

Міністерство освіти і науки України

Луцький національний технічний університет

(повне найменування закладу вищої освіти)

Факультет архітектури, будівництва та дизайну

(повне найменування факультету)

Кафедра будівництва та цивільної інженерії

(повне найменування кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «МАГІСТР»

КАПІТАЛЬНИЙ РЕМОНТ а/д Н-16 ЗОЛОТОНОША – ЧЕРКАСИ – СМІЛА – УМАНЬ у ЧЕРКАСЬКІЙ ОБЛАСТІ

спеціальність 192 Будівництво та цивільна інженерія
(шифр і назва спеціальності)

освітня програма «Будівництво та цивільна інженерія»
(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти
групи БЦІм-21
ДОВГУН Андрій Анатолійович

(підпис)

Керівник:
к.т.н., доцент
ТАЛАХ Людмила Олександрівна

(підпис)

Кваліфікаційну роботу
допущено до захисту
« ____ » грудня 2025 р.
к.т.н., доцент
Гарант освітньої програми:
КИСЛЮК Дмитро Ярославович

(підпис)

Луцьк – 2025 року

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет архітектури, будівництва та дизайну

Кафедра будівництва та цивільної інженерії

Ступінь вищої освіти: магістр

Галузь знань: 19 Архітектура та будівництво

Спеціальність: 192 – Будівництво та цивільна інженерія

Освітня програма: «Будівництво та цивільна інженерія»

Індивідуальна освітня траєкторія здобувача: «Автомобільні дороги та аеродроми»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ О. УЖЕГОВА

" 23 " жовтня 2025 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

_____ ДОВГУН Андрій Анатолійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема кваліфікаційної роботи _____ Капітальний ремонт а/д Н-16 Золотоноша - Черкаси - Сміла –
Умань у Черкаській області

Керівник роботи _____ Людмила ГАЛАХ к.т.н., доцент

(ім'я, прізвище, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від " 05 " лютого 2025 року №68/01-02
та змінами до цього наказу №439/01-02 від 23 жовтня 2025 року.

2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи _____ 01 грудня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи _____ Матеріали інженерних вишукувань по об'єкту: кліматичні умови регіону;
дані по будівельно-матеріальним ресурсам регіону; характеристики транспортних потоків; план
місцевості з даними по землеволодінню, інфраструктурі, комунікаціях; ґрунтово-геологічні
характеристики; гідрологічні дані по місцевості.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
_____ Вступ, Розділ 1. Планувальні рішення, Розділ 2. Конструктивні рішення, Розділ 3. Технологія
будівництва, Розділ 4. Організація будівництва, Розділ 5. Охорона праці, Розділ 6. Економіка
будівництва, Розділ 7. Наукова частина

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

1. План автомобільної дороги

3. Поздовжній профіль

4. Поперечні профілі земляного полотна

5. Конструкції дорожнього одягу

6. Штучна споруда _____

7. Організація дорожнього руху _____

8. Будівельний генеральний план _____

9. Лінійний календарний графік _____

10. Технологічна схема улаштування дорожнього одягу _____

11. Наукова частина (подача графічного матеріалу необмежена) _____

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Планувальні рішення	ТАЛАХ Л.О., доцент		
Конструктивні рішення	ПРОЦЮК В.О., доцент		
Технологія будівництва	ШИМЧУК О.П., доцент		
Організація будівництва	ШИМЧУК О.П., доцент		
Охорона праці	ТАЛАХ Л.О., доцент		
Економічна частина	ТАЛАХ Л.О., доцент		
Наукова частина	ТАЛАХ Л.О., доцент		

7. Дата видачі завдання " 05 " лютого 2025 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Збір вихідних даних за темою роботи. Виконання 1 і 2 розділів (планувальні рішення, конструктивні рішення)	14.10.2025	
2	Виконання 3 і 4 розділів (технологія будівництва, організація будівництва)	25.10.2025	
3	Виконання 5, 6 і 7 розділів (охорона праці, економіка будівництва, наукова частина)	29.11.2025	
4	Подання виконаної кваліфікаційної роботи на інструментальну перевірку щодо академічного плагіату	06.12.2025	
5	Подання виконаної роботи з відгуком керівника на підпис завідувачу кафедри, направлення на рецензію	14.12.2025	
6	Подання виконаної роботи на підпис декану та відповідальному секретарю екзаменаційної комісії	14.12.2025	
7	Захист кваліфікаційної роботи	20.12.2025, 26.12.2025	

Здобувач вищої освіти _____
(підпис)

Андрій ДОВГУН
(ім'я та прізвище)

Керівник кваліфікаційної роботи _____
(підпис)

Людмила ТАЛАХ
(ім'я та прізвище)

АНОТАЦІЯ

ДОВГУН А.А. Капітальний ремонт а/д Н-16 Золотоноша – Черкаси – Сміла–Умань у Черкаській області (на матеріалах інженерних вишукувань по об'єкту; кліматичних умовах регіону, даних по будівельно-матеріальних ресурсах регіону; характеристиках транспортних потоків, плану місцевості з даними по землеволодінню, комунікаціях; ґрунтово-геологічних характеристиках; гідрологічних дані по місцевості). Рукопис.

Кваліфікаційна робота магістра освітньої програми «Будівництво та цивільна інженерія» спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2025.

Кваліфікаційна робота магістра складається з вступу, семи розділів, висновків, додатків, списку використаних джерел.

У роботі розроблено проект капітального ремонту автомобільної дороги Н-16 Золотоноша – Черкаси – Сміла – Умань у Черкаській області та запропоновані ефективні, сучасні технології з посилення конструкції покриття влаштування дорожнього одягу відфрезерованим матеріалом, укріпленням цементом та стабілізованим полімерною добавкою Enviroseal M10+50.

Досліджено та проаналізовано стан автомобільної дороги на ділянці проектування та обґрунтовано доцільність проведення капітального ремонту даної ділянки траси.

В роботі проведено дослідження зразків на міцність, дослідження властивостей зразків при впливі на них води, дослідження з визначення середньої густини ущільненого матеріалу та пористості мінеральної частини, залишкової пористості, зсувостійкості та морозостійкості.

Запропоновані заходи з облаштування автомобільної дороги та її благоустрою.

Ключові слова: автомобільна дорога, земляне полотно, дорожній одяг, полімерна добавка, штучна споруда, регенерація

ABSTRACT

DOVGUN A.A. Overhaul of the H-16 Zolotonosha –Cherkasy –Smila –Uman in Cherkasy Oblast (based on materials from engineering surveys of the object; climatic conditions of the region, data on construction and material resources of the region; characteristics of transport flows, a plan of the area with data on land ownership, communications; soil and geological characteristics; hydrological data on the area). Manuscript.

Master's degree thesis of the educational program «Construction and Civil Engineering» specialty 192 Construction and Civil Engineering. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2025.

The master's thesis consists of an introduction, seven chapters, conclusions, appendices, and a list of sources used.

The work developed a project for the major repair of the H-16 Zolotonosha – Cherkasy –Smila –Uman highway in the Cherkasy region and proposed effective, modern technologies for strengthening the structure of the road surface with milled material, reinforced with cement and stabilized with the polymer additive Enviroseal M10+50.

The condition of the highway at the design site was investigated and analyzed, and the feasibility of carrying out major repairs to this section of the highway was substantiated.

The work includes a study of samples for strength, a study of the properties of samples when exposed to water, and a study to determine the average density of the compacted material and the porosity of the mineral part, residual porosity, shear resistance, and frost resistance.

Measures for the construction and improvement of the highway are proposed.

Keywords: highway, earthen road, road surface, polymer additive, artificial structure, regeneration

ЗМІСТ

ВСТУП	6
Розділ 1. ПЛАНУВАЛЬНІ РІШЕННЯ	
1.1. Характеристика дорожньої мережі регіону	7
1.2. Природні умови	9
1.3. План траси	11
1.4. Поздовжній профіль	14
1.5. Земляне полотно	15
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1	15
Розділ 2. КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ	
2.1. Дорожній одяг	16
2.2. Штучні споруди	19
2.3. Обстановка дороги	23
2.4. Організація дорожнього руху	23
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2	24
Розділ 3. ТЕХНОЛОГІЯ БУДІВНИЦТВА	
3.1. Підготовчі роботи	25
3.2. Фрезерування існуючого ДО	26
3.3. Улаштування покриття з АБ	30
3.4. Укріплення укосів земполотна	31
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3	32
Розділ 4. ОРГАНІЗАЦІЯ БУДІВНИЦТВА	
4.1. Розрахунок тривалості будівництва	33
4.2. Потреба будівництва в тимчасових спорудах, воді та електриці	33
4.3. Умови забезпечення об'єкту будівництва основними матеріалами	34
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 4	36
Розділ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ	37
ВИСНОВКИ ПО РОЗДІЛУ 5	38

Розділ 6. ЕКОНОМІКА БУДІВНИЦТВА

6.1. Аналіз вартості покриття 39

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 6 41

Розділ 7. НАУКОВА ЧАСТИНА

7.1. Актуальність теми 42

7.2. Аналіз проблеми накопичення та утилізації
асфальтних відходів закордоном та в Україні 43

7.3. Загальна характеристика полімерного стабілізатора 45

7.4. Виготовлення зразків 46

7.5. Дослідження зразків на міцність 48

7.6. Дослідження властивостей зразків при впливі на них води 52

7.7. Дослідження інших властивостей зразків 54

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 7 63

Література 66

Додаток А Зведений кошторисний розрахунок

вартості об'єкта будівництва 69

Додаток Б. Графічна частина 73

1. ВСТУП

Проект на тему: «Капітальний ремонт а/д Н-16 Золотоноша – Черкаси – Сміла – Умань у Черкаській області» виконаний відповідно до завдання.

Н-16 бере початок від кільцевого перехрестя з а/д Н-08, на початку об'їзної траси м. Золотоноша, на околиці н.п. Згар, прямує до Кременчуцького водосховища на південь, перетинає його Черкаською дамбою та закінчується на кільцевому перехресті з а/д М-30. При цьому сполучає усі основні населені пункти регіону. Загальна довжина становить 209,7 км.

Запроектована траса удосконаленого капремонту розташована в межах Звенигородського району Тальнівської міської громади Черкаської області. Пролягає через н.п. Соколівочка. Стан покриття вкрай незадовільний, а проектна частина а/д належить до одних з найскладніших ділянок траси і характеризується великим відсотком руйнування ДО по усій площі поверхні. Тому потребує проведення капремонту.

Існуюча а/д Н-16 віднесена до доріг II категорії [1] в пересіченій місцевості. У зв'язку з проляганням проектної ділянки а/д в межах с н.п. Соколівочка за [2] проектну ділянку розроблено за параметрами житлових вулиць населених пунктів.

Запроектовані рішення проведення капремонту забезпечують поліпшення умов проїзду ТЗ, БДР, необхідні маневри автівок без створення конфліктних точок, збереження навколишнього середовища.

Проектними рішеннями передбачено влаштування посилення конструкції покриття укріпленням цементом та стабілізованим полімерною добавкою Enviroseal M10+50 відфрезерованим матеріалом. Повторне застосування АБ не лише сприяє збереженню ресурсів будівельної галузі, але також сприяє покращенню екологічної ситуації навколишнього середовища та призводить до економії витрат на транспортування відпрацьованого матеріалу.

Розділ 1. ПЛАНУВАЛЬНІ РІШЕННЯ

1.1. Характеристика дорожньої мережі регіону

Черкащина є перехрестям а/д, які сполучають північ і південь, захід і схід України. По території регіону проходять міжнародні транспортні коридори «Критський № 9» та «Балтійське море – Чорне море», які співпадають з а/д М-05 (Е-95) та М-12. Важливою артерією національного значення є а/д Н-16, що простягається через усю область.



Рисунок 1.1 Сітка а/д Черкащини

Однак дорожня інфраструктура області на даний час потребує проведення заходів з їх збереження, розвитку, поліпшення рівня БДР та комфортності перевезень.

До 2021 року загальне число перевезених вантажів усіма видами ТЗ в зменшився на 8,2%.

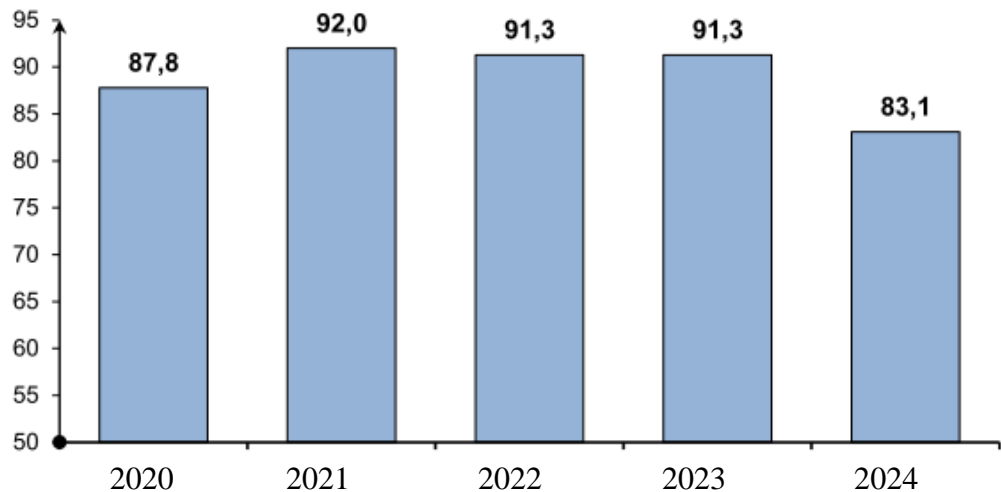


Рисунок 1.2 Кількість перевезень за крайні роки

Однією з основних причин спаду перевезень вантажів та пасажирів в області є невідповідність темпів розбудови а/д темпам автомобілізації та відставання у розбудові автодорожньої мережі.

Найбільшими проблемами а/д на даний час є природне старіння БНД, невідповідність товщини ДО існуючим навантаженням, в результаті чого покриття дороги втрачає несучу здатність, з'являються чисельні тріщини, вибоїни, колійність та напливи.

Про це свідчить статистика Служби автомобільних доріг в області (рис. 1.4).



Рисунок 1.3 Характеристика а/д Черкащини

Це стосується також а/д Н-16, особливо на ділянці, що проходить через н.п. Соколівочка. Тому метою проєкту є розробити заходи щодо підвищення властивостей ДО, покращення БДР шляхом застосування передових матеріалів та технологій.

1.2. Природні умови

Для ділянки характерний клімат II ДКЗ. Траса пролягає у помірно зволоженій місцевості.

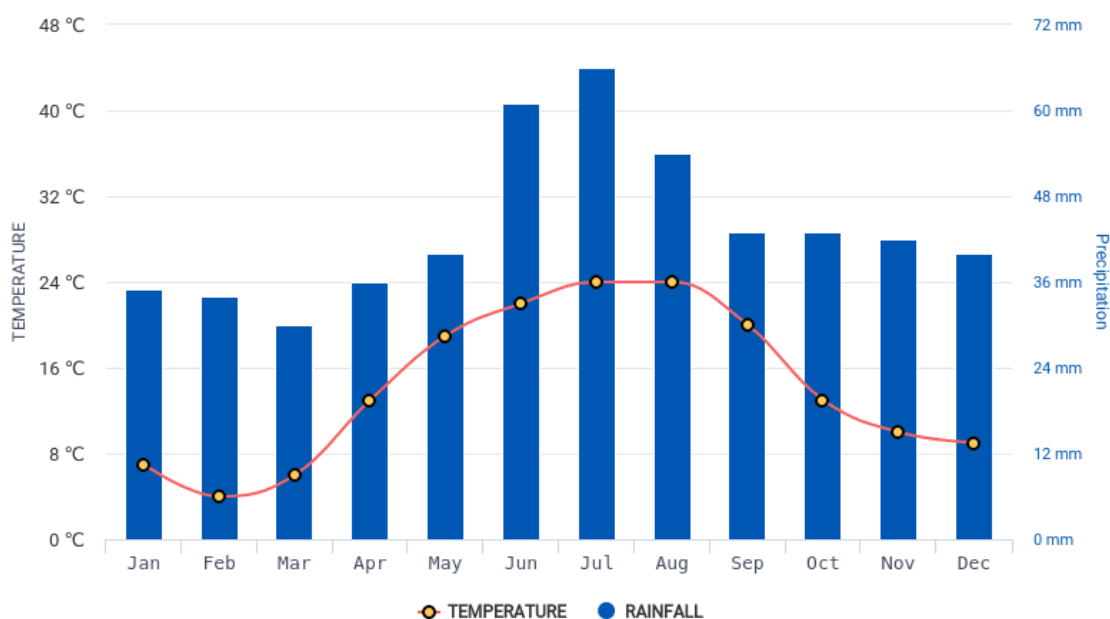


Рисунок 1.4 Кліматичні показники Черкаської області

Температура характеризується такими максимальними та мінімальними показниками: +28 °C у липні та у серпні, – 5°C у лютому.

Напрямок вітру переважно західний.

Взимку покрив снігу може досягати до 12 см, а ґрунт промерзати на глибину до 89-91 см.

Геологія Черкащини вирізняється розташуванням в межах Дніпровсько-Донецької западини та на східній ділянці Українського кристалічного щита. Це формує різноманітність геологічної будови регіону.

ЧЕРКАСЬКА ОБЛАСТЬ

ГЕОЛОГІЧНА КАРТА. ОБ'ЄКТИ МІНЕРАЛЬНО-СИРОВИННОЇ БАЗИ

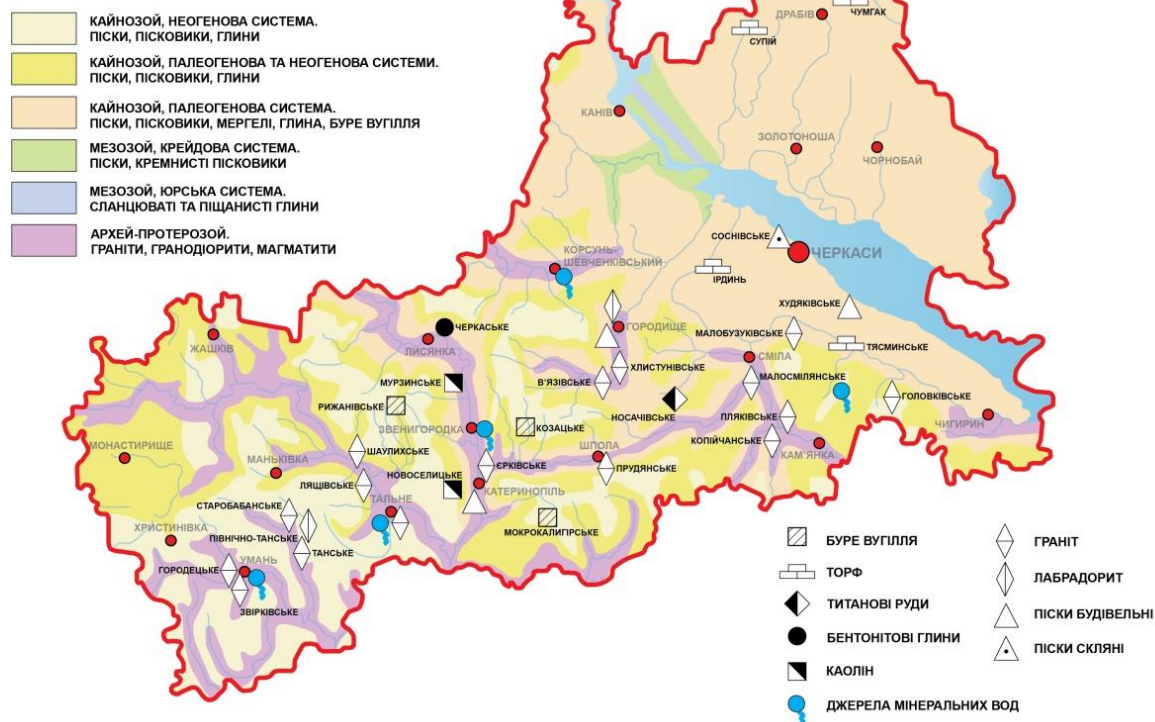


Рисунок 1.5 Геологія регіону

На основі даних інженерно-геологічних та лабораторних виділені наступні різновиди ґрунтів (ІГЕ):

ІГЕ-1 – ДО потужністю 0,19–0,6 м.

ІГЕ-2а – насипний гравіюватий мало вологий ґрунт з піщаним заповнювачем потужністю 0,6-1,4 м, уламки якого представлені пісковиком та вапняком.

ІГЕ-2б – насипний гравіюватий мало вологий ґрунт з суглинистим заповнювачем потужністю 0,5-4,0 м, уламки якого представлені мергелем.

ІГЕ-3 – суглинок важкий пілуватий потужністю до 0,7 м.

ІГЕ-4 – мергель тріщинуватий маломіцний розкритою потужністю до 1,0 м.

На правій смузі ділянки ПК 21+50 – ПК 22+80 відмічені сильні пучини. Тут при бурінні свердловини було відібрано зразки з насипу.

За даними ґрунти насипу добре ущільнені та представлені гравіюватим ґрунтом з мало вологим суглинистим заповнювачем Щільність ґрунту становить $2,06 \text{ г/см}^3$, коефіцієнт пористості рівний $0,51$, що відповідає нормам.

Встановлено, що причиною пучин є відсутність на доволі крутій ділянці а/д зрегульованого поверхневого стоку води, а також недостатня потужність товщини ДО.

1.3. План траси

З врахуванням проходження а/д Н-16 в пересіченій місцевості ділянка має в плані задовільні параметри. Під час проведення капремонту вони залишаються практично без змін.

Протяжність проектної ділянки а/д Н-16 складає 3750 м .

В магістерській роботі передбачено 4 кути повороту з мінімальним значенням радіуса заокруглення 600 метрів .

Обчислимо усі елементи для I кута повороту:

- ВК1 ПК $6+36,38$;
- кут $45^\circ 15'$, ліворуч;
- радіус КК $R_I=600 \text{ м}$.

За [3] значення елементів кривої:

$$T_1 = 0,54855 \cdot 600 = 329,13 \text{ м};$$

$$K_1 = 1,04212 \cdot 600 = 625,27 \text{ м};$$

$$D_1 = 0,055 \cdot 600 = 33 \text{ м};$$

$$B_1 = 0,097533 \cdot 600 = 58,52 \text{ м}.$$

Перевірка:

	ВК1	ПК $6+36,38$		ВК1	ПК $6+36,38$
-	T_{c1}	$3+29,13$		$+T_{c1}$	$3+29,13$
	ПК	ПК $3+07,25$			ПК $9+65,51$
+	K_{c1}	$6+25,27$		$-D_1$	$33,00$
	КК	ПК $9+32,52$		КК	ПК $9+32,51$

Для II кута повороту:

- ВК2 ПК 27+09,40;
- кут $0^{\circ}37'$, праворуч;
- радіус КК $R_2=600$ м.

$$T_2 = 0,0000032 \cdot 600 = 0,002 \text{ м};$$

$$K_2 = 0,000036 \cdot 600 = 0,02 \text{ м};$$

$$D_2 = 0,00000005 \cdot 600 = 0,00003 \text{ м};$$

$$B_2 = 0,00013 \cdot 600 = 0,078 \text{ м}.$$

Оскільки кут повороту надзвичайно малий і має показник менше одного градуса, то всі елементи кривої прирівнюємо до нуля, оскільки їх показники фізично неможливо відобразити на ділянці а/д через низькі значення.

Показники III кута повороту:

- ВК3 ПК 31+31,45;
- кут 27° , праворуч;
- $R_3=600$ м.

Тоді за аналогією:

$$T_3 = 0,34062 \cdot 600 = 204,37 \text{ м};$$

$$K_3 = 0,67123 \cdot 600 = 402,74 \text{ м};$$

$$D_3 = 0,00965 \cdot 600 = 5,79 \text{ м};$$

$$B_3 = 0,03013 \cdot 600 = 18,08 \text{ м}.$$

Перевірка:

ВК3	ПК 31+31,45	ВК3	ПК 31+31,45
- T_{c3}	2+04,37	+ T_{c3}	2+04,37
ПК	ПК 29+27,08		ПК 33+35,82
+ K_{c3}	4+02,74	- D_3	+05,79
КК	ПК 33+29,82	КК	ПК 33+29,83

Для IV кута повороту:

- ВК4 ПК 35+59,65;
- кут $23^{\circ}30'$, ліворуч;
- радіус КК $R_4=600$ м.

Тоді визначаємо:

$$T_4 = 0,30832 \cdot 600 = 184,99 \text{ м};$$

$$K_4 = 0,61015 \cdot 600 = 366,09 \text{ м};$$

$$D_4 = 0,00647 \cdot 600 = 3,88 \text{ м};$$

$$B_4 = 0,0231 \cdot 600 = 13,86 \text{ м}.$$

Перевірка:

	ВК4	ПК 35+59,65		ВК4	ПК 35+59,65
-	T_{c4}	1+84,99		+	T_{c4}
	ПК	ПК 33+74,66			ПК 37+44,64
+	K_{c4}	3+66,09		-	D_4
	КК	ПК 37+40,75			ПК 37+40,76

Довжина прямих ділянки а/д Н-16:

$$P_1 = ПК_1 ПК 3 + 07,25 - ПТПК 0 + 00 = 307,25$$

$$P_2 = ПК_2 ПК 27 + 09,40 - КК_1 ПК 9 + 3252 = 1776,89$$

$$P_3 = ПК_3 ПК 29 + 27,18 - КК_2 ПК 27 + 09,40 = 217,77$$

$$P_4 = ПК_4 ПК 33 + 74,66 - КК_3 ПК 29 + 27,18 = 44,75$$

$$P_5 = КТПК 37 + 50 - КК_4 ПК 37 + 40,76 = 9,29$$

Визначаємо відстані між вершинами кутів повороту:

$$S_1 = 307,25 + 329,13 = 636,38 \text{ м};$$

$$S_2 = 100,84 + 1776,89 + 0 = 2106,02 \text{ м};$$

$$S_3 = 0 + 217,77 + 204,37 = 422,04 \text{ м};$$

$$S_4 = 204,37 + 44,75 + 184,99 = 434,00 \text{ м};$$

$$S_5 = 184,99 + 9,29 = 194,23 \text{ м}.$$

Чотирикратно перевіряємо правильність проведених розрахунків.

1). Сума колових, перехідних кривих та прямих вставок рівна довжині проектної ділянки:

$$307,25 + 625,27 + 1776,89 + 0 + 217,77 + 18,08 + 44,75 + \\ + 13,86 + 9,29 = 3750,00 \text{ м}$$

2) «Різниця між сумою відстаней між вершинами кутів повороту та сумою домірів рівна довжині траси» [3]:

$$636,38 + 2106,02 + 422,04 + 434,00 + 194,23 - \\ - (33,00 + 0,00 + 5,79 + 3,88) = 3750$$

3) Сума домірів дорівнює різниці між сумою подвоєною тангенсів та сумою довжин кривих заокруглення:

$$2 \cdot (329,13 + 0 + 204,37 + 184,99) - (625,27 + 0 + 402,74366,09) = \\ = 33,00 + 0 + 5,79 + 3,88$$

4) «Рівність різниці між сумою кутів повороту праворуч та сумою кутів повороту ліворуч рівна різниці між початковим та кінцевим азимутом» [3].

Отже, всі поставлені умови виконуються.

Параметри а/д Н-16 задовольняють [1,2].

В плані в межах смуги відведення передбачено вирубування дерев та кущів.

Таблиця 1.1 – Відомість рубки в смузі відчуження дерев і кущів

Місцеположення				Породи				Кущі шт/га		
ліворуч		праворуч		м'ягкі, шт				рідкі	середні	густі
від ПК+	до ПК+	від ПК+	до ПК+	до 16см	до 24см	до 32см	понад 32см			
		10+00	12+00	20	15	-	2	-	2100	-
12+00	14+00	12+00	14+00	28	-	-	-	-	1400	210
		14+00	15+00	-	-	-	-	-	210	-
15+00	18+00			-	-	-	-	1600	-	-
		15+00	12+00			-	-	2800	-	-
Всього				48	15	-	2	4400	3710	210

1.4. Поздовжній профіль

На проектному відрізку дороги червона лінія поздовжнього профілю побудована з врахуванням підсилення існуючого покриття. Найбільший показник поздовжнього ухилу становить 53 %.

Найменші показники радіусів кривих опуклої становить 10000 м, увігнутої – 5000 м. Видимість на проектній ділянці а/д Н-16 в поздовжньому профілі забезпечена.

1.5. Земляне полотно

В роботі заплановано використання наявного земляного полотна з частковим поширенням його в окремих місцях. Земполотно відновлюватиметься шириною між брівками 15 м, проїзної частини 7,5 м, узбіччя влаштовуватимуться по 3,75 м (по 0,75 м з укріпленням). До того ж узбіччя мають укріплюватися на ширину 2 м ґрунтощобеном товщиною 12 см. Поперечні ухили проїзної частини – 20 ‰, узбіч – 40 ‰. Проектом передбачено улаштування поширення проїзної частини та віражів на горизонтальних кривих. Крутизна зовнішніх відкосів кюветів 1:1,5, на насипах висотою до 3 м крутизна відкосу складе 1:4, на вищих насипах – 1:2.

В місцях поширення існуючого полотна землі повинні нарізатися уступи з ухилом в низову сторону 20 ‰ та шириною до 4 м.

У місцях виїмки повинні влаштовуватися берми з ухилом 20 ‰ в сторону кювету. Зовнішній відкос виїмки складає 1:1,5, внутрішній 1:1,3.

Поздовжній водовідвід забезпечується влаштуванням бокових каналів. В залежності від ухилу каналу, влаштованої для забезпечення поздовжнього водовідводу, передбачено її укріплення щобенюванням, засівом трав, мостіння каменем та монолітним бетоном.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1

У розділі 1 описано характеристику транспортних умов на ділянці, природні умови, підрахована інтенсивність руху, розраховані елементи плану траси, запроектовано поздовжній профіль та земляне полотно з необхідними профілями в поперечному перерізі.

Розділ 2. КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ

2.1. Дорожній одяг

Існуюче покриття а/д Н-16 складається з піску середньозернистого товщиною 0,20 м, щебеню товщиною 0,15 м, щебеню, обробленого БНД товщ. 0,12 м та АБ товщиною 0,06 м.

Перспективна інтенсивність ТЗ в 2-х напрямках на 2045 рік буде мати наступне значення:

$$N = 2 \cdot (0,4 - 0,38 \cdot 0,66) \cdot 0,71 \cdot 1,2 \cdot 3600 \cdot 12 \cdot 0,88 \cdot 1,70 = 327653,32 \text{ авт/добу}$$

Середньодобова кількість авто, приведена до розрахункового навантаження Q_p рівна:

$$N_p = 0,62 \cdot 1,2 \cdot 327653,32 \cdot (1,7 + 6,6 + 9,86 + 23 + 47) = 21325669,98 \text{ авт/добу}$$

Сумарна повторність N_{pt} :

$$N_{pt} = 21325669,98 \cdot 198 \cdot \frac{(1,5^{25} - 1)}{(1,5 - 1)} = 3866598963 \text{ 61}$$

Визначений необхідний модуль пружності ДО, враховуючи склад інтенсивності руху на 2045 рік – 398 МПа. Необхідні дані наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Розрахункові дані

Матеріал ДО	Критерії		
	I	II	III
Др. АБ типу Б І марки, товщиною 0,05 м	$E_1 = 3200 \text{ МПа}$	$E_1 = 950 \text{ МПа}$	$E_1 = 4500 \text{ МПа}$
Кр. Щ АБ типу Б І марки, товщиною 0,06 м	$E_2 = 3200 \text{ МПа}$	$E_2 = 950 \text{ МПа}$	$E_2 = 4500 \text{ МПа}$
Відфрезерована укріплена та стабілізована АБ суміш, товщиною 0,10 м	$E_3 = 2000 \text{ МПа}$	$E_3 = 930 \text{ МПа}$	$E_3 = 2800 \text{ МПа}$
Щ, оброблений БНД, товщиною 0,12 м	$E_4 = 920 \text{ МПа}$	$E_4 = 920 \text{ МПа}$	$E_4 = 920 \text{ МПа}$
Фракціонований Щ за методом заклинки 0,15 м	$E_5 = 610 \text{ МПа}$	$E_5 = 610 \text{ МПа}$	$E_5 = 610 \text{ МПа}$
Пісок середньозернистий, товщиною 0,20 м	$E_6 = 205 \text{ МПа}$	$E_6 = 205 \text{ МПа}$	$E_6 = 205 \text{ МПа}$

Розрахунок ведемо за **I критерієм** пружного прогину:

$$\frac{E_{mp}}{E_i} = \frac{398}{3200} = 0,124$$

$$\frac{h_i}{D} = \frac{5}{37} = 0,135$$

Згідно [5] $\frac{E^1_{заг}}{E_i} = 0,0867$

$$E^1_{заг} = 0,0867 \cdot 3200 = 277 \text{ МПа}$$

$$\frac{E^1_{заг}}{E_2} = \frac{277}{3200} = 0,118$$

$$\frac{h_2}{D} = \frac{6}{37} = 0,162$$

$$E^2_{заг} = 0,079 \cdot 3200 = 253 \text{ МПа}$$

$$\frac{E^2_{заг}}{E_3} = \frac{253}{2000} = 0,127$$

$$\frac{h_3}{D} = \frac{10}{37} = 0,27$$

$$E^3_{заг} = 0,098 \cdot 2000 = 196 \text{ МПа}$$

$$\frac{E^3_{заг}}{E_4} = \frac{196}{920} = 0,213$$

$$\frac{h_4}{D} = \frac{12}{37} = 0,324$$

$$E^4_{заг} = 0,095 \cdot 920 = 87 \text{ МПа}$$

$$\frac{E^4_{заг}}{E_5} = \frac{87}{610} = 0,143$$

$$\frac{h_5}{D} = \frac{15}{37} = 0,405$$

$$E^5_{заг} = 0,063 \cdot 610 = 38 \text{ МПа}$$

$$\frac{E^5_{заг}}{E_5} = \frac{38}{205} = 0,186$$

$$\frac{E_{зр}}{E_6} = \frac{56}{205} = 0,273$$

$$\frac{h_6}{d} = 0,437$$

Звідси: $h = 0,437 \cdot 37 = 16,17$.

Приймаємо шар пуску товщиною $h=0,20$ м.

Перевіряємо ДО за II критерієм на **опір зсуву** в ґрунті.

$$E_{сер} = \frac{5 \cdot 950 + 6 \cdot 950 + 10 \cdot 930 + 12 \cdot 920 + 15 \cdot 610 + 20 \cdot 205}{5 + 6 + 10 + 12 + 15 + 20} = 440 \text{ МПа}$$

$$\frac{E_{сер}}{E_{сп}} = \frac{440}{56} = 7,86; \quad \frac{\sum h}{D} = \frac{68}{37} = 1,838$$

Згідно [5] $\bar{\tau}_n = 0,01993$.

Показник напруги зсуву:

$$\tau_n = 0,01993 \cdot 0,61 = 0,01216$$

Показник напруги зсуву від ваги ДО [5]:

$$\tau_B = 0,00496$$

Сумарна напруга:

$$T = 0,01993 - 0,00496 = 0,01497 \text{ МПа.}$$

Допустима напруга:

$$T_{дон} = a_p \cdot \kappa_1 \cdot \kappa_2 \cdot \kappa_3 = 0,0496 \cdot 0,61 \cdot 0,882 \cdot 1,8 = 0,048 \text{ МПа.}$$

$$\frac{T_{дон}}{T} = \frac{0,048}{0,01497} = 3,206 > \kappa_{np} = 1.$$

Умова виконується.

За III критерієм **опору розтягу при згині**:

$$E_c = (4500 \cdot 5 + 4500 \cdot 6 + 2800 \cdot 10) / 21 = 3690,48$$

$$E_{заг.осн.} = (920 \cdot 12 + 610 \cdot 15 + 205 \cdot 20) / 47 = 516,81$$

$$\frac{E_c}{E_{заг.осн.}} = \frac{3690,48}{516,81} = 7,141$$

$$\frac{\sum h_i}{D_p} = \frac{21}{37} = 0,56$$

Згідно [5] від одиночного навантаження напруга розтягу при згині.

$$\bar{\sigma}_r = 1,1136 \text{ МПа.}$$

Повна розтягуюча напруга:

$$\sigma_r = 1,1136 \cdot 0,61 \cdot 0,889 = 0,603 \text{ МПа}$$

$$\frac{R_{дон}}{\sigma_c} = \frac{1,898}{0,603} = 3,15 > k_{np} = 1$$

Умова виконана.

Практично на всій протяжності проектної ділянки передбачено посилення існуючого покриття за допомогою вирівнюючого шару, який служитиме як третій шар покриття з середньою товщиною 0,10 м з відфрезерованого укріпленого та стабілізованого матеріалу з додаванням 8% цементу та добавки Enviroseal M10+50. Нижній шар покриття буде влаштовуватися з гарячого Кр. Щ АБ типу Б марки І товщ. 0,06 м та верхнього шару покриття з Др. Щ АБ типу Б марки І товщ. 0,05 м.

Заплановано влаштування поширення існуючого покриття шириною 0,5 м. Конструкцією поширення складається з піску товщиною 0,25 м, з фракціонованого щебеню товщиною 0,18 м влаштованого способом заклинювання, обробленого БНД 90/130 щебеню в установці товщиною 0,12 м, відфрезерована суміш 0,10 м, Кр. Щ АБ типу Б марки І товщ. 0,06 м, верхній шар покриття з Др. Щ асфальтобетону типу Б марки І товщ. 0,05 м.

На високих насипах відведення води з проїзної частини забезпечуватиметься шляхом вкладання прикромочних лотків та влаштування водоскидів.

2.2. Штучні споруди

В межах проектного кілометражу а/д Н-16 наявні водоперепускні труби на ПК 0+70, ПК 8+06, 30+34 та 30+93, мости на ПК 2+69 та ПК 25+13,30, шляхопровід на ПК 21+14,80.

Довжина, ухил улоговини та площа водозбору на відповідних ПК рівна для з/б труб:

на ПК 0+70 $l=1,29$ км, $i=0,009$ та $F=1,96$ км²

на ПК 8+06 $l=2,13$ км, $i=0,023$ та $F=1,99$ км²

на ПК 30+34 $l=0,98$ км, $i=0,018$ та $F=0,88$ км²

на ПК 30+93 $l=3,09$ км, $i=0,012$ та $F=1,07$ км²

«Визначаємо максимальну зливову втрату:

$$Q_{зл} = 16,7 \cdot a_{зод} \cdot K_t \cdot F \cdot \alpha \cdot \varphi, \text{ м}^3 / \text{с},$$

де $a_{год}$ – середня інтенсивність зливи тривалістю 1 год, мм;

K_t – коефіцієнт переходу від інтенсивності зливи тривалістю 1 год. до розрахункової інтенсивності;

F – площа водозбору, км² /визначаємо по карті з горизонталями для кожної споруди/;

α – коефіцієнт витрати стоку, який залежить від виду ґрунту на поверхні водозбору;

φ – коефіцієнт редуції, що враховує неповноту стоку» [7].

На ПК 0+70:

$$Q_{зл} = 16,7 \cdot 1,29 \cdot 0,88 \cdot 1,96 \cdot 0,37 \cdot 0,029 = 0,396 \text{ м}^3 / \text{с}$$

На ПК 8+06:

$$Q_{зл} = 16,7 \cdot 1,29 \cdot 0,88 \cdot 1,99 \cdot 0,32 \cdot 0,036 = 4,35 \text{ м}^3 / \text{с}$$

На ПК 30+34:

$$Q_{зл} = 16,7 \cdot 1,29 \cdot 0,88 \cdot 0,88 \cdot 0,71 \cdot 0,042 = 0,497 \text{ м}^3 / \text{с}$$

На ПК 30+93:

$$Q_{зл} = 16,7 \cdot 1,29 \cdot 0,88 \cdot 1,07 \cdot 0,43 \cdot 0,011 = 0,095 \text{ м}^3 / \text{с}$$

«Далі визначаємо обсяги води від сніготанення:

$$Q_{сн} = \frac{K_0 \cdot h_{роз} \cdot F}{(F + 1)^n} \cdot \delta_1 \cdot \delta_2, \text{ м}^3 / \text{с} ;$$

де K_0 – коефіцієнт дружності повені, $K_0=0,016$;

n – показник ступеня, $n = 0,25$;

F – водозбір /км²/ – площа з якої збирається вода, що протікає через споруду, визначаємо по карті;

$h_{роз}$ – розрахунковий шар сумарного стоку;

$$h_{роз} = \bar{h} \cdot K_p ;$$

\bar{h} – середній багаторічний шар стоку від сніготанення;

K_p – модульний коефіцієнт при гама-параметричному законі розподілу;

δ_1 – коефіцієнт, що враховує зменшення витрат, при наявності в басейні озер;

δ_2 – коефіцієнт, що враховує зменшення витрат, при наявності в басейні лісів та боліт» [7].

На ПК 0+70:

$$Q_m = \frac{0,016 \cdot 18,46 \cdot 1,96}{(1,96 + 1)^{0,25}} \cdot 0,96 \cdot 1,06 = 0,446$$

На ПК 8+06:

$$Q_m = \frac{0,016 \cdot 18,46 \cdot 1,99}{(1,99 + 1)^{0,25}} \cdot 0,96 \cdot 1,06 = 0,445$$

На ПК 30+34:

$$Q_m = \frac{0,016 \cdot 18,46 \cdot 0,88}{(0,88 + 1)^{0,25}} \cdot 0,96 \cdot 1,06 = 0,231$$

На ПК 30+93:

$$Q_m = \frac{0,016 \cdot 18,46 \cdot 1,07}{(1,07 + 1)^{0,25}} \cdot 0,96 \cdot 1,06 = 0,289$$

Об'єм стоку на усіх штучних спорудах рівний:

На ПК 0+70:

$$W = 60000 \frac{1,29 \cdot 0,98 \cdot 0,37 \cdot 0,029}{\sqrt{0,88}} = 839,06 \text{ м}^3$$

На ПК 8+06:

$$W = 60000 \frac{1,29 \cdot 1,99 \cdot 0,32 \cdot 0,036}{\sqrt{0,88}} = 1829,25 \text{ м}^3$$

На ПК 30+34:

$$W = 60000 \frac{1,29 \cdot 0,88 \cdot 0,71 \cdot 0,042}{\sqrt{0,88}} = 1947,83 \text{ м}^3$$

На ПК 30+93:

$$W = 60000 \frac{1,29 \cdot 1,07 \cdot 0,43 \cdot 0,011}{\sqrt{0,88}} = 403,85 \text{ м}^3$$

Відповідно до максимального значення витрати води приймаємо відповідний діаметр штучної споруди на кожному з пікетів.

Довжина труб без оголовоків:

На ПК 0+70:

$$L = \frac{0,5 \cdot 15,69 + 1 \cdot (1,56 - 1)}{1 + 1 \cdot 0,012} + \frac{0,5 \cdot 15,69 + 1 \cdot (1,56 - 1)}{1 - 1 \cdot 0,012} + 0,36 = 23,45 \text{ м}$$

На ПК 8+06:

$$L = \frac{0,5 \cdot 15,68 + 1 \cdot (1,58 - 1)}{1 + 1 \cdot 0,013} + \frac{0,5 \cdot 15,68 + 1 \cdot (1,58 - 1)}{1 - 1 \cdot 0,013} + 0,36 = 24,05 \text{ м}$$

На ПК 30+34:

$$L = \frac{0,5 \cdot 15,70 + 1 \cdot (1,60 - 1)}{1 + 1 \cdot 0,013} + \frac{0,5 \cdot 15,70 + 1 \cdot (1,60 - 1)}{1 - 1 \cdot 0,013} + 0,36 = 25,09 \text{ м}$$

На ПК 30+93:

$$L = \frac{0,5 \cdot 15,05 + 1 \cdot (1,57 - 1)}{1 + 0,75 \cdot 0,032} + \frac{0,5 \cdot 15,05 + 1 \cdot (1,57 - 1)}{1 - 0,75 \cdot 0,032} + 0,37 = 25,05 \text{ м}$$

Разом з оголовками довжина рівна:

На ПК 0+70:

$$L_m = 23,45 + 2 \cdot 1,50 = 26,45 \text{ м}$$

На ПК 8+06:

$$L_m = 24,05 + 2 \cdot 1,50 = 27,05 \text{ м}$$

На ПК 30+34:

$$L_m = 25,09 + 2 \cdot 1,50 = 28,09 \text{ м}$$

На ПК 30+93:

$$L_m = 25,05 + 2 \cdot 1,00 = 27,05 \text{ м}$$

Прийняті з/б труби в конструктивному плані задовольняють усі вимоги [7].

За результатами розрахунків було прийнято на ПК 0+70 існуючу трубу розібрати та влаштувати нову $\varnothing 1,0$ м довжиною 26,45 м. Потреба влаштування нової з/б труби $\varnothing 0,75$ м виникає на пересіченні ПК 30+93.

На ПК 30+34 заплановано подовження з/б труби $\varnothing 1,5$ м. Також подовження до довжини 27,05 м потребує двохочкова труба $\varnothing 2 \times 1,0$ м на ПК 8+06.

На ПК 2+69 необхідно відремонтувати міст довжиною 4,0 м, що передбачає штукатурку тіла опор, влаштування бандажу опор, фарбування перил.

Потрібно провести капітальні роботи по ремонту шляхопроводу на ПК 21+14,80 довжиною 24 м та мосту на ПК 25+13,30 довжиною 6,0 м.

2.3. Обстановка дороги

В магістерській роботі заплановано влаштування примикань на ПК 4+80 та ПК 35+80, а також пересічення на ПК 30+93.

Примикання на ПК 4+80 передбачає забезпечення умов для заїзду в н.п. Соколівочка з напрямку Черкас та виїзду з села в напрямку м. Черкаси. Запроектовано спорудження смуги гальмування радіусом заокруглення на заїзді 50 м, довжиною 75 м з відгоном на відстані 60 м.

Примикання на ПК 35+80 забезпечує умови для заїзду в н.п. Соколівочка з напрямку Тернополя та виїзду на дорогу з н.п. Соколівочка в напрямку м. Умань. Для цього передбачено влаштування реверсивної смуги довжиною 95 м та смуги розгону довжиною 130 м з відгоном на віддалі 60 м.

На ПК 30+93 пересічення умови для з'їзду з урахуванням існуючої інтенсивності на з'їздах 205 авт/добу забезпечує..

Заплановано спорудження реверсивних смуг довжиною 100 та радіусом заокруглення 25 м для забезпечення з дороги лівих поворотів. Для даної категорії дороги довжини перехідно–швидкісних та реверсивних смуг відібрано до [1].

На ПК 26+59 (ліворуч) та ПК 29+07 (праворуч) передбачено спорудження автобусних зупинок зі спорудженням зупинкової площадки з відгоном на в'їзді по 20 м, на виїзді по 15 м та довжиною по 20 м та встановленням бортового каменю. Спорудження площадок для посадки пасажирів відбуватиметься за параметрами 10 м довжиною 3,0 м та шириною. Влаштування тротуару передбачено піж автобусними зупинками (ширина 1,5 м).

2.4. Організація дорожнього руху

Для БДР і орієнтації водіїв в магістерській роботі заплановано встановлення дорожніх знаків і показників у кількості 48 шт. на металевих стійках (46 шт), з них:

- інформаційно-вказівні – 26 шт;
- пріоритету – 9 шт;
- попереджувальні – 10 шт;
- таблички до знаків дорожніх – 3 шт.

Передбачено нанесення розмітки з використанням нітрофарб, встановлення металевого огороження одностороннього довжиною 1734 м та 189 стовпчики напрямні.

Для покращення умов безпеки руху на ділянці а/д Н-16 заплановано комплекс інших заходів:

- вздовж країв частини проїзду влаштування укріплювальних смуг;
- укріплення ґрунтощебенем обочини;
- наявність перехідно-швидкісних смуг.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2

В другому розділі магістерської роботи проведено розрахунок ДО з використанням укріпленої та стабілізованої фрезерованої суміші за 3-ма критеріями, запроєктовано інші типи дорожньої конструкції.

Також в розділі виконано розрахунок штучних споруд з подальшим обґрунтуванням необхідності їх встановлення на об'єкті.

Запроєктовані засоби облаштування дороги Н-16 на проектній ділянці та розроблені необхідні заходи ОДР.

Розділ 3. ТЕХНОЛОГІЯ БУДІВНИЦТВА

3.1. Підготовчі роботи

В підготовчий період здійснюються необхідні роботи розчищення смуги відведення земель. Вирубані дерева та кущі вивозитимуться на віддаль 8,6 км у відпрацьований кар'єр.

Розбирається одностороннє металеве огороження та складається зп межі смуги для повного використання у кількості 89%, а решту матеріалу транспортуємо на базу на віддаль 9,3 км.

Ланка продуктивністю 1,5 км/зміну для відновлення і закріплення ділянки а/д Н-16:

- дор. робітники – 3 людини;
- інженер- геодезист – 1 люд.

Зміни у кількості:

$$n = \frac{3,75}{1,5} = 2,5 \sim 3 \text{ зміни}$$

Для спорудження тимчасової а/д для транспортування необхідних будматеріалів та проїзду техніки застосовуватиметься автогрейдер SEM922 AWD.

До [9] на 1000 м² поверхні $H_{gp}=1,02$, тоді продуктивність автогрейдера SEM922 AWD буде рівна:

$$П = \frac{8,2 \cdot 1000}{1,02} = 8039,23 \text{ м}^2 / \text{зм}$$

$$n = \frac{4250 \cdot 3}{8039,23} = 1,06$$

Використаємо 1 автогрейдер SEM922 AWD терміном робіт в 1 день.

Поверхню траси тимчасового користування ущільнюватиметься пневмокотками самохідними XCMG XP163S з продуктивністю на 1000 м² при 6 проходах по 1 сліду, по [9]:

$$П = \frac{8,2 \cdot 1000}{0,82 + 0,16} = 8367,35 \text{ м}^2 / \text{зм}$$

$$n = \frac{17239}{8367,35} = 2,06$$

Приймаємо 1 пневмокоток самохідний XCMG XP163S при роботі 2 дні.

До початку робіт відновлення укосів земполотна з цієї території необхідно зняти робочий шар ґрунту товщиною 0,25 м та скласти його в межах смуги відводу для подальшого застосування.

Для зняття рослинного шару ґрунту з відкосів земполотна плануємо застосувати бульдозер CAT Bruder 02452.

По [9] на 1000 м² поверхні для бульдозера CAT Bruder 02452 $H_e=0,98$.
Тоді:

$$П = \frac{8,2 \cdot 1000}{0,98} = 8367,35 \text{ м}^2 / \text{зм}$$

$$n = \frac{29633}{8367,35} = 3,54 \text{ змін}$$

Приймаємо 1 бульдозер CAT Bruder 02452 при роботі 4 дні.

Вирубубання дерев та куців здійснюватиме бригада:

- робочі – 5 чол.
- лісоруби – 3 чол.

