

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

(повна найменування кафедри)

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «МАГІСТР»**

**КАПІТАЛЬНИЙ РЕМОНТ АВТОМОБІЛЬНОЇ ДОРОГИ МІСЦЕВОГО
ЗНАЧЕННЯ НА ОБХОДІ М. ЛУЦЬК**

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

ЩЕБЕТ Андрій Васильович

(підпис)

Керівник:

к.т.н., доцент

ШИМЧУК Олександр Петрович

(підпис)

Кваліфікаційну роботу

допущено до захисту

«___» _____ 2025 р.

к.т.н., доцент

Гарант освітньої програми:

КИСЛЮК Дмитро Ярославович

(підпис)

Луцьк – 2025 року

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет архітектури, будівництва та дизайну

Кафедра будівництва та цивільної інженерії

Ступінь вищої освіти магістр

Галузь знань 19 Архітектура та будівництво

Спеціальність 192 – Будівництво та цивільна інженерія

Освітня програма «Будівництво та цивільна інженерія»

Індивідуальна освітня траєкторія здобувача «Автомобільні дороги та аеродроми»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри будівництва та
цивільної інженерії

_____ О. УЖЕГОВА

" 19 " лютого 2025 року

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

_____ ЩЕБЕТУ Андрію Васильовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи Капітальний ремонт автомобільної дороги місцевого значення на обході м. Луцьк

Керівник кваліфікаційної роботи Олександр ШИМЧУК, к.т.н., доцент

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

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

2. Строк подання здобувачем кваліфікаційної роботи 01 грудня 2025р.

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

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Розділ 1. Проектні рішення, Розділ 2. Конструктивні рішення; Розділ 3. Технологія та організація будівництва, Розділ 4. Організація дорожнього руху, Розділ 5. Охорона праці, Розділ 6. Економічна частина. Розділ 7. Наукова частина

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):План дороги; позовжній профіль дороги; поперечні профілі конструкції земляного полотна; конструкції дорожнього одягу; штучна споруда; будівельний генеральний план; технологічна карта на влаштування дорожнього одягу та тротуарів; схема розташування технічних засобів організації дорожнього руху; лінійний календарний графік; графічний матеріал до наукової частини

Консультанти розділів кваліфікаційної роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1. Проектні рішення	ТАЛАХ Л.О., доцент		
2. Конструктивні рішення	ПРОЦЮК В.О., доцент		
3. Технологія та організація будівництва	ТАЛАХ Л.О., доцент		
4. Організація дорожнього руху	ПРОЦЮК В.О., доцент		
5. Охорона праці	ШИМЧУК О.П., доцент		
6. Економічна частина	ШИМЧУК О.П., доцент		
7. Наукова частина	ШИМЧУК О.П., 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)

Андрій ШЕБЕТ _____
(ім'я та прізвище)

Науковий керівник _____
(підпис)

Олександр ШИМЧУК _____
(ім'я та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Щебет А.В. Капітальний ремонт автомобільної дороги місцевого значення на обході м. Луцьк (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 освітньої програми «Будівництво та цивільна інженерія» спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2025.

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

У роботі розроблено проєкт капітального ремонту автомобільної дороги місцевого значення Луцьк-Рованці на ділянці ПК0+00 – ПК13+50 та запропоновано заходи щодо покращення транспортно-експлуатаційних показників та збільшення строку служби автомобільної дороги, шляхом якісного виконання капітального ремонту. При цьому підвищуються транспортно-експлуатаційні показники даної дороги, значно підвищиться її довговічність та, відповідно, термін служби дорожнього одягу. Завдяки правильно розробленій організації дорожнього руху на проєктуемій ділянці значно підвищиться рівень безпеки для всіх її учасників. Крім того в роботі передбачається забезпечення доступності дороги для маломобільних груп населення.

Ключові слова: автомобільна дорога, тротуар, земляне полотно, дорожній одяг, асфальтобетонна суміш, організація дорожнього руху, модифікація бітуму.

ABSTRACT

Shchebet A.V. Major repairs of a local highway on the bypass of the city of Lutsk (based on materials of engineering surveys of the object; climatic conditions of the region, data on construction and material resources of the region; characteristics of transport flows, a plan of the area with data on land tenure, communications; soil and geological characteristics; hydrological data on the area). Manuscript.

