

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 автомобільної дороги О030849 Луцьк –  
Рованці у Волинській 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-22

**ПРОКОПЧУК Олег Віталійович**

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Керівник:

к.т.н., доцент

**ПРОЦЮК Віталій Олексійович**

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Кваліфікаційну роботу  
допущено до захисту  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 р.

к.т.н., доцент

Гарант освітньої програми:

**КИСЛЮК Дмитро Ярославович**

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Луцьк – 2025 року



5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): Вихідні дані для проектування автомобільної дороги; план ділянки дороги; поздовжній профіль дороги; типові поперечні профілі земляного полотна; конструкції дорожнього одягу; схема організації дорожнього руху; штучна споруда; технологічна карта улаштування основи нового дорожнього одягу; директивний графік будівництва; будівельний генеральний план; графічний матеріал до наукової частини

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1. Проектні рішення	ПРОЦЮК В.О., доцент		
2. Конструктивні рішення	ЯЮК І.М., доцент		
3. Технологія та організація будівництва	ДРОБИШИНЕЦЬ С.Я., доцент		
4. Організація дорожнього руху	ЯЮК І.М., доцент		
5. Охорона праці	ПРОЦЮК В.О., доцент		
6. Економічна частина	ПРОЦЮК В.О., доцент		
7. Наукова частина	ПРОЦЮК В.О., доцент		

7. Дата видачі завдання "19" лютого 2025 року

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Перша контрольна перевірка. Проектні рішення. Конструктивні рішення.	14.10.2025	
2	Друга контрольна перевірка. Технологія та організація будівництва. Організація дорожнього руху	25.10.2025	
3	Третя контрольна перевірка. Економічна частина. Охорона праці. 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)

Науковий керівник \_\_\_\_\_  
(підпис)

Олег ПРОКОПЧУК \_\_\_\_\_  
(ім'я та прізвище)

Віталій ПРОЦЮК \_\_\_\_\_  
(ім'я та прізвище)

## АНОТАЦІЯ

ПРОКОПЧУК О.В. «Капітальний ремонт автомобільної дороги О030849 Луцьк – Рованці у Волинській 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 даних по місцевості). Рукопис.

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

Кваліфікаційна робота магістра складається з вступу, семи розділів, переліку посилань, додатків.

У роботі досліджено кліматологічні особливості району будівництва, стан автомобільної дороги та запропоновано виконання капітального ремонту автомобільної дороги. В науковій частині роботи було запропоновано використання відходів промисловості, а саме гумової крихти, як добавки до асфальтобетонної суміші.

Ключові слова: автомобільна дорога, ґрунт земляне полотно, дорожній одяг, штучна споруда, гумова крихта.

## ANNOTATION

PROKOPCHUK O.V. «Overhaul of the road O030849 Lutsk - Rovantsi in the Volyn Oblast ». (on the materials of engineering surveys on the object; climatic conditions of the region, data on construction and material resources region, characteristics of traffic flows, area plan with data on land tenure, communications, soil and geological characteristics, hydrological data on the area). Manuscript.

Qualification work of the master of OP «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 sections, conclusions, a list of references, applications.

The work investigated the climatological features of the construction area, the condition of the highway, and proposed the implementation of major repairs to the highway. In the scientific part of the work, the use of industrial waste, namely rubber crumb, as an additive to the asphalt concrete mixture was proposed.

Key words: highway, soil, subgrade, pavement, artificial construction, rubber crumb

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	8
<b>Розділ 1. ПРОЕКТНІ РІШЕННЯ</b> .....	10
1.1 Техніко-економічна характеристика району Волинської області.....	10
1.2 Аналіз природно-кліматичних умов району капітального ремонту автомобільної дороги .....	11
1.3 Особливості проекту капітального ремонту автомобільної дороги .....	13
1.4 Дорожньо-будівельні матеріали.....	14
1.5 Доступність об'єкта будівництва для маломобільних груп населення..	15
1.6 Основні технічні нормативи проектування.....	16
1.7 Висновки до розділу 1.....	18
<b>Розділ 2. КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ</b> .....	19
2.1 Земляне полотно.....	19
2.2 Поверхневий водовідвід.....	19
2.3 Поздовжній профіль.....	20
2.4 Поперечний профіль.....	20
2.5 Дорожній одяг .....	21
2.6 Будівлі і споруди дорожньої та автотранспортної служби.....	23
2.7 Інженерні комунікації.....	24
2.8 Розрахунок класу наслідків (відповідальності) об'єкту капітального ремонту.....	24
2.9 Висновки до розділу 2.....	25
<b>Розділ 3. ТЕХНОЛОГІЯ І ОРГАНІЗАЦІЯ РОБІТ</b> .....	26
3.1 Технологія виконання підготовчих робіт .....	26
3.2 Технологія укладання асфальтобетонної суміші.....	27
3.3 Технологія ущільнення асфальтобетонного покриття.....	28
3.4 Технологія влаштування основи з щебеню, обробленого бітумом в установці.....	29
3.5 Технологія будівництва покриття із гарячих асфальтобетонних сумішей.....	31

3.6	Технологія та організація робіт при нанесенні дорожньої розмітки.....	32
3.7	Організація будівництва .....	34
3.7.1	Основні положення з організації будівництва.....	34
3.7.2	Розрахунок тривалості будівництва.....	34
3.8	Висновки по розділі 3 .....	36
	<b>Розділ 4. ОРГАНІЗАЦІЯ ДОРОЖНЬОГО РУХУ .....</b>	<b>37</b>
4.1	Дорожні знаки. ....	37
4.2	Дорожня розмітка.....	38
4.3	Бар'єрне огороження.....	39
4.4	Озеленення дороги.....	40
4.5	Освітлення дороги.....	40
4.6	Безпека руху.....	40
4.7	Висновки по розділі 4.....	41
	<b>Розділ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ .....</b>	<b>42</b>
5.1	Загальні положення .....	42
5.2	Основні нормативні вимоги безпеки при виконанні окремих видів робіт та експлуатації машин і механізмів.....	43
5.3	Запроектовані заходи та технічні рішення для ліквідації і зменшення впливу небезпечних та шкідливих виробничих факторів.....	44
5.4	Пожежна профілактика.....	46
5.5	Безпека дорожнього руху.....	47
5.6	Висновки по розділі 5.....	48
	<b>Розділ 6. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА .....</b>	<b>49</b>
6.1	Загальні положення.....	49
6.2	Висновки по розділі 6.....	49
	<b>Розділ 7. НАУКОВА ЧАСТИНА .....</b>	<b>50</b>
7.1	Використання відходів промислового виробництва у дорожньому будівництві .....	50
7.2	Основні напрямки використання гумової крихти в дорожньому будівництві.....	54

7.2.1 Фізичні методи переробки та отримання гумової крихти.....	54
7.2.2 Хімічні методи.....	54
7.3 Зарубіжний досвід використання гумової крихти у дорожніх покриттях.....	55
7.4. Основні переваги застосування гумової крихти у дорожньому покритті.....	56
7.5 Застосування гумової крихти для модифікації дорожніх бітумів .....	57
7.6 Матеріали і методи для проведення досліджень.....	58
7.7. Характеристики бітуму модифікованого гумової крихтою.....	58
7.7 Висновки по розділі 7.....	61
<b>ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....</b>	<b>62</b>
<b>ДОДАТОК А. Розрахунок дорожнього одягу.....</b>	<b>64</b>

## ВСТУП

Автомобільні дороги відіграють провідну роль у структурі транспортної інфраструктури держави. На автомобільний транспорт припадає орієнтовно 75% загального обсягу вантажних перевезень та близько 80 % пасажирських перевезень, що свідчить про його визначальне значення в забезпеченні мобільності населення та економіки країни.

Вигідне географічне розташування України створює передумови для отримання у перспективі значних фінансових надходжень до державного бюджету за рахунок транзитних міжнародних автомобільних перевезень і розвитку автотуризму, за умови інтеграції національної транспортної інфраструктури до європейської транспортної системи. Реалізація цього потенціалу потребує розвитку мережі магістральних автомобільних доріг, а також забезпечення функціонування міжнародних і національних транспортних коридорів на рівні, що відповідає стандартам європейських країн.

Очікується підвищення ефективності зовнішньоекономічної діяльності транспортної галузі з метою повного та якісного задоволення потреб зовнішньої торгівлі України. Упровадження Державної програми розвитку транспортних коридорів сприятиме істотному зростанню обсягів перевезень, розширенню спектра сервісних послуг для учасників транспортного процесу та туристів, а також загальному зростанню виробництва й обсягів зовнішньої торгівлі.

Відповідно до завдання на дипломне проєктування передбачено розроблення проєкту ділянки автомобільної дороги III категорії у Волинській області.

## **Розділ 1. ПРОЕКТНІ РІШЕННЯ**

### **1.1 Техніко-економічна характеристика Волинської області**

Волинська область розміщена у північно-західній частині України в межах зони Українського Полісся. Територія області межує на заході з Республікою Польща, на півночі – з Республікою Білорусь, на сході – з Рівненською, а на півдні – з Львівською областями України.

Площа Волинської області становить 20,2 тис. км<sup>2</sup>, що складає близько 3,3% території України. Протяжність області з півночі на південь сягає 187 км, а із заходу на схід – 163 км.

Основною складовою економіки регіону є агропромисловий комплекс, який формує майже половину валового регіонального продукту. Сільське господарство області орієнтоване переважно на розвиток тваринництва м'ясо-молочного напрямку, а також на вирощування зернових культур, цукрових буряків, овочів і картоплі. У сільській місцевості сформовано сучасні економічні відносини, що ґрунтуються на приватній власності на землю та майно, при цьому переважна частка сільськогосподарської продукції виробляється на недержавній основі.

Промислове виробництво в області здійснюють 167 підприємств, серед яких провідними є харчова, машинобудівна, паливна, хімічна галузі, а також промисловість будівельних матеріалів. Підприємства регіону випускають прилади контролю, підшипники, водолічильники, обладнання для тваринництва та кормовиробництва, вироби з пластмас, текстильну продукцію, лінолеум, покрівельні матеріали, будівельну цеглу, меблі, а також широкий асортимент харчової продукції, зокрема кондитерські, макаронні, ковбасні та лікєро-горілчані вироби, консерви тощо.

У приватному секторі економіки області функціонує близько 3,7 тис. малих підприємств і 28,3 тис. фізичних осіб — підприємців, у яких зайнято

приблизно 10 % працездатного населення регіону. Малі підприємства забезпечують виробництво 9,2% загального обсягу продукції та формують близько 20% надходжень до бюджетів усіх рівнів.

Структура валового регіонального продукту Волинської області має такий розподіл: сільське господарство – 35,3%, сфера послуг – 26,2%, промисловість – 25,1%, будівництво – 3,6 %.

Мінерально-сировинна база області представлена родовищами кам'яного вугілля, природного газу, фосфоритів, міді, будівельного каменю та крейди, сапропелю й гелію. Окрім цього, в регіоні здійснюється видобуток торфу, цегельно-черепичної сировини, будівельних і скляних пісків, а також цементної сировини.

## **1.2 Аналіз природно-кліматичних умов району капітального ремонту автомобільної дороги**

Місто Луцьк розташоване у південно-західній частині Волинської області та є її адміністративним центром. Місто знаходиться на річці Стир – притоці Прип'яті, що належить до басейну Дніпра.

**Кліматичні умови.** Для Луцька, як і для території Волинської області загалом, характерний помірно-континентальний клімат із теплим літом і відносно м'якою зимою. Середньорічна температура повітря становить близько 7,4 °С: найнижчі середні значення спостерігаються у січні (–4,9 °С), найвищі – у липні (+18,0 °С).

У січні 1987 року зафіксовано найнижчу середньомісячну температуру (–4,0 °С), тоді як найвища середньомісячна температура січня спостерігалась у 2007 році (+2,0 °С). Для липня мінімальні середньомісячні показники відзначено у 1962 та 1979 роках (+15,8 °С), а максимальні – у 1959 році (+21,4 °С). Абсолютний мінімум температури повітря (–33,6 °С) зафіксовано в лютому 1929 року, тоді як абсолютний максимум (+36,2 °С) – у серпні 1946 та 1952

років.

За результатами багаторічних спостережень простежується тенденція до підвищення середньорічної температури повітря, яка за останні 100–150 років зросла більш ніж на 1,0 °С, причому найбільш виражене потепління спостерігається у холодний період року.

Середньорічна кількість атмосферних опадів у Луцьку становить приблизно 560 мм, при цьому мінімальні значення припадають на березень, а максимальні – на липень. Найменшу річну кількість опадів зафіксовано у 1961 році (310 мм), а найбільшу – у 1931 році (822 мм). У середньому протягом року спостерігається близько 148 днів з опадами; найменша їх кількість відзначається у серпні, найбільша – у грудні. Сніговий покрив формується щорічно, проте його висота, як правило, є незначною.

Середня відносна вологість повітря становить близько 78 %, з мінімальними значеннями у травні (64 %) та максимальними – у грудні (89 %). Найменша хмарність характерна для серпня, найбільша – для грудня. Переважаючими є вітри західного напрямку. Середня швидкість вітру у січні становить 4,1 м/с, у червні – 2,8 м/с. У місті функціонує метеорологічна станція, що здійснює постійний моніторинг погодних умов.

Гідрографічна характеристика. Основною водною артерією міста є річка Стир, яка є судноплавною, належить до басейну Дніпра та протікає через центральну частину Луцька. Крім того, на території міста знаходяться малі річки: Омеляник (ліва притока Стиру, довжина – 12,6 км), Сапалаївка (права притока, 12,4 км) та Жидувка (ліва притока, 4 км).

До водних об'єктів Луцька належать Теремнівські ставки – дві водойми загальною площею 6 га, створені на річці Сапалаївка у 1993 році та віднесені до гідрологічних пам'яток природи місцевого значення. Також у межах міста розташований загальнозоологічний заказник місцевого значення «Гнідавське болото», заснований у 1995 році, площею 116,6 га, який гідравлічно пов'язаний із річкою Стир системою меліоративних каналів. Загальна площа

водоохоронних територій річок у межах міста становить близько 450 га, а сумарна площа водних об'єктів перевищує 100 га. Для господарсько-питного водопостачання використовується понад 100 артезіанських свердловин.

Ґрунтові умови. Ґрунтовий покрив території Луцька сформувався відповідно до загальних фізико-географічних закономірностей Волинського регіону. У межах Волинської височини, складеної лесовидними суглинками, поширені типові та опідзолені чорноземи, сірі й лісостепові опідзолені ґрунти. Для північних районів області характерні азональні та гідроморфні ґрунти, зумовлені низинним рельєфом і поширенням супіщаних та піщаних відкладів, представлених дерновими, дерново-підзолистими, лучними, болотними ґрунтами та торфовищами. У місцях виходу на денну поверхню мергелів і крейди сформувалися перегнійно-карбонатні ґрунти.

Флора та фауна. Рослинний покрив представлений переважно видами покритонасінних рослин, серед яких домінують складноцвіті, злакові, осокові, розоцвіті, бобові, гвоздикові, жовтецеві, губоцвіті, зонтичні та хрестоцвіті родини. На території області налічується 109 видів рослин, занесених до Червоної книги України, у тому числі 88 видів судинних рослин, а також мохоподібні, водорості, лишайники та гриби.

Видове різноманіття тваринного світу Волинської області перевищує 2000 видів, з яких 94 види занесені до Червоної книги України.

### **1.3 Особливості проектування капітального ремонту автомобільної дороги**

Необхідність виконання капітального ремонту ділянки автомобільної дороги на км 0+000 – км 1+350 зумовлена завершенням міжремонтного строку служби дорожнього одягу, незадовільним технічним станом асфальтобетонного покриття, а також невідповідністю параметрів земляного полотна чинним нормативним вимогам.

Ділянка автомобільної дороги Луцьк – Рованці на км 0+000 – км 3+500, що підлягає поточному середньому ремонту, розташована в Луцькому районі Волинської області та за своїми геометричними і технічними характеристиками відповідає автомобільній дорозі III категорії.

На всій протяжності ділянки поточного середнього ремонту траса проходить по осі існуючої автомобільної дороги Луцьк – Рованці, без зміни її планового положення. Загальна довжина проєктованої ділянки становить 1350 м.

Основні техніко-економічні показники плану траси наведено нижче:

- загальна довжина траси – 1350 м;
- кількість кутів повороту – 3;
- радіуси кривих у плані – 50–100 м;
- сумарна довжина кривих – 115,38 м;
- довжина прямих ділянок – 1234,62 м.

Пропуск паводкових і зливових вод під існуючою автомобільною дорогою забезпечується залізобетонною трубою діаметром 1250 мм, розташованою на пікеті ПК 12+38,00.

На ділянці, що підлягає поточному середньому ремонту, наявний дорожній одяг капітального типу з асфальтобетонним покриттям. Ремонтно-експлуатаційні заходи в попередні роки здійснювалися шляхом улаштування поверхневих обробок, виконання ямкового ремонту та фрезерування напливів дорожнього одягу з подальшим укладанням асфальтобетонної суміші.

Ширина проїзної частини в межах проєктної ділянки змінюється від 7,0 до 14,0 м, при цьому технічний стан існуючого покриття оцінюється як незадовільний. Поперечний ухил проїзної частини становить 10–25 %, узбіч – 40–50 %.

#### **1.4 Дорожньо-будівельні матеріали**

Фракційний щебінь і готова щебенево-піщана суміш, необхідні для

влаштування основи дорожнього одягу, передбачається постачати автосамоскидами з щебеневого кар'єру, розташованого в селі Полиці Рівненської області. Відстань доставки від кар'єру до ділянки капітального ремонту складає 123 км, а орієнтовна тривалість перевезення – близько 3 годин. Обраний постачальник забезпечує відповідність матеріалів вимогам чинних ДСТУ та стабільну якість щебеню і сумішей.

Асфальтобетонні суміші, бітуми та бітумні емульсії виготовляються на сертифікованих асфальтобетонних заводах. Проектом передбачено постачання зазначених матеріалів з асфальтобетонного заводу, розташованого в місті Луцьк. Відстань транспортування з кожного із заводів становить близько 10 км, що забезпечує доставку асфальтобетонних сумішей у межах допустимого часу без втрати їх технологічних властивостей.

З метою організації та забезпечення безпеки дорожнього руху під час експлуатації автомобільної дороги проектом передбачено встановлення технічних засобів організації дорожнього руху, зокрема дорожніх знаків. Їх виготовлення здійснюється на спеціалізованих підприємствах у різних регіонах України, а доставка до місця виконання робіт виконується автомобільним транспортом.

Нанесення дорожньої розмітки запроєктовано виконувати із застосуванням спеціалізованих розмічувальних машин. Для цього використовується розмічувальна суміш, що складається з фарби, склокульок, силікону, затверджувача та розріджувача, що забезпечує належну видимість розмітки, її зносостійкість і відповідність нормативним вимогам.

### **1.5 Доступність об'єкта будівництва для маломобільних груп населення**

У проекті «Капітальний ремонт автомобільної дороги Луцьк – Рованці» передбачено створення умов для безпечного та комфортного пересування

маломобільних груп населення відповідно до вимог «ДБН В.2.2-40:2018 Інклюзивність будівель і споруд» [26], та «ДСТУ-Н Б В.2.2-31:2011 Настанова з облаштування будинків і споруд цивільного призначення елементами доступності для осіб з вадами зору та слуху» [27].

У магістерській роботі запропоновано такі інженерні рішення для забезпечення доступності об'єкта:

- створення безбар'єрних поверхневих переходів на перехрестях пішохідних і транспортних потоків із пониженням бортового каменю до рівня не більше 0,025 м від проїзної частини;
- встановлення тактильного дорожнього знака шириною 0,5 м на підходах до пішохідних переходів, розташованого на відстані 0,8 м від потенційно небезпечної зони;
- монтаж дорожніх знаків відповідно до ДСТУ 4100:2021 на висоті не менше 2 м від рівня покриття.

Впровадження цих заходів забезпечує зручний і безпечний рух пішоходів на ділянці дороги, у тому числі для людей з обмеженими можливостями, що є важливою складовою сучасного інклюзивного підходу до проектування транспортної інфраструктури.

## 1.6 Основні технічні нормативи проектування

Основні техніко-економічні показники по проекту наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Основні техніко-економічні показники

№ п.п.	Найменування робіт	Одиниці виміру	Кількість
<b>1.Економічні дані</b>			
1	Народно-господарське значення дороги		місцева
2	Розрахункова інтенсивність руху	авто/год.	3626
3	Розрахункова швидкість руху	км/год.	50
4	Категорія дороги:	кат.	III
5	Довжина ділянки:	км	1,350
6	Найбільший поздовжній похил	‰	10

7	Найменший радіус опуклої кривої у профілі	м	11070
8	Найменший радіус увігнутої кривої у профілі	м	9780
9	Найменша відстань видимості для зупинки автомобіля	м	250
<b>2. Земляне полотно</b>			
1	Ширина земляного полотна	м	25,5-26,3
2	Об'єм оплачуваних земляних робіт:		
	- загальний	м <sup>3</sup>	89141
	- на 1 км дороги	м <sup>3</sup>	29714
<b>3. Дорожній одяг:</b>			
1	Кількість смуг руху	шт.	2 (4)
2	Ширина смуги руху	м	3,5
3	Ширина узбіччя, у тому числі:	м	3,5
	- ширина укріпленої смуги	м	0,50
4	Тип 1– новий дорожній одяг	м <sup>2</sup>	7150
5	Тип 2		
	- посилення	м <sup>2</sup>	15500,00
6	Розрахунковий модуль пружності	МПа	333
7	Верхній шар покриття	ЩМА-15 на бітумі БМКП 70/100-60	
<b>5. Будівлі та споруди</b>			
1	Автобусні зупинки	шт.	6
<b>6. Пересічення та примикання</b>			
1	Примикання	шт.	3
<b>7. Обстановка і облаштування дороги</b>			
1	Дорожні знаки	шт.	10
	- типові	шт.	8
	- індивідуального проектування	шт.	2
2	Бар'єрне огородження	м	
	- 11 ДО	м	1600
3	Напрямні стовпчики	шт.	65
4	Дорожня розмітка:		
	- структурним пластиком холодного нанесення	км	6500
№ п.п.	Найменування робіт	Одиниці виміру	Кількість
<b>8. Вартість і організація будівництва</b>			
1	Загальна вартість капітального ремонту	тис.грн	186473,963
2	Вартість будівельно-монтажних робіт	тис.грн	146202,093
3	Тривалість закінчення капітального ремонту	місяців	16,2

## **1.7 Висновки до розділу 1**

У розділі 1 магістерської роботи виконано аналіз району проведення капітального ремонту автомобільної дороги, охарактеризовано природно-кліматичні умови району будівництва та наведено техніко-економічну характеристику території виконання робіт.

У даному розділі також подано відомості щодо плану автомобільної дороги, обґрунтовано потребу в дорожньо-будівельних матеріалах і наведено основні технічні показники автомобільної дороги.

## **Розділ 2. КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ**

### **2.1 Земляне полотно**

Земляне полотно автомобільної дороги спроектоване з урахуванням рельєфу місцевості, кліматичних та ґрунтово-геологічних умов району прокладання траси, що належить до У-1 дорожньо-кліматичної зони, відповідно до вимог розділу 6 ДБН В.2.3-4:2015 «Автомобільні дороги».

Поперечний профіль земляного полотна виконаний двосхилим, на окремих ділянках передбачено безкюветний профіль або двосторонні кювети. Конкретні типи поперечних профілів відображено на відповідному кресленні (див. «Поперечні профілі земляного полотна»).

Максимальний поздовжній ухил траси становить 25,7 ‰. Поздовжній профіль автомобільної дороги наведено на відповідному кресленні.

Водовідведення з проїзної частини передбачено за рахунок поздовжніх та поперечних ухилів, що спрямовують поверхневі води у придорожні кювети.

На окремих ділянках проектом передбачено розширення існуючого земляного полотна для забезпечення безпеки руху та відповідності сучасним технічним вимогам.

### **2.2 Поверхневий водовідвід**

Водовідведення з проїзної частини автомобільної дороги Луцьк – Рованці забезпечується завдяки відповідному плануванню поздовжнього та поперечного профілів із поперечним ухилом 25 ‰. Поверхневі води відводяться від осі проїзної частини до укосів узбіч. Далі вода спрямовується або у придорожні кювети, або самопливом розтікається по поверхні прилеглих територій.

### **2.3 Поздовжній профіль**

Поздовжній профіль автомобільної дороги запроєктований відповідно до вимог [2] для доріг I-б категорії з максимальним використанням існуючого дорожнього одягу при капітальному ремонті правого проїзду. Проєктування профілю здійснено з використанням програмного комплексу «КРЕДО», виходячи з необхідної розрахункової товщини конструкції дорожнього одягу та з урахуванням поздовжнього і поперечного вирівнювання. За основу проєктування прийнята вісь правого проїзду.

Робоча відмітка по осі існуючого покриття встановлена на рівні 36 см, що передбачає укріплення шаром гарячого чорного щебеню товщиною 10 см для запобігання передачі тріщин від існуючого покриття. Крім того, передбачено влаштування двох шарів асфальтобетону. Лівий і правий проїзди спроектовані на однакових відмітках для забезпечення симетрії та оптимальних умов водовідведення.

Основні технічні показники поздовжнього профілю: найбільший поздовжній ухил – 10 проміле; найменший радіус кривої у профілі: угнутої – 6000 м; опуклої – 11020 м.

### **2.4 Поперечний профіль**

В межах капітального ремонту автомобільної дороги Луцьк – Рованці передбачено влаштування двоскатного поперечного профілю проїзної частини з поперечним ухилом 25 ‰ від осі до узбіч.

Висота бортового каменю на зупинкових майданчиках становить 0,20 м, а в місцях примикання тротуару до проїзної частини передбачено пониження бортового каменю до рівня дорожнього покриття для забезпечення безпечного та комфортного сполучення.

Ширина велопішохідної доріжки розрахована так, щоб забезпечити безперешкодний рух велосипедистів, пішоходів та маломобільних груп населення. Поперечний ухил пішохідної доріжки виконано односхилим 20 % у напрямку проїзної частини, що забезпечує ефективне поверхневе водовідведення.

## 2.5 Дорожній одяг

Дорожній одяг безпосередньо сприймає навантаження від транспортних засобів, тому до його проектування та розрахунку висуваються особливі технічні вимоги.

У рамках даної магістерської роботи запроєктовано нежорсткий капітальний тип дорожнього одягу з асфальтобетонним покриттям. Для перевірки надійності конструкції передбачено проведення розрахунків за трьома критеріями.

Конструкція дорожнього одягу та тип покриття визначаються з урахуванням транспортно-експлуатаційних вимог і забезпеченості місцевими будівельними матеріалами.

Для проектування дорожнього одягу використані наступні вихідні дані:

- вулиця проходить у дорожньо-кліматичній зоні У-І;
- розрахунковий строк експлуатації дорожнього одягу –  $T_{сл} = 12$  років;
- за розрахункове навантаження прийнятий автомобіль групи А1 з параметрами: тиск на колесо  $p = 0,8$  МПа, діаметр колеса  $D = 34,5$  см;
- приведена до навантаження типу А2 інтенсивність руху на кінець строку служби:  $N_p = 1600$  один/д;
- показник зміни інтенсивності руху:  $q = 1,04$ ;
- ґрунт робочого шару земляного полотна – легкий пілуватий суглинок з розрахунковою вологістю  $0,6 W_T$ .

На основі цих даних визначається сумарна кількість прикладень

навантаження протягом розрахункового строку служби дорожнього одягу.

Вибір та призначення конструкції дорожнього одягу здійснюється на основі економічного порівняння різних варіантів конструкції. При цьому для ділянок посилення враховується наявний дорожній одяг, а для нових ділянок – результати геологічних досліджень, що дозволяє врахувати інженерно-геологічні умови та забезпечити відповідність конструкції вимогам нормативних документів «ДБН В.2.3-4:2015» [2], та «ГБН В.2.3-37641918-559:2019 Дорожній одяг нежорсткий. Проектування» [6].

Тип покриття конструкції дорожнього одягу визначався з урахуванням транспортно-експлуатаційних вимог, відповідно до категорії дороги та прогнозованої інтенсивності руху на перспективу.

При проектуванні дорожнього одягу враховувалися фізико-технічні характеристики матеріалів, наявність місцевих дорожньо-будівельних ресурсів, а також кліматичні та ґрунтово-геологічні умови району прокладання траси. Крім того, приділялася увага технологічності будівництва та раціональності в процесі подальшої експлуатації.

Виходячи з перспективної інтенсивності руху транспортних засобів, що становить 9956 авт./добу, та терміну служби конструкції нежорсткого дорожнього одягу — 12–14 років, було проведено інженерний розрахунок на міцність та стійкість до напружень, здатних спричинити горизонтальні та вертикальні переміщення, які, у свою чергу, можуть призводити до залишкових деформацій дорожнього полотна.

Інженерні розрахунки нежорсткого дорожнього одягу виконувалися з урахуванням необхідного модуля пружності матеріалів, визначеного за результатами техніко-економічних розрахунків та відповідно до нормативних вимог до ГБН В.2.3-37641918-559:2019» [6].

В результаті проведених розрахунків конструкція дорожнього одягу прийнята наступною:

Тип 1. Для підсилення дорожнього одягу:

- Гарячий щебеневий щільний асфальтобетон дрібнозернистий тип А з маркою бітуму БНД – 60/90 ( $E = 3200$  МПа,  $h = 0,05$  м.);
- Гарячий щебеневий пористий асфальтобетон дрібнозернистий тип А з маркою бітуму БНД – 60/90 ( $E = 2000$  МПа,  $h = 0,05$  м.);
- Гарячий щебеневий високо-пористий асфальтобетон крупнозернистий тип А з маркою бітуму БНД – 60/90 ( $E = 2000$  МПа,  $h = 0,05$  м.);
- ущільнений ґрунт ( $E=77$ МПа,  $h=0,12$  м.).

Тип 2. На розширенні:

- Гарячий щебеневий щільний асфальтобетон дрібнозернистий тип А з маркою бітуму БНД – 60/90 ( $E = 3200$  МПа,  $h = 0,05$  м.);
- Гарячий щебеневий пористий асфальтобетон крупнозернистий тип А з маркою бітуму БНД – 60/90 ( $E = 2000$  МПа,  $h = 0,10$  м.);
- Щебенево-піщана суміш С5 ( $E = 800$  МПа,  $h = 0,25$  м.);
- Пісок дрібнозернистий згідно з ДСТУ Б В.2.7-32-95 "Пісок щільний природний для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт. Технічні умови" [5] ( $E = 200$  МПа,  $h = 0,20$  м.).

## **2.6 Будівлі і споруди дорожньої та автотранспортної служби**

У селищі Рованці на даний час функціонує 6 зупинок громадського транспорту: один павільйон зі збірного залізобетону та шість павільйонів із металоконструкцій перебувають у задовільному стані. Посадкові майданчики виконані з бортового каменю, зупинові майданчики мають асфальтобетонне та ґрунтове покриття.

Проте розташування шести зупинок не відповідає вимогам нормативних документів, тому проектом передбачено їх демонтаж.

Крім того, проектом заплановано влаштування чотирьох нових зупинок громадського транспорту. Розташування та технічні параметри нових зупинок

наведено у відповідній відомості та відображено на кресленні проектної документації.

## **2.7 Інженерні комунікації**

У рамках проекту капітального ремонту автомобільної дороги місцевого значення Луцьк–Рованці не передбачено перенесення інженерних комунікацій.

## **2.8 Розрахунок класу наслідків (відповідальності) об'єкту капітального ремонту**

Під час виконання розрахунків для визначення класу наслідків (відповідальності) об'єкта будівництва на об'єкті «Капітальний ремонт автомобільної дороги Луцьк – Рованці» були використані наступні нормативні та методичні документи: Закон України «Про автомобільні дороги» [10], «ДСТУ 8855:2019 Визначення класу наслідків (відповідальності)» [11], «ГБН В.2.3-37641918-552:2015 Визначення класу наслідків (відповідальності) та категорії складності об'єктів дорожнього будівництва» [12], «ДБН В.1.2-14:2018 Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд» [13].

Згідно пункту 4.4 ДСТУ 8855:2019 «клас наслідків (відповідальності) об'єкта визначається за характеристиками наслідків відмови об'єкта.

Даний об'єкт будівництва відноситься до категорії автомобільних доріг загального користування місцевого значення (обласна автомобільна дорога) [11].

«Відповідно до п.4.4 ДСТУ 8855 клас наслідків даного об'єкту встановлюється за найвищою характеристикою можливих наслідків, отриманих за результатами розрахунків» [11], тобто «Капітальний ремонт автомобільної дороги Луцьк – Рованці» відноситься до класу наслідків (відповідальності) СС2–середні наслідки.

## **2.9 Висновки по розділу 2**

У другому розділі випускної кваліфікаційної роботи магістра наведено конструювання дорожнього одягу. Було розроблено три варіанти конструкції дорожнього одягу проїзної частини, з яких на основі техніко-економічного порівняння обрано оптимальний варіант.

У цьому розділі також проведено гідрологічний розрахунок водопропускної труби та наведено опис конструктивних елементів залізобетонної труби діаметром 1,00 м.

Крім того, розглянуто основні конструктивні елементи плану автомобільної дороги, поперечних і поздовжніх профілів. Дано характеристику технічних засобів, що забезпечують організацію дорожнього руху та впливають на безпеку руху автомобільної дороги.

## Розділ 3. ТЕХНОЛОГІЯ І ОРГАНІЗАЦІЯ РОБІТ

### 3.1 Технологія виконання підготовчих робіт

Перед безпосереднім виконанням капітального ремонту необхідно провести підготовчі роботи. Загалом, при будівництві, реконструкції або капітальному ремонті до підготовчих робіт відносять усі процеси, що передують безпосередньому будівництву та не пов'язані з ним. До таких робіт належать:

- розчищення смуги відводу від сторонніх предметів (пнів, валунів тощо);
- перенесення існуючих опор ЛЕП, комунікацій та інших лінійних споруд;
- розбирання існуючих конструкцій при капітальному ремонті або реконструкції (покриття, дорожнього одягу, бортових каменів, тротуарів тощо);
- влаштування тимчасових під'їзних доріг та організація дорожнього руху на них.

У рамках капітального ремонту автомобільної дороги Луцьк–Рованці серед підготовчих робіт передбачено:

- розбирання дорожнього одягу;
- демонтаж старих бортових каменів.

Розбирання дорожнього одягу виконується на всій ділянці проведення капітального ремонту. При цьому окремо здійснюється демонтаж асфальтобетонного та щебеневого покриття, а також розбирання існуючої основи. Руйнування старого покриття проводиться за допомогою пневматичного відбійного молота, що живиться від пересувних компресорних станцій. Згрібання будівельного сміття виконується автогрейдером з подальшим навантаженням на бортові автомобілі-самоскиди одноковшеvim екскаватором. Загальний об'єм дорожнього одягу, який підлягає розбиранню, становить 2606м<sup>3</sup>.

Демонтаж бортових каменів проводиться після розбирання дорожнього

одягу. На даній вулиці бортові камені присутні не на всій протяжності; їх загальна довжина становить 685 м.

Узагальнена відомість об'ємів робіт при підготовчих роботах наведена в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Зведена відомість об'ємів підготовчих робіт

№ п/п	Найменування	Одиниця виміру	Кількість
1	Розбирання бортових каменів	м	685
2	Розбирання існуючого дорожнього одягу	м <sup>3</sup>	601

### 3.2 Технологія укладання асфальтобетонної суміші

Технологія укладання асфальтобетонного покриття передбачає виконання наступних операцій:

1. Приготування асфальтобетонної суміші на заводах;
2. Підготовка основи для укладання;
3. Транспортування суміші до місця виконання робіт;
4. Укладання суміші на поверхню основи;
5. Ущільнення асфальтобетонного шару;
6. Догляд за шаром після укладання.

Перед укладанням асфальтобетонного шару поверхню основи необхідно ретельно очистити від пилу та бруду за допомогою щіток і поливомийних машин. При необхідності здійснюється ремонт основи для забезпечення належної якості покриття.

Для покращення зчеплення між асфальтобетонним шаром та основою (існуючим покриттям) проводять підгрунтування бітумною емульсією за 6 годин до укладання. Розхід емульсії становить 0,3–0,9 л/м<sup>2</sup>.

Асфальтобетонна суміш доставляється автомобілями-самоскидами до місця укладання і вивантажується в бункер самохідного асфальтоукладальника, який подає суміш без зупинки укладальника.

Укладання покриття здійснюється двома смугами. При роботі одного укладальника довжина смуги визначається так, щоб запобігти охолодженню асфальтобетону та забезпечити якість поздовжнього стику. При використанні двох укладальників вони рухаються в одному напрямку зі зміщенням на 10–30 м один від одного.

У разі малих обсягів робіт або недоступних ділянок допускається вручну укладання асфальтобетонної суміші. Суміш розкладають на всю ширину покриття по попередньо виставлених висотних кілках. Вивантажену суміш на основу переміщують на відстань 2–5 м від місця укладання, підносять совковими лопатами та розкладають по поверхні (суміш не допускається кидати). Розрівнювання та профілювання суміші виконують металевими граблями та дерев'яними движками на товщину, що перевищує проектну на 25–30 %.

### **3.3 Технологія ущільнення асфальтобетонного покриття**

Попереднє ущільнення асфальтобетонного покриття здійснюється самохідними котками з гладкими вальцями масою 6–8 т, виконуючи 2–3 проходи по одному сліду. Після цього проводять ущільнення котками на пневматичних шинах за 8–10 проходів.

Остаточне ущільнення виконується важкими котками з гладкими вальцями масою 10–18 т, роблячи 2–3 проходи по одному сліду.

Ущільнення проводять від країв до середини смуги з перекриттям попередніх проходів на 0,2–0,3 м. При ущільненні першої смуги котки не наближують вальцями ближче ніж на 10 см до краю суміжної смуги. Під час ущільнення другої смуги перші проходи виконують уздовж поздовжнього стику. При наїзді на свіжовкладену смугу котки рухаються ведучими вальцями вперед, щоб уникнути утворення хвиль перед відомими вальцями. Котки повинні змінювати напрям руху плавно, без ривків, а їх зупинка на гарячому неущільненому покритті забороняється.

Ущільнення гарячих сумішей проводять при температурі, що запобігає деформаціям:

- Багатощобеневі суміші: 140–160 °С;
- Малощобеневі суміші: 100–130 °С;
- Суміші нижнього шару: 120–140 °С.

При використанні поверхнево-активних речовин або активного мінерального порошку температуру вкладання знижують.

Швидкість руху котків:

- Перші 5–6 проходів: 1,5–2 км/год;
- Наступні проходи: 3–5 км/год;
- Для пневмоколісних котків: 5–8 км/год;
- Для вібраційних котків: 2–3 км/год.

Після попереднього ущільнення перевіряють рівність та поперечний профіль покриття. Виявлені дефекти усувають шляхом розпушування суміші металевими граблями з додаванням або видаленням матеріалу. Пористість ліквідують розсипанням дрібнозернистої асфальтобетонної суміші з подальшим ущільненням котками.

При перерві в роботі (наприклад, у кінці зміни) забезпечують мінімальні ступені між смугами. Щоб запобігти розкатуванню суміші в кінці смуги,кладають упорні дошки або рейки, а шви роблять перпендикулярними до осі дороги.

### **3.4 Технологія влаштування основи з щебеню, обробленого бітумом в установці**

Технологія влаштування щобеневих шарів за способом змішування на дорозі передбачає виконання наступних основних операцій:

1. Підготовка основи;
2. Транспортування кам'яного матеріалу до місця укладання;

3. Змішування мінерального матеріалу з органічним в'язучим;
4. Розподіл та ущільнення щебеневого шару;
5. Догляд за влаштованим шаром.

Після очищення основи від пилу та бруду основний матеріал доставляють автосамоскидами. Об'єм матеріалу та добавок контролюють за допомогою спеціального шаблона. Після перевірки весь матеріал перемішують автогрейдером до отримання однорідної суміші.

Для приготування сумішей із кам'яних матеріалів та органічних в'язучих можуть використовуватись:

- Автогрейдери та дискові борони для попереднього перемішування;
- Самохідні дорожні фрези та змішувальні машини для дрібнозернистих сумішей.

Під час перемішування автогрейдером кам'яний матеріал розрівнюють на ширину, приблизно на 1 м менше від ширини покриття або основи. Органічне в'язуче розливають автогудронатором за кілька прийомів, у розрахунку 1,5–2,0 л/м<sup>2</sup> за один прийом. Після кожного розливу матеріал перемішують автогрейдером за 5–6 кругових проходів або дисковими боронами за 3–4 проходи по одному сліду. При останньому розливі в'язучого (1,0–1,5 л/м<sup>2</sup>) обробляють лише сухі ділянки поверхні.

Кількість кругових проходів автогрейдера залежить від товщини шару кам'яного матеріалу:

- 0,25–0,3 м: 25–40 проходів;
- 0,3–0,4 м: до 60 проходів.

При сумісній роботі автогрейдера та дорожньої фрези попереднє перемішування після кожного розливу виконує дорожня фреза за 2 проходи, а остаточне перемішування потребує 10–15 проходів фрези та 20–30 кругових проходів автогрейдера.

Готова суміш розрівнюється та профілюється автогрейдером по всій ширині основи або покриття за 5–7 кругових проходів, при цьому контролюють

товщину шару, рівність поверхні та правильність поперечного профілю.

Ущільнення розподіленої суміші здійснюють самохідними пневмоколісними котками або котками з гладкими вальцями масою 6–10 т, виконуючи 3–5 проходів по одному сліду. Рух котків ведуть від країв до середини, з перекриттям суміжних проходів на 1/3 ширини вальців.

### **3.5 Технологія будівництва покриття із гарячих асфальтобетонних сумішей**

Перед влаштуванням асфальтобетонного шару поверхню основи необхідно ретельно очистити від пилу та бруду, а за потреби провести її ремонт. Для забезпечення належного зчеплення нового шару асфальтобетону з основою використовують підґрунтування бітумною емульсією в кількості 0,3–0,9 л/м<sup>2</sup>, що проводиться не пізніше ніж за шість годин до початку укладання. Асфальтобетонна суміш доставляється до місця вкладання автомобілями-самоскидами та подається безпосередньо на укладальник за допомогою самохідного асфальтоукладальника, що забезпечує безперервний процес роботи.

Укладання покриття здійснюється переважно двома смугами. При цьому довжина смуги підбирається так, щоб уникнути охолодження суміші та забезпечити якість поздовжнього стику. У разі використання двох укладальників вони рухаються в одному напрямі з невеликим зміщенням один від одного. У місцях обмеженого простору або при малих обсягах робіт допускається укладання суміші вручну, після чого її розподіляють і профілюють по всій ширині покриття, дотримуючись заданих висотних відміток. Товщина шару при цьому перевищує проектну на 25–30% для подальшого ущільнення.

Ущільнення асфальтобетонного покриття проводиться спочатку самохідними котками з гладкими вальцями масою 6–8 тонн, далі

пневмоколісними котками, і остаточно – важкими котками з масою вальців 10–18 тонн. Процес ущільнення ведеться від країв до середини з перекриттям попередніх проходів, при цьому рух котків має бути плавним та без ривків, а зупинка на неущільненому гарячому покритті заборонена. Для забезпечення температурного режиму укладання, що запобігає утворенню деформацій, використовуються різні температури сумішей залежно від типу та шару покриття, з можливим зниженням температури при додаванні спеціальних добавок.

Після попереднього ущільнення перевіряють рівність та поперечний профіль покриття, усуваючи дефекти шляхом розпушування та коригування товщини суміші. У разі наявності пористих ділянок вони усуваються шляхом додавання дрібнозернистої асфальтобетонної суміші з подальшим ущільненням. Під час перерв у роботі мінімізують перепади між смугами, а для запобігання розкатування суміші на кінцях смуги застосовують упорні дошки чи рейки. Шви виконуються перпендикулярно до осі дороги, що забезпечує належну якість покриття.

### **3.6 Технологія та організація робіт при нанесенні дорожньої розмітки**

Нанесення дорожньої розмітки є важливою складовою організації дорожнього руху і передбачає комплекс технологічних та організаційних заходів. Першим етапом є підготовка, яка включає аналіз місця нанесення розмітки з урахуванням типу дороги, інтенсивності руху та сезону, розробку схеми відповідно до стандартів (наприклад, ДСТУ 2587:2021) та погодження графіка робіт із відповідними органами для мінімізації впливу на транспорт. Поверхня дороги перед нанесенням ретельно очищається від бруду, пилу, масел та старої розмітки з використанням механічних або хімічних методів, після чого виконується попереднє маркування за допомогою розмічальних шнурів, лазерних пристроїв або фарбувальних маркерів.

Вибір матеріалів для розмітки здійснюється з урахуванням кліматичних умов, інтенсивності руху та типу дорожнього покриття. Використовуються швидковисихаючі акрилові або поліуретанові фарби, холодні та гарячі пластики, термопластичні суміші, а також скляні мікросфери для підвищення світловідбивання в темний час доби.

Нанесення розмітки може виконуватись механізованим або ручним способом. Механізоване нанесення здійснюється за допомогою спеціалізованих розмічальних машин, що забезпечують рівномірність і точність ліній та символів, тоді як ручний метод застосовується на дрібних ділянках або у складних умовах із використанням аплікаторів або фарбопультів. Послідовність робіт передбачає спершу нанесення основних осьових ліній, а потім додаткових елементів — стрілок, пішохідних переходів тощо.

Роботи виконуються за температури не нижче +10°C для фарби та +5°C для пластику і бажано в період мінімального руху транспорту. Обов'язково забезпечується безпека працівників через використання спецодягу, сигнальних жилетів та організацію тимчасових обмежень або перекриття руху.

Контроль якості включає перевірку геометрії нанесених ліній, їх точності та ширини відповідно до проектної документації, оцінку зчеплення матеріалу з покриттям та ефективності світловідбивання за допомогою спеціальних приладів.

Роботи з облаштування та обстановки дороги виконуються після завершення робіт із планування та укріплення узбіч і укосів земляного полотна. Глибина свердління ям для встановлення стояків опор дорожніх знаків і напрямних стовпчиків повинна бути на 3 см менше від проектної. Дорожні знаки встановлюються на опорах відповідно до вимог АД А.2.4-37641818-001:2015 «Альбом типових рішень конструкцій опор дорожніх знаків на автомобільних дорогах загального користування» у зборі з опорами з дотриманням ДСТУ 4100:2021 «Знаки дорожні. Загальні технічні умови. Правила застосування».

Нанесення дорожньої розмітки проводять на промитій, підметеній і сухій поверхні покриття за температури не нижче 15°C для нітрофарб та не нижче 10°C для термопластичних матеріалів, при відносній вологості повітря до 85%, відповідно до ДСТУ 2587:2021 «Розмітка дорожня. Загальні технічні умови». Забороняється виконувати розмітку на розм'якшеному покритті або за наявності на його поверхні плям мастила, бітуму чи мастики.

### **3.7 Організація будівництва**

#### **3.7.1 Основні положення з організації будівництва**

Організація капітального ремонту автомобільної дороги Луцьк – Рованці у Волинській області розроблена з урахуванням вимог «ДБН А.3.1-5:2016 Організація будівельного виробництва»[25]. Роботи виконуються по чергово на лівому та правому проїздах, при цьому проїзд для транзитного транспорту забезпечується на іншому проїзді. Місця проведення робіт обладнуються запобіжними засобами, а об'їзди організуються тимчасовими дорожніми знаками відповідно до «ДСТУ 8749:2017 Безпека дорожнього руху. Огородження та організація дорожнього руху в місцях проведення дорожніх робіт»[25], схеми яких наведено на відповідних кресленнях.

Всі монтажні та будівельні роботи виконуються з дотриманням правил техніки безпеки, передбачених «ДБН А.3.2-2-2009 Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека в будівництві. Основні положення»[25], а також інших нормативних документів, включно з НПАОП 63.21-1.01-09 «Правила охорони праці при будівництві, ремонті та утриманні автомобільних доріг»[25].

Вихідними даними для розробки організації будівництва є обсяги будівельних робіт та схема забезпечення об'єкта основними будівельними матеріалами та виробами.

### 3.7.2 Розрахунок тривалості будівництва

Період будівництва об'єкта капітального ремонту визначається на основі аналізу застосування сучасних будівельних матеріалів, експлуатаційних характеристик конструкції, наявного обладнання та механізмів, а також обсягів монтажних і будівельних робіт та умов виконання. Для розрахунку тривалості будівництва використовувалися нормативні дані, зокрема норми часу на виконання робіт, зазначені в СОУ 42.1-37641918-098:2017.

За кошторисним розрахунком, загальна трудомісткість робіт з капітального ремонту становить 75 806 люд.год при середньому розряді робіт 3,8. Найбільш трудомісткими операціями є будівництво арочного мосту, відсипання земляного полотна, улаштування шарів основи дорожнього одягу та шарів покриття.

Розрахунок тривалості робіт виконується відповідно до ДСТУ Б А.3.1-22:2013 «Визначення тривалості будівництва об'єктів». Тривалість робіт, що виконуються машинами та механізмами, визначається за темпом провідної будівельної машини та обчислюється за відповідною формулою.

$$T_{\max} = M/n \cdot m, \quad (3.1)$$

де « $M$  - машиномісткість, маш.змін;

$n$  - кількість змін на добу, змін/добу;

$m$  - кількість будівельних машин та механізмів» [26].

Згідно підсумкової відомості ресурсів:

- для зведення земляного полотна необхідно:

$$T_{\text{мех}} = \frac{N}{n_m \times m} = \frac{439.72}{1 \times 3} = 146,6 \text{ дня}$$

- для улаштування дорожнього одягу необхідно:

$$T_{\text{мех}} = \frac{N}{n_{\text{м}} \times t} = \frac{614,4}{1 \times 6} = 102,4 \text{ днів}$$

- для облаштування дороги необхідно:

$$T_{\text{мех}} = \frac{N}{n_{\text{м}} \times t} = \frac{50}{1 \times 2} = 25 \text{ днів}$$

Загальна тривалість робіт із зведення земляного полотна, улаштування дорожнього одягу та облаштування дороги запланована на 274 дні., що  $274:19,6 = 14$  місяців.

де – 19,6 середня кількість робочих днів у місяці.