Склад МДЗ для проведення підготовчих робіт загалом:

- Бульдозер CAT Bruder 02452 – 1 шт.
- Автогрейдер SEM922 AWD – 1 шт.
- Пневмокоток CAT Bruder 02452 – 1 шт.
- Інженер-геодезист – 1.
- Лісоруб – 3
- Дорожні робітники – 13 чол.

3.2. Фрезерування існуючого ДО

Влаштування шару посилення покриття ДО заплановано влаштувати методом холодного ресайклінгу та використати зруйноване АБ, попередньо покращивши його властивості. Для цього буде використовуватися мобільний ресайклер RT-500 продуктивністю 500 т/год.

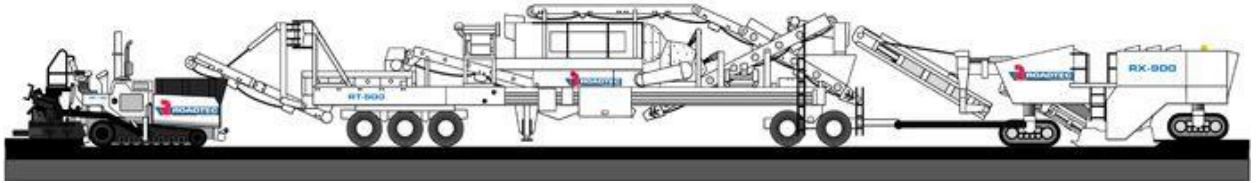


Рисунок 3.1 Ресайклінговий поїзд

Фрезою RX-900 проводиться переміщення і завантаження ресайклера, також він застосовується для виготовлення холодної суміші. Властивістю RT-500 є замкнутий цикл подрібнення ударної дробаркою з вібраційним гуркотом, що дозволяє уникнути попереднього подрібнення АБ.



Рисунок 3.2 Сортування відфрезерованого матеріалу

Після зняття зношеного шару АБ покриття дорожньою фрезою RX-900, матеріал подається у вхідній жолоб RT-500. Далі матеріал відновлюється та надходить на дворівневий гуркіт габаритами 1,52x4,27 м з повністю регульованими частотою і амплітудою.

Завдяки тому, що сортування протікає плавно і безшумно, зменшується вплив рівня шуму на навколишнє середовище.

Матеріал заданого розміру проходить крізь гуркіт, а після початкового подрібнення направляється в ударну дробарку з горизонтальним валом, після чого повертається на верхню деку гуркоту. Матеріал після переробки потрапляє в двовальний лопатевий змішувач.



Рисунок 3.2 Дроблення матеріалу

Змішувачі з подвійним валом довжиною 2,45 м і діаметром 0,91 м. Кінцевики лопатей по спіралі знаходяться під кутом 45° для інтенсивного змішування. Положення кінцевиків від наконечника до стінки камери змішування регулюється від 19 мм до 51 мм. Кінцевики лопатей для збільшення часу перебування матеріалу в камері змішування можуть бути повернуті на 90° . Вигнуте дно знижує вагу конструкції та забезпечує легкість обслуговування кінцевиків.

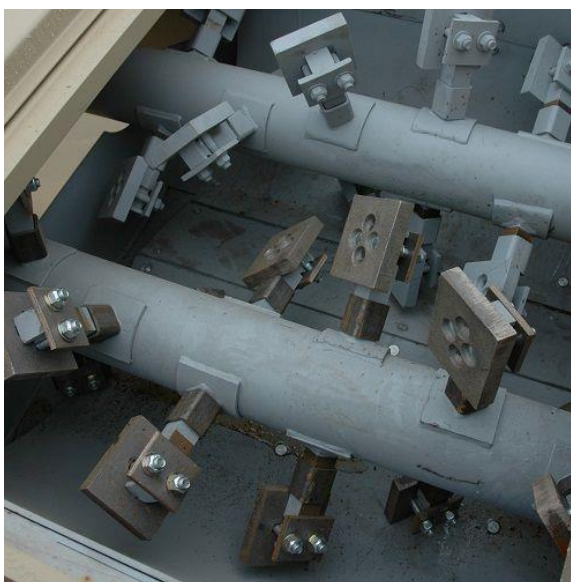


Рисунок 3.2 Посилений змішувач лопатевий

За допомогою комп'ютеризованої системи відбувається дозування добавки Enviroseal M10+50 та цементу у кількості 8%. Після цього комп'ютер відміряє в змішувач потрібну кількість рідини. Між гуркотом і лопатевим змішувачем

розташовані гранично точні ваги (+/- 1%), які передають на систему дозування в'язучого отримані дані, при цьому постійно контролюючи співвідношення заповнювача і кількості добавок.



Рисунок 3.2 Дозування добавок

Розвантаження суміші буде відбуватися прямо в приймальний бункер асфальтоукладача, яким далі відразу укладатиметься нижній шар асфальтобетонного покриття з відфрезерованого матеріалу.



Рисунок 3.2 Розвантаження суміші

Роботи по холодному фрезеруванні виконуватиме наступний МДЗ: мобільний ресайклер RT-500, оснащений фрезою RX-900, асфальтоукладач та автомобілі-самоскиди МАЗ 551605-271. На даному процесі працюватимуть 12 робітників.

3.3. Улаштування покриття з АБ

Виконання робіт укладання щільного Кр АБ потребує залучення 8 дорожніх працівників.

Вивантаження в бункер асфальтоукладальника TSM Global Sumitomo HA90C-2B з попереднім підвезенням самоскидами МАЗ 551605-271 АБС.

Розподілення АБС асфальтоукладальником TSM Global Sumitomo HA90C-2B по [10] $H_r = 0,329$ на 100 м^2 покриття.

$$П = \frac{8,2 \cdot 100}{0,329} = 2492 \text{ м}^2/\text{зм}$$

$$n = \frac{1623}{2492} = 0,65$$

Використовуватиметься 1 асфальтоукладальник TSM Global Sumitomo HA90C-2B з $K_g = 0,65$.

Укатка АБС легкими котками САТ Bruder 02452 за [10] на 100 м^2 площі покриття $H_r = 0,87$ по 1 сліду при 16 проходах:

$$H_{\text{кат}} = \frac{8,2 \times 100}{0,87} = 942,5 \text{ м}^2/\text{зм}$$

$$n = \frac{1623}{942,5} = 1,72$$

Потрібно 2 котки САТ Bruder 02452 з $K_g = 0,86$.

На 100 м^2 шару ДО згідно [10] для важких котків САТ Bruder 02452 $H_r = 0,79$ при 16 проходах:

$$П = \frac{8,2 \times 100}{0,79} = 1037,97 \text{ м}^2/\text{зм}$$

$$n = \frac{1623}{1037,97} = 1,56$$

Склад МДЗ для укладання Кр. Щ АБС:

- Асфальтоукладач TSM Global Sumitomo HA90C-2B – 1
- Легкий коток САТ Bruder 02452 – 1
- Важкий коток САТ Bruder 02452 – 1
- Робітники – 8 чол.

Наступним процесом стане улаштування шару ДО з щільного Др АБ, де буде задіяно – 8 дорожніх працівників.

Після підвезення АБС самоскидами МАЗ 551605-271 АБС з розвантаженням в бункер асфальтоукладальника TSM Global Sumitomo HA90C-2B розприділення АБС виконують по [10] з $H_r=0,33$ на 100 м^2 шару ДО. Отримаємо:

$$P = \frac{8,2 \cdot 100}{0,33} = 2484,8 \text{ м}^2/\text{зм}$$

$$n = \frac{1623}{2484,8} = 0,65$$

Треба 1 асфальтоукладальник TSM Global Sumitomo HA90C-2B з $K_g=0,65$.

Згідно [10] на 100 м^2 АБС $H_r=1,02$ для легкого котка САТ Bruder 02452 при 16 проходах:

$$P = \frac{8,2 \times 100}{1,02} = 803,92 \text{ м}^2/\text{зм}$$

$$n = \frac{1623}{803,92} = 2,02$$

Приймаємо 2 легких котки САТ Bruder 02452 з $K_g = 1,01$.

Склад МДЗ для укладання верхнього шару покриття з Др. Щ АБ:

- Асфальтоукладальник TSM Global Sumitomo HA90C-2B – 1
- Легкий коток САТ Bruder 02452 – 2
- Робітники – 8 чол.

3.4. Укріплення укосів земполотна

Для укріпленні укосів земполотна необхідні такі матеріали:

- рослинний ґрунт повторного використання:

$$Q_{p/2}^{\text{заг}} = \frac{23693,23}{1000} \cdot 109,63 = 2597,49 \text{ м}^3$$

$$Q_{p/2}^{\text{км}} = \frac{12621}{1000} \cdot 109,63 = 1383,64 \text{ м}^3$$

$$Q_{p/г}^{зax} = \frac{126,21}{1000} \cdot 109,63 = 138,36 м^3$$

- суміш насіння різних трав:

$$Q_{н/т}^{зax} = \frac{23693,23}{1000} \cdot 0,029 = 0,69 ц$$

$$Q_{н/т}^{км} = \frac{12621}{1000} \cdot 0,029 = 0,366 ц$$

$$Q_{н/т}^{зax} = \frac{126,21}{1000} \cdot 0,029 = 0,037 ц$$

- міндобрива:

$$Q_{м/д}^{зax} = \frac{23692,23}{1000} \cdot 3,42 = 81,03 кг$$

$$Q_{м/д}^{км} = \frac{12621}{1000} \cdot 3,42 = 43,16 кг$$

$$Q_{м/д}^{зax} = \frac{126,21}{1000} \cdot 3,42 = 4,32 кг$$

- вода:

$$Q_{в.}^{зax} = \frac{23692,23}{1000} \cdot 5,06 = 119,88 м^3$$

$$Q_{в.}^{км} = \frac{12621}{1000} \cdot 5,06 = 63,86 м^3$$

$$Q_{в.}^{зax} = \frac{126,21}{1000} \cdot 5,06 = 6,386 м^3$$

Склад МДЗ для даного процесу:

- Бульдозер CAT Bruder 02452 — 1 шт.
- Автогрейдер SEM922 AWD — 1 шт.
- Агрегат для посіву трав — 1
- Робітники — 7 чол.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3

В розділі 3 розроблені основні заходи проведення технооперацій на об'єкті а/д Н-16, з деталізованим описом проведення робіт холодного ресайклінгу з повторним використанням відфрезерованого АБ матеріалу.

Розділ 4. ОРГАНІЗАЦІЯ БУДІВНИЦТВА

4.1. Розрахунок тривалості будівництва

Час, відведений на капремонт, згідно норм [11] для траси II категорії з АБ довжиною 3,5 км дорівнює 12 місяців.

Збільшення протяжності а/д:

$$\frac{|3,5 - 3,75|}{3,5} \times 100 = 7,15\%$$

Приріст до норми становитиме:

$$7,15\% \times 0,95 = 7,69\%$$

Тоді повністю час тривалості капремонту з урахуванням екстраполяції дорівнювати:

$$T = 12 \text{ міс.} \times \frac{100 + 7,69}{100} = 12,92 \text{ місяців}$$

Приймаємо 13 місяців.

Дані норми загального часу капремонту передбачають проведення БМР основними будмашинами в 1 зміну та в деяких випадках у літній час з тривалістю світлового дня понад 15 годин у 2 зміни.

Напрямок потоку від ПК 0+00 а/д Н-16 обумовлено надходженням будматеріалів на ділянку.

4.2. Потреба будівництва в тимчасових спорудах, воді та електриці

Для проведення головних будівельних робіт необхідно влаштувати тимчасові будинки і споруди виробничого призначення: ремонтну майстерню, паливо-заправний пункт, побутові приміщення, склад мастил, туалет на 2 вічка та інші.

Для розміщення будівель та споруд тимчасового використання заплановано звести тимчасовий будмайданчик на ПК 13+25.

Вода для пиття доставлятиметься з н.п. Соколівочка на середню відстань 3,6 км, для техпотреб набиратиметься з меліоративного каналу.

Постачання електроенергії проводитиметься від місцевих ліній електропередач н.п. Соколівочка.

4.3. Умови забезпечення об'єкту будівництва основними матеріалами

Дорожньо-будівельних матеріали надходитимуть з наступних місць:

- АБС та БНД буде надходити із Уманського АБ ТОВ «Авангард» на трасу з транспортуванням автосамоскидами МАЗ 551605-271 на середню відстань 51,9 км;

- щебінь всіх фракцій буде доставлятися із кар'єру Черкаського регіону автосамоскидами МАЗ 551605-271 із середньою відстанню транспортування 12,6 км;

- пісок буде перевозитися із зосередженого резерву ґрунту н.п. Тальне автосамоскидами МАЗ 551605-271 на а/д Н-16 із середньою відстанню транспортування 13,2 км.

- цемент буде надходити із Черкаського ЦБЗ на а/д Н-16 з доставкою автосамоскидами МАЗ 551605-271 на середню відстань 132 км;

- добавка Enviroseal M10+50 транспортуватиметься з м. Києва (216 км);

- кільця ШС постачатимуться автосамоскидами МАЗ 551605-271 з м. Черкаси на відстань 135 км;

- з/б для ремонтних робіт шляхопроводу та мосту постачатиметься з ЦБЗ м. Черкаси автосамоскидами МАЗ 551605-271 на відстань 135 км;

- дорожні знаки та вказівні таблички до них будуть поставлятися із м. Черкаси 132 км.

Визначаємо середній кілометраж доставлення матеріалів на об'єкт:

$$L_{АБЗ}^{СЕР} = 51,9 + \frac{0,321}{2} = 52,061 км$$

$$L_{Щ}^{СЕР} = 12,6 + \frac{0,650}{2} = 12,925 км$$

$$L_{П}^{СЕР} = 13,2 + \frac{0,118}{2} = 13,209 км$$

$$L_{Ц}^{СЕР} = 132 + \frac{0,992}{2} = 132,496 км$$

$$L_{ЗБ}^{CEP} = 135 + \frac{0,646}{2} = 135,323 \text{ км.}$$

$$L_{Д}^{CEP} = 216 + \frac{1,263}{2} = 216,632 \text{ км}$$

$$L_{ДЗ}^{CEP} = 132 + \frac{1,2}{2} = 132,6 \text{ км.}$$

Продуктивність автосамоскида МАЗ 551605-271 для перевезення АБ суміші:

$$П_{АС,3} = \frac{8,2 \cdot 10 \cdot 0,983 \cdot 1,12}{\frac{2 \cdot 5,08}{52,061} + 0,27} = 146,93 \text{ м}^3/\text{ЗМ}$$

$$n = \frac{113623}{146,93 \cdot 18 \cdot 4} = 10,74.$$

Потрібно 11 автосамоскидів МАЗ 551605-271 з $k_{вик}=0,98$, враховуючи, що роботи будуть проводитися поетапно для спорудження однієї захватки приймаємо 3 автосамоскиди для перевезення АБС.

Вода з н.п. Соколівочка завозиться ПМ на відстань 3,6 км на будмайданчик:

$$П = \frac{8,2 \cdot 10 \cdot 0,95}{3,6 + 0,32} = 18,961 \text{ м}^3/\text{ЗМ}$$

$$n = \frac{42,90}{18,961} \approx 2,26 \text{ шт.}$$

Приймаємо 3 ПМ з $k_{вик}=0,75$.

Пісок завозитиметься самоскидами МАЗ 551605-271 із кар'єру:

$$П_{П} = \frac{8,2 \cdot 10 \cdot 0,897 \cdot 1,12}{\frac{18,66}{13,209} + 0,236} = 91,07 \text{ м}^3/\text{ЗМ}$$

$$n = \frac{142,13}{91,07} \approx 1,56 \text{ шт.}$$

Приймаємо 4 автосамоскиди МАЗ 551605-271 з $k_{г}=0,78$.

Далі цими ж ТЗ буде перевозитися щебінь із кар'єру:

$$П_{Щ} = \frac{8,2 \cdot 10 \cdot 0,923 \cdot 1,0}{\frac{3,6}{12,925} + 0,413} = 181,09 \text{ м}^3/\text{ЗМ}$$

$$n = \frac{637,25}{181,09} \approx 3,5 \text{ шт.}$$

Приймаємо 4 автосамоскиди МАЗ 551605-271 з $k_{вук}=0,88$.

Розраховуємо потребу у ТЗ для цементу:

$$П = \frac{8,2 \cdot 10 \cdot 0,947}{\frac{3,12}{132,496} + 0,116} = 150,29 \text{ м}^3/\text{зм}$$

$$n = \frac{137,09}{150,29} \approx 0,91 \text{ шт.}$$

Приймаємо 1 автосамоскид МАЗ 551605-271 з $K_e = 0,91$.

Для завезення добавки Enviroseal M10+50 з м. Києва на об'єкт використаємо самоскид МАЗ 551605-271 затентований при умові зберігання її в спеціальних контейнерах з відповідними умовами.