Master's qualification work of the educational program "Construction and Civil Engineering" specialty 192 Construction and Civil Engineering. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2025.

Master's qualification work consists of an introduction, seven chapters, conclusions, a list of used sources, appendices.

The work has developed a project for the major repair of the local highway Lutsk-Rovantsi on the section PK0+00 – PK13+50 and proposed measures to improve the transport and operational indicators and increase the service life of the highway of this road, through the high-quality implementation of major repairs. At the same time, the transport and operational indicators of this road will increase, its durability and, accordingly, the service life of the road surface will increase significantly. Thanks to the correctly developed organization of road traffic on the designed section, the level of safety for all its participants will significantly increase. In addition, the work provides for ensuring the accessibility of the road for low-mobility groups of the population.

Keywords: highway, pavement, earthen surface, road surface, asphalt concrete mixture, traffic organization, bitumen modification.

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ

ЗМІСТ

ВСТУП

РОЗДІЛ 1. ПРОЕКТНІ РІШЕННЯ.....	9
1.1. Загальні дані.....	9
1.2. Техніко-економічна характеристика району проектування	10
1.3. Природні умови	12
1.4. Рельєф.....	15
1.5. Необхідність проведення капітального ремонту	17
1.6. Народного господарське значення проведення капітального ремонту	18
1.7. Техніко-економічні показники	20
РОЗДІЛ 2. КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ.....	22
2.1. Проектування плану дороги	22
2.2. Проектування поздовжнього профілю.....	24
2.3. Проектування штучних споруд.....	26
2.4. Проектування поперечного профілю та системи водовідведення	27
2.5. Проектування конструкції дорожнього одягу	29
2.6. Автобусні зупинки.....	31
2.7. Електропостачання.....	31
РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЯ І ОРГАНІЗАЦІЯ РОБІТ.....	32
3.1. Загальні дані.....	32
3.2. Підготовчі роботи	32
3.3. Технологія влаштування водопропускної труби.....	34
3.4. Технологія влаштування корита під дорожній одяг та тротуари	37
3.5. Технологія влаштування бортових каменів	39
3.6. Технологія влаштування підстиляючого шару з піску	40

3.7. Технологія влаштування нижнього шару основи зі щебеню	41
3.8. Технологія влаштування та ущільнення асфальтобетонної суміші.....	42
3.9. Розрахунок директивної тривалості робіт.....	44
3.10. Лінійний календарний графік.....	47
РОЗДІЛ 4. ОРГАНІЗАЦІЯ ДОРОЖНЬОГО РУХУ.....	49
4.1. Технічні засоби організації дорожнього руху	49
4.1.1. Знаки дорожні.....	51
4.1.2. Розмітка дорожня.....	54
4.2. Безпека руху.....	55
4.3. Забезпечення доступності об'єкту для маломобільних груп населення..	56
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ	56
РОЗДІЛ 6. ЕКОНОМІКА БУДІВНИЦТВА.....	56
РОЗДІЛ 7. НАУКОВА ЧАСТИНА.....	57
7.1 Дослідження модифікуючої добавки Perma-Patch Concentrate та мазуту марки 100 на властивості холодної суміші із фрезерованих матеріалів	57

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Вступ

Від стану дороги безпосередньо залежить ефективність роботи автомобільного транспорту, тому одним з основних завдань дорожньої галузі є організація якісного утримання та своєчасного ремонту дорожньої інфраструктури на рівні, який гарантує стабільні техніко-економічні показники.

Науково обґрунтований підхід до експлуатації, обслуговування та відновлення автомобільних доріг сьогодні має особливе значення, оскільки дорожня мережа є критично важливою складовою економічного та соціального розвитку. Саме тому значна увага повинна приділятися контролю стану покриття, своєчасному догляду за елементами дороги, штучними спорудами та смугою відведення. До таких заходів, зокрема, належать ремонтно-відновлювальні роботи, що підтримують експлуатаційні характеристики дорожнього полотна.

Однак на практиці існує суттєва невідповідність між встановленими вимогами до доріг та їх фактичним технічним станом. Причиною цього є обмежