитування катка, збільшується його динамічний вплив на суміш і виникають нерівності. Ущільнююча дія катків при збільшенні швидкості зменшується. При використанні катків на пневматичних шинах швидкість катка можна збільшити до 5 км/год. Внаслідок великої площі контакту пневмошини з шаром час дії катка на ґрунт продовжує залишатися значним і зменшення ущільнюючої дії не спостерігається. В той же час продуктивність укатки зростає.

Укатка повинна забезпечити рівномірну щільність суміші за всією довжиною. Для цього при наступних проходах слід катка повинен перекривати попередні проходи. Це перекриття не повинне бути великим, так як при цьому

знижується продуктивність укатки і збільшується неоднорідність шару за міцністю та щільністю. Тому розроблюються спеціальні схеми укатки, які забезпечують мінімальне перекриття та рівномірне ущільнення шару.

Укатка починається від краю покриття для створення опори з щільної суміші для наступних проходів, які поступово зміщуються до осі дороги.

Укатка повинна забезпечити створення шару потрібної рівності. Для цього ефективно використовувати трьохвальцеві катки типу „тандем”, які зменшують нерівності покриття.

4.1. Перелік робіт при капітальному ремонті автомобільної дороги

При капітальному ремонті ділянки автомобільної дороги Мелітополь-Одеса необхідно виконати такий перелік робіт:

1. Освоєння території та підготовчі роботи.

1.1 Знімання та обвалування рослинного ґрунту;

1.2 Розбирання існуючих штучних покриттів, споруд та інженерних комунікацій.

2. Геодезичні та розбивочні роботи

2.1 Розбивання ділянки дороги;

2.2 Розбивання осей дороги;

2.3 Розбивання пікетажних та плюсових точок у плані та по висоті.

3. Земляні роботи

3.1 Підготовка основи під насип;

3.2 Пошарове відсіпання та ущільнення;

3.3 Улаштування корита штучних покриттів;

3.4 Підготовка поверхні розробленої виїмки.

4. Штучні основи

4.1 Оздоблення поверхні корита штучних покриттів;

4.2 Улаштування основ із кам'яних матеріалів;

4.3 Улаштування геотекстилю;

4.4 Улаштування укріплення для корита;

5. Агротехнічні роботи та благоустрій

5.1 Відновлення рослинного ґрунту;

5.2 Огляд робіт по благоустрою ділянки;

5.3 Внесення міңдобрив;

5.4 Висівання насіння травосуміші.

Перелік робіт при влаштуванні підсилення ділянки дороги автомобільної дороги Мелітополь-Одеса наступний:

- 1) Транспортування асфальтобетонної суміші АСГ.Кр.П.А-Б.НП.І БНД 60/90;
- 2) Розподілення суміші з обрубанням та змащенням стиків;
- 3) Укатка суміші з перевіркою поперечного профілю та рівності;
- 4) Підкатка суміші;
- 5) Очищення від пилу та бруду;
- 6) Розлив бітумної емульсії;
- 7) Встановлення опірнього бруса;
- 8) Транспортування асфальтобетонної суміші АСГ.Кр.П.А-Б.НП.І БНД 60/90;
- 9) Розподілення суміші з обрубанням та змащенням стиків;
- 10) Підкатка суміші;
- 11) Укатка суміші з перевіркою поперечного профілю та рівності;
- 12) Очищення від пилу та бруду;
- 13) Розлив бітумної емульсії;
- 14) Встановлення опірнього бруса;
- 15) Транспортування асфальтобетонної суміші АСГ.Кр.Щ.А1.НП.І БМП 60/90-52;
- 16) Розподілення суміші з обрубанням та змащенням стиків;
- 17) Підкатка суміші;
- 18) Укатка суміші з перевіркою поперечного профілю і рівності;
- 19) Очищення від пилу та бруду;

- 20) Розлив бітумної емульсії;
- 21) Встановлення опірною брусу;
- 22) Транспортування ЩМА-20;
- 23) Розподілення суміші з обрубанням та змащуванням стиків;
- 24) Підкатка суміші;
- 25) Укатка суміші з перевіркою поперечного профілю та рівності.

Технологічні схеми по виконанню капітального ремонту автомобільної дороги Мелітополь-Одеса наведені на рис. 4.1 – 4.4.

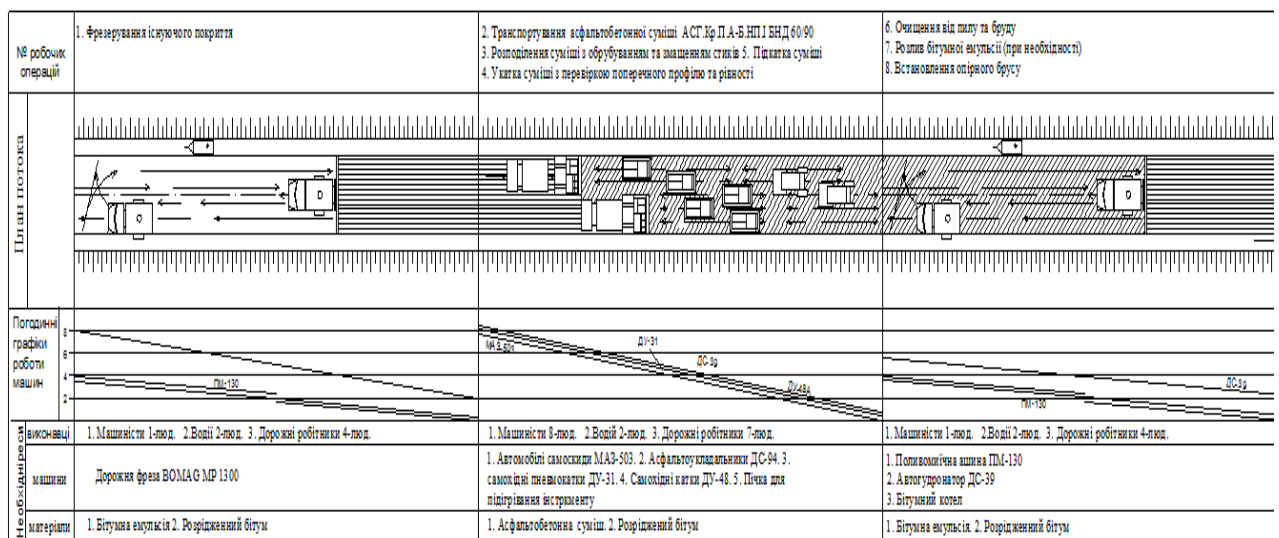


Рис. 4.1. Технологічна схема по виконанню капітального ремонту ділянки автомобільної дороги Мелітополь-Одеса

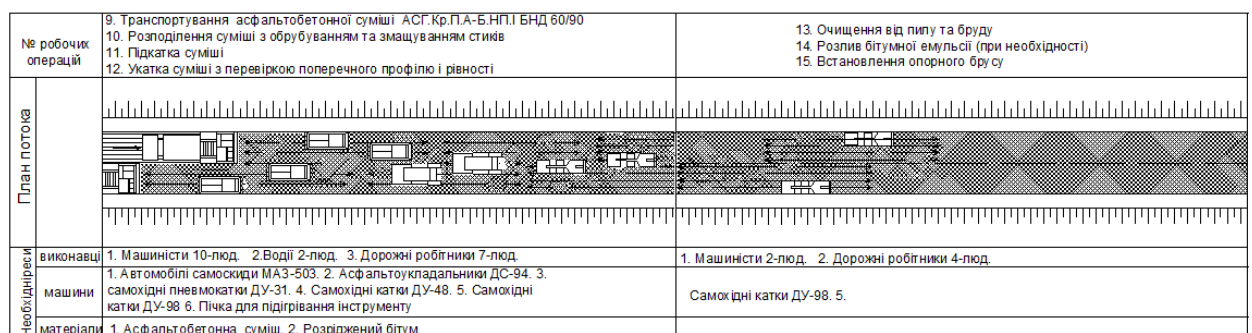


Рис. 4.2. Технологічна схема по виконанню капітального ремонту ділянки автомобільної дороги Мелітополь-Одеса

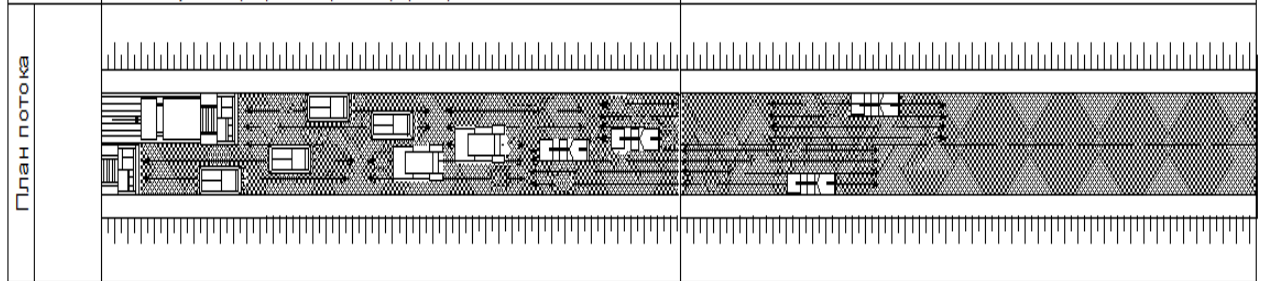
№ робочих операцій	16. Транспортування асфальтобетонної суміші АСГ.КР.Щ.А1.НП.І.БМ.П. 60/90-52 17. Розподілення суміші з обрубанням та змащуванням стиків 18. Підкатка суміші 19. Укатка суміші з перевіркою поперечного профілю і рівності	20. Очищення від пилу та бруду 21. Розлив бітумної емульсії (при необхідності) 22. Встановлення опорного бруса
План потоку		
Необхідні ресурси	виконавці 1. Машиністи 10-люд. 2.Водії 2-люд. 3. Дорожні робітники 7-люд.	1. Машиністи 2-люд. 2. Дорожні робітники 4-люд.
машини	1. Автомобілі самоскиди МАЗ-503. 2. Асфальтоукладальники ДС-94. 3. самохідні пневмокати ДУ-31. 4. Самохідні катки ДУ-48. 5. Самохідні катки ДУ-98 6. Пічка для підігрівання інструменту	Самохідні катки ДУ-98. 5.
матеріали	1. Асфальтобетонна суміш. 2. Розріджений бітум	

Рис. 4.3 Технологічна схема по виконанню капітального ремонту ділянки автомобільної дороги Мелітополь-Одеса

№ робочих операцій	23. Транспортування ЩМА-20 24. Розподілення суміші з обрубанням та змащуванням стиків 25. Підкатка суміші 26. Укатка суміші з перевіркою поперечного профілю і рівності
План потоку	
Необхідні ресурси	виконавці 1. Машиністи 10-люд. 2.Водії 2-люд. 3. Дорожні робітники 7-люд.
машини	1. Автомобілі самоскиди МАЗ-503. 2. Асфальтоукладальники ДС-94. 3. самохідні пневмокати ДУ-31. 4. Самохідні катки ДУ-48. 5. Самохідні катки ДУ-98 6. Пічка для підігрівання інструменту
матеріали	1. Асфальтобетонна суміш. 2. Розріджений бітум

Рис. 4.4. Технологічна схема по виконанню капітального ремонту ділянки автомобільної дороги Мелітополь-Одеса

Транспортування асфальтобетонної суміші здійснюється автомобілем-самоскидом МАЗ-503. Якість асфальтобетонної суміші значною мірою залежить від її температури.

Якісна асфальтобетонна суміш має такі ознаки:

- суміш утворює в кузові автомобіля-самоскида пологий конус;
- має чорний колір без синіх відтінків;
- суміш не має плям бітуму.

Основа повинна бути очищена від пилу та бруду. Очищення здійснюється механічними щітками.

Для того, щоб покращити зчеплення асфальтобетонного покриття з основою, розливають по поверхні основи бітум з розрахунку $0,4-0,6 \text{ кг/м}^2$.

Асфальтобетонне покриття повенне складати єдиний монолітний шар.

Укладання асфальтобетонної суміші здійснюється укладальником асфальтобетону (ДС-94). Ширина смуги укладання для даного асфальтоукладчика коливається від 1 до 3-х метрів. При влаштуванні асфальтобетонного покриття одним асфальтоукладальником почергово влаштовується верхній і нижній шар.

Ущільнення асфальтобетонної суміші – це одна із найвідповідальніших операцій. На даній ділянці дороги ущільнення здійснюється самохідними пневмокатками ДУ-31, а також самохідними катками ДУ-48 та ДУ-98. Процес ущільнення дуже чутливий до в'язкості органічного в'язучого. Ця в'язкість, в свою чергу значною мірою залежить від температури. Робоча швидкість катків при виконанні процесу ущільнення становить 2 км/год.

Ущільнення асфальтобетонної суміші, зазвичай, виконується в два етапи. Перший етап – прикатка. Другий етап – укатка.

Укатка повинна забезпечити рівномірну щільність суміші по всій довжині. При укатці асфальтобетонної суміші з високим вмістом щебеню необхідно звернути увагу на те, щоб під важкими катками не роздрібнювалися щебінки.

4.2. Приготування сумішей із ЩМА

Гарячі щебенево-мастикові суміші виготовляють на звичайних асфальтобетонних заводах зі змішувачами примусового змішування.

Стабілізуючу добавку частіше за все вводять в мінеральну суміш перед з'єднанням її з бітумом. При цьому подача стабілізатора може проводитись як вручну, так і за допомогою спеціальних систем дозування.

Спочатку на заводах періодичної дії гранульовані добавки дозували безпосередньо в змішувач вручну. Потім дозування добавок стали здійснювати автоматично шляхом застосування об'ємних та вагових дозаторів. При використанні систем об'ємного дозування стабілізуюча добавка із контейнера через роторне облаштування потрапляє в пневматичний конвеєр і по трубопроводу подається в циклон. Потім добавка через автоматичний клапан і трубопровід подачі матеріалів подається безпосередньо в змішувач.

Вагові дозатори відрізняються від об'ємних тим, що добавка із контейнера спочатку подається у ваговий бункер для дозування, а потім потрапляє в трубопровід пневматичного конвеєра. Другим способом подачі гранульованих добавок в асфальтовий змішувач є по лінії вертання пилу сухого відбору. Третій варіант дозування стабілізатора є використання лінії подачі в змішувач крихт старого асфальтобетону.

В змішувачах безперервної дії передбачається постійне дозування гранульованої добавки в змішувальний барабан паралельно подачі мінерального порошку.

Технологічний процес приготування суміші в змішувачах періодичної діє включає в себе наступні технологічні операції:

- підготовка мінеральних матеріалів (подача і попереднє дозування, сушка і нагрів до необхідної температури, фракційне дозування);
- подача холодних мінерального порошку і стабілізуючої добавки;
- підготовка бітуму (розігрів і подача із бітумосховища, випаровування із бітума вологи, введення поверхнево-активних речовин і інших добавок, дозування перед подачею в змішувач);
- «сухе» змішування гарячих мінеральних матеріалів з холодним мінеральним порошком і стабілізуючою добавкою;

- змішування мінеральних матеріалів з бітумом і вивантаження готової асфальтобетонної суміші в накопичувальний бункер чи автомобілі-самоскиди.

Технологічний процес приготування суміші в змішувачах безперервної дії відрізняється відсутністю роздільного дозування гарячих мінеральних матеріалів і об'єднанням процесу нагрівання з перемішуванням вихідних компонентів в одному змішувальному барабані.

Щебінь і пісок повинні знаходитися окремо на площадках з укріпленою основою і забезпеченим поверхневим стоком.

Від місця складування до агрегату живлення матеріали подають або стрічковими транспортерами, або фронтальним завантажувачем.

Агрегати живлення облаштовують ваговими чи об'ємними дозаторами для попереднього дозування холодних і вологих мінеральних матеріалів, звідки вони потрапляють в сушильний барабан для просушування і нагріву до робочої температури. Температура нагріву суміші піску і щебеню повинна бути на 25-30 °С вище температури готової асфальтобетонної суміші на виході із змішувача. В порівнянні із традиційними асфальтобетонними сумішами нагрів мінеральних матеріалів у сушильному барабані рекомендується підвищувати на 10 – 20 °С.

Потім нагріті інертні заповнювачі подаються в сортувально-дозувальне устаткування, де за допомогою системи віброгрозотів розділяються за фракціями і зберігаються в окремих відсіках бункера гарячих матеріалів. Звідти вони потрапляють на ваговий бункер-дозатор. Мінеральний порошок дозується в холодному стані за допомогою загального вагового дозатора. Циклонний пил подається із системи очищення пилу в змішувальну камеру замість частини мінерального порошка. Остаточний вміст дозувальних фракцій рекомендується уточнювати за результатами випробування пробного змішування суміші.

Стабілізуючу гранульовану добавку вводять в мішалку на розігрітий кам'яний матеріал перед чи разом із мінеральним порошком. При цьому передбачається «сухе» змішування в змішувачах циклічної дії протягом 15-20

секунд. При наступному мокрому змішуванні суміші з бітумом протягом 10-20 секунд стабілізуюча добавка повинна рівномірно розподілитися в об'ємі асфальтової в'язучої речовини.

Тривалість змішування суміші визначається технічними параметрами змішувальної установки.

Приготовлену асфальтобетонну суміш із змішувача завантажують в підйомник з наступним перемішуванням в накопичувальний бункер чи безпосередньо в кузов автомобіля-самоскида. Використання накопичувального бункера в якості тимчасового складу для зберігання гарячих сумішей дозволяє забезпечити ритмічність випуску продукції незалежно від наявності транспорту, режимів укладання і погодних умов, а також скоротити час завантаження автомобілів і підвищити продуктивність асфальтобетонного заводу. Час зберігання ЩМА в накопичувальному бункері становить не більше 30 хв.

4.3. Укладання і ущільнення щебенево-мастикових асфальтобетонних сумішей (ЩМАС)

Укладання гарячих ЩМАС необхідно здійснювати при температурі оточуючого середовища не нижче 5 °С. До початку основних робіт на пошкоджених ділянках перебачається усунення дефектів шляхом заділки вибоїн, тріщин, фрезерування поверхні під проектну відмітку, влаштування вирівнюючого шару.

Гарячі ЩМАС влаштовують із застосуванням звичайних асфальтоукладальних і ущільнюючих засобів.

Укладання ЩМАС рекомендується виконувати одразу на всю ширину проїзної частини за допомогою сучасних асфальтоукладальників.

До початку укладання асфальтоукладальники повинні бути підготовлені до роботи згідно із інструкцією по їхній експлуатації.

Вирівнююча плита встановлюється паралельно основі на дерев'яні бруски, висота яких дорівнює проектній товщині шару з урахуванням 10-15 %

напуску на ущільнення. Протягом 10-20 хвилин плита прогрівається до температури 150 °С і їй задається кут атаки величиною 2-3 градуси.

Потім налаштовується автоматична система забезпечення рівності і поперечного ухилу. Проводиться перевірка положення розподільного шнека відносно геометрії шару, який укладається. Далі проводиться налаштування датчиків подачі суміші до кінців розподільвача.

Після правильного налаштування робочих органів асфальтоукладчика, як правило, на поверхні укладеного шару із ЩМАС не виникає видимих дефектів.

Для отримання рівної поверхні шару необхідно забезпечувати неперервність завезення, розвантаження і укладання ЩМАС. Асфальтобетонна суміш повинна доставлятися одночасно до всіх укладчиків по спеціальному графіку чи з можливістю очікування самоскидів в черзі зпереду за ходом руху потоку.

Безперервна робота органів подачі матеріалу забезпечує постійний тиск суміші на вільноплаваючу плиту, що є основною умовою отримання рівної поверхні покриття. Рекомендується підтримувати заповнення шнекової камери на рівні чи дещо вище валу шнека.

Приймальний бункер асфальтоукладача завжди повинен бути заповнений не менше, ніж на 25 %.

Ефективне ущільнення ЩМАС повинно бути завершено при температурі суміші, не нижчій ніж 80 °С.

Застосування пневмоколісних катків при ущільненні ЩМАС не рекомендується, оскільки при високих температурах на резинові шини налипає об'ємний бітум.

Катки здійснюють човниковий рух по смузі, що укатується від країв до осі дороги. Перший прохід катка краще призначати, відступивши від краю покриття чи внутрішньої кромки бортового каменю на 10 см. Краї ущільнюються після першого проходу катка по всій довжині смуги. Схема укатки забезпечує рівномірне ущільнення суміші по всій ширині шару, що укладається.

РОЗДІЛ 5

ДОСЛІДЖЕННЯ СПОСОБІВ ПІДВИЩЕННЯ КОЛІЄСТІЙКОСТІ НЕЖОРСТКОГО ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ

5.1. Поняття про геометричну складову автомобільних доріг

Експлуатаційний стан – ступінь відповідності змінних параметрів та характеристик автомобільної дороги, інженерного обладнання, організації та умов руху, які змінюються в процесі експлуатації в результаті впливу транспортних засобів, метеорологічних умов та рівня відповідності нормативним вимогам.

Діяльність дорожньо-експлуатаційної служби направлена на підтримку та безперервне підвищення якості доріг, тобто їх технічного рівня та експлуатаційного стану.

Основними параметрами, які характеризують транспортно-експлуатаційний стан дороги, є:

- геометричні параметри, до яких відносяться ширина проїзної частини та крайових укріплених смуг, ширина узбіч, поздовжні ухили, радіуси кривих в плані та профілі, ухили віражів та відстань видимості;
- міцність дорожнього одягу проїзної частини та узбіч;
- рівність і зчипні якості покриття проїзної частини та узбіч;
- міцність і стійкість земляного полотна і його елементів;
- цілісність і працездатність водовідвідних та дренажних споруд;
- наявність і стан елементів інженерного обладнання і облаштування дороги.

Геометричні параметри (радіуси кривих, ширина проїзної частини і узбіч, габарити штучних споруд) повинні відповідати нормам категорії, встановленої для цієї дороги. Відхилення фактичних розмірів не повинні перевищувати вимог діючих нормативних документів.

Дорожні одяги на дорогах I-IV категорій повинні мати міцність, яка забезпечує в розрахунковий період безперешкодний пропуск автомобілів з осьовим навантаженням 130 кН.

Покриття проїзної частини дороги, укріплювальних крайових смуг і узбіч в процесі експлуатації повинні мати правильну форму, передбачені проектом поздовжні та поперечні ухили, поверхню, що забезпечує безперешкодне стікання води, а також повинні бути рівними в поздовжньому та поперечному напрямках.

Кромки покриття проїзної частини, крайових укріплювальних смуг та укріплених узбіч повинні бути рівними в плані, мати правильні та чіткі абриси без руйнувань та деформацій.

На покритті проїзної частини не допускається утворення колійності, за якої виникають небезпечні умови руху. Гранично допустима глибина колії для автомобільних доріг I-III категорій складає 20 мм, а для доріг IV-V категорій – 30 мм.

Проблема колієутворення на проїзній частині автомобільних доріг та міських вулиць стала в останній час актуальною для дорожньої галузі нашої країни та багатьох закордонних країн. Особливо серйозне загострення в Україні проблема отримала в останні 10-15 років. Вітчизняні та закордонні спеціалісти сходяться на думці, що колія (нерівність в поперечному напрямку) негативно впливає на транспортно-експлуатаційний стан автомобільної дороги. Неврахування фактора поперечної рівності при оцінюванні цього стану може привести до завищеного узагальненого показника якості автомобільної дороги.

Досвід експлуатації автомобільних доріг і польові дослідження показують, що накопичення остаточних деформацій і колієутворення можуть мати місце на дорожніх одягах різних типів, включаючи одяги з жорсткими шарами.

До сьогоднішнього часу розроблена значна кількість розрахункових моделей, які дозволяють в тій чи іншій мірі точно описати процес накопичення залишкових деформацій і їх утворення. Багато з відомих до сьогоднішнього часу робіт стосуються, як правило, одного з конструктивних шарів покриття, основи чи ґрунту земляного полотна. Більшість методик потребують значного об'єму лабораторних чи польових досліджень, які ускладнюють їх практичне застосування. Деякі із спрощених вітчизняних чи закордонних методів недостатньо обґрунтовані з фізичної точки зору, оскільки носять чисто емпіричний характер, а відповідно область їх застосування залишається до сих пір незрозумілою. Інші розробки представляються надзвичайно складними для їх практичного застосування.

Враховуючи вищенаведене, особливий практичний інтерес може представляти методика, призначена для пошарового розрахунку загальної глибини колії залежно від міцнісних та деформаційних властивостей матеріалів, які прийняті при проєктуванні дорожніх одягів. На стадії експлуатації застосування даної методики можливе для розрахунку динаміки розвитку колієутворення, визначення термінів служби з урахуванням даних з оцінки міцності та зниження деформаційних та міцнісних і деформативних властивостей матеріалів. На стадії конструювання дорожнього одягу подібна методика може слугувати в якості перевірного розрахунку за критерієм «колієутворення» та дозволить в процесі експлуатації не допустити чи обмежити допустимою межею загальну глибину колії і, відповідно, загальну деформацію.

Під впливом багаторазових навантажень фактично відбувається накопичення необоротних деформацій. Це пов'язано з тим, що багато дорожньо-будівельних матеріалів в розрахункових умовах володіють пружньо-в'язко-пластичними властивостями. Крім того, можливі й структурні руйнування матеріалу.

При цьому дефекти дорожнього одягу, які виникають, незворотно призводять до зниження рівності як у поздовжньому, так і поперечному напрямках. Найбільш небезпечним і поширеним видом деформації поперечного профілю покриття можна вважати колію за смугами накату.

До основних параметрів колії відносяться:

- **загальна глибина колії відносно правого випору** – параметр колії, який визначається відстанню по вертикалі від дна колії до гребеня правого випору колії;
- **загальна глибина колії відносно лівого випору** – параметр колії, який визначається відстанню по вертикалі від дна колії до гребеня лівого випору колії;
- **глибина колії** – параметр колії, який визначається відстанню по вертикалі від дна колії до опорної грані рейки, що вкладається на проїзну частину в поперечному напрямку;
- **дно колії** – параметр колії, який відповідає найнижчій точці колії;
- **гребінь випору** – параметр колії, який відповідає самій верхній точці на випорі;
- **відстань між гребенем колії і дном колії** – відстань по горизонталі між цими точками.

До основних причин виникнення і розвитку колії необхідно віднести:

- високий темп зростання вантажонапруженості на мережі автомобільних доріг України як кількісно (число автомобілів), так і якісно. Наслідком цього стало невідповідність міцності дорожніх конструкцій вимогам сучасного руху.

Фізична природа більшості дорожньо-будівельних матеріалів (асфальтобетон, неукріплений щебінь, чорний щебінь) та ґрунтів полягає в піддатливості до накопичення залишкових деформацій. Особливо яскраво ці властивості проявляються у випадку використання в шарах дорожнього одягу матеріалів, які не відповідають вимогам стандартів; неврахування специфіки

умов експлуатації (інтенсивності та складу транспортного потоку, механічних властивостей композиційних матеріалів і ґрунтів); недостатнього запасу міцності, і, головне, відсутності перевірного розрахунку на опір утворенню колії.

Недостатньо широке застосування прогресивних технологій влаштування поверхневих шарів зносу, які знижують частку загальної глибини колії за рахунок стирання чи втоплювання кам'яного заповнювача.

Ступінь небезпечності колій різної глибини наведений в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1

Ступінь небезпечності колії різної глибини

Ступінь небезпечності колії	Глибина колії, мм	
	Дороги I-III категорій	Дороги IV-V категорій
Безпечна	До 10	До 20
Малобезпечна	11-20	21-30
Небезпечна	21-35	31-45
Дуже небезпечна	>35	>45

Різниця коефіцієнта зчеплення по ширині проїзної частини не повинна перевищувати 0,1. Різниця між значеннями коефіцієнта зчеплення покриття проїзної частини та укріпленого узбіччя не повинна перевищувати 0,25.

Поверхні покриття проїзної частини та узбіч, розділювальних смуг та відкосів повинні бути очищені від пилу, бруду, сторонніх предметів.

5.2. Загальна характеристика сучасних технологій та матеріалів для ремонту та утримання автомобільних доріг

Технологія влаштування захисних шарів та поверхневих обробок на основі катіонних бітумних емульсій знаходить широке застосування закордоном, зокрема в США і Франції, де щорічне виробництво більш ніж 3,2 і 1,2 млн тонн бітумних емульсій.

Технологія влаштування шарів зносу із литих катіоноактивних емульсійно-мінеральних сумішей включає наступні операції:

- калібрування розподілювальної машини для точного дозування розхідних матеріалів;
- закриття руху по смузї руху, на якій буде влаштовуватися шар зносу;
- завантаження машини необхідними вихідними компонентами;
- приготування і розподіл емульсійно-мінеральної суміші спеціальною машиною;
- технологічна перерва тривалістю 0,5 – 4 години залежно від погодних умов;
- відкриття руху по обраній смузї з обмеженням швидкості до 40 км /год на 1-3 доби.

При цьому повинні бути виконані підготовчі роботи:

- герметизація швів на покритті автомобільної дороги з використанням ремонтних матеріалів;
- ямковий ремонт покриття;
- покриття ретельно очищується від пилу, бруду, масляних цяток;
- підгрунтовка поверхні сумішшю катіонної емульсії та води в співвідношенні 1:3 з нормою витрат остаточного бітуму 0,2 – 0,4 л/м² для зношених, зі слідами значного луцення асфальтобетонних та цементобетонних покриттів;
- зволоження поверхні, якщо температура навколишнього середовища вище ніж +30 °С.

Емульсійно-мінеральна суміш не вкладається при температурі навколишнього середовища нижче ніж +10 °С, в дощову погоду, при очікуваному зниженні температури повітря до 0 °С в найближчі 24 години після укладання.

Для влаштування шарів зносу із цих сумішей використовуються змішувач-розподільувач, емульсовоз, фронтальний навантажувач мінеральних матеріалів, поливомийна машина, обладнана щіткою. На майданчиках обмежених розмірів, на яких шар зносу практично неможливо ущільнити регулюванням руху автомобілів, рекомендується використовувати пневматичний каток 10 тонн.

Ефективною машиною для поверхневої обробки є MACROPAVER фірми VSS, яка виконує наступні технологічні операції:

- транспортує матеріали із приоб'єктного складу безпосередньо на місце виконання робіт;
- дозує вихідні матеріали для спеціального міксера м'якої дії;
- змішує матеріали в однорідну масу;
- подає отриману масу в розподільчий короб;
- влаштовує покриття із емульсійно-мінеральної суміші визначеної ширини (2-4,5 м) товщиною 5-15 мм.

Стисненим повітрям виконується очищення тріщин, вибоїн і поверхонь, які ремонтуються, розпилювання емульсії на покриття, нанесення підґрунтовки і подача щебеню фракції 5-10 мм.

Щебінь із приймального бункера пневматичним способом через емульсійну завісу подається в ежектор труби Вентурі. Приймальний бункер обладнаний захисним екраном з регулюванням притоку щебеню пневматичною засувкою з електромагнітним клапаном.

Емульсія подається компресором тривалістю 440 л/хв, що розвиває тиск до 1,0 МПа. Температурний режим в баку підтримується в інтервалі, що дорівнює 71-81 °С.

Механізація робіт при використанні емульсійних технологій дозволяє скоротити час ремонту. Рух на відремонтованій ділянці відкривається уже через 20 хв після завершення робіт.

Застосування катіоноактивних бітумних емульсій дозволяє отримати більш зносостійкі покриття, що дозволяє збільшити міжремонтні терміни експлуатації ділянки в 1,5-2,0 рази.

В процесі контролю якості робіт з улаштування шарів зносу та при ямковому ремонті зразки емульсійно-мінеральної суміші відбирають з-під короба один раз за зміну та додатково при зміні якості використовуваних компонентів.

Знос шару із емульсійно-мінеральної суміші прирівнюється до зносу асфальтобетонних покриттів, тому необхідна товщина шару h_u визначається залежністю:

$$h_u = h = aT + \frac{bN_1}{1000} \cdot \frac{(k \cdot q_1)^T}{k \cdot q_1 - 1}$$

5.3. Підвищення колієстійкості нежорсткого дорожнього одягу з використанням сірчаного модифікатора

5.3.1. Причини та передумови застосування сірки в якості модифікатора

Причинами та передумовами застосування сірки в якості модифікатора асфальтобетону є:

- фізико-хімічні властивості сірки;
- доступність;
- екологічна причина – утилізація технічної сірки;
- економічна причина – заміщення дороговартісного бітуму менш дорогим сірчаним модифікатором.

5.3.2. Причини, які не дозволяють розвивати технологію сірчаного асфальтобетону

Причинами, які не дозволяють розвивати технологію приготування асфальтобетону з використанням сіркоасфальтобетону, є:

- відсутність рішень з емісії токсичних газів: сірководню та діоксиду сірки, які викликають отруєння у робочих;
- крихкість при від'ємних температурах, що призводить до утворення тріщин на дорожньому покритті.

Вирішенням вказаних проблем є:

- використання комплексного сірчаного модифікатора, що містить не менше ніж 90 % сірки та нейтралізатор емісії сірководню і діоксиду сірки;
- нейтралізатор включає органічну компоненту, що забезпечує зниження температури крихкості бетону. Розроблений модифікатор має форму гранул розміром 5-10 мм (рис. 5.1).

5.3.3. Проектування сіркоасфальтобетону

Сіркоасфальтобетонні суміші необхідно розглядати в якості різновиду асфальтобетонних, в яких бітумне в'язуче частково заміняє сірку.

Проектування сіркоасфальтобетону здійснюється відповідно до методики, в основу якої покладено рівність об'ємів нафтового бітума базового складу асфальтобетону та в'язучої композиційної суміші, що містить бітум та сірчаний модифікатор.



Рис. 5.1. Розроблений модифікатор

$$\frac{B}{\rho_B} = \frac{K}{\rho_K} \quad (5.2)$$

де B – витрати бітуму для приготування асфальтобетонної суміші заданої марки; ρ_B – щільність бітуму; K – витрата бітуму та сірчаного модифікатора; ρ_K – щільність бітуму з додавання сірки [6-21].

Фізико-механічні властивості асфальтобетону без додавання сірчаного модифікатора і з додаванням наведені в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2

Фізико-механічні властивості асфальтобетону без додавання сірчаного модифікатора і з додаванням

Найменування показників	Контрольний склад (ЩМА-15)	Модифікований асфальтобетон	
		30 % сірчаного модифікатора	40 % сірчаного модифікатора
Границя міцності на стиск при 20 °С, МПа	5,20	5,71	6,24
Границя міцності на стиск при 50 °С, МПа	1,76	2,2	2,4
Середня щільність асфальтобетону, г/см ³	2,59	2,63	2,63
Залишкова пористість, %	3,60	2,45	2,71
Водонасичення, % за об'ємом	2,7	1,5	1,8
Границя міцності на розтяг при розколі при 0 °С, МПа	3,0	3,13	3,04

Зсувостійкість:			
-коефіцієнт внутрішнього тертя	0,93	0,93	0,93
- зчеплення на зсув при температурі 50 °С, МПа	0,33	0,44	0,44
Водостійкість при тривалому водонасиченні	0,85	0,86	0,85

На рис. 5.2 наведена зсувостійкість і жорсткість асфальтобетону в умовах впливу високих експлуатаційних температур.

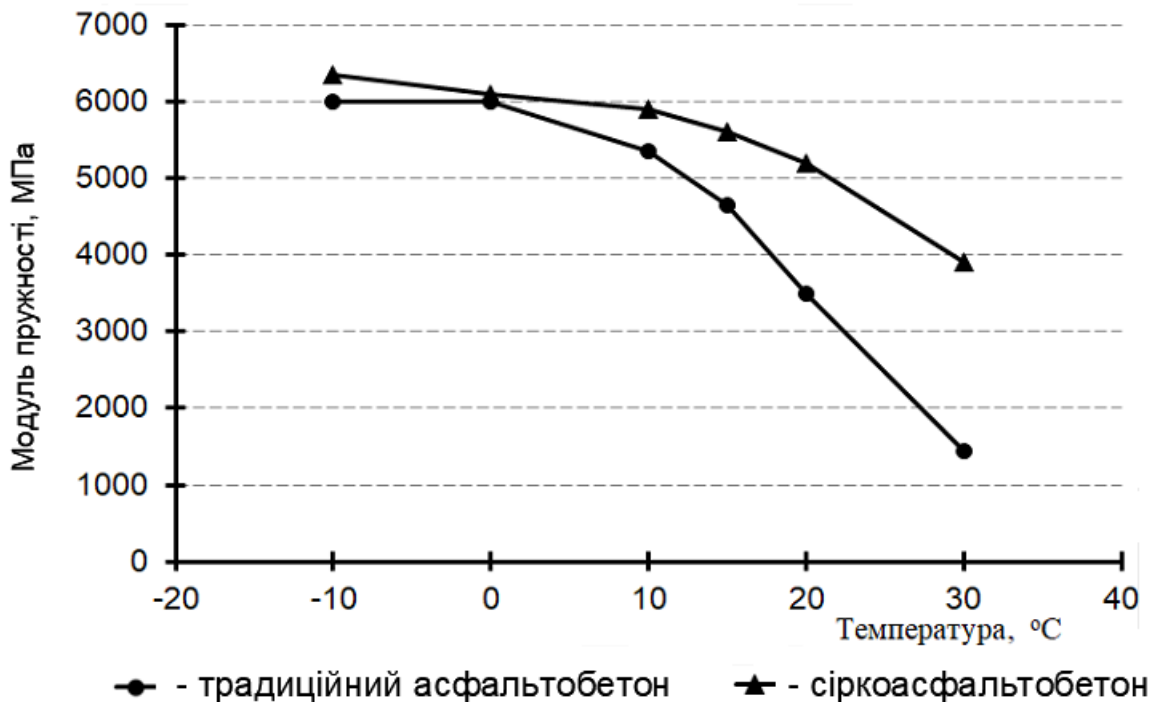


Рис. 5.2. Зсувостійкість і жорсткість асфальтобетону в умовах впливу високих експлуатаційних температур

5.3.4. Оцінка стійкості асфальтобетону до колісутворення

5.3.4.1. Аналізатор асфальтового покриття

Метод AASHTO TP 63.

Режим випробування: температура – 50 °С, кількість проходів – 8000 циклів; перед випробуванням зразки були поміщені в термокамеру протягом 5 годин при температурі 50 °С.

Гамбургський тест - AASHTO T 324.

Режим випробування: випробувані зразки поміщені у водяне середовище з температурою 50 °С, кількість проходів – 20000 циклів; перед випробуванням зразки були поміщені у термокамеру протягом 5-ти годин при температурі 50 °С.

Обидва методи побудовані на принципі колеса, яке прокочується (рис. 5.3).

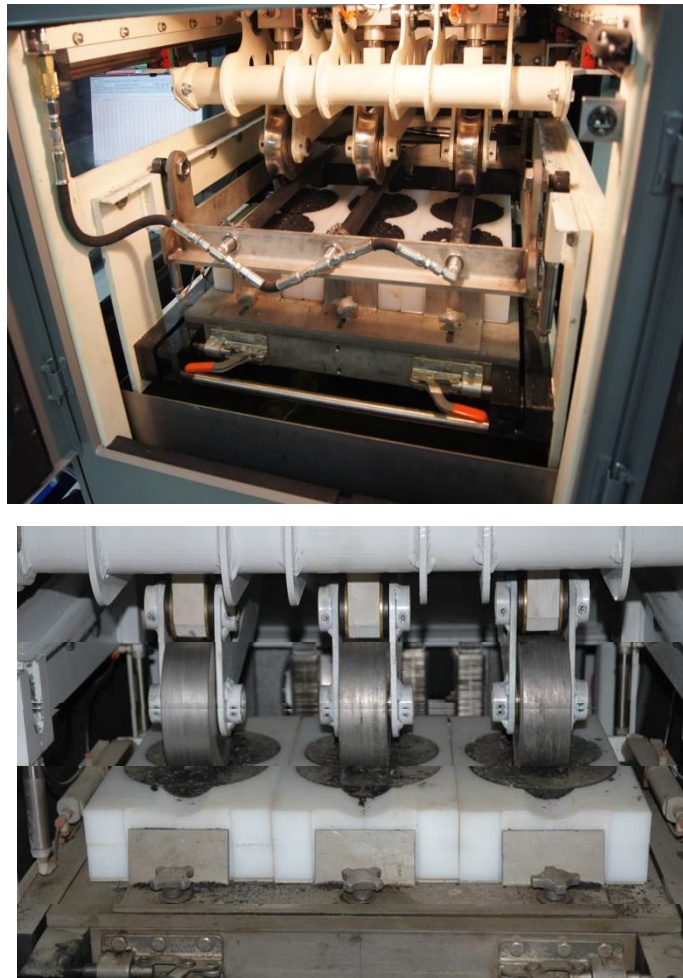


Рис. 5.3. Випробування зразків сіркоасфальтобетону на стійкість проти утворення колії

Результати випробування традиційного та модифікованого асфальтобетону на колійність за методом аналізатора асфальтового покриття наведені в таблицях 5.3 та 5.4.

Таблиця 5.3

Фізико-механічні властивості асфальтобетону без додавання сірчаного модифікатора

№ зразка	Середня щільність, г/см ³	Остаточна пористість, %	Глибина колії, мм
1	2,58	3,57	2,30
2	2,58	3,67	2,62
3	2,58	3,92	2,40
4	2,57	3,99	2,67

Таблиця 5.4

Сіркоасфальтобетон

№ зразка	Середня щільність, г/см ³	Остаточна пористість, %	Глибина колії, мм
1	2,60	3,78	1,60
2	2,60	3,87	1,24
3	2,61	3,27	1,41
4	2,62	3,02	1,42

Рівень колієутворення сіркоасфальтобетону в 1,5 – 2 рази нижче, ніж у традиційного асфальтобетону. Результати випробування традиційного та модифікованого асфальтобетону на колійність за Гамбурзьким методом наведені в таблицях 5.5 та 5.6.

Таблиця 5.5

Результати випробування традиційного та модифікованого асфальтобетону на колійність за Гамбурзьким методом (традиційний асфальтобетон)

№ зразка	Середня щільність, г/см ³	Остаточна пористість, %	Глибина колії, мм
1А	2,59	3,28	13,91
1Б	2,59	3,42	
2А	2,59	3,30	9,21
2Б	2,59	3,40	
3А	2,60	3,12	7,2
3Б	2,60	2,56	

Зміна емісії сірководню та діоксиду сірки, що містить 30 % сірки та різноманітні нейтралізатори наведена на рис. 5.4.

При застосуванні сірчаного модифікатора, розробленого в науково-дослідних інститутах емісія по сірководню знижується в 12,5 разів, а за діоксидом сірки – до 50 разів.

Таблиця 5.6

Результати випробування традиційного та модифікованого асфальтобетону на колійність за Гамбурзьким методом (сіркоасфальтобетон)

№ зразка	Середня щільність, г/см ³	Остаточна пористість, %	Глибина колії, мм
1А	2,60	3,38	5,37
1Б	2,61	3,30	
2А	2,60	3,39	4,15
2Б	2,60	3,28	
3А	2,59	3,27	4,86
3Б	2,60	3,41	

Ефективність, крат

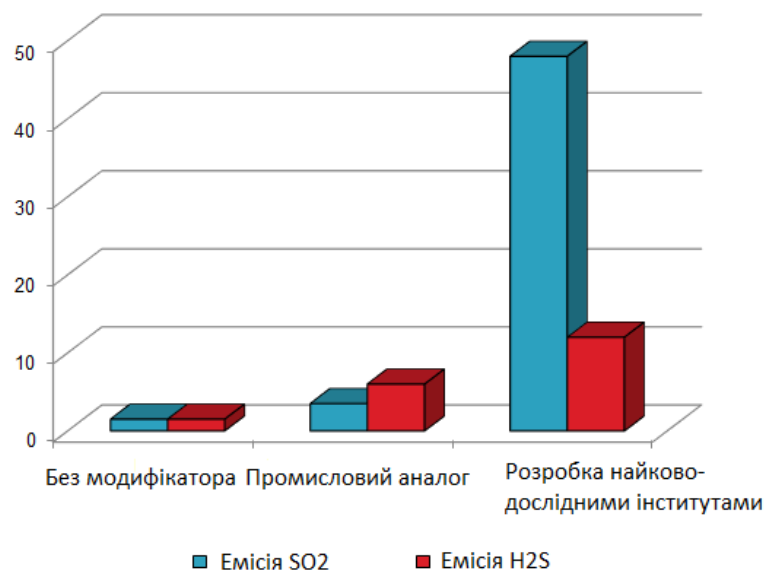


Рис. 5.4. Зміна емісії сірководню та діоксиду сірки, що містить 30 % сірки та різні нейтралізатори

5.3.5. Економічний ефект від застосування сірчаного модифікатора

Різниця у вартості тони традиційного та сірчаного асфальтобетону дорівнюють:

$$P = B \cdot C_B - (B^* \cdot C_B + M \cdot C_M) \quad , \quad (5.3)$$

де B – витрати бітуму в асфальтобетонній суміші без додавання сірки; C_B – вартість бітуму; B^* – витрати бітуму в асфальтобетонній суміші з додаванням сірчаного модифікатора; M – витрати модифікатора; C_M – вартість модифікатора.

Витрати модифікатора визначаються за формулою:

$$P = B \cdot a_i. \quad (5.4)$$

Економічний ефект від застосування сірчаного модифікатора визначається за формулою:

$$E = V \cdot (\rho_1 \cdot B \cdot C_B - \rho_2 \cdot B^* \cdot C_B - \rho_2 \cdot M \cdot C_M) \quad (5.5)$$

де V – об'єм асфальтобетону; ρ_1 – щільність асфальтобетону без додавання сірчаного модифікатора; ρ_2 – щільність асфальтобетону із додаванням сірчаного модифікатора.

5.3.6. Висновки за пунктом 5.3

Сіркоасфальтобетон має високу зсувостійкість та жорсткість в умовах впливу високих експлуатаційних температур. Сіркоасфальтобетон володіє високою стійкістю до колієутворення, і відповідно підвищеною довговічністю. Застосування сірчаного модифікатора дозволяє знизити температуру приготування асфальтобетону та підвищити технологічні властивості сумішей. Вирішена проблема емісії токсичних газів. Досягається економічний ефект за рахунок заміщення бітуму сірчаним модифікатором.

Використання в якості добавки для асфальтобетонів сірчаного модифікатора частково вирішує проблему утилізації технічної сірки.

РОЗДІЛ 6

ОХОРОНА ПРАЦІ ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ КАПІТАЛЬНОГО РЕМОНТУ

Одним з основних принципів технології дорожньо-будівельних робіт є забезпечення не шкідливої і безпечної праці.

Всі технологічні процеси повинні виконуватись із забезпеченням цих вимог. Комплекс заходів щодо охорони праці при будівництві дорожніх одягів складається із дотриманням вимог промислової санітарії, техніки безпеки і протипожежної безпеки.

Як наслідок, порушень вимог промсанітарії при будівництві можуть спостерігатися такі негативні виробничі явища у працюючих працівників:

- вплив метеорологічних факторів, які виникають при роботі на відкритому повітрі – теплові удари, обмороження;
- вплив отруйних речовин, які проявляються внаслідок роботи з бітумами, дьогтями, смолами, при наявності випаровувань бензину, легеневої хвороби;
- шум та вібрація при роботі дорожніх і транспортних ашин і механізмів призводять до порушень слугу.

Для ліквідації цих шкідливостей виконуються заходи, що забезпечують нормальні санітарно-технічні умови праці.

Внаслідок порушень техніки безпеки при будівництві дорожніх одягів можуть виникати різні випадки травматизму.

Перелік заходів щодо попередження травматизму при виконанні дорожньо-будівельних робіт визначається забезпеченням конструктивної міцності і стійкості дорожніх машин створенню нормальної освітленості, дотриманню допустимих швидкостей руху машин, організації своєчасного ремонту і технічного догляду за машинами.

Внаслідок порушень вимог пожежної безпеки можуть виникнути пожежі. Вірогідність пожеж при веденні механізованого технологічного процесу будівництва відносно мала, але весь персонал повинен знати правила пожежної безпеки і інструкцію про дії на випадок пожежі. Робочі місця і транспортні засоби необхідно обладнати засобами пожежегасіння відповідно до інструкції з пожежної безпеки.

Ділянка будівництва транспортної розв'язки повинна бути обладнана відповідними дорожніми знаками, огороженням та покажчиками за схемами згідно з правилами дорожнього руху. СОУ 45.2-00018112-006:2005 та узгодженими з обласним управлінням державної автомобільної інспекції.

Будівельний майданчик повинен бути облаштований санітарно-побутовими приміщеннями у відповідності з нормами, затвердженими Мінохорони здоров'я України. Зокрема, майданчик повинен бути облаштований інвентарними: вагон-виконробська, вагон для обігріву та прийому їжі працюючим, вбиральнею. На майданчику повинно бути облаштоване приміщення або куточок для розміщення аптечки з медикаментами, медичними шинами та іншими засобами для надання першої допомоги.

Будівництво дороги. Рух по ній автомобільного транспорту істотно впливає на стан навколишнього природного середовища, викликаючи в ньому з часом незворотні зміни. Масштаби та інтенсивність їх прояву залежать не тільки від складу і обсягу руху, а й від низки дорожніх факторів. У зв'язу з цим особливо важливо при проектуванні дороги правильно оцінювати можливий збиток для навколишнього середовища.

Найбільш значними складовими частинами збитку, спричиненого руху, є:

- забруднення навколишнього середовища відпрацьованими газами автомобілів;
- забруднення навколишнього середовища пилом від стирання покриттів дооги і коліс;
- підвищений рівень шуму (має істотне значення головним чином у містах).

Крім того, само прокладання дороги на місцевості веде до ряду змін ландшафту, а саме до змін гідрогеологічного режиму на прилеглих територіях.

Існує ще ряд менш значимих факторів: забруднення води і ґрунту дорожніми стічними водами, забруднення полів бур'янами з узбіч доріг, зміна ландшафту і деякі інші.

Підставою для визначення рівня загазованості повітря в районах, прилеглих до автомобільних доріг, є розрахункові рівні концентрації окису вуглецю, найбільш небезпечного і стійкого токсичного компонента, на висоті 1,5 м над краєм проїзної частини.

Розрахунковий рівень концентрації окису вуглецю визначається за формулою:

$$CO_o = (7,38 + 0,026N) \times K_1 \times K_2 \times K_3$$

де CO_o – розрахункова концентрація окису вуглецю на висоті 1.5 м над рівнем проїзної частини прямолінійної горизонтальної ділянки дороги, $кг/м^3$;

N – інтенсивність руху автомобілів і автобусів з карбюраторними двигунами, у двох напрямках, авт/год $N=6400$ авт/год;

K_1 – коефіцієнт, що враховує вплив складу транспортного потоку і швидкостей руху автомобілів;

K_2 – коефіцієнт, що враховує величину поздовжнього ухилу;

K_3 – коефіцієнт, що враховує зниження токсичності двигунів за рахунок вдосконалення їх конструкції і поліпшення експлуатації.

Наведена інтенсивність руху легкових автомобілів з урахуванням об'єму їх двигуна визначається за формулою:

$$N_p = N_l \times K_4$$

де N_p – приведена інтенсивність руху легкових автомобілів, авт/рік;

N_l – 1600 авт/рік інтенсивність руху легкових автомобілів, авт/рік;

K_4 – коефіцієнт, що враховує зміну токсичності легкових автомобілів залежно від частки середніх малолітражних автомобілів.

До малолітражних автомобілів відносяться: «NISSAN Micra», «SKODA Fabia», «OPEL Corsa», тобто автомобілі з об'ємом двигуна до 1200 см³. Значення коефіцієнтів K_1 - K_4 наведені в таблицях 6.1-6.4.