Превезення з/б виробів для труб та ремонту шляхопроводу та мостів відбуватиметься автосамоскиди МАЗ 551605-271 почергово з продуктивністю:

$$П_B = \frac{8 \cdot 10 \cdot 0,907 \cdot 1,0}{\frac{2 \cdot 1,07 + 13,263}{135,323} + 0,116} = 132,69$$

$$n = \frac{899}{132,69} = 6,78$$

Потрібно 7 автосамоскидів МАЗ 551605-271 з $k_{вук}=0,97$, обдак враховуючи поетапність робіт використаємо 2 ТЗ.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 4

У розділі визначена тривалість капремонту на ділянці а/д Н-16. Обчислено середній кілометраж перевезення основних будматеріалів та конструкцій, підраховано продуктивності автотранспорту для їх перевезення.. Запроектовано будмайданчик, забезпечений необхідними вимогами.

Розділ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

При проведенні робіт капітального ремонту, в тому числі робіт за методом холодного ресайклінгу слід неухильно дотримуватись вимог охорони праці відповідно до [12]. За цими ж нормами здійснюється навчання та перевірки знань робітників, порядок проведення інструктажів з питань охорони праці.

Під час виконання виробничих операцій, які супроводжуються виділенням забруднюючих речовин та речовин у вигляді суспензій, робітники повинні отримати спецодяг і спецвзуття, захисні окуляри з герметизацією, респіратори тощо.

Виробничі цехи та майданчики необхідно забезпечити пожежною технікою та первинними засобами пожежогасіння.

Час виконання робіт запланувати у світлу пору доби. Необхідно огородити ділянки виконання робіт та забезпечити засобами ОДР. Стороннім особам не дозволяється знаходитись в зоні виконання робіт.

Під час проведення холодного фрезерування, слід стежити за показником ефективної сумарної питомої активності природних радіонуклідів та за його значенням дотримуватись вимог радіаційно-гігієнічної оцінки вихідних матеріалів. Адже можливість застосування мінеральних матеріалів та сумішей при спорудженні конструктивних шарів дорожнього одягу встановлюють за результатами цієї оцінки.

В процесі проведення робіт за методом холодного ресайклінгу перевезення, накопичення, утилізації та викидання некондиційних матеріалів, відходів, що утворюються, проводять з дотриманням відповідних природоохоронних вимог.

Під час фрезерування ДО не можна знаходитися поза обзором для водія ресайклера, зачіпати та взагалі наближатися до барабану машини. Слід чітко дотримуватися інструкції для проведення операцій фрезерування та ресайклінгу.

Ні в якому разі не наближатися до зони дії машини під час нарізання та планування автогрейдером-планувальником укосів за 15 м по обидва боки.

Робітникам під час перемішування щебеню з БНД та під час робіт профілювальником-розподільником слід ретельно дотримуватися вимог безпеки та користуватися захисними засобами. Не можна підтягати болти на включених вібраторах; та ставити на кожух ротора вібробруса. Машину під час перемішування щебеню з БНД та на ходу не можна заправляти водою та прочищати її форсунки.

При розвантаженні АБС в бункер асфальтоукладача слід дотримуватися наступних заходів безпеки:

- самоскиди МАЗ 551605-271 після доставлення АБС, зупиняють за вказівкою бригадира по осі смуги проїзної частини (за 5 м від укладеної суміші);

- подавати самоскиди МАЗ 551605-271 на розвантаження можна лише по сигналу машиніста асфальтоукладача;

- водій автомобіля самоскида МАЗ 551605-271 перед початком руху заднім ходом обов'язково має подати звуковий сигнал;

- при вивантаженні АБС з борту автомобіля в бункер працівникам слід знаходитися не ближче 1 м.

Нанесення поздовж автошляху горизонтальної розмітки треба виконувати за напрямком руху спецмашини. Ремонт дорожніх машин та механізмів та їх техобслуговування здійснюють на спеціально обладнаних для них майданчиках.

ВИСНОВКИ ПО РОЗДІЛУ 5

У розділі 5 подані найвагоміші правила по охороні праці при здійсненні капітального ремонту на а/д Н-16 за технологією холодного ресайклінгу при спорудженні покриття ДО.

Розділ 6. ЕКОНОМІКА БУДІВНИЦТВА

6.1. Аналіз вартості покриття

Розрахунок техніко-економічної ефективності повторного застосування відфрезерованого стабілізованого та укріпленого АБ з використанням цементу та добавки Enviroseal M10+50 можна виконувати за методикою, суть якої полягає у наступному.

Річний економічний ефект від застосування такого дорожнього покриття як вирівнюючого шару товщиною 0,10 м визначається на основі термінів роботи покриття за формулою:

$$E = [(Z_1 + Z_{1\delta}) \cdot \varphi + E_e - (Z_2 + Z_{2\delta})] \cdot A_2$$

де Z_1 і Z_2 – наведені витрати на приготування відфрезерованих матеріалів;

E_e – економія за весь термін в сфері експлуатації дорожніх покриттів;

$Z_{1\delta}$ і $Z_{2\delta}$ – наведені витрати на влаштування шару ДО за варіантами, що пропонуються;

A_2 – річний обсяг БМР із застосуванням нових дорожніх покриттів в розрахунковому році;

φ – коефіцієнт зміни терміну служби нового шару ДО в порівнянні з базовим варіантом:

$$\varphi = \frac{(C_1 + E_n)}{(C_2 + E_n)},$$

де C_1 і C_2 – у розрахунку на 1 рік роботи конструкції ДО частки кошторисної вартості запропонованих покриттів;

E_n – нормативний коефіцієнт капітальних вкладень для порівняльної економічної ефективності.

В результаті отримано залежність для обчислення частки кошторисної вартості ДО з урахуванням коефіцієнта порівняльної економічної ефективності вкладень в розрахунку на 1 рік його роботи:

$$P_{en} = C + E_n = f(P)_2$$

де P – загальний рівень надійності покриття дороги:

$$P = (P_1 \cdot P_2 \cdot \dots \cdot P_n)^{1/n}$$

де $P_1, P_2 \dots P_n$ – частинні рівні надійності за різними критеріями запасу міцності.

З нормами показники фізико-механічних властивостей ДО мають відповідати терміну служби покриття дороги за 10 років.

Визначаємо різницю вартості між покриттям з стабілізованого та укріпленого відфрезерованого АБ та новим покриттям. Для цього визначимо значення ефективності від зміни терміну роботи АБ в дорожній конструкції, котрий показує:

$$\beta = \frac{P_{ен}^o}{P_{ен}^I}$$

де $P_{ен}^o$ – частка кошторисної вартості нового шару асфальтобетону;

$P_{ен}^I$ – частка кошторисної вартості стабілізованого та укріпленого відфрезерованого АБ.

Для порівняльного аналізу були обрані наступні варіанти нижнього шару конструкції покриття:

- зразки №1-№4 з відфрезерованого матеріалу (склад дивитись розділ 7);
- зразок №5 новий шар з АБ крупнозернистого пористого.

Розраховано калькуляції вартості зразків №1-№4 із різним вмістом цементу та добавки Enviroseal M10+50 відповідно та виконано розрахунки конструкцій дорожніх одягів. Аналіз цих калькуляцій показує, що виробнича собівартість зразків №1-№4 незначно зростає з підвищенням вмісту в'язучого та незалежить від кількості добавки, виробнича собівартість зразка №5 значно вища в порівнянні з іншими зразками.

Вартість 1 тонни АБ сумішей для складів: № 1 – 1395,63 грн; № 2 – 1746,33 грн; № 3 – 2199,21 грн; № 4 – 1437,67 грн; № 5 – 3509,16 грн.

Результати розрахунків відображено на рисунку 6.1.

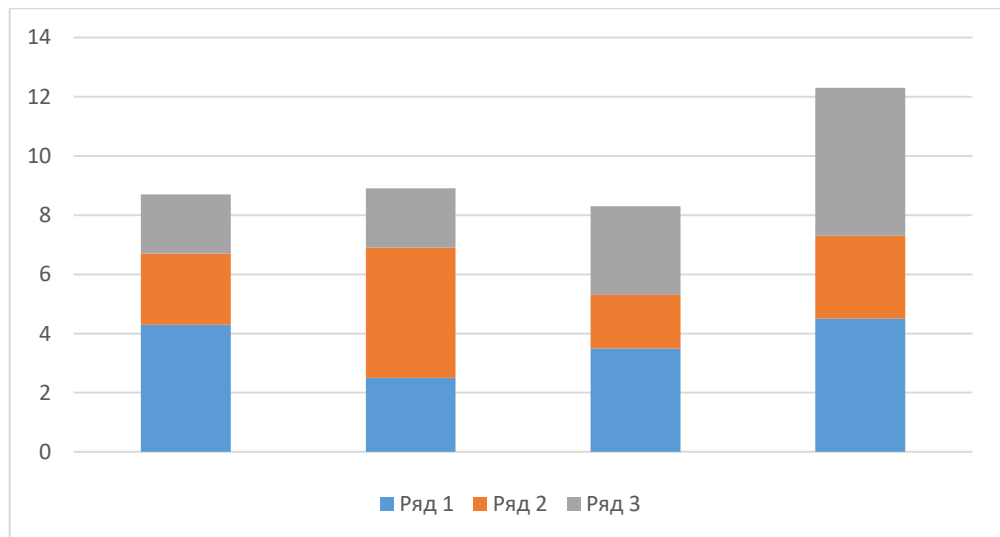


Рисунок 6.1 – Залежність собівартості (грн.) вирівнюючого шару покриття: нижній ряд – вартість в’язучого та добавки при наявності; середній ряд вартість – АБС в цілому без виробничих затрат; верхній ряд – з виробничими затратами

На основі розрахунків економічної ефективності використання укріпленої та стабілізованої відфрезерованої АБ суміші та нового шару покриття, встановлено що значне перевищення вартості останнього не надає переваг його незначно кращим властивостям. А отже, застосування відфрезерованої суміші (укріпленої та стабілізованої) повторно є економічно доцільним рішенням при будівництві вирівнюючого нижнього шару покриття проектної ділянки а/д Н-16. За допомогою застосування методу холодного ресайклінгу значна економія коштів буде отримала від переробки даного матеріалу відразу на місці проведення робіт капітального ремонту.

З детальним розрахунком кошторисної вартості капремонту а/д Н-16 можна ознайомитися в додатку 1.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 6

В розділі виконано порівняльний аналіз собівартості влаштування вирівнюючого шару покриття з відфрезерованої суміші (укріпленої та стабілізованої) та спорудження нового шару. Встановлено перевагу в плані економії першого варіанту.

Розділ 7. НАУКОВА ЧАСТИНА

7.1. Актуальність теми

Зі збільшенням об'ємів дорожньо-будівельних робіт, які продовжують невідпинно зростати, повторне застосування матеріалів від розбирання існуючих шарів дорожньої конструкції є дуже вагомим та актуальним питанням. Повторне використання відфрезерованих матеріалів є можливим за допомогою технології холодного ресайклінгу. В основі даної технології покладено принцип стабілізації та укріплення фрезерованих сумішей, які застосовуються у холодному стані. Дана технологія змінює характеристики матеріалів існуючих шарів ДО різного складу і дає можливість перетворити їх в монолітний конструктивний шар з підвищеною міцністю та морозостійкістю [15].

Технологічна операція холодного ресайклінгу дозволяє практично лонуля зменшити кількість проникнення вологи через шари основи ДО до матеріалів земполотна. Це призводить до зменшення вологості робочого шару земляного полотна.

Для укріплення фрезерованого матеріалу згідно [15] у якості в'язучого використовують органічні, мінеральні або комплексні в'язучі.

Для покращення властивостей будівельних матеріалів при формуванні структури композитного матеріалу за рахунок активізації фізико-хімічних процесів, крім традиційних органічних та мінеральних в'язучих для укріплення ґрунтів використовують полімерні стабілізатори.

Для здешевлення конструкції ДО, зменшення впливу на екологію шляхом повторного застосування відпрацьованого матеріалу та покращення характеристик ДО на проектній ділянці а/д Н-16 в даній роботі було проведено дослідження використання полімерного стабілізатора Enviroseal M10+50. Виробником заявлено, що цей компонент рекомендовано застосовувати для укріплення фрезерованого матеріалу разом із цементом при застосуванні технології холодного ресайклінгу.

Метою роботи є проведення досліджень для обґрунтування можливості застосування полімерного стабілізатора Enviroseal M10+50 в технології холодного ресайклінгу та залежно від різної кількості полімерного стабілізатора та мінерального в'язучого встановлення закономірностей формування структури укріпленого фрезерованого матеріалу.

7.2. Аналіз проблеми накопичення та утилізації асфальтних відходів закордоном та в Україні

Темпи технічного розвитку прогресу значно перевищують можливості планування і прогнозування і створюють багато проблем на етапі ліквідації будівельного матеріалу від розбирання дорожніх конструкцій. Концепція прийнята країнами ЄС, повторного використання відходів, дуже повпливала на розвиток екологічної складової будівельної галузі. Потрібно зосередитися на концепції повторного використання у спорудженні автодоріг сировини та матеріалів, видалених зі зношених дорожніх конструкцій. Адже наприкінці терміну експлуатації шари покриття ДО можуть містити до 95% багаторазового АБ матеріалу. Наприклад, у США більше 90% знесених АБ покриттів використовуються повторно.

Технології утилізації АБ сучасності спрямовані на економію ресурсів, оскільки вони засновані на повторному використанні знесених шарів ДО шляхом відновлення та поліпшення технікоексплуатаційних властивостей АБ матеріалу.

Як результат перевагами повторного застосування АБ покриття зниження вартості робіт з відновлення ДО за рахунок використання перероблених на асфальтобетонний гранулят відходів АБ та практично безвідходний процес демонтажу, відсутність необхідності видалення знятого покриття чи вивезення його на спеціальні сміттєзвалища.

У світовій практиці проведення капремонтів та реконструкції а/д до 80-х років минулого століття використовувалися переважно різні способи розбирання та видалення старого ДО чи окремих його шарів з наступним

улаштуванням нової дорожньої конструкції. У 80-х роках технологія терморегенерації в різних варіаціях стала альтернативним методом відновлення існуючих ДО. Суть даної технології полягала у повторному використанні наявного на дорозі матеріалу, який не потрібно було замінити новим. Спочатку термогенерація мала значну економічну привабливість та ефективність, однак згодом не виправдала очікуваних сподівань. Причиною цього стала низька довговічність відновленого у такий спосіб ДО, чималі енерговитрати та негативний вплив на навколишнє середовище.

У 90-х роках технологія терморегенерації відновлення конструктивних шарів ДО почала поступово витіснятися методом холодного фрезування зношених та зруйнованих шарів покриття з наступним їх видаленням та спорудженням замість них нових. «Отриманий у результаті холодного фрезування асфальтовий гранулят у розвинених країнах світу повторно перероблявся на асфальтобетонних заводах (recycling in plant) чи безпосередньо на місці (recycling in place), що давало значний економічний ефект» [16].

В Німеччині у 2001 році із зруйнованого покриття автошляхів було знято й повторно використано близько 16 млн.т АБ, 83 % з яких пішло для виготовлення нового шару. У цьому році загальний об'єм його виробництва в країні досягнув 65 млн.т. Це означає, що кожна тонна продукції містила до 20% матеріалу з відходів.

Наприкінці 90-х років в результаті комбінування дорожньої фрези та ґрунтозмішувальної машини в Європі виникла технологія холодного відновлення ДО безпосередньо на дорозі, яка отримала назву ресайклінгу. Через повернення до головної ідеї методу терморегенерації, тільки на якіснішому рівні відносно довговічності дорожніх одягів з АБ покриттям, дана технологія швидко отримала світове визнання. «Економічна привабливість технології холодного ресайклінгу полягає насамперед у повторному використанні наявного на дорозі матеріалу для влаштування нових шарів покриття, тому відпадає потреба в облаштуванні спеціальних майданчиків для зберігання й утилізації старого асфальтобетону. Крім того, застосування цієї

технології дозволяє звести до мінімуму шкідливий вплив на навколишнє середовище під час проведення дорожніх ремонтно-відновлювальних робіт» [16].

Суть технології холодного ресайклінгу полягає в тому, що дефектні та зруйновані шари ДО укріпляються комплексними домішками органічних, мінеральних та комбінованих х безпосередньо на місці. Під час холодного ресайклінгу роботи виконуються за допомогою спеціальних самохідних механізмів ресайклерів. За допомогою потужного фрезерно-змішувального барабану вони можуть подрібнити матеріал шарів ДО на глибину до 40 см, паралельно обробити його в'язучим та розподілити отриману суміш рівним шаром, спочатку ущільнивши її.

За даними проєктних організацій Україна має величезний потенціал для переробки близько 350 т АБ щорічно. Тобно це дає змогу зекономити майже 17000 тонн БНД та 291000 тонн кам'яного матеріалу. В Україні певна частина АБ досі переробляється за допомогою машини для ямкового ремонту а/д. Основною проблемою даної технології є те, що не всі види АБ можна переробити таким чином, а той матеріал, який піддається даніому виду переробки має нижчі характеристики порівняно з первинним АБ. Використовуючи регенований АБ можна вирішити дані проблеми та покращити властивості покриття, додаючи у матеріал в'язучі та стабілізаційні добавки.

Тому в даній роботі запропоновано застосувати метод холодної регенерації існуючого вже неприданого для проїзду ТЗ дорожнього одягу з добавлянням цементу та полімерного стабілізатора Enviroseal M10+50 для покращення властивостей нового шару покриття.