### **3.8 Висновки по розділі 3**

У третьому розділі магістерської роботи представлено детальний опис технології виконання підготовчих робіт, робіт із зведення земляного полотна, улаштування шарів основи та покриття дорожнього одягу, а також організації дорожнього руху під час ремонту. У цьому розділі окремо висвітлено організацію робіт із капітального ремонту автомобільної дороги та наведено відомість потреби у будівельних матеріалах і конструкціях. Також визначено тривалість виконання капітального ремонту, яка складає 16,2 місяці. Роботи планується проводити спочатку на лівому проїзді, а після переведення руху на відкритий проїзд – на правому проїзді.

## Розділ 4. ОРГАНІЗАЦІЯ ДОРОЖНЬОГО РУХУ

### 4.1 Дорожні знаки.

Для підвищення рівня безпеки дорожнього руху та забезпечення належної орієнтації водіїв у проєкті передбачено встановлення дорожніх знаків і напрямних покажчиків відповідно до вимог «ДСТУ 4100:2021 Знаки дорожні. Загальні технічні умови. Правила застосування» [20].

Щитки дорожніх знаків мають виготовлятися з декопірованої листової сталі та обладнуватися світлоповертальною поверхнею. Встановлення знаків передбачається на присипних бермах із дотриманням вимог щодо висоти розміщення: відстань від поверхні узбіччя до нижнього краю щитка повинна становити 1,5–2,2 м.

Загалом проєктом передбачено встановлення типових та індивідуальних дорожніх знаків у кількості 62 одиниці. Крім того, заплановано монтаж 204 дорожніх знаків I та II типорозміру, у тому числі:

- пріоритету II типорозміру - 8 шт.;
- попереджувальні II типорозміру - 23 шт.;
- заборонних II типорозміру - 4 шт.;
- інформаційно-вказівних II типорозміру - 11 шт.;
- наказові I типорозміру - 12 шт.;
- таблички до дорожніх знаків II типорозміру - 4 шт.

Проєктом капітального ремонту автомобільної дороги III категорії Луцьк – Рованці передбачено застосування дорожніх знаків індивідуального проєктування для забезпечення орієнтування водіїв у кількості 8 одиниць. Крім того, проєктними рішеннями заплановано встановлення щитків розміром 700×350 мм для нанесення вертикальної дорожньої розмітки 2.3 у кількості 6 одиниць. Зазначені щитки з вертикальною розміткою передбачається встановлювати спільно з дорожніми знаками 4.7.

«Дорожні знаки необхідно встановлюються на опорах оцинкованих металевих, які мають кращу короземтійкість тавиготовлених згідно з нормативним документом СОУ 45.2-000181112-011:2006»[5].

## **4.2 Дорожня розмітка**

Проектними рішеннями передбачено нанесення дорожньої розмітки проїзної частини відповідно до вимог ДСТУ 2587:2021 «Розмітка дорожня. Загальні технічні умови». Розмітка виконується із застосуванням структурного пластику холодного нанесення з дотриманням класу якості, встановленого для автомобільних доріг 1-б технічної категорії згідно з таблицями 4–9 зазначеного стандарту.

На торцевих частинах бар'єрного огородження першої групи проектом передбачено влаштування вертикальної розмітки шляхом наклеювання спеціальних полімерних стрічок. Таке рішення спрямоване на підвищення помітності огородження та безпеки руху, особливо в умовах обмеженої видимості.

Основним призначенням дорожньої розмітки є забезпечення чіткої візуальної орієнтації всіх учасників дорожнього руху незалежно від вибору траєкторії, напрямку та режиму руху транспортних засобів у різних дорожніх і погодних умовах. Дорожні знаки та елементи розмітки мають бути добре помітними як у денний, так і в нічний час, що є необхідною умовою гарантування безпеки дорожнього руху.

Функціональний та експлуатаційний термін служби постійної дорожньої розмітки, виконаної фарбами, повинен становити не менше шести місяців, тоді як для тимчасової розмітки цей показник приймається в межах від одного до двох місяців. Показник білизни розмітки визначається відповідно до вимог ДСТУ 2587:2021 і має бути не нижчим за 0,7 на цементобетонних покриттях та не меншим за 0,6 на покриттях із чорними в'язучими згідно з ДБН В.2.3-4.

У межах проєкту передбачено влаштування як горизонтальної, так і вертикальної дорожньої розмітки з дотриманням чинних нормативних вимог.

- 1.2 (товщиною 0,20 м) - 12000 м;
- 1.5 (товщиною 0,15 м) - 6000 м;
- 2.3.1-2.3.3 - 1,8 м<sup>2</sup>;
- 2.6 - 12,3 м<sup>2</sup>.

### **4.3 Бар'єрне огороження**

Дорожнє огороження призначене для спрямування руху транспортних засобів у межах проїзної частини та запобігання їх виїзду на узбіччя або укоси земляного полотна. На штучних спорудах бар'єрні огороження виконують додаткову захисну функцію, унеможливаючи з'їзд транспортних засобів за межі проїзної частини мостів, шляхопроводів чи інших інженерних споруд, зокрема у водойми або на суміжні конструкції.

Відповідно до вимог ДСТУ 8751:2017 «Огороження дорожні і напрямні пристрої. Правила використання. Загальні технічні вимоги» дорожні огороження поділяються на три основні групи. До першої групи належать транспортні огороження, які встановлюються безпосередньо на узбіччях та призначені для стримування транспортних засобів у межах проїзної частини. Друга група включає пішохідні огороження, що перешкоджають виходу пішоходів і тварин на проїзну частину. Огороження третьої групи представлені обмежувальними елементами у вигляді бетонних, металевих або пластикових стовпчиків, а також бетонних напівсфер, які застосовуються для запобігання заїзду транспортних засобів на тротуари та інші ділянки, де рух або стоянка автомобілів заборонені.

У межах магістерської роботи передбачається влаштування металевих дорожнього огороження типів 11 ДО-ММ.2 та 11 ДД-ММ.4 на узбіччях і розділювальній смузі. Металеві огороження застосовуються з використанням

сталевій стрічці з ефективним антикорозійним захистом, що забезпечує їх довговічність та надійність в умовах експлуатації автомобільної дороги.

#### **4.4 Озеленення дороги**

Додаткові заходи з озеленення на автомобільній дорозі Луцьк – Рованці проектом не передбачаються, оскільки наявне озеленення та сформоване архітектурно-планувальне середовище забезпечують завершену архітектурну композицію дороги.

#### **4.5 Освітлення дороги**

Згідно з вимогами ДБН В.2.3-5:2015, на автомобільних дорогах, що проходять у межах населених пунктів, а також на штучних спорудах і транспортних розв'язках, необхідно передбачати влаштування зовнішнього освітлення. Освітлення автомобільної дороги проектом заплановано із застосуванням світлодіодних світильників потужністю 100 Вт, які встановлюються на металевих оцинкованих опорах. Прийняті світильники мають забезпечувати нормативні рівні освітленості проїзної частини та тротуарів відповідно до чинних вимог.

#### **4.6 Безпека руху**

З метою підвищення загального рівня безпеки дорожнього руху в межах магістерської роботи передбачено комплекс організаційно-технічних заходів. Проектом заплановано приведення параметрів існуючої автомобільної дороги у відповідність до вимог І-б технічної категорії, а також організацію роздільного руху пішоходів і велосипедистів. Підвищення безпеки руху забезпечується шляхом нанесення дорожньої розмітки із застосуванням текстурного холодного

пластику та встановлення нових дорожніх знаків зі світлоповертальним покриттям. Для захисту пішоходів передбачається влаштування тротуарів із використанням стримувального огородження. Крім того, для забезпечення безперешкодного та комфортного пересування маломобільних груп населення пішохідні переходи запроектовано з пандусами, пониженими бордюрами та поздовжнім ухилом не більше 80%.

#### **4.7 Висновки по розділу 4**

Розділ 4 присвячений висвітленню технічних заходів з організації дорожнього руху, спрямованих на забезпечення нормативного рівня безпеки дорожнього руху. У ньому стисло подано основні вимоги та правила застосування дорожніх знаків, наведено їх класифікацію за групами, а також визначено кількість знаків у кожній групі. Окрім цього, у розділі розглянуто роль дорожньої розмітки як одного з ключових елементів організації руху. З цією метою наведено перелік видів дорожньої розмітки, передбаченої проектом, а також зазначено її загальну протяжність.

## Розділ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

### 5.1 Загальні положення

Під час капітального ремонту автомобільної дороги Луцьк-Рованці працівники піддаватимуться впливу низки небезпечних факторів, пов'язаних з роботою дорожньої техніки, електропостачанням та використанням будівельних матеріалів. Тому для забезпечення безпеки були розроблені спеціальні заходи з охорони праці, які організуються відповідно до положень Закону України «Про охорону праці».

Виконання будівельно-монтажних робіт передбачає суворе дотримання нормативних вимог, зокрема «ДБН А.3.2-2-2009 Система стандартів безпеки праці. Промислова безпека у будівництві», правил безпеки при будівництві, ремонті та утриманні автомобільних доріг, а також «ДБН В.1.1-7-2002 Захист від пожежі». Перед початком робіт усі працівники проходять інструктаж на робочому місці з фіксацією у відповідному журналі, при цьому особлива увага приділяється роботі на висоті, на крутих укосах, поблизу води та з вантажопідійомними механізмами.

Організація будівельного майданчика та робочих ділянок повинна забезпечувати безпеку праці на всіх етапах. Будівельно-монтажні роботи дозволяються лише за наявності погодженого плану виконання робіт (ПВР). На території ремонту встановлюються покажчики проїздів і проходів, небезпечні ділянки огорожуються або обладнуються попереджувальними написами та сигналами. Швидкість руху транспорту на будівельній ділянці обмежується до 10 км/год, а в зонах поворотів та біля кранів – до 5 км/год. При складуванні будівельних конструкцій і виробів висота штабелів не повинна перевищувати нормативних значень.

Рекультивация земель виконується перед земляними роботами і включає зняття та зберігання родючого шару, вертикальне планування порушених земель і укосів, заходи проти водної та вітрової ерозії, а також повернення

родючого шару для подальшого озеленення. До робіт з рекультивації належать підготовка поверхні (видалення чагарників та пнів), зняття родючого шару, його транспортування та розподіл на рекультивованій ділянці, внесення добрив, посів багаторічних трав, чагарників і дерев.

Заходи з охорони та раціонального використання земель передбачають закладання лісозахисних смуг, створення протиерозійних насаджень, виконання технічної та біологічної рекультивації, а також благоустрій територій.

## **5.2 Основні нормативні вимоги безпеки при виконанні окремих видів робіт та експлуатації машин і механізмів**

Керування дорожньо-будівельними механізмами дозволяється лише особам, які мають відповідне посвідчення. Перед початком роботи водій або машиніст зобов'язаний перевірити техніку та переконатися в її справності.

Під час роботи забороняється ремонтувати, змащувати або регулювати механізм під час руху чи роботи двигуна, передавати керування іншим особам, знаходитися на підніжці чи крилі механізму під час руху, входити в кабіну під час руху, перевозити сторонніх осіб та відкривати кришку радіатора гарячого двигуна. Під час розвантаження автосамоскидів кут нахилу рельєфу не повинен перевищувати  $5^{\circ}$ , а робітники повинні знаходитися на безпечній відстані від кузова. При ущільненні та плануванні основи робітники повинні уникати зони дії механізмів, а транспортні засоби не повинні під'їжджати до відкосів менше ніж на 0,5 м. Не допускається залишати працюючі механізми без нагляду та проводити розвантаження без подачі попереджувального звукового сигналу.

В умовах дорожнього будівництва широко використовується електроенергія: на базах дроблення каменю, асфальтобетонних та цементобетонних заводах, майстернях і складах. Для захисту персоналу необхідно застосовувати заземлення або занулення нетоковедучих металевих частин обладнання та корпусів електромашин і трансформаторів. Робітники, які обслуговують електричне обладнання, повинні користуватися основними

засобами захисту (вимірювальні шланги, токовимірювальні кліщі, ізолюючі пристрої) та додатковими засобами (діелектричні рукавиці, боти, гумові килимки). Робота без захисних засобів заборонена. Засоби захисту підлягають періодичній перевірці та випробуванням, а прострочені до використання не допускаються.

Під час роботи екскаватора ЕО-6121 його встановлюють на горизонтальній площадці з допустимим ухилом, відстань до вантажів та стінок забою має перевищувати 1 м. Під час роботи забороняється проводити інші роботи поруч та знаходитися ближче 6 м від екскаватора. У неробочому стані машина повинна бути відведена на відстань не менше 2 м від краю виїмки з опущеним ковшем.

При роботі монтажного крана МКГС-100.1 основною вимогою є забезпечення його стійкості та запобігання перекиданню. Для цього на кран встановлюють обмежувачі вантажопідйомності, які автоматично відключають підйомний механізм. До роботи допускаються лише крани, що пройшли технічний огляд. Під час строповки використовують стропи відповідної вантажопідйомності, а робітникам заборонено перебувати в зоні роботи крана.

### **5.3 Запроектвані заходи та технічні рішення для ліквідації і зменшення впливу небезпечних та шкідливих виробничих факторів**

Організація та виконання робіт у будівельному виробництві повинні здійснюватися відповідно до законодавства України щодо охорони праці, природоохоронних норм та нормативно-правових актів, що містять вимоги з безпеки праці. До таких документів належать державні стандарти системи стандартів безпеки праці (ССБП), державні будівельні норми (ДБН), правила безпечного зведення та експлуатації будинків і споруд, а також галузеві правила і типові інструкції з охорони праці, затверджені у встановленому порядку.

**Безпека на земляних роботах.** При спорудженні земляного полотна використовуються бульдозери, автогрейдери, котки та інша техніка, тому питання техніки безпеки регламентуються загальними правилами. До самостійного керування машинами допускаються особи віком від 18 років із відповідним посвідченням. Забороняється сідати у рухому машину, стояти на відвалі, перебувати між причіпною та основною машиною під час роботи двигуна. Рух по похилій місцевості або в темний час без освітлення заборонено. При роботі кількох машин відстань між ними повинна становити не менше 5 м. Піднімання важких частин бульдозера слід виконувати лише справними кранами або домкратами, а під час зупинки бульдозера відвал необхідно опускати на землю, щоб уникнути розриву канатів. Переміщення ґрунту на підйом заборонено при куті більше 30° або у глиняних ґрунтах під час дощу. При розворотах грейдера рух здійснюється на мінімальних швидкостях.

**Безпека під час будівництва дорожнього одягу.** Ділянки робіт повинні бути огорожені, а рух автомобілів – переведений на підготовлений об'їзд. Для забезпечення безпеки розробляються схеми входу і виходу транспортних засобів із робочої зони. При розвантаженні автомобілів-самоскидів підходити до них можна лише після повної зупинки. Забороняється піднімати розподільні труби автогудронатора після розливу в'язучого до їх повторної циркуляції, а при розливі бітуму наближення до труби допускається не ближче 10 м. Відстань між самохідними котками при одночасній роботі повинна бути не менше 10 м, а при зміні руху слід подавати звуковий сигнал. В темний час доби ділянки робіт повинні бути освітлені, а техніка оснащена сигнальними світловими та звуковими пристроями.

**Безпека на будівництві штучних споруд.** Вантажно-розвантажувальні роботи виконуються під керівництвом відповідальних осіб. Робітники, які працюють на висоті (монтажники, такелажники, слюсарі, електрозварювальники), забезпечуються перевіреними запобіжними поясами, які перед початком роботи контролює майстер. Монтаж збірних елементів здійснюється за проектною послідовністю. Підйом конструкцій

супроводжується звуковою сигналізацією, а поправляти чи повертати їх руками під час спуску заборонено; для цього використовуються відтяжки. Горизонтальне переміщення елементів дозволяється на висоті не менше 0,5 м над іншими предметами. Підйом конструкцій висотою понад 6 м або вагою більше 3 т здійснюється з особливою обережністю лише під безпосереднім керівництвом майстра. Небезпечні для руху людей ділянки повинні бути огорожені.

#### **5.4 Пожежна профілактика**

Будинки та споруди підвищеної вибухонебезпечності слід розташовувати з підвітряної сторони. Склади нафтопродуктів не рекомендується розміщувати на підвищених ділянках, а територію складу обваловують. Всі працівники та службовці повинні пройти інструктаж з правил протипожежної безпеки та дій у разі виникнення пожежі. На будгеплані та в проекті виробництва робіт обов'язково вказується розміщення адміністративно-побутових і тимчасових споруд, складів, майданчиків для стоянки будівельних машин, доріг, будівель, які підлягають знесенню, мереж пожежного водопостачання, огорож, пожежного депо, а також місць зберігання легкозаймистих та горючих рідин. Передбачаються заходи блискавкозахисту будівель.

Площадки для стоянки автомобілів та дорожньо-будівельної техніки очищають від сухої трави та викошують смугою шириною 4 м по периметру. Відстань до будівель має становити не менше 10 м. Автомобілі розташовуються колонами до 10 одиниць, при цьому площа стоянки розраховується на 70% від загальної кількості будівельних механізмів та 30% автотранспорту, що обслуговує будівництво.

Основні вимоги щодо безпеки:

- Під'їзд до будівель і майданчиків має бути вільним.
- Пожежна профілактика включає контроль використання побутових електроприладів, обмеження нагрівання елементів та недопущення

контакту гарячих частин із легкозаймистими матеріалами (тканини, папір, дерево).

- Приміщення обладнуються щитами протипожежного інвентарю (відра – 4 шт., багор – 4 шт., ломи – 4 шт., лопати – 6 шт.) та вогнегасниками.
- На території діляниці забороняється виконання електрозварювальних робіт і ремонтів техніки та автотранспорту.
- Площинки повинні мати систему блискавкозахисту.

### **5.5 Безпека дорожнього руху**

Перед початком обстеження всі працівники підрозділів, залучених до дорожніх робіт, проходять додаткове навчання з використання жестів і сигнальних прапорців. Для підвищення безпеки руху на ділянці капітального ремонту дороги проектом передбачено комплекс заходів: встановлення металевих бар'єрного огороження при висоті насипу понад 2,0 м, укріплення узбіч та укосів земляного полотна засівом трав, а також обладнання дороги дорожніми знаками, сигнальними стовпчиками та металевими бар'єрами.

Будівельні роботи проводяться по черзі на одному проїзді, тоді як інший забезпечує безперервний рух транспорту. Це дозволяє звести до мінімуму перебування працюючих на проїзній частині та підвищити безпеку. Всі поперечні промірювання виконуються від базису, прокладеного по узбіччю на відстані не більше 1,0 м від бровки земляного полотна, а регулювальники розміщуються з обох боків робочої ділянки на відстані 50–100 м.

Роботи дозволяється починати лише після повного встановлення тимчасової дорожньої розмітки та захисних огорожень, що відповідають стандартам для даної ділянки. Захисні огороження встановлюються після нанесення розмітки, а дорожні знаки й бар'єри розташовуються так, щоб бути добре видимими водіям на відстані не менше 100 м і не зазнавати пошкоджень від транспортних засобів.

По завершенні робочої зміни всі машини, обладнання, механізми, інструменти, тимчасова розмітка та огороження прибираються з проїжджої частини та узбіччя, а існуючі дорожні знаки, які були закриті, знімаються з чохлів.

## **5.6 Висновки по розділу 5**

У цьому розділі магістерської роботи детально розглянуто основні заходи з охорони праці працівників, задіяних у процесі капітального ремонту автомобільної дороги. Особлива увага приділяється дотриманню законодавства України та нормативних документів, що регламентують безпечну організацію будівельного процесу. Зокрема, наведено основні посилання на ДБН, державні стандарти системи безпеки праці та правила охорони праці під час виконання будівельно-монтажних робіт. Розглянуто вимоги до організації будівельного майданчика, облаштування робочих зон, правил роботи з дорожньо-будівельною технікою, електрообладнанням, вантажно-розвантажувальними операціями, а також порядок використання індивідуальних засобів захисту.

Крім заходів з охорони праці, у п'ятому розділі приділено увагу інженерним рішенням, які забезпечують доступність об'єкта для маломобільних груп населення. Описано заходи щодо створення безпечних і зручних умов пересування, улаштування пандусів, понижених бордюрів та інших елементів інфраструктури, що сприяють комфортному пересуванню людей з обмеженими можливостями, що є важливою складовою сучасного проектування транспортних об'єктів.

## **Розділ 6. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА**

### **6.1 Загальні положення**

У межах виконання проекту капітального ремонту необхідно визначити кошторисну вартість будівельних робіт. Для цього спочатку встановлюють обсяги всіх основних будівельних та монтажних робіт, а також потребу в працівниках, машинах і механізмах.

На кінцеву вартість капітального ремонту значний вплив має ціна будівельних матеріалів, а також транспортні витрати. Для зменшення витрат доцільно використовувати місцеві матеріали, що скорочує відстань їх доставки на об'єкт. Крім того, у кошторисі враховують інфляційні процеси та тривалість будівництва: чим довший період виконання робіт, тим вище кінцева вартість матеріалів через зміни цін. Також враховуються чисельність працівників і їх розряди, що впливають на заробітну плату відповідно до діючих нормативів у будівництві в Україні.

Кошторисна вартість капітального ремонту складена у цінах станом на 14.11.2025 року і становить:

- Всього за зведеним кошторисним розрахунком з ПДВ – 186 473,963 тис. грн.;
- Будівельно-монтажні роботи – 146 202,093 тис. грн.;
- Інші витрати – 40 271,870 тис. грн.

### **6.2 Висновки по розділу 6.**

У цьому розділі представлені вартісні показники, що характеризують виконання робіт із капітального ремонту автомобільної дороги Луцьк – Рожище. Тут наведено кошторисну вартість будівельно-монтажних робіт, витрати на матеріали, механізми та оплату праці, що дозволяє оцінити фінансові ресурси, необхідні для реалізації проекту.

## **Розділ 7. НАУКОВА ЧАСТИНА**

### **7.1 Використання відходів промислового виробництва у дорожньому будівництві**

У цьому розділі висвітлюється важливість переробки вторинних виробничих матеріалів як способу економії природних ресурсів та зменшення кількості відходів, що потребують утилізації на спеціалізованих звалищах. У багатьох країнах Європейського Союзу така практика активно заохочується через відповідні директиви щодо поводження з відходами та принцип "платить забруднювач", який регулює відповідальність за утилізацію безпечних і небезпечних відходів. Додатково держави-члени впроваджують законодавчі акти, що передбачають, зокрема, податки на утилізацію відходів, стимулюючи їх переробку.

У дорожньому будівництві переробка вторинних матеріалів є поширеною практикою. В ЄС активно використовуються доменні та сталеплавильні шлаки, зола теплових електростанцій, матеріали, отримані при знесенні будівель і ремонті доріг, гума крихта з перероблених шин та перероблений поліетилен. Разом із тим, деякі промислові відходи не можуть застосовуватися у дорожньому будівництві через їхні негативні властивості, наприклад потенційну радіоактивність доменного шлаку чи золошлакових пилів. Проте такі випадки не є характерними для більшості перероблених матеріалів.

В Україні проблема утилізації промислових відходів залишається невирішеною: понад 90% відходів накопичуються на сміттєзвалищах, що створює значну загрозу для навколишнього середовища, і лише близько 10% таких матеріалів використовуються у будівельних проектах.

## **7.2 Основні напрямки використання гумової крихти в дорожньому будівництві**

Проблема утилізації зношених автомобільних шин та списаних гумотехнічних виробів має значне екологічне та економічне значення для всіх розвинених країн. Обмеженість природної нафтової сировини зумовлює необхідність максимально ефективного використання вторинних ресурсів, що дозволяє не лише зменшувати обсяги відходів, а й створювати нові галузі промисловості, зокрема комерційну переробку шин та гумотехнічних виробів.

На сьогоднішній день усі існуючі методи переробки шин можна умовно поділити на дві основні групи:

1. Фізичні методи, які передбачають механічну обробку шин, подрібнення, гранулювання або подальше використання отриманої гумової крихти у виробництві асфальтобетонних сумішей, покриттів для спортивних майданчиків, ґрунтопокривних матеріалів тощо.

2. Хімічні методи, що включають пироліз, вулканізаційне відновлення або інші хімічні процеси, завдяки яким з шин можна отримати нафтові продукти, гази, масла, сажу та інші цінні хімічні компоненти для промисловості.

Такі підходи дозволяють не лише вирішувати проблему утилізації, а й сприяти розвитку ресурсоефективної економіки та зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище.

### **7.2.1 Фізичні методи переробки та отримання гумової крихти**

Сучасне використання відходів у вигляді дисперсних матеріалів набуває все більшого значення, оскільки дозволяє ефективно перетворювати старі полімерні вироби, зокрема шини та гумотехнічні відходи, у корисну сировину. Найбільше збереження початкової структури та властивостей каучуку й інших полімерів досягається при **механічному подрібненні**, що дозволяє отримати

дрібні частинки з високою технологічною придатністю для подальшого використання.

Для оптимізації процесу подрібнення необхідно встановити зв'язок між розмірами частинок, їх фізико-хімічними та механічними властивостями, витратами енергії на подрібнення та параметрами подрібнювального обладнання. Це дозволяє правильно розраховувати подрібнювачі та визначати оптимальні умови їх експлуатації.

Хоча процес подрібнення здається простим, він є досить складним з точки зору визначення характеру, величини та напряму навантажень, а також кількісного обліку результатів руйнування матеріалу.

На сьогоднішній день способи подрібнення вторинних гумових матеріалів класифікують за двома ознаками:

**1. За температурою подрібнення:**

- при негативних температурах;
- при позитивних температурах.

**2. За механічним впливом:**

- удар;
- стирання;
- стискання;
- стискання зі зрушенням;
- різання.

Ця класифікація дозволяє підбирати оптимальний спосіб подрібнення залежно від властивостей вихідного матеріалу та бажаних характеристик кінцевого продукту.

### **7.2.2 Хімічні методи**

Йдеться про **хімічні методи переробки**, які призводять до глибоких і незворотних змін структури полімерів. Зазвичай такі методи реалізуються при високих температурах і полягають у термічному руйнуванні полімерної матриці

в певному середовищі з утворенням продуктів різної молекулярної маси. До цієї групи методів належать **спалювання, крекінг та піроліз.**

### **Спалювання**

Спалювання зношених автомобільних шин є одним із найпоширеніших способів утилізації з отриманням теплової енергії. У передових країнах світу цей метод широко використовується: у Японії шляхом спалювання утилізується близько 65–70 % старих шин, у Німеччині – 45–50 %, у Великобританії – близько 30 %. У США щорічно приблизно 115 млн зношених шин використовують як паливо. Згідно зі стандартами США, одна шина легкового автомобіля за теплотворною здатністю еквівалентна приблизно 7 галонам нафти (близько 32 л).

Розрізняють **два основні способи спалювання** шин з метою утилізації енергії – прямий та непрямий. При прямому способі шини спалюють повністю або після грубого подрібнення в умовах надлишку кисню. У деяких випадках подрібнені шини додають до інших видів палива для підвищення їх теплотворної здатності.

Головним недоліком цього методу є те, що в процесі спалювання, подібно до спалювання нафти, знищуються хімічно цінні компоненти, які містяться в матеріалі шин. За умови використання сучасних печей, обладнаних ефективними системами очищення викидів, ці негативні наслідки можуть бути зменшені. Проте створення таких установок і очисних споруд потребує значних капітальних вкладень.

З енергетичної точки зору спалювання також не є достатньо перспективним: кількість енергії, що виділяється при спалюванні однієї легкової шини, приблизно відповідає енергії від спалювання близько трьох літрів нафти. Незважаючи на це, з метою зменшення обсягів відходів і отримання додаткової енергії спалювання шин широко застосовується у світовій практиці [24].

При непрямому способі спалюють гази, одержані під час переробки зношених шин, зокрема в процесі піролізу. Такі процеси базуються на

термічному розкладанні відходів за відсутності або значному дефіциті кисню з метою збереження вуглеводневої сировини. Отримана енергія використовується для виробництва гарячої води або водяної пари за допомогою теплообмінників [24].

### **Піроліз**

У найбільш розвинених країнах (країни ЄС, США, Японія) вже тривалий час експлуатуються дослідно-промислові установки з піролізу зношених шин продуктивністю 7–15 тис. т на рік за сировиною [26].

Основним процесом деструкції гуми з подальшим перетворенням продуктів розкладання є піроліз у високотемпературній камері при температурі до 1000 °С. Перед переробкою шини розрізають на частини з відділенням металевого борту, який може використовуватися як побічний товарний продукт.

Рідкі та газоподібні продукти піролізу можуть застосовуватися не лише як паливо. Рідкі фракції використовують як плівкоутворювальні розчинники, пластифікатори та пом'якшувачі для регенерації гум. Піролізний пек є ефективним пом'якшувачем і може застосовуватися як самотійно, так і в суміші з іншими компонентами. Тяжка фракція піролізату, введена як добавка до бітуму, що використовується в дорожньому будівництві, сприяє підвищенню його еластичності, морозостійкості та вологостійкості [25].

З газоподібної фракції піролізу можливе виділення ароматичних олій, придатних для використання у виробництві гумових сумішей, а низькомолекулярні вуглеводні можуть застосовуватися як сировина для органічного синтезу або як паливо.

Водночас більшість піролізних установок працює у циклічному режимі, а отримані продукти потребують додаткового очищення перед подальшим використанням. Крім того, економічні витрати на переробку часто не компенсуються вартістю одержаних матеріалів, що суттєво обмежує практичне застосування піролізу зношених шин [6].

### 7.3 Зарубіжний досвід використання гумової крихти у дорожніх покриттях

Гумову крихту отримують шляхом механічного подрібнення зношених автомобільних шин до фракцій розміром від 0,63 до 1,0 мм. Отриманий матеріал може ефективно застосовуватися у дорожньому будівництві як добавка до асфальтобетонних сумішей або як часткова заміна традиційних будівельних матеріалів. Серед основних переваг використання гумової крихти слід відзначити покращені дренажні властивості, зниження теплопровідності покриття, а також підвищену стійкість до температурних коливань і впливу вологи [27, 28].

Найбільш економічно доцільні та технологічно обґрунтовані рішення були отримані при застосуванні асфальтобетонних сумішей, модифікованих гумовою крихтою [29]. Введення гумової крихти може здійснюватися двома основними способами: **мокрим**, коли гумову крихту додають безпосередньо в гарячий бітум, і **сухим**, коли її вводять безпосередньо в асфальтобетонну суміш. Дослідження, наведені в роботі [30], свідчать про суттєве покращення в'язкопружних характеристик і збільшення в'язкості модифікованого бітуму порівняно з вихідним, що забезпечує підвищену стійкість покриття до утворення колій та постійних деформацій.

Практичний досвід використання гумової крихти накопичений у США, зокрема Департаментом транспорту штату Каліфорнія. На основі багаторічних спостережень було прийнято рішення застосовувати асфальтобетонні суміші, модифіковані гумовою крихтою, у кількості до 35 % від маси бітуму для влаштування верхніх шарів дорожнього покриття. Використання таких сумішей дозволяє зменшити товщину шару покриття майже вдвічі без зниження його несучої здатності. Це пояснюється підвищеною втомною міцністю та тріщиностійкістю асфальтобетону, що, у свою чергу, призводить до зменшення потреби в ремонтних роботах і зниження викидів CO<sub>2</sub> протягом усього життєвого циклу автомобільної дороги [31].

Додатковою важливою перевагою застосування гумової крихти є зниження рівня транспортного шуму. Гумова складова асфальтобетону ефективно поглинає та гасить вібрації, що виникають при контакті автомобільної шини з дорожнім покриттям, які є основним джерелом шуму при русі транспорту.

З метою збереження оптимального гранулометричного складу асфальтобетонної суміші гумову крихту використовували як заміну дрібнодисперсних мінеральних наповнювачів аналогічної фракції. За результатами лабораторних і натурних випробувань встановлено, що найкращі експлуатаційні показники забезпечують суміші з вмістом гумової крихти на рівні 5–10 %.

Введення гумової крихти до складу бітуму сприяє зниженню показника penetрації, причому цей ефект посилюється зі збільшенням вмісту гумової добавки. Зменшення penetрації свідчить про зростання в'язкості бітуму, що забезпечує підвищену міцність дорожнього покриття, зменшення його пористості та кращу стійкість до дії навантажень і кліматичних факторів. Найвагомішою перевагою застосування бітуму, модифікованого гумовою крихтою, є значне збільшення строку служби автомобільних доріг порівняно з використанням традиційного бітуму, одночасно зі зниженням витрат на їх утримання та ремонт [32].

#### **7.4. Основні переваги застосування гумової крихти у дорожньому покритті**

Типовим прикладом ефективного впровадження цієї технології є використання гумової крихти в дорожньому будівництві штату Каліфорнія. На відміну від низки країн, зокрема США (у цілому), Франції, Італії та Іспанії, де застосування асфальтобетонних сумішей, модифікованих гумовою крихтою, є технічно розвиненим і нормативно врегульованим на законодавчому рівні, в окремих державах її впровадження стримується особливостями національного

законодавства, а також недостатньою довірою до результатів наукових досліджень.

Водночас численні експериментальні та практичні дослідження підтверджують, що введення гумової крихти до складу асфальтобетонних сумішей дозволяє зменшити об'єм використання природного мінерального заповнювача при одночасному підвищенні міцності матеріалу на вигин. Такий підхід не лише сприяє покращенню експлуатаційних характеристик дорожнього покриття, але й забезпечує суттєвий екологічний ефект за рахунок зменшення навантаження на навколишнє природне середовище та раціональнішого використання природних ресурсів.

### **7.5 Застосування гумової крихти для модифікації дорожніх бітумів**

В якості модифікаторів бітуму, поряд із традиційно застосовуваними добавками, можуть використовуватися різні термопластичні еластомери, зокрема дивінілстирол, сополімери вінілацетату з етиленом, різні види синтетичних каучуків, а також гумовий порошок, отриманий у процесі переробки зношених автомобільних шин [33]. Застосування таких модифікаторів дає змогу не лише знизити вартість дорожньо-будівельних матеріалів, а й частково вирішити актуальні екологічні проблеми, пов'язані з утилізацією відходів гумової промисловості.

Крім того, у результаті процесів десульфурації каучуку можливе отримання високоякісного гумобітумного в'язучого. При цьому формується каучукова складова, яка взаємодіє з бітумом та виконує роль структуроутворюючого елемента, покращуючи його фізико-механічні та експлуатаційні властивості, зокрема еластичність, тріщиностійкість і довговічність дорожнього покриття.

## **7.6 Матеріали і методи для проведення досліджень**

Для проведення лабораторних досліджень у межах магістерської роботи використовували дорожній нафтовий бітум марки БНД 70/100, а також гумову крихту, отриману шляхом механічного подрібнення зношених автомобільних шин. Обрані матеріали є типовими для дорожнього будівництва та широко застосовуються під час розроблення бітумних в'язучих із покращеними експлуатаційними характеристиками.

Модифікацію бітуму гумовою крихтою здійснювали у спеціальній змішувальній установці, що включає реактор з електричним нагрівачем, терморегулятор для підтримання заданого температурного режиму та механічний змішувальний пристрій. Процес модифікації досліджувався в температурному діапазоні 373–473 К з тривалістю витримки від 250 до 350 хвилин, що дозволяло оцінити вплив температури та часу змішування на властивості отриманого гумобітумного в'язучого.

Для забезпечення об'єктивності та відтворюваності результатів аналізу сполучного після завершення процесу модифікації нерозчинені частинки гумової крихти вилучали з суміші шляхом фільтрування через металеве сито. Це давало змогу отримати однорідний матеріал та коректно визначити його фізико-механічні показники.

## **7.7. Характеристики бітуму модифікованого гумової крихтою**

Результати виконаних лабораторних досліджень у межах магістерської роботи свідчать, що підвищення вмісту гумової крихти в бітумному в'язучому понад 15 % за масою суттєво впливає на його фізико-механічні властивості. Введення каучукової складової призводить до зростання в'язкості бітуму, що є характерною особливістю гумомодифікованих в'язучих.

Так, у разі використання дорожнього бітуму марки БНД 70/100 із вмістом 15 мас. % гумової крихти формується асфальтобетонне в'язуче, показники

якого за в'язкістю відповідають марці БПВ 40. Водночас встановлено, що показник пластичності дещо не досягає нормативних вимог ДСТУ [34]. Зазначене створює певні технологічні труднощі як на стадії виготовлення гумобітумного в'язучого, так і під час приготування асфальтобетонних сумішей, а також може негативно позначатися на якості та довговічності дорожнього покриття.

Експериментально визначено, що оптимальний температурний режим приготування бітуму, модифікованого гумовою крихтою, становить близько 433 К. За нижчих температур істотно зростає тривалість процесу приготування гумобітумного в'язучого — з 250–350 хв до 500–700 хв і більше, що є економічно та технологічно недоцільним. У разі підвищення температури понад 453 К відбувається руйнування колоїдної структури бітуму, що призводить до різкого погіршення показників якості резинобітумних в'язучих (РБВ).

За результатами досліджень також встановлено оптимальний гранулометричний склад гумової крихти для отримання високоякісного гумобітумного в'язучого (ГБВ). Найкращі значення основних фізико-механічних показників забезпечує використання гумової крихти з розмірами частинок 0,8–1,0 мм та 0,6–0,8 мм. Застосування більш дрібнодисперсної крихти виявилось технологічно недоцільним, тоді як використання частинок розміром понад 1,0 мм призводить до отримання в'язучого, що не відповідає встановленим вимогам до таких композицій.

На рисунках 7.1–7.4 наведено графіки залежності основних фізико-механічних показників бітумно-полімерних в'язучих — пенетрації, розтяжності (пластичності), температури розм'якшення та еластичності — від вмісту гумової крихти в бітумі. На цих же графіках для порівняння показані нормативні значення відповідної марки БПВ, яка застосовується під час капітального ремонту та будівництва нових автомобільних доріг, а також при виготовленні мастик для заповнення тріщин і деформаційних швів на існуючих цементобетонних покриттях.

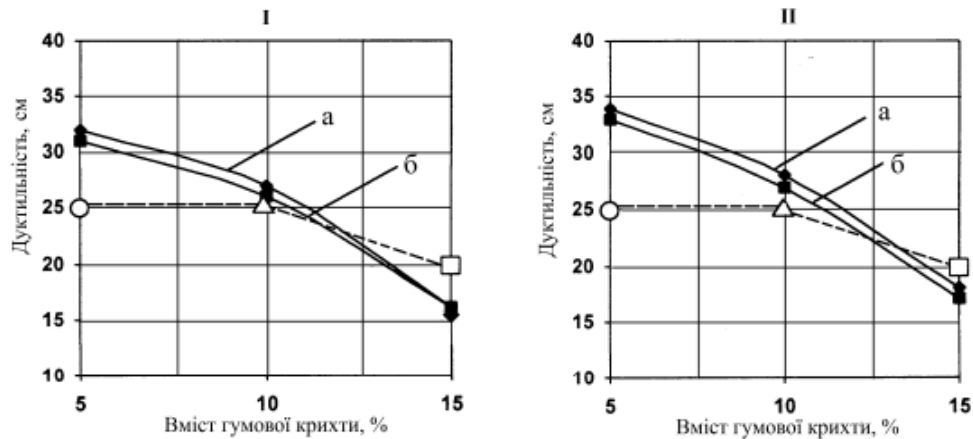


Рисунок 7.1 – Зміна дуктильності для гумобітумного в'язучого (ГБВ) залежно від вмісту гумової крихти для заданих умов: (I) – тривалість змішування 250 хв., температура  $T = 433$  К; (II) – тривалість змішування 350 хв., температура  $T = 433$  К; (а) – ГК  $\varnothing 0,6 \div 0,8$  мм; (б) – ГК  $\varnothing 0,8 \div 1$  мм; О – БПВ 90;  $\Delta$  – БПВ 60;

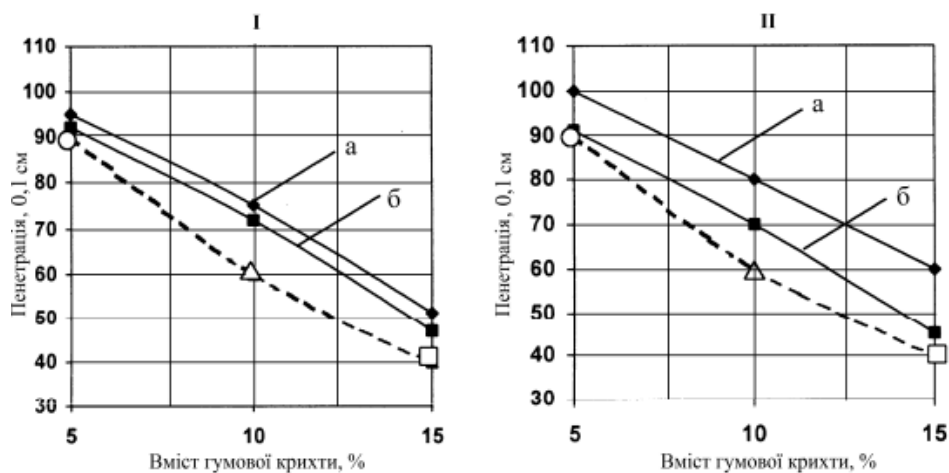


Рисунок 7.2 – Зміна пенетрації для гумобітумного в'язучого (ГБВ) залежно від вмісту гумової крихти для умов: (I) – тривалість змішування 250 хв, температура  $T = 433$  К; (II) – тривалість змішування 350 хв., температура  $T = 433$  К; (а) – ГК  $\varnothing 0,6 \div 0,8$  мм; (б) – ГК  $\varnothing 0,8 \div 1$  мм; О – БПВ 90;  $\Delta$  – БПВ 60;

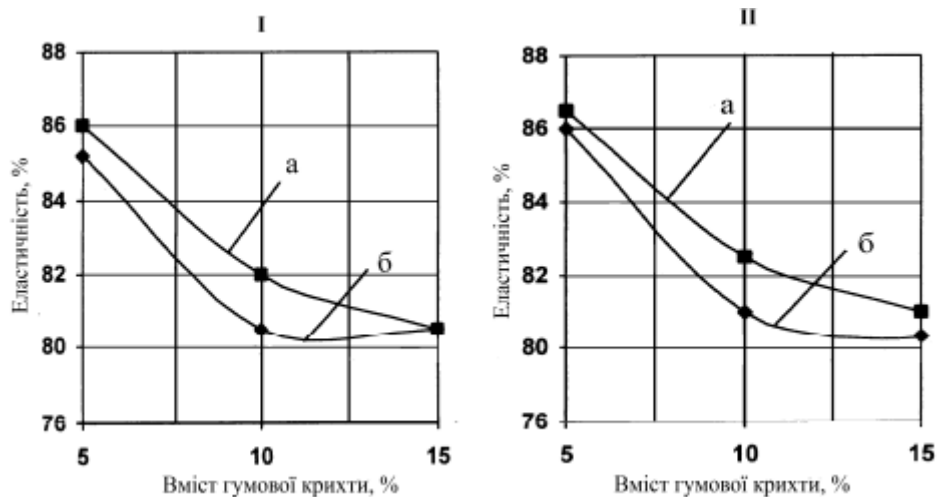


Рисунок 7.3 – Зміна еластичності для гумобітумного в'язучого (ГБВ) залежно від вмісту гумової крихти для умов: (I) – тривалість змішування 250 хв., температура  $T = 433$  К; (II) – тривалість змішування 350 хв, температура  $T = 433$  К; (а) – ГК  $\varnothing 0,6-0,8$  мм; (б) – ГК  $\varnothing 0,8-1$  мм

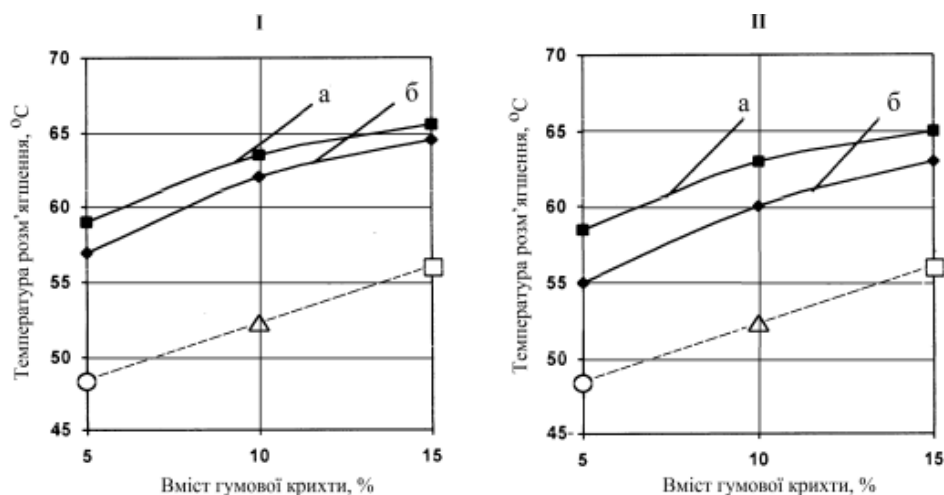


Рисунок 7.4 – Зміна температури розм'якшення для гумобітумного в'язучого (ГБВ) залежно від вмісту гумової крихти для умов: (I) – тривалість змішування 250 хв, температура  $T = 433$  К; (II) – тривалість змішування 350 хв, температура  $T = 433$  К; (а) – ГК  $\varnothing 0,6-0,8$  мм; (б) – ГК  $\varnothing 0,8-1$  мм; O – БПВ 90;  $\Delta$  – БПВ 60.

## 7.8 Висновки до розділу 7.

Проведені експериментальні дослідження свідчать, що мінімальна тривалість процесу модифікації бітуму гумовою крихтою у змішувальній

установці повинна становити не менше 4 годин. За меншого часу перемішування спостерігається неповне формування гумобітумної системи, що проявляється у частковому розшаруванні бітуму та гумової крихти. Такий стан є неприпустимим, оскільки призводить до зниження однорідності в'язучого та нестабільності його фізико-механічних показників.

Подальше збільшення тривалості перемішування понад 4 години не забезпечує істотного покращення показників якості гумобітумного в'язучого, що підтверджується результатами, наведеними на рисунках 7.1–7.4. Таким чином, надмірне збільшення часу перемішування є економічно недоцільним, оскільки не призводить до підвищення експлуатаційних характеристик матеріалу, але суттєво збільшує енергетичні витрати та тривалість виробничого процесу.

Окрім вибору оптимального складу ГБВ, особливої уваги необхідно приділяти забезпеченню ефективного та рівномірного перемішування компонентів для отримання однорідного в'язучого по всьому об'єму змішувальної камери. Однією з ознак неповного розчинення гумового модифікатора є наявність нерозчиненої полімерної фракції на тонкій бітумній плівці під час контролю методом скляної палички. За повного розчинення або рівномірного розподілу компонентів крихти на поверхні палички не спостерігається. При недостатньому перемішуванні гума крихта розподіляється нерівномірно, що негативно впливає на однорідність матеріалу та відтворюваність його показників якості.

З метою підвищення ефективності процесу та скорочення тривалості перемішування можливе застосування попереднього набухання гумового порошку та його часткової термічної десульфурзації в середовищі пластифікатора у спеціальній камері. Такий підхід сприяє інтенсифікації взаємодії каучукової складової з бітумом.

У змішувачах безперервної дії, оснащених спеціальними змінними насадками (зубчастими механізмами, диспергуючими кулачками тощо), можливе поєднання процесів пластифікації та диспергування частково

знесереної гумової крихти безпосередньо в бітумі. Це дозволяє отримати гумобітумне в'язуче з однорідною структурою та стабільними фізико-механічними характеристиками, що є важливою умовою його подальшого ефективного використання в дорожньому будівництві.

## Література

1. ДБН В.2.3.-5-2001. Вулиці та дороги населених пунктів" [Текст]. — Чинний від 01.2008. — К. : Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, — 49 с.
2. ДБН 360-92\*\*. Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень [Текст]. — Зміна №5: ДБН 360-92\*\* : чинний від 2014-01-01. — К. : Мінрегіонбуд України, 2002. — 91 с.
3. Матеріали нерудні для щебених і гравійних основ та покриттів автомобільних доріг. Загальні технічні умови. ДСТУ Б В.2.7-30:2013. — К. : ДП «Державний дорожній науково-дослідний інститут імені М.П. Шульгіна» (ДП «ДерждорНДІ»), 51 с.
4. Пісок щільний природний для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт. Технічні умови. ДСТУ Б В.2.7-32-95. — К. : Київський національний університет будівництва і архітектури (КНУБА), — 58 с.
5. Знаки дорожні. Загальні технічні умови. Правила застосування. ДСТУ 4100-2014. — К. : Центр безпеки дорожнього руху та автоматизованих систем при МВС України (ЦБДР та АС при МВС України), — 111 с.
6. Розмітка дорожня. Загальні технічні вимоги. Методи контролювання. Правила застосування. ДСТУ 2587:2010. — К. : Держспоживстандарт України, — 55 с.
7. ДБН В.2.3-4:2015. Автомобільні дороги. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво [Текст]. — Чинний від 21.09.2015. — К. : ДП "ДерждорНДІ", 104 с.
8. Будівельні матеріали. Вироби бетонні тротуарні неармовані. Технічні умови. ДСТУ Б В.2.7-145:2008. — К. : ДП "Український науково-дослідний і проектно-конструкторський інститут будівельних матеріалів та виробів" (НДІБМВ), 73 с.
9. Будівельні матеріали. Пісок із відсівів дроблення вивержених гірських порід для будівельних робіт. Технічні умови. ДСТУ Б В.2.7-210:2010. — К. : Державне підприємство "Український науково-дослідний і проектно-конструкторський інститут будівельних матеріалів та виробів "НДІБМВ", 67 с.

10. Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон дорожній та аеродромний. Технічні умови. Зміна № 1. ДСТУ Б В.2.7-119:2011. — К. : Харківський національний автомобільно-дорожній університет (ХНАДУ), 59 с.

11. ДБН А.3.2-2-2009. Система стандартів безпеки праці. Промислова безпека у будівництві [Текст]. — Чинний від 01.04.2012. — К. : Науково-дослідний інститут будівельного виробництва (НДІБВ), 57 с.

12. ДБН В.1.1-7-2002. Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва [Текст]. — Чинний від 01.06.2017. — К. : Український науково-дослідний інститут цивільного захисту УкрНДІЦЗ, 57 с.

13. СОУ 45.2-00018112-006:2006. Безпека дорожнього руху. Порядок огороження та організація дорожнього руху в місцях проведення дорожніх робіт з будівництва, реконструкції, ремонту та утримання автомобільних доріг [Текст]. — Чинний від 01.03.2006. — К. : Українське державне виробничо-технологічне підприємство "Укрдортехнологія", 72 с.