Таблиця 6.1

Частина вантажних автомобілів і автобусів з карбюраторними двигунами в загальному потоці, %	Значення коефіцієнту K_1 при швидкості транспортного потоку, км/год						
	20	30	40	50	60	70	80
80	1,17	1,11	1,05	0,90	1,02	1,11	1,21
70	1,14	1,08	1,00	0,87	0,95	1,04	1,12
60	1,12	1,04	0,95	0,83	0,89	0,93	1,03
50	1,11	1,01	0,91	0,80	0,84	0,90	0,95
40	1,09	0,97	0,86	0,76	0,77	0,78	0,85
30	1,06	0,95	0,82	0,73	0,70	0,66	0,75
20	1,05	0,91	0,77	0,69	0,62	0,57	0,67
10	1,02	0,87	0,72	0,65	0,54	0,46	0,55

Таблиця 6.2

Величина поздовжнього ухилу, %	Значення коефіцієнта K_2
Менше 10	1,00
10-30	1,02
30-50	1,04
50-70	1,06

Таблиця 6.3

Розрахунковий рік	Значення коефіцієнту K_3
2000	0,33
2006	0,17
2011	0,11

Таблиця 6.4

Частка малолітражних автомобілів від загаданої кількості легкових автомобілів, %	Значення коефіцієнта K_4
Менше 10	1,1
10-30	1,0
30-50	0,9
50-70	0,8
70-100	0,7

$$CO_o = (7,38 + 0,026 \times 6400) \times 1,02 \times 1,06 \times 0,11 = 20,67$$

$$N_{\text{п}} = N_{\text{л}} \times K_4 = 1600 \times 1,0 = 1600$$

Розрахунковий рівень концентрації CO, відповідає найбільш несприятливим погодно-кліматичним умовам (низька температура, висока вологість, відсутність вітру і температура інверсія). Розрахунок очікуваного рівня загазованості в точці. Віддаленій від автомобільної дороги більше ніж на 80 м, здійснюється за формулою:

$$C_{\text{ох}} = 0,5 \times CO - 0,1X$$

де $C_{\text{ох}}$ – розрахункова концентрація окису вуглецю на висоті 1,5 м в точці, віддаленій від автомобільної дороги на відстань X , мг/м³;

CO- розрахункова концентрація окису вуглецю на висоті 1,5 м на карасі проїзної частини, мг/м³;

$$C_{\text{ох}} = 0,5 \times CO - 0,1X = 0,5 \times 20,67 - 0,1X = 10,33 - 0,1X$$

де X – віддалення токи від автомобільної дороги, м.

Для зниження впливу транспортного шуму ід руху на прилеглу житлову забудову, санітарно-курортні зони, лікарні та громадські будівлі слід використовувати весь комплекс проектних рішень і заходів організації руху.

Основними напрямками зниження шуму в розташованих поблизу від автомобільних доріг населених пунктів слід вважати:

1. забезпечення буферної зони між автомобільною дорогою і забудовою, виходячи з обліку транспортного шуму;

2. Будівництво шумозахисних бар'єрів, яке на стадії проектування автомобільних доріг дозволить скоротити величину буферної зони, а на стадії експлуатації – знизити шум до значень, що регламентуються санітарними нормами.

3. Раціональне проектування поперечного профілю земляного полотна, що забезпечує максимальне зниження транспортного шуму.

4. Використання снігозахисних насаджень вздовж автомобільних доріг одночасно і для цілей боротьби з шумом, посадка спеціальних шумозахисних насаджень.

5. Застосування засобів організації руху, що призводять до зниження транспортного шуму, таких, як зниження швидкостей руху на ділянках автомобільних доріг, що проходять в районі населених пунктів, зменшення затримок на перетинах та їх раціональне місце розташування, розподіл потоків автомобілів по паралельних маршрутах дорожньої мережі для зниження інтенсивності руху, забезпечення постійної швидкості руху автомобілів по дорозі, без перемикання швидкостей і зупинок з наступним розгоном;

6. Будівництво дорожніх покриттів, при проїзді по яких автомобілів шум має найменшу величину.

Застосування тих чи інших заходів в якості основних визначається даними акустичної оцінки, конкретними умовами зовнішнього середовища і вимог рішення техніко-економічних завдань.

Основна вимога до дороги – забезпечення можливості комфортного і безпечного руху транспортних засобів з розрахунковою швидкістю – викликає необхідність створення відповідного поздовжнього профілю з невеликими ухилами.

Для автомобільних доріг рекомендується забезпечувати поздовжній ухил не більше ніж 30-70 промілей (в залежності від категорії дороги) і тільки в особливо важких умовах гірської місцевості допускаються ухили до 60-100

промілей. Природний рельєф, взагалі, рідко відповідає цій умові, тим більше в гірській місцевості. Вже з цієї причини спорудження дороги завжди пов'язане з необхідністю «виправляти» природний рельєф шляхом влаштування насипів і виїмок з відповідним впливом на навколишнє середовище. Найважливіша конструктивна частина дороги – земляне полотно – яке є частиною природного навколишнього середовища (у виїмці), ідповідним чином обробленої землерийною технікою, або являє собою результат штучного розроблення тієї чи іншої гірської породи (насипу) за допомогою цієї ж (або подібної) техніки. У даному випадку діяльність людини є чинником розроблення рельєфу, що створює замість природних техногенні геоморфологічні форми і елементи, які одночасно є найважливішим елементом дорожньої конструкції – земляним полотном. Земляне полотно може піддаватися всім тим природним впливам і процесам, яким піддається навколишнє середовище в районі прокладання траси дороги. Враховуючи, що дорога являє собою лінійне спорудження і може мати дуже велику протяжність. Характер і інтенсивність геологічних процесів, що впливають на дорогу на різних її ділянках, можуть помітно відрізнятися. Незважаючи на те, що будівництво дороги зачіпає дуже вузьку смугу (смуга відведення становить зазвичай 20-100 м) та обставина, що дорога може перетинати різні елементи рельєфу і водотоки, різним чином розташовуються по відношенню до напрямку стоку поверхневих вод, а також те, що при будівництві дороги завжди штучно утворюється обслуговуюча її система поверхневого водовідведення, поширення впливу споруди дороги на більш значні території, хоча б стосовно стоку поверхневих вод, річ цілком очевидна.

Вихід ґрунтових вод на укіс виїмки або близьке їх залягання до дна виїмки вимагає влаштування системи денажу для збору і відводу води. В результаті рівень ґрунтових вод в низовій частині схилу (нижче земляного полотна) може виявитися зниженим або взагалі зникне.

Перехоплення ґрунтових вод при влаштуванні виїмок призводить також до зниження рівня ґрунтових вод з верхової сторони (в межах кривої депресії).

Порушення в результаті будівництва дороги природного рельєфу та умов поверхневого стоку і сніговідкладень можуть викликати помітні зміни в процесі водної ерозії. У цьому відношенні найбільш уразливими виявляються укоси виїмок і насипів, оскільки вони мають великі ухили з одночасним розвитком на них процесів вивітрювання.

Активними осередками підвищеної ерозії служать різного року водовідвідні канали, особливо в тих випадках, коли їх поперечні ухили виявляються вищими критичних або перетини обрані недостатньо обгрунтовані, або не передбачене необхідне зміцнення. При сприятливих умовах водовідвідні канали, а також резерви можуть служити джерелами яроутворення, особливо при будівництві в умовах лесових і їх подібних ґрунтів. Зосередження значних об'ємів води в штучно створених елементах поверхневого водовідведення без прийняття відповідних захисних заходів неминуче призводить до активізації зазначеного процесу.

У кінцевій частині укісних лотків на підтоплюваних насипах влаштовуються гасителі енергії потоку і стінки проти розмиву поверхневими водами. На високих заплавах насипах на непідтоплюваних ділянках укосів допускається застосування типових телескопічних лотків з відводом води з них на укріплені підтоплювані ділянки укосів.

З метою зниження обсягу припливу дощових вод на підтоплювані укоси поверхні регуляційних споруд надається ухил в бік непідтоплюваних відкосів, при використанні грушоподібних дамб – у внутрішню їх сторону з подальшим відведенням води в лотки, розташованих в місцях сполучення укосів дороги і дамби. На ділянках високих насипів, на підходах до мостів і шляхопроводів, обмежених двосторонніми виїмками, скидання поверхневих вод з водовідвідних каналів проводиться на низову сторону. Крім того, влаштовуються закриті перепуски через дорогу на початку і в кінці насипу та закриті зливі мережі прикрайковою смугою або узбіччям.

З метою зниження шкідливих викидів в атмосферу з вхлопними газами проктом передбачено будівництво дороги з вохстороннім рухом, що дозволяє

транспортним засобам рухатись з оптимальною швидкістю не вдаючись до частих гальмувань та наступних прискорень, при яких різко збільшується кількість токсичних речовин в атмосферу. А при русі транспортного потоку з рівномірною оптимальною швидкістю (60 км/год) двигуни внутрішнього згоряння працюють в найбільш економічних режимах, при яких відбуваються мінімальні викиди в атмосферу токсичних речовин. Для цієї мети, а також для зниження рівня шуму, проектом передбачено влаштування верхнього шару покриття дорожнього одягу з щебенево-мастикового асфальтобетону (ЩМА-15).

Стаціонарних постів по спостереженню фонового забруднення та рівня забруднення атмосферного повітря на ділянці дороги немає.

При здійсненні будівництва проектом не потребується постійного водоспоживання. Тільки в процесі улаштування дорожньої конструкції з метою покращення ущільнення ґрунту, піску та гранітного і шлакового щебеню необхідно для поливу 11456 м³ води.

Спеціальне водовідведення ні в процесі будівництва, ні в процесі експлуатації дороги також не потрібно. За винятком атмосферних опадів, які стікають з проїзної частини дороги.

У відповідності з гідравлічними розрахунками з імовірністю перевищення розрахункових паводків 1 % (ДБН В.2.3-2007) з проїзної частини дороги буде з одного погонного метра 0,00054 м³/сек.

У зв'язку з малими витратами паводкових вод спеціальний водовідвід не потрібний, так як вказана кількість води практично повністю буде просочуватись у ґрунт придорожньої смуги.

Прийнята в проекті система водовідведення і зміцнення конусів і узбіч спрямована на боротьбу з водною та вітровою ерозією.

Проектом передбачено розбирання і виведення з місця будівництва усіх допоміжних конструкцій і приведення місця виробництва робіт в природний стан.

РОЗДІЛ 7

ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ КАПІТАЛЬНОГО РЕМОНТУ

7.1. Оцінка впливу автомобільної дороги на навколишнє середовище

Існуюча дорога прокладена в рівнинній місцевості. Прилеглі до дороги землі використовуються, в основному, для вирощування сільськогосподарських культур. Мають місце окремі лісо покриті ділянки. . Виходи ґрунтових вод в районі проектування не спостерігаються. Місць постійної міграції тварин через дорогу в процесі вишукувань не виявлено. Дорога не перетинає об'єкти природно - заповідного фонду та території, що зарезервована для організації заповідного фонду в майбутньому.

Із даних Міністерства охорони здоров'я район прокладення траси дороги не забруднений викидами радіонуклідів при аварії в 1986 р. на ЧАЕС. При цьому щільність забруднення місцевості цезієм -137 становить 0,1 кі/км². Ступінь забруднення території - помірний. Умови проживання населення задовільні.

З метою визначення негативної дії на навколишнє середовище самої дороги, як споруди, а також рівня забруднення, що викликане роботою автотранспорту, який рухається по дорозі, виконані необхідні розрахунки та аналіз, з висновків яких прийняті відповідні рішення.

Для системної оцінки впливу застосовуються кількісні показники забруднення навколишнього середовища у зоні її впливу інтенсивності руху, характеристики транспортних засобів, розташування та розмірів дороги, її транспортно-експлуатаційних якостей і системи експлуатації. Розрахунки виконуються на ПК за методикою "Екологія в дорожньому будівництві".

Розрахунки приведені на теперішній час та 20 - ти річну перспективу і на відстані 10, 20, 50, 100, 150, 200, 250, 300 метрів від вісі дороги.

Рівні забруднення навколишнього середовища наведені в таблиці 7.1.

Таблиця 7.1

Рівні забруднення навколишнього середовища

Показники	Відстань, м							Нормативи
	20	50	100	150	200	250	300	
Вміст речовин у повітрі, мг/м ³								
Оксид вуглицю	1,33	0,91	0,69	0,63	0,60	0,38	0,57	5,0
	3,24	1,87	1,12	0,92	0,82	0,76	0,73	
Азоту двоокис	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,085
	0,06	0,04	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	
Вміст свинцю у ґрунті, мг/кг	441,5	113,5	37,8	18,9	6,3	3,2	0,02	32,0
	1476	379,5	126,5	63,3	21,1	10,6	0,06	
Транспортний шум, ДБ`а	-	67,0	64,2	62,4	61,1	60,0	59,0	55,0
	-	71,2	68,4	66,6	65,3	64,2	63,3	
К еб	0,56	0,20	0,06	0,04	0,03	0,08	0,03	1,0
	0,84	0,60	0,15	0,07	0,05	0,03	0,03	
К кін	14,45	5,18	2,72	2,10	1,64	1,57	1,43	4,0
	47,36	13,44	5,1	3,63	2,24	1,54	1,51	
Р Т С, м	14,0							30,0
	32,0							
З С, м	112,0							300,0

Умовні позначення:

К еб - коефіцієнт екологічної безпеки;

К кін – комплексно - інтегрований показник;

р Т С - резервно-технологічна смуга;

З С - захисна смуга;

У чисельнику дані за 2010 рік, у знаменнику - 2030 рік.

Розрахунки рівнів забруднення навколишнього середовища, що приведені в табл. 7.1 показують, що рівні не перевищують меж концентрації, що допускаються, окрім транспортного шуму.

Важливим чинником, який негативно впливає як на довкілля так і на організм людини, є транспортний шум, який особливо негативно сприймається населенням. Постійний вплив транспортного шуму викликає розлади зору у водіїв при рівнях шуму, які перевищують 85-90ДБ.

Автотранспортний шум складає більше за 80% всіх шумів, які виникають у місцях перебування людей.

За характеристику шуму, що відображує його вплив на людину, приймається рівень інтенсивності звука, який вимірюється в ДБ. Автотранспортний шум в межах забудови відповідно до санітарних норм не повинен перевищувати 45 ДБА, проте на крупних магістралях значення величини автотранспортного шуму нерідко в години пікових навантажень досягають і перевищують 90 ДБ. Особливо високий рівень шуму при русі вантажних автомобілів та автопоїздів.

За розрахункові рівні звуку визначається за формулою 7.1 приймають еквівалентні рівні, які на вулицях та дорогах визначаються для точки, яка знаходиться на відстані 7,5 м від осі найближчої смуги руху прямолінійної горизонтальної ділянки дороги з асфальтобетонним покриттям:

$$L_A^{ekb} = 50 + 8.81lg N \quad (7.1)$$

де N – інтенсивність транспортного потоку.

Розрахуємо рівень шуму на ділянці автомобільної дороги Дніпро-Миколаїв:

$$L_A^{ekb} = 50 + 8.81 \lg 5700 = 84 \text{ ДБ}$$

Отже з розрахунку ми бачимо, що розрахунковий еквівалент рівня шуму перевищує потрібний. Звідси робимо висновок, необхідно провести заходи до зниження рівня шуму.

При будівництві автомобільної дороги виконуємо один з методів зниження шуму - встановлення шумозахисного бар'єру або за рахунок озеленення. За даними спостережень озеленення сприяє зниженню рівня шуму на 15...20 ДБ. Завдяки озелененню відсутній негативний психологічний вплив на водія, як при звичайній бетонній стіні.

На відстані більше 185 м дорога екологічно безпечна.

7.2. Джерела впливу автомобільної дороги на навколишнє природне середовище

Автодороги належать до лінійних споруд, які спричиняють суттєвий негативний вплив на всі компоненти навколишнього природного середовища та населення. Вплив автодороги на довкілля пов'язаний як з самим об'єктом, так і з транспортними засобами.

Капітальний ремонт супроводжується тимчасовим негативним впливом:

- незворотні зміни рельєфу за рахунок проведення земляних робіт спорудження полотна автодороги, будівництва інженерних споруд тощо;
- незворотні зміни інженерно-геологічних властивостей ґрунтів у зоні відведення землі на ділянках виїмок та насипів;
- можливе забруднення поверхні ґрунту паливно-мастильними матеріалами та будівельним сміттям;

- тимчасовий негативний вплив на повітряне середовище викидів відпрацьованих газів, шуму та пилу від працюючих механізмів;

- тимчасовий негативний вплив на рослинний та тваринний світ завдяки порушенню існуючих шляхів міграції диких тварин, шуму та пилу від працюючих механізмів, внаслідок штучного освітлення, через зміну життєвого середовища при впровадженні лісозахисних смуг.

До джерел впливів на навколишнє середовище під час експлуатації слід віднести:

- викиди забруднюючих речовин, які утворюються при спалюванні палива, в атмосферне повітря;

- акустичний вплив від руху транспортних засобів;

- забруднення сміттям ґрунтів та поверхневих вод;

- вплив на тваринний світ внаслідок створення перешкод для міграції тварин;

- можливість виникнення аварійних ситуацій різного ступеню небезпеки на різних ділянках траси.

Помітного впливу на стан повітряного басейну в районі проходження дороги завдаватиме експлуатація автомобільного транспорту. Адже під час експлуатації автомобілів у повітря потраплятимуть відпрацьовані гази, продукти зношення механічних частин, покриттів і дорожнього покриття. Крім того робота автомобільного двигуна спричиняє підвищений рівень шуму. Забруднення ґрунтів неочищеними стоками обмежує сільськогосподарське використання земель.

Дорога також створює штучний ізоляційний бар'єр, який ускладнює, а часто унеможлиблює міграцію тварин між окремими осередками існування. Особливо небезпечним цей є на відкритих територіях, де дикі тварини мешкають в ізольованих лісових насадженнях, що розташовані на значних відстанях. Не слід забувати, що на територіях прилеглих до автомагістралей, інтенсивно розвивається інфраструктура, збільшується кількість людей, що також значною мірою впливає на довкілля. Тому так важливо мінімізувати шкідливі впливи.

7.3. Заходи щодо мінімізації негативного впливу на стан навколишнього середовища

На ділянці автомобільної дороги Мельтополь-Одеса було проведено такі заходи щодо забезпечення нормативного стану навколишнього середовища :

прокладення траси з максимальним використанням існуючої смуги відведення та дороги;

- запобігання водній та вітровій ерозії земляного полотна шляхом укріплення укосів і розподільчої смуги засівом трав з підсипкою ґрунту;

-максимальне зменшення транспортного шуму;

-створення очисних споруд, водо - та сміттєзбірників на території будівництва, дотримання під час ремонтних робіт екологічних та санітарних нормативів, у разі потрапляння ПММ на поверхню ґрунту - негайне їх видалення;

-реконструкція та, при потребі, влаштування нових труб для пропуску води з водовідвідними канавами та водоприймальними колодязями на виході по довжині ділянки траси у необхідній кількості;

-для зменшення пилоутворення передбачається полив ґрунту при його ущільненні;

-верхній шар ґрунту, що буде зніматися, використовується для поліпшення родючості ґрунтів на укосах;

-максимальне збереження існуючих придорожніх лісонасаджень, влаштування функціонального та декоративного озеленення дороги ;

-влаштування огорожень на ділянках проходження дороги в межах лісу для запобігання раптової появи тварин на дорозі

Збільшення ширини проїзної частини дозволить транспортним засобам рухатися без різких змін режимів руху (гальмувань та розгонів), що понизить рівень загазованості, отже викидів на прилеглу територію шкідливих речовин: безоперену, окислу вуглецю, свинцю, цинку та інших

7.4. Озеленення автомобільної дороги

Для покращення стану навколишнього середовища виконується озеленення автомобільної дороги.

Озеленення прилеглих територій до автомобільної дороги має важливу роль при будівництві та капітальному ремонті та виконує ряд функцій:

- технічну – затримка снігу, закріплення укосів, схилів, дренажу ґрунтів;
- безпеки руху – створення зорових орієнтирів, захист від бічного вітру та ін.;
- охорони довкілля – захист від шкідливих викидів відпрацьованих газів автомобілів, захист від шуму;
- естетичну – ув'язка дороги з оточуючим ландшафтом, підкреслення красивих пейзажів.

Придорожні насадження використовують для захисту придорожного простору в населених пунктах від транспортного шуму. Для цього смуга зелених насаджень має бути 20...30 м завширшки, вищі дерева розміщують у центрі смуги. Простір між рядами дерев засаджують чагарником.

Також озеленення здатне знижувати і біологічно переробляти токсичні сполуки, посилювати вертикальні повітряні течії.

Найбільш істотне зниження відпрацьованих газів можливе при поєднанні багатоярусної густої посадки дерев та кущів. При такій формі озеленення токсичні речовини скупчуються в посадках, а також разносяться вертикальними повітряними течіями.

При проведенні робіт по будівництву автомобільної дороги проектом передбачається збереження існуючих насаджень в межах смуги відводу, проте це не завжди вдається, тому виникає необхідність в їх реконструкції.

Декоративне озеленення згідно з існуючими садово-парковими стилями та місцевими умовами створюється такими прийомами:

- регулярним – лінійні (алейні або рядові) посадки дерев та чагарників.
- ландшафтним або вільним – групові посадки дерев та чагарників в поєднанні з прилеглим до дороги ландшафтом;
- мішаним – поєднання регулярних та вільних посадок, а також комплексні посадки біля перехресть, автобусних зупинок та ін.

Деревні та чагарникові породи, використані для озеленення дороги, мають певні декоративні якості (форму та розмір крони, забарвлення листя та ін.), що дозволяє створити привабливі насадження.

Снігозахисні насадження є одним з основних та економічних видів пасивного захисту автомобільної дороги від снігових заносів і, в залежності від обсягу снігопереносу конструкція насадження являє різною.

Підбір деревних та чагарникових порід для снігозахисних насаджень здійснюють з урахуванням конкретних лісо рослинних умов, біологічних та снігозатримувальних властивостей, якими є: стійкість до сніголому, інтенсивне порослеве поновлення, густе галуження та щільність крони та ін.

Ефективний захід по підвищенню працездатності снігозахисних насаджень є рубки догляду. Їх проводять згідно з діючою інструкцією по проведенню рубок догляду в снігозахисних насадженнях вздовж автомобільної дороги.

Створення протиерозійних насаджень має основну мету – захист доріг від водної та вітрової ерозії, а також боротьбу із зсувами. Застосування травосумішей для створення живого рослинного покриву (газону) є також однією з форм протиерозійного озеленення.

Для укріплення рівних площин та пологих укосів в смузі відводу дороги застосовують висівання насіння газонних трав. Для цього беруть низові кореневищні, кореневищно - дірчастокущові та дірчастокущові трави, що мають

достатню стійкість до відсутності вологи в ґрунті та утворюють суцільну міцну дернину. Перелік дерев та кущів придатних для придорожніх насаджень: вишня лісова, ясен гостролистий, яблуня лісова, ялина звичайна, береза, акація біла, бузок звичайний, шипшина.

7.5. Висновки

Автомобілізація приносить людям найрізноманітніші блага, водночас її розвиток супроводжується вкрай негативними явищами. Автомобільні дороги стали місцем загибелі багатьох людей, транспортні засоби є одними з найактивніших забруднювачів атмосферного повітря, води та ґрунтів, шумового та вібраційного забруднення. Дорожня мережа проходить через цінні сільськогосподарські землі, від шкідливого впливу автомобільного транспорту страждає тваринний та рослинний світ.

Будівництво нових та реконструкція існуючих автомагістралей негативно впливає на навколишнє природне середовище, зокрема на земельний фонд, через руйнування природного ландшафту, дорожній пил, важкі складові відпрацьованих газів автомобілів, продукти зносу самих транспортних засобів, акустичний шум тощо. Тому питання виникнення чинників негативного впливу на земельні ресурси та зони їх розповсюдження при будівництві нових та реконструкції існуючих автомобільних доріг вимагає детальнішого вивчення.

Автомагістраль в екологічному аспекті розглядається не тільки як інженерна споруда, а як витягнуте в лінію підприємство, яке виконує транспортну роботу і взаємодіє з довкіллям.

Вплив автомобільних доріг і автотранспорту, що рухається ними, на навколишнє середовище виявляється у складній взаємодії чинників, які можна розділити на дві групи: дорожні та транспортні. До дорожніх чинників належать: порушення єдності й цілісності природнього комплексу; зміна природних комплексів і рельєфу місцевості протягом будівництва; відведення під будівництво автомобільної дороги земельних угідь. До транспортних чинників належать: забруднення прилеглої до дороги смуги шкідливими

речовинами, що містяться в відпрацьованих газах автомобілів; шум і загазованість повітря, що виникають внаслідок руху автомобільного транспорту.

Автомобільна дорога порушує існуючі в природі основні баланси: біологічний; водний; гравітаційний; радіаційний. Одним з негативних наслідків автомобілізації є транспортний шум, який не менш шкідливий, ніж забруднення повітря чи води. Ця проблема насамперед виникає на дорогах, що перетинають житлову забудову, проходять поблизу лікарень, санаторіїв, будинків відпочинку, на курортних, паркових дорогах і швидкісних дорогах великих міст.

Рівень шумового впливу транспорту на довкілля визначають за наявності в зоні впливу дороги сельбищних і промислових територій населених пунктів, зон масового відпочинку, санітарно-курортних зон, територій сільськогосподарського призначення, об'єктів природно-заповідного фонду, цінних природних угідь і лісових масивів, пам'яток історії та архітектури.

Транспортний шум погіршує якість навколишнього середовища на прилеглих до дороги територіях, негативно впливає на нервову систему людини, знижує працездатність, зменшує опірність серцево-судинним захворюванням.

Отже, для запобігання всіх вище приведених негативних факторів, які створює дорога під час своєї експлуатації були проведені вище зазначені заходи щодо забезпечення нормативного стану навколишнього середовища та екологічної безпеки.

ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній роботі досліджено методи підвищення колієстійкості при влаштуванні нежорстких дорожніх одягів при виконанні капітального ремонту ділянки автомобільної дороги Мелітополь – Одеса.

В кваліфікаційній роботі розроблений план траси автомобільної дороги, що підлягає капітальному ремонту.

Сіркоасфальтобетон має високу зсувостійкість та жорсткість в умовах впливу високих експлуатаційних температур. Сіркоасфальтобетон володіє високою стійкістю до колієутворення, і відповідно підвищеною довговічністю. Застосування сірчаного модифікатора дозволяє знизити температуру приготування асфальтобетону та підвищити технологічні властивості сумішей. Вирішена проблема емісії токсичних газів. Досягається економічний ефект за рахунок заміщення бітуму сірчаним модифікатором.

Використання в якості добавки для асфальтобетонів сірчаного модифікатора частково вирішує проблему утилізації технічної сірки.

Довжина ділянки автомобільної дороги Мелітополь-Одеса має довжину, що становить 5 км 400 м. Автомобільна дорога належить до II категорії.

Максимальний поздовжній ухил ділянки автомобільної дороги Мелітополь-Одеса складає: $i=0,034$.

Ширина проїзної частини на всіх поперечниках ділянки автомобільної дороги Мелітополь-Одеса становить 7,5 м. Ширина узбіччя складає 3,75 м.

При капітальному ремонті ділянки автомобільної дороги Мелітополь-Одеса необхідно виконати такі роботи:

- освоєння території та підготовчі роботи.
- знімання та обвалування рослинного ґрунту;
- розбирання існуючих штучних покриттів, споруд та інженерних комунікацій.
- геодезичні та розбивочні роботи
- розбивання ділянки дороги;

- розбивання осей дороги;
- розбивання пікетажних та плюсових точок у плані та по висоті.
- земляні роботи
- підготовка основи під насип;
- пошарове відсипання та ущільнення;
- улаштування корита штучних покриттів;
- підготовка поверхні розробленої виїмки.
- штучні основи
- оздоблення поверхні корита штучних покриттів;
- улаштування основ із кам'яних матеріалів;
- улаштування геотекстилю;
- улаштування укріплення для корита;
- агротехнічні роботи та благоустрій
- відновлення рослинного ґрунту;
- огляд робіт по благоустрою ділянки;
- внесення мінеральних добрив;
- висівання насіння травосуміші.

ЛІТЕРАТУРА

1. Державні будівельні норми України: Автомобільні дороги. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво. ДБН В.2.3 – 4:2015. – К.: Мінрегіон України, 2015. – 112 с.
2. ГБН В.2.3-37641918-559:2019 Автомобільні дороги. Дорожній одяг нежорсткий. Проектування.
3. ДСТУ Б В.2.7-119:2011 Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон дорожній та аеродромний. Технічні умови.
4. ДСТУ Б В.2.7-127:2015 «Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон щибенево-мастикові. Технічні умови».
5. У Зеленського презентували проєкт спорудження нової обхідної дороги навколо Києва | Економічна правда (epravda.com.ua).
6. ДБН В.2.3-5-2018. Вулиці та дороги населених пунктів. К. : Мінрегіон розвитку, будівництва та ЖКГ України, 2018. 61 с.
7. ДСТУ 2587:2010 «Розмітка дорожня». Загальні технічні вимоги. Методи контролювання. Правила застосування. Проектування.
8. Міністерство освіти науки України Національний університет водного господарства та природокористування О. Б. Потійчук, Л. М. Піліпака “Транспортні розв’язки” Навчальний посібник Рівне 2020 рік.
9. Проектування автомобільних доріг : методичні рекомендації до виконання курсового проєкту / уклад.: О. С. Чернишова, О. В. Степанчук, О. М. Дубик. - НАУ, 2023. - 40 с.
10. Дубик О. М. Аналіз методів розрахунку на міцність дорожніх одягів нежорсткого типу при застосуванні технології холодного ресайклінгу // Проблеми розвитку міського середовища. К.: НАУ, 2014, №11. - С. 465-474.
11. ДНАОП 5.1.14 – 1.01 – 96 «Правила охорони праці при будівництві, ремонті та утриманні автомобільних доріг і на інших об’єктах дорожнього господарства».
12. ДСТУ 2293:2014 Охорона праці. Терміни та визначення основних

понять.

13. ДБН А.3.1-5-96 Організація будівельного виробництва.
14. Планування та забудова територій : ДБН Б.2.2-12:2019 [Чинні від 2019-10-01]. – К.: Мінрегіон України, 2019. – 185 с.
15. Арсеньєва, Н. О. Удосконалення методу розрахунку нежорстких дорожніх одягів з урахуванням критерію міцності асфальтобетонних шарів на зсув [Текст]: дис. ... канд. техн. наук / Н. О. Арсеньєва. – Х., 2014. – 212 с.
16. Talakh, S. Computational investigation of composed multilayered half-space strength under pavement [Text] / S. Talakh, O. Dubik // Proceedings of the National Aviation University. – 2015. – Vol. 64, Issue 3. – P. 97–104. doi: 10.18372/2306-1472.64.9030.
17. Сасько М.Ф. Перваги і недоліки застосування технології холодного реайклінгу/М.Ф. Сасько, І.В. Копинець// Автошляховик України. – 2011. - №1. – С. 33 – 39. 31. Сасько М.Ф. Холодний ресайклінг – сучасна прогресивна технологія відновлення нежорстких дорожніх одягів /М.Ф. Сасько // Автошляховик України. – 2010. - №1. – С. 38 – 41.
18. Говоруха О.В. Улаштування шарів дорожнього одягу із застосуванням фрезерованого асфальтового дрібняку / Жданюк В.К., Говоруха О.В., Гнатів М.Я., Іваниця Ю.П. // Автошляховик України. – 2003. - №2. – С. 30 – 31.
19. Говоруха О.В. Перспективи використання холодних органо-гідралічних сумішей на основі фрезерованого дрібняку / Жданюк В.К., Говоруха О.В., Гнатів М.Я., Іваниця Ю.П. // Автошляховик України. – 2004. – №2. – С. 37 – 38.
20. Жданюк В.К. Дослідження деформаційних і міцнісних характеристик бетонів на основі фрезерованого асфальтобетону / Жданюк В.К., Говоруха О.В. // Комунальне господарство міст. – Харків, 2012. - №103. – С. 92 – 98.
21. Говоруха О.В. Вдосконалення технології регенерації асфальтобетонів для ремонту і реконструкції автомобільних доріг: дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук: 05.22.11 / Говоруха Олександр Володимирович. – Харків, 2012. – 191 с.