7.3. Загальна характеристика полімерного стабілізатора

«Полімерний стабілізатор ґрунтів Enviroseal M10+50 є багатокомпонентним рідким в'язучим на основі акрилового сополімеру. Має високу технологічність застосування і відноситься до технологій GREEN LINE,

будучи абсолютно екологічно безпечним для здоров'я людей та навколишнього середовища» [17].

Метою розробки Enviroseal M10+50 було поліпшення фізико-механічних властивостей дорожньо-будівельного матеріалу, а саме міцності, водостійкості, еластичності та морозостійкості. Полімерний стабілізатор розроблений компанією Enviroseal Corporation у США. Він може використовуватися як однокомпонентна система та разом із неорганічними в'язучими для влаштування верхніх шарів дорожньої основи або нижнього шару покриття та при проведенні дорожньо-будівельних чи ремонтних робіт на а/д за технологією «холодного ресайклінгу».

Поєднання добавки із цементом дозволяє отримувати композиції з покращеними властивостями міцності і пружного прогину. Концентрат Enviroseal M10+50 у необхідних співвідношеннях добре розчиняється у воді. Він добре працює у поєднанні з іншими стабілізаторами матеріалу. Наприклад, це дає змогу зменшити число пластичності місцевих ґрунтів до 12 і значно розширити сферу використання даного стабілізатора. При додаванні до матеріалу стабілізатор Enviroseal M10+50 разом з цементом полімер вступає в хімічну реакцію з в'язучим, в результаті надаючи конструктивному шару покращених властивостей. Це дозволяє виключити утворення температурних та усадкових тріщин та передачі їх у шари покриття та призводить до поліпшення деформаційних властивостей укріплених матеріалів. Рекомендована кількість цементу для досягнення найкращих показників при роботі зі полімерним стабілізатором Enviroseal M10+50 від 6% до 10%. Це планується перевірити під час проведення експериментальних досліджень.

7.4. Виготовлення зразків

Для визначення фізико-механічних властивостей фрезерованої суміші, укріпленої та стабілізованої добавкою Enviroseal M10+50 та в'язучим, потрібно провести ряд досліджень у наступній послідовності.

Спочатку було визначено вимоги до зернового складу фрезерованого укріпленого матеріалу залежно від тах розміру зерен вихідної фрезерованої крихти згідно [16]. Для оптимізації зернового складу фрезерованого матеріалу в проєкті було вирішено додати новий для України полімерний стабілізатор Enviroseal M10+50 з використанням мінерального в'язучого місцевого виробництва. Підбір зернового складу матеріалу фрезерованого укріпленого (МФУ) проводили згідно [16] з різною кількістю цементу 6,0%, 8,0% та 10,0% (рекомендованою виробником). Оптимальний вміст цементу з урахуванням вмісту добавки Enviroseal M10+50 та особливостей проведення робіт за методом холодного ресайклінгу потрібно визначити у дослідженнях. Кількість стабілізатора у зразках згідно рекомендацій приймаємо з розрахунку 6% від маси цементу.

З цією метою з фрезерованої суміші було виготовлено зразки з різною кількістю цементу. Цю суміш спершу змішували з добавкою гранулометричною і цементом, а далі зволожували. У вже зволожену суміш додавали полімерну добавку Enviroseal M10+50 і у лабораторних змішувачах перемішували до отримання за кольором однорідної маси.

Було виготовлено по 4 зразки кожного виду суміші із МФУ оптимального складу шляхом її ущільнення у циліндричних формах висотою 15 см, діаметром 10 см зі сталі з двома вкладишами відповідно до найбільшої крупності зерен:

- зразок №1 з додаванням цементу 6% та добавки Enviroseal M10+50 6% від кількості в'язучого;
- зразок №2 з додаванням цементу 8% та добавки Enviroseal M10+50 6% від кількості в'язучого;
- зразок №3 з додаванням цементу 10% та добавки Enviroseal M10+50 6% від кількості в'язучого;
- зразок №4 з додаванням цементу 8% без добавки.

Зразки формували і ущільнювали під навантаженням 15 МПа протягом 180 с. Виготовлені зразки зберігали над водою в ексикаторах. Зразки із МФУ з портландцементом зберігали протягом 28 діб.

Відповідно до запланованої кількості експериментальних досліджень було заформовано серію зразків з фрезерованої суміші з різною кількістю добавки Enviroseal M10+50 та цементу. Після цього розпочали роботу з визначенням фізико-механічних показників.

7.5. Дослідження зразків на міцність

Дослідження для визначення **границі міцності при стиску**, суть якого полягає у встановленні граничного напруження, що при заданих умовах призводить до руйнування зразка, проводилися на механічному пресі зі швидкістю руху плити ($3,0 \pm 0,1$) мм/хв. На I етапі експерименту при 20°C визначали залежність границі міцності при стиску водонасичених зразків з укріпленої та стабілізованої фрезерованої суміші при різному вмісті цементу та відповідно добавки Enviroseal M10+50.



а) при 20°C;

б) при 50°C

Рисунок 7.1 Термостаткування у бані водяній

Після перебування у термостаті зразок на протязі ($1,5 \pm 0,5$) хв після діставання з приладу, кладеться по центру нижньої плити преса на сухий картон, яким також накривається зверху. На зразок опускається верхня плита із зазором до його поверхні 1,5-2 мм. Далі вмикають прес (рисунок 7.2) і навантажують зразок, використовуючи для точності шарнірний пристрій (рис. 7.3).



Рисунок 7.2 Механічний прес

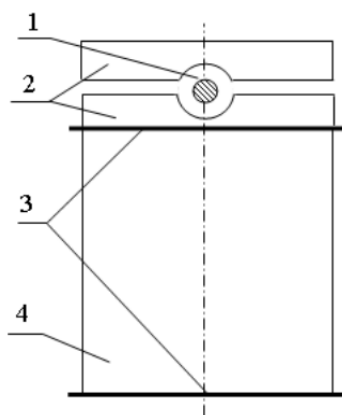


Рисунок 7.3 Схема шарнірного пристрою, встановленого на торець зразка:

1–кулька, 2–металеві пластини, 3–картон, 4–зразок

За руйнівне навантаження було прийнято максимальне значення силовимірювача.

«Границю міцності при стиску R_{cm} у мегапаскалях обчислюють за формулою:

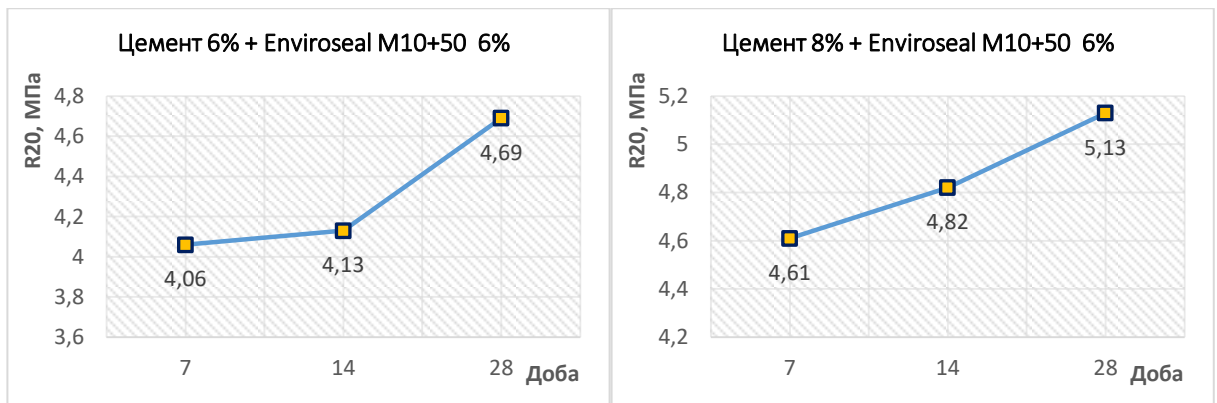
$$R_{cm} = \frac{P}{F} \cdot 10^{-2},$$

де P – руйнівне навантаження, Н;

F – початкова площа поперечного перерізу зразка, см²;

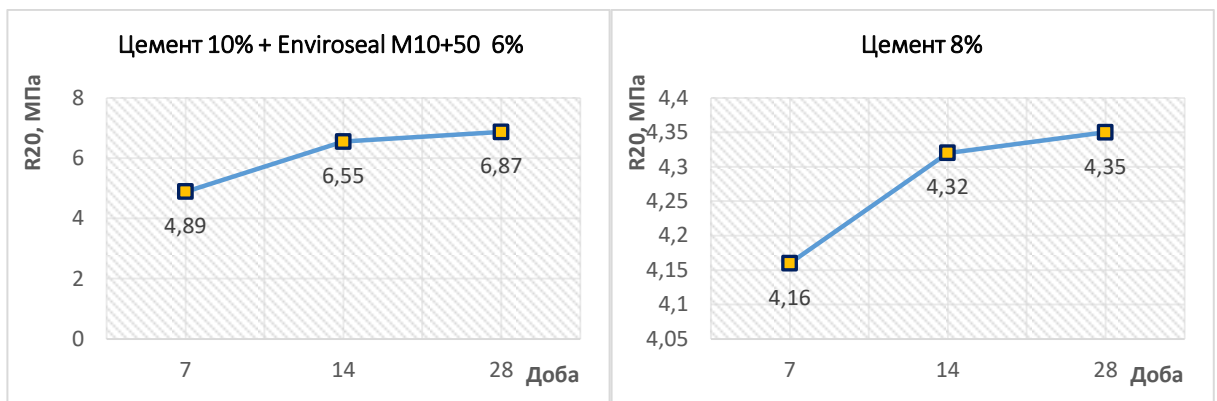
10^{-2} – коефіцієнт перерахунку у МПа» [18].

Границю міцності визначали та підраховували на 7, 14 та 28 добу твердіння при температурі 20°C (рисунок 7.4) та 50°C (рисунок 7.5). Дані наведені у таблиці 7.1.



а)

б)



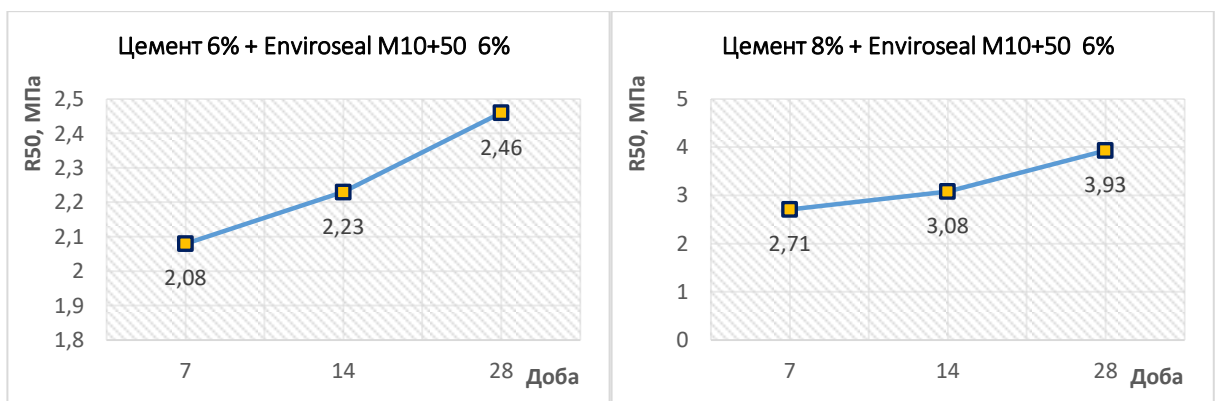
в)

г)

Рисунок 7.4 Залежність границі міцності при стиску від часу твердіння при різному вмісті цементу та добавки Enviroseal M10+50 відповідно у зразках при 20 °С:

а) вміст цементу 6%; б) вміст цементу 8%; в) вміст цементу 10%;

г) вміст цементу 8% без добавки Enviroseal M10+50



а)

б)

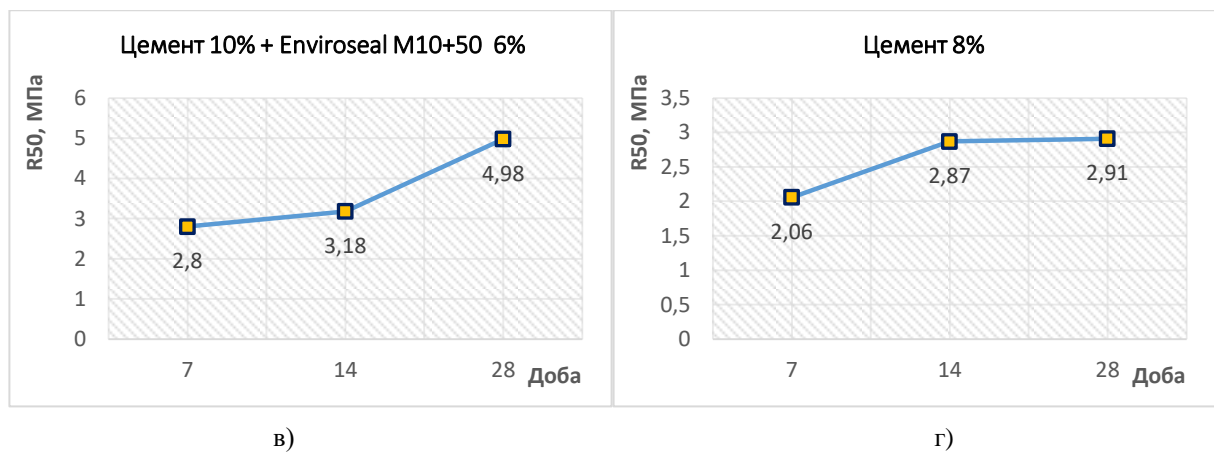


Рисунок 7.5 Залежність границі міцності при стиску від часу твердіння при різному вмісті цементу та добавки Enviroseal M10+50 відповідно у зразках при 50 °С: а) вміст цементу 6%; б) вміст цементу 8%; в) вміст цементу 10%; г) вміст цементу 8% без добавки Enviroseal M10+50

Таблиця 7.1 – Показники границі міцності

№	Границя міцності при стиску час твердіння (к-ть діб) при 20 °С, МПа			Границя міцності при стиску час твердіння (к-ть діб) при 50 °С, МПа			Границя міцності на розтягування при розколі при 0 °С
	7	14	28	7	14	28	
1	4,06	4,13	4,69	2,08	2,23	2,46	2,01
2	4,61	4,82	5,13	2,71	3,08	3,93	2,83
3	4,89	6,55	6,87	2,80	3,18	4,98	2,79
4	4,16	4,32	4,35	2,06	2,87	2,91	1,07

Із наведених залежностей на графіках чітко видно, що у зразків із фрезерованої суміші з полімерною добавкою Enviroseal M10+50 границя міцності на 28 добу має більші значення у порівнянні зі зразками без добавки (рисунок 7.4, г та рисунок 7.5, г), незалежно від температури. Таким чином, стає зрозуміло, що введення полімерної стабілізуючої добавки Enviroseal M10+50 до складу суміші призводить до збільшення її міцності.

На II етапі досліджень проведемо визначення **границі міцності на розтягування при розколі** при 0°С. Цей показник є інформативнішим відносно визначення деформаційних властивостей матеріалу при від’ємних температурах.

Для дослідження границі міцності на розтяг при розколюванні встановлювалося граничне напруження, яке при непрямому розтягуванні при

стиску зразка-циліндра між плитами по твірній призводило до руйнування зразка.

Межу міцності при стиску по твірній на непряме розтягування досліджуваних зразків досліджували на пресі. Під час експерименту плита пресу рухалася із заданою постійною швидкістю.

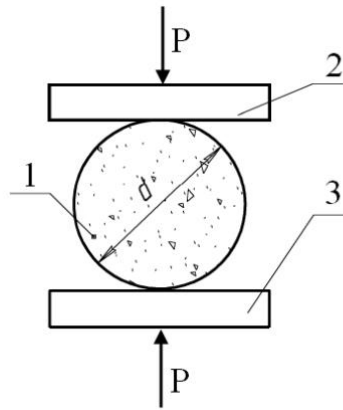


Рисунок 7.6 «Схема випробування зразків на непряме розтягування при стиску по твірній» [19]

1 – зразок; 2 – верхня плита преса; 3 – нижня плита преса

Експериментально отримані результати витриманих протягом 28 діб зразків переробленої фрезерованої суміші з добавкою Enviroseal M10+50 наведено на рисунку 7.7.

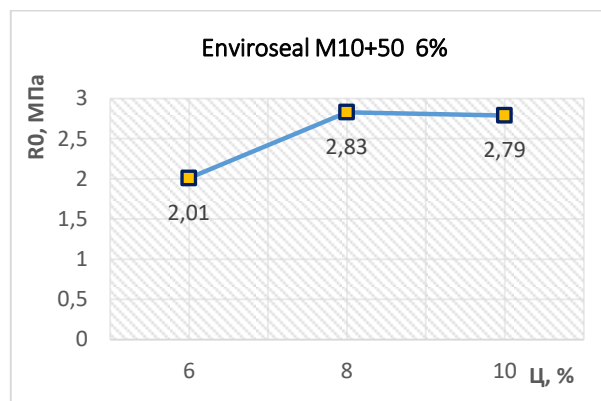


Рисунок 7.7 Залежність граничної міцності на розтягування при розколі при 0 °С від вмісту цементу

На графіках чітко видно, що міцність зразків фрезерованої суміші, стабілізованих і витриманих протягом 28 діб, більш інтенсивно зростає з полімерною добавкою при доданні цементу у кількості від 6% до 8%. Зі збільшенням кількості цементу 10% і більше міцність зразків майже не

змінюється або навіть зменшується у незначній кількості. Можна припустити, що зі збільшенням вмісту стабілізатора Enviroseal M10+50 більш зростає пластифікувальний ефект, що призводить до зменшення міцності на розтягування при розколі. Це в свою чергу може призвести до утворення тріщиностійкості.

7.6. Дослідження властивостей зразків при впливі на них води

На III етапі проводилися дослідження впливу кількості доданого цементу та добавки Enviroseal M10+50 на фізико-механічні характеристики зразків, витриманих протягом 28 діб. Дослідження проводили згідно [19].

Для визначення показника **водонасичення** виготовлених зразків, за допомогою спеціального пристрою (рисунок 7.8) знаходили кількість води, яку при заданому режимі насичення поглинає зразок.

«Водонасичення зразка W у відсотках обчислюють за формулою:

$$W = \frac{m_3 - m}{m_2 - m_1} \cdot 100,$$

де m_3 – маса насиченого водою зразка, зваженого на повітрі, г;

m – маса сухого зразка, зваженого на повітрі, г;

m_2 – маса зразка, витриманого 30 хв у воді та зваженого на повітрі, г;

m_1 – маса зразка витриманого 30 хв у воді та зваженого у воді, г» [19].

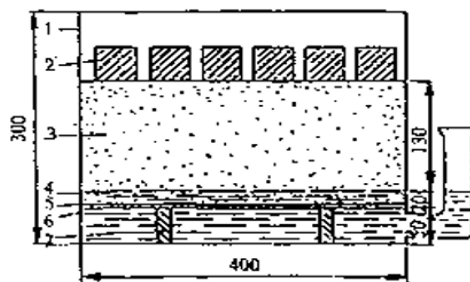


Рисунок 7.8 Схема пристрою для капілярного водонасичення зразків:

1 – посудина; 2 – зразки; 3 – капілярно-зволожений пісок; 4 – вода; 5 – фільтрувальний папір; 6 – металева сітка; 7 – металева підставка

Суть методу визначення **водостійкості** полягає в оцінюванні ступеня зменшення міцності при стисканні зразків після дії на них води в умовах

вакууму. Зразки попередньо протягом 2 діб насичувалися у вакуумній установці, після чого визначалася границя міцності при стисканні.

Водостійкість K_6 рознаховувалася за формулою:

$$K_6 = \frac{R_{cm}^6}{R_{cm}^{20}}$$

де R_{cm}^6 – границя міцності при стисканні водонасичених у вакуумі зразків при температурі $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$, МПа;

R_{cm}^{20} – границя міцності при стисканні зразків до водонасичення при температурі $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$, МПа.

Водостійкість при тривалому водонасиченні визначалася відношенням міцності при стисканні зразків після впливу протягом 15 діб на них води при температурі $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ до початкової міцності матеріалів.

Результати досліджень занесені до таблиці 7.2 та відображені на рисунках 7.9-7.11.

Таблиця 7.2 – Показники впливу води на зразки

Назва показника	№ зразка			
	1	2	3	4
Водонасичення, W %	5,86	5,89	5,42	5,36
Коефіцієнт водостійкості	0,95	0,97	0,97	0,94
Коефіцієнт водостійкості при тривалому водонасиченні	0,92	0,93	0,91	0,89

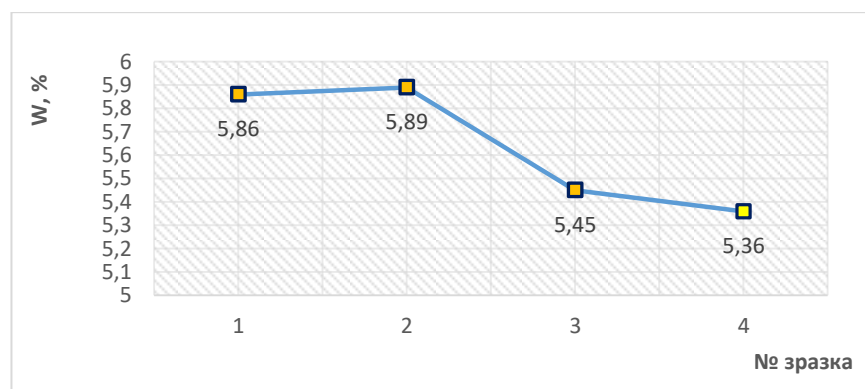


Рисунок 7.9 Водонасичення

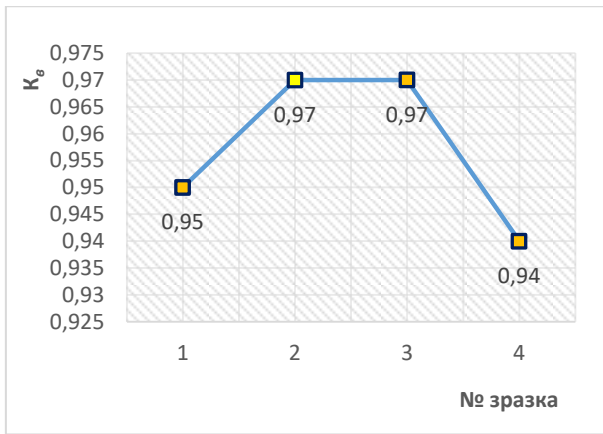


Рисунок 7.10 Водостійкість

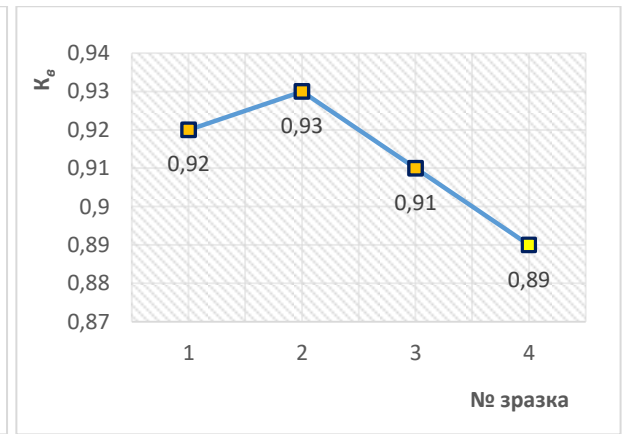


Рисунок 7.11 Водостійкість при тривалому водонасиченні

В результаті аналізу отриманих результатів вивлено, що визначена кількість цементу впливає на показники водонасичення та водостійковсті. Водонасичення та водостійкість при тривалому водонасиченні зразків зростає зі збільшенням концентрації цементу від 6% до 8%. При більшій кількості цементу разом з добавкою та при додаванні 8% в'язучого без неї, дані показники зменшуються.

7.7. Дослідження інших властивостей зразків

Визначення середньої густини ущільненого матеріалу проводили наступним чином. Спочатку зважували вже виготовлені зразки, а далі занурили їх у воду на 30 хвилин при температурі $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$. Далі зразки зважували у воді таким чином, щоб у них не було бульбашок повітря. Після цього зразки вийняли, витерли м'якою тканиною та повторно зважили на повітрі.



Рисунок 7.12 Визначення середньої густини фрезерованого матеріалу (стабілізованого та укріпленого): а) витримування у резервуарі з водою зразків; б) зважування у воді зразка.

Середню густину зразка із суміші ρ_m вираховуємо за формулою:

$$\rho_m = \frac{g\rho^6}{g_2 - g_1}$$

де g – маса зваженого на повітрі зразка, г;

ρ^6 – густина води, г/см³;

g_1 – маса зваженого у воді зразка, г;

g_2 – маса витриманого у воді і вдруге зваженого на повітрі зразка, г.

Таблиця 7.3 – Показники густини

№ зразка	Маса зразка на повітрі до зволоження, g	Маса зразка витриманого 30 хв у воді і зваженого у воді, g_1	Маса зразка витриманого 30 хв у воді і зваженого на повітрі, g_2	Середня густина, ρ_m
1	686,19	402,29	687,26	2,41
2	687,12	405,62	688,95	2,43
3	701,30	406,88	702,97	2,37
4	686,05	401,07	687,12	2,40

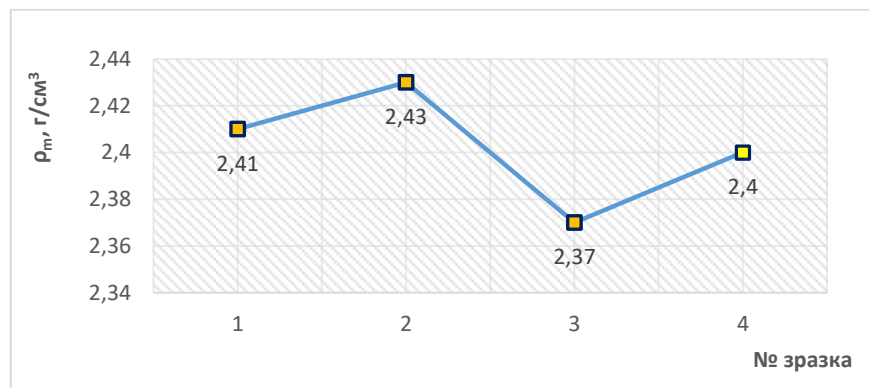


Рисунок 7.9 Густина

Дослідження показало, що середня густина асфальту з вмістом регенованого матеріалу з вмістом цементу 8% та з добавкою (2,43 г/см³) трохи вища, ніж у інших зразків, проте ця різниця незначна і може не мати суттєвого впливу на інші властивості покриття.

Під час дослідження **пористості мінеральної частини** визначали об'єм пор, які містяться в мінеральній частині АБ. Спочатку встановили показники дійсної та середньої густини матеріалу зразків, далі визначили пористість мінеральної частини у відсотках до першого десяткового знака за формулою:

$$V_{пор}^M = \left(1 - \frac{\rho_m^M}{\rho^M}\right) \times 100,$$

де ρ_b^M – середня щільність мінеральної частини ущільненої стабілізованої та укріпленої відфрезерованої суміші, г/см³;

ρ^M – щільність мінеральної частини суміші (істинна), г/см³.

Наступним здійснили екперимент для визначення **залишкової пористості**, а саме об'єму пор, які містяться у стабілізованому та укріпленому фрезерованому матеріалі. «Залишкову пористість лабораторних зразків або зразків з покриття з $V_{пор}$, у відсотках, визначають розрахунком на основі попередньо встановлених середньої густини асфальтобетону та дійсної густини асфальтобетонної суміші з точністю до першого десяткового знака за формулою:

$$V_{пор}^3 = \left(1 - \frac{\rho_m}{\rho^a}\right) \times 100,$$

де ρ_m – середня густина асфальтобетону відповідно до розділу 8, г/см³;

ρ – дійсна густина суміші відповідно до розділу 11, г/см³» [19].

Результати екперименту занесені до таблиці 7.4 та відображені на графіках.

Таблиця 7.4 – Показники пористості

№ з/п	Назва показника	№ зразка			
		1	2	3	4
1.	Пористість, % за об'ємом	18,7	17,3	17,2	18,9
2.	Залишкова пористість, % за об'ємом	2,9	2,7	2,6	3,6

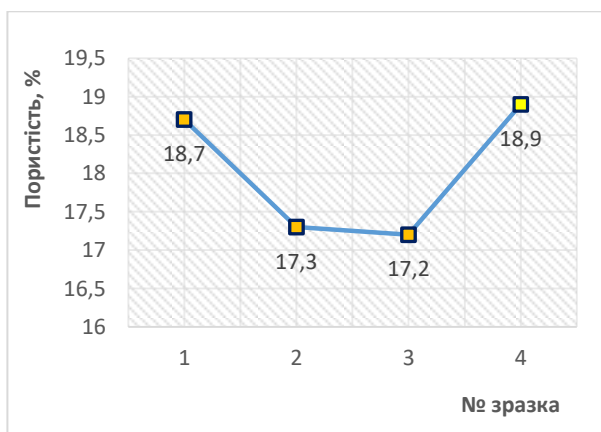


Рисунок 7.10 Пористість

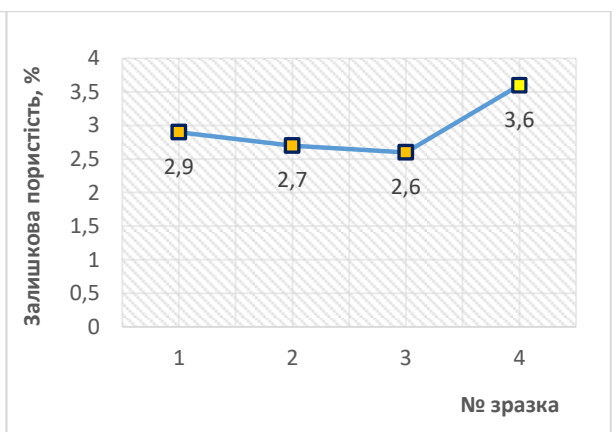


Рисунок 7.11 Залишкова пористість

Найкращі показники пористості мінеральної частини проявили зразки №2 (17,3 %) та №3 (17,2%) з додаванням 8% та 10 % цементу відповідно та та добавки Enviroseal M10+50. Найгірший показник залишкової пористості має зразок №4 (3,6%) з додаванням цементу 8%, але без додавання добавки. З додаванням стабілізатора Enviroseal M10+50 показники покращуються і в залежності від вмісту кількості в'язучого суттєво не відрізняється.

Суть методу визначення характеристик **зсувостійкості** полягає у визначенні max навантажень і відповідних граничних деформацій виготовлених зразків при таких напружено-деформованих станах (рисунок 7.12): при стисканні одноосьовому (1) і при стисканні спеціальним пристроєм за схемою Маршалла (2).

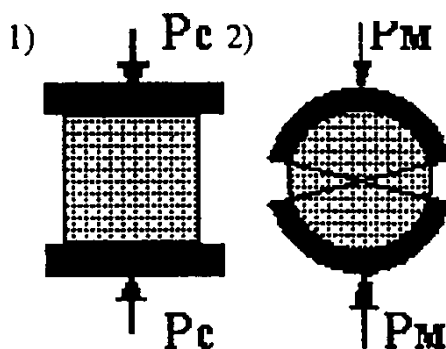


Рисунок 7.12 Схема випробування зразків на зсувостійкість

Метод призначений для накопичення статичних даних з нормування показників та апробації результатів зсувостійкості матеріалів відповідно до категорії дороги і ДКЗ.

Дослідження проводилися за допомогою пристрою обтискного (рисунок 7.13) у вигляді двох половинок циліндричної товстостінної обойми з радіусом всередині рівним половині діаметра зразка.

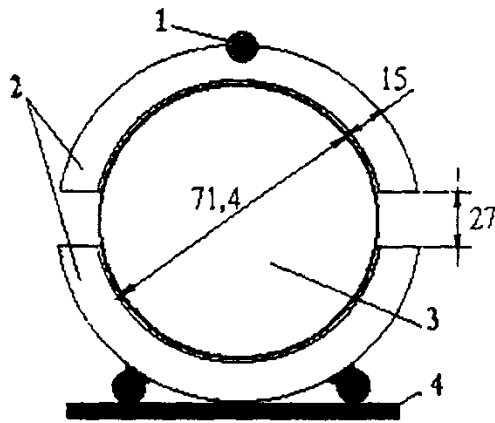


Рисунок 7.13 Обтискний пристрій
 1 - шарнір; 2 - циліндричні обойми; 3 - зразок;
 4 - нижня плита преса

Для дослідження відфрезерованого та стабілізованого матеріалу на зсувостійкість по 6 зразків кожного виду, які перед випробовуванням витримували у воді при температурі $(50 \pm 2)^\circ\text{C}$ протягом 1 години. По 3 зразки були досліджені за I схемою за першою схемою навантаження, решта 3 – за II (рисунок 7.12). Тобто при одноосьовому стисканні і при стисканні за схемою Маршалла були визнені найбільші навантаження, при яких виникають руйнування, та відповідні границі деформації при однакрвій швидкості деформування для усіх зразків $(50,0 \pm 1,0)$ мм/хв.

Експеримент проводився у наступному порядку. Вилучений з термостатувального пристрою зразок помістили у центрі нижньої пластини преса за I схемою навантаження, інший зразок – у нижню частину обтискного пристрою за II схемою навантаження. Коли на відстані 5-10 мм від верху зразка буде знаходитися верхня плита преса, увікнули електродвигун і розпочали навантажувати зразок.

За руйнівне навантаження був прийнятий максимальний зафіксований показник силовимірювача. Індикатором переміщень одночасно виміряли граничну деформацію та за секундоміром час навантаження зразка.

Для кожного зразка витрачену на руйнування роботу A знаходимо за формулою:

$$A = \frac{Pl}{2}$$

Коефіцієнт внутрішнього тертя відфрезерованого вже обробленого матеріалу знаходимо за формулою:

$$tg\varphi = \frac{3(A_m - A_c)}{3A_m - 2A_c}$$

де A_m , A_c – середня робота деформування зразків за двома схемами відповідно, Дж.

Число зчеплення при зсуві C_n :

$$C_n = \frac{1}{6}(3 - 2tg\varphi)R_c$$

де R_c – при одноосьовому стисканні границя міцності.

З результатами можна ознайомитися у таблиці 7.5 та на рисунку 7.14.

Таблиця 7.5 – Показники зсувостійкості

№ випробування		Показники зсувостійкості при кожному випробуванні та їх середні значення для відповідного номера зразка, МПа							
		1		2		3		4	
За I схемою	1	0,32	0,32	0,35	0,36	0,37	0,37	0,27	0,27
	2	0,32		0,37		0,38		0,29	
	3	0,31		0,36		0,35		0,25	
За II схемою	1	0,31	0,33	0,36	0,38	0,39	0,39	0,26	0,28
	2	0,33		0,39		0,40		0,27	
	3	0,34		0,38		0,39		0,30	

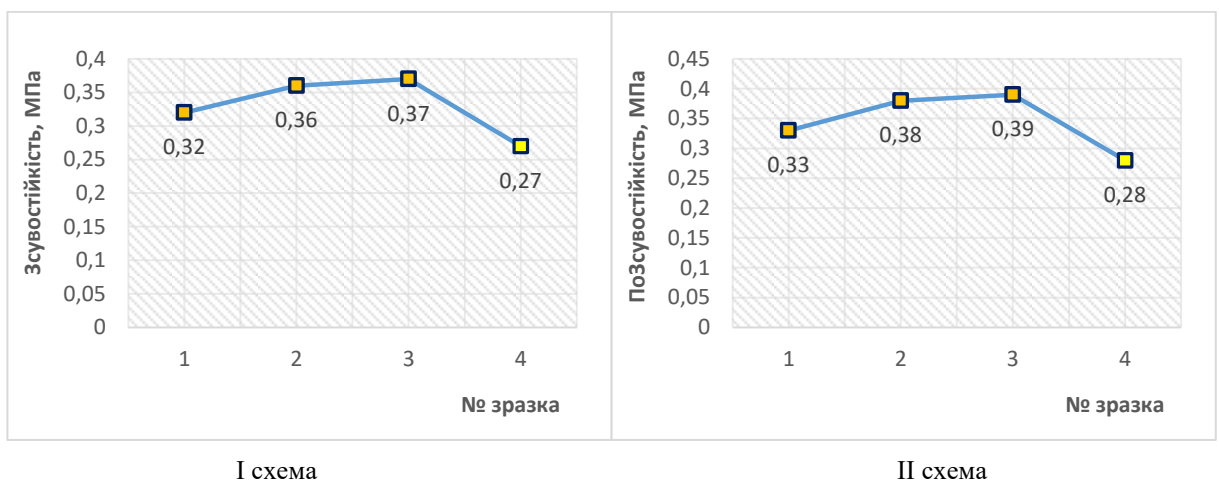


Рисунок 7.15 Зсувостійкість

Найвищі показники зсувостійкості за двома схемами дослідження проявили зразки №3 (0,36 МПа та 0,37 МПа). Незначно менші значення у

зразків №2 (0,36 МПа та 0,38 МПа). Значно нижчі результати були отримані у дослідження зразків без додавання добавки Enviroseal M10+50 (0,27 МПа та 0,28 МПа). Це свідчить про те, що додавання у стабілізований відфрезерований матеріал добавки Enviroseal M10+50 покращує показники зсувостійкості матеріалу шару покриття ДО.

Морозостійкість досліджувалася методом визначення втрати міцності при стисканні зразків готової відфрезерованої суміші після впливу на них декількох циклів заморожування та відтавання. Зразки перед дослідженням воонасичувалися, а далі поміщалися у морозильну камеру. Відстань між ними мала бути не меншою від 5 см. Початком заморожування прийнято момент досягання у морозильній камері температури -18°C . Тривалість 1 такого заморожування при сталій температурі становив 4 години. Також 4 години проходило відтавання зразків при температурі $(+18\pm 2)^{\circ}\text{C}$ після їх видалення з морозильної камери.

Після визначеної кількості циклів заморожування та відтавання піддані капілярному водонасиченню зразки витримувалися протягом 2 годин у вологому піску при температурі $(+20\pm 2)^{\circ}\text{C}$. Далі визначалася міцність при стисканні.

«Втрату міцності при стисканні ΔR , %, обчислюють за формулою:

$$\Delta R = \frac{R_{cm}^e - R_{cm}^m}{R_{cm}^e}$$

де R_{cm}^e – середньоарифметичне значення границі міцності при стисканні при температурі $(+20\pm 2)^{\circ}\text{C}$ водонасичених зразків, МПа;

R_{cm}^m – середньоарифметичне значення границі міцності при стисканні зразків при температурі $(+20\pm 2)^{\circ}\text{C}$ після встановленої кількості циклів заморожування та відтавання, МПа» [19].

Результати проведеного експерименту занесено до таблиці 7.6 та відображені на рисунках 7.16.

Таблиця 7.6 – Значення показників морозостійкості

Тип зразка	Номерація	Міцність зразків на стиск, МПа	Серед. міцність, МПа	Міцність на стиск, МПа		Зміна після 20 циклів міцності, %		Зміна після 20 циклів маси, %	
				20 циклів	Серед. міцність	За [18]	Фактична	За [18]	Фактична
Зразок №1									
Контрольний	1-1	4,69	4,73	-	-	-	-	-	-
	1-2	4,79							
	1-3	4,83							
	1-4	4,80							
	1-5	4,69							
	1-6	4,60							
Основний	1-7	-	-	4,57	4,59	5	2,96	3	2,6
	1-8			4,58					
	1-9			4,65					
	1-10			4,59					
	1-11			4,59					
	1-12			4,56					
Зразок №2									
Контрольний	1-1	5,13	5,15	-	-	-	-	-	-
	1-2	5,15							
	1-3	5,16							
	1-4	5,18							
	1-5	5,17							
	1-6	5,12							
Основний	1-7	-	-	5,07	5,10	5	0,97	3	2,1
	1-8			5,09					
	1-9			5,12					
	1-10			5,13					
	1-11			5,11					
	1-12			5,09					
Зразок №3									
Контрольний	1-1	6,87	6,70	-	-	-	-	-	-
	1-2	6,89							
	1-3	6,92							
	1-4	6,93							
	1-5	6,90							
	1-6	6,86							
Основні	1-7	-	-	5,05	5,02	5	25,01	3	2,9
	1-8			5,06					
	1-9			5,06					
	1-10			5,03					

	10								
	1-11		4,99						
	1-12		4,92						
Зразок №4									
Контрольний	1-1	4,35	4,39	-	-	-	-	-	-
	1-2	4,37							
	1-3	4,41							
	1-4	4,42							
	1-5	4,40							
	1-6	4,36							
Основний	1-7			4,29	4,32	5	1,59	3	2,7
	1-8		4,31						
	1-9		4,35						
	1-10		4,33						
	1-11		4,33						
	1-12		4,32						

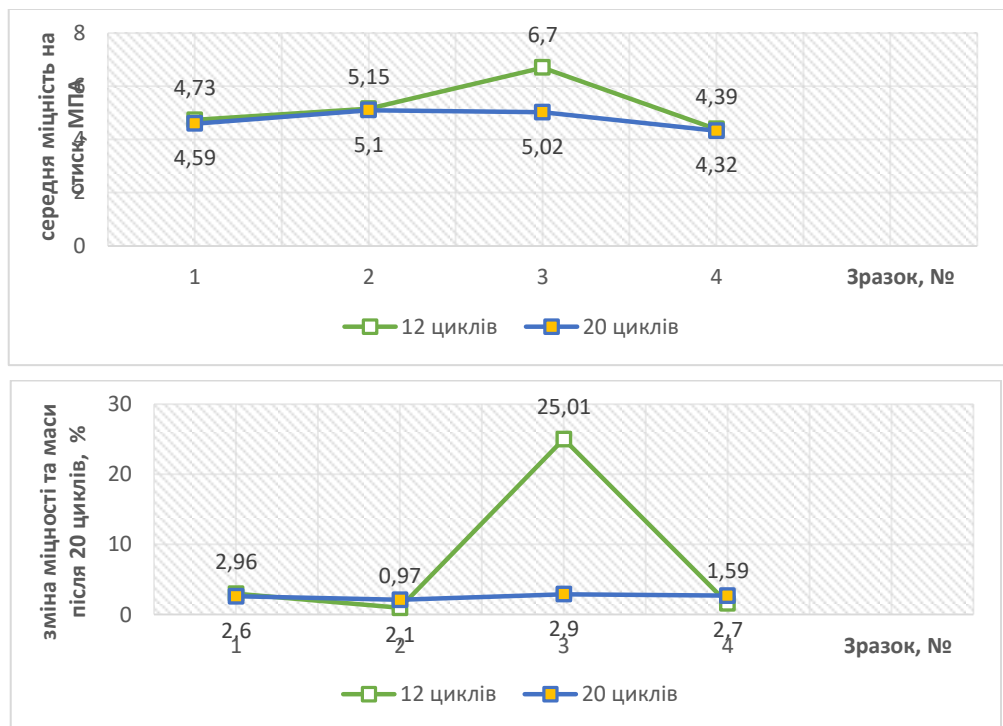


Рисунок 7.15 Морозостійкість

Знову ж таки морозостійкість має покращені показники у зразках з полімерною добавкою при доданні цементу у кількості від 6% до 8%. Зі збільшенням кількості цементу до 10% морозостійкість зразків різко

зменшується практично у чверть разів. Цей факт доводить припущення, що зі збільшенням вмісту стабілізатора Enviroseal M10+50 10% і більше посилюється пластифікувальний ефект.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 7

Результати експериментальних досліджень полімерного стабілізатора Enviroseal M10+50 показали, що зміцнення відфрезерованого матеріалу разом із в'язучим на основі цього стабілізатора і цементу (від 6 до 10%) дозволяє домогтися збільшення показника міцності при стиску майже на 2 МПа при при 20 °С та до 1 МПа при при 50 °С. Це свідчить про меншу схильність матеріалу з добавкою Enviroseal M10+50 до накопичення залишкових деформацій.

При дослідження зразків на міцність при розколі найкращі результати проявили зразки з додаванням цементу 6% та 8% з відповідною кількістю добавки Enviroseal M10+50. Зі збільшенням кількості цементу 10% і відповідно збільшення кількості вказаної добавки спостерігався зворотній процес, що призводив до зменшення міцності на розтягування при розколі, а отже збільшував ризик підвищеного утворення тріщин.

Кількість введення в'язучого та добавки Enviroseal M10+50 впливає на показники водонасичення та водостійкості. Найкращі показники водонасичення та водостійкості при тривалому водонасиченні при концентрації цементу від 6% до 8%.

Дослідження показало, що середня густина асфальту практично не залежить від додавання описаних вище складників.

З додаванням стабілізатора Enviroseal M10+50 покращуються показники пористості мінеральної частини, але в залежності від вмісту кількості в'язучого практично не відрізняється і не впливають на дану властивість покриття.

Найвищі показники зсувостійкості зафіксовані при додаванні цементу 10% з добавкою Enviroseal M10+50, незначно менші показники з різницею

лише у 0,01-0,02 МПа проявили зразки з вмістом в'язучого 8% та відповідною кількістю добавки.

Такий самий ефект підвищення властивостей з додаванням цементу та добавки проявилися при дослідженні на морозостійкість. Варто звернути увагу, що зі збільшенням кількості цементу до 10% морозостійкість зразків падає, що може призвести до швидкого руйнування конструктивного шару при низьких температурах.

Можна зробити висновок, що зі збільшенням вмісту стабілізатора Enviroseal M10+50 та цементу 10% і більше посилюється пластифікувальний ефект, що негативно впливає на міцнісні характеристики нижнього шару покриття, а, отже, і конструкції ДО в цілому.

Отримані експериментальні дані показують, що фрезерований матеріал, укріплений цементом з додаванням полімерної добавки Enviroseal M10+50 раціонально застосовувати при влаштуванні шару ДО за технологією холодного ресайклінгу разом з додаванням цементу у кількості 8%.

Література

1. Державні будівельні норми /Автомобільні дороги – ДБН В.2.3. – 4 – 2015: Держбуд України: Київ, 2015 – 115 с.
2. Державні будівельні норми / Містобудування. Територіальне планування і забудова міських і сільських поселень.- ДБН 360-92**.: Держбуд України: Київ, 2001. – 99 с.
3. Р В.2.3-218-02070915-699:2007 Рекомендації з будівництва складних ділянок автомобільних доріг (сполучення горизонтальних та вертикальних опуклих кривих) з метою зменшення їх будівельних витрат
4. Проектування автомобільних доріг: метод. вказівки до самостійної роботи для здобувачів першого (бакалаврського) рівня освіти освітньої програми «Будівництво та цивільна інженерія» галузі знань 19 Архітектура та будівництво спец. 192 Будівництво та цивільна інженерія спеціалізації Автомобільні дороги та аеродроми денної та заоч. форм навч. / В.О. Процюк. Луцьк : Луцький НТУ, 2021. – 64 с.
5. ГБН В.2.3-37641918-559:2019 Автомобільні дороги. Дорожній одяг нежорсткий. Проектування.
6. ДСТУ Б В.2.7-119:2011 Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон дорожній та аеродромний. Технічні умови.
7. Бойчук В. С. Довідник дорожника. [Текст] / В. С. Бойчук // – К.: Урожай, 2002. – 560 с.
8. Технологія будівництва автомобільних доріг [текст]: Конспект лекцій для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньо-професійної програми «Будівництво та цивільна інженерія» галузі знань 19 Архітектура та будівництво спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія денної та заочної форм навчання /уклад. О.П. Шимчук – Луцьк: Луцький НТУ, 2020. – 172 с.
9. ДСТУ Б Д.2.2-1:2012 Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Земляні роботи (Збірник 1).

10. ДСТУ Б Д.2.2-27:2012 Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Автомобільні дороги (Збірник 27).

11. ДСТУ Б А.3.1-22:2013. Визначення тривалості будівництва об'єктів.

12. ДБН А.3.2-2-2009 Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення (НПАОП 45.2-7.02-12)

13. Ціноутворення в будівництві: Методичні вказівки до практичних занять для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньо-професійної програми «Будівництво та цивільна інженерія» галузь знань 19 Архітектура та будівництво спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія денної та заочної форм навчання / Д.Я. Кислюк. – Луцьк : Луцький НТУ, 2022. – 60 с.

14. Державний стандарт України / Правила визначення вартості будівництва та порядку проведення ремонту та утримання об'єктів благоустрою населених пунктів» - ДСТУ Б Д.1.1-1:2013: Держбуд України: Київ, 2013. – 96 с.

15. Ільченко В.В. Відновлення дорожніх одягів із застосуванням технології холодного фрезування / В.В. Ільченко // Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво). – Полтава: ПолтНТУ, 2006. – Вип. 18. – С. 135 – 138.

16. Гончаренко В.В., Ларін Д.А., Єрмейчук А.Д. Застосування полімерних добавок в технології холодного ресайклінгу. Дороги і мости. Київ, 2016. Вип. 16. С. 13-20

17. ДСТУ 8976:2020 Матеріали дорожні, виготовлені за технологією холодного ресайклінгу. Технічні умови

18. ДСТУ 8977:2020 Матеріали дорожні, виготовлені за технологією холодного ресайклінгу. Методи випробування

19. ДСТУ Б В.2.7-319:2016 Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон дорожній та аеродромний. Методи випробувань

20. ДСТУ Б В.2.7-46:2010 Будівельні матеріали. Цементи загальнобудівельного призначення. Технічні умови. – Київ, ДП «Орган з сертифікації цементів «СЕПРОЦЕМ», 2011. – 213 с..

21. ДСТУ Б В.2.7-71-98 Щебінь і гравій із щільних гірських порід і відходів промислового виробництва для будівельних робіт. Методи фізико-механічних випробувань.

22. ДСТУ EN 58:2018 Бітум та бітумні в'язучі. Відбирання проб бітумних в'язучих (EN 58:2012, IDT)

23. Будівництво та цивільна інженерія. Магістерський курс: Навчальний посібник / О. В. Дзюбинська, С. Я. Дробишинець, Д. Я. Кислюк, С. В. Ротко, В. П. Самчук, С. В. Синій, П. О. Сунак, О. А. Ужегова, О. С. Чапюк .– Луцьк: ЛНТУ, 2023. – 675 с.

24. Державні будівельні норми /Навантаження і впливи. Норми проектування – ДБН В.1.2. – 2 – 2006: Держбуд України: Київ, 2006 – 115 с.

25. Система SUPERPAVE - сучасний підхід до проектування складів асфальтобетонних сумішей Державне підприємство «Національний інститут розвитку інфраструктури». Головна Державне підприємство «Національний інститут розвитку інфраструктури».

26. ДСТУ 8749:2017 Безпека дорожнього руху. Огородження та організація дорожнього руху в місцях проведення дорожніх робіт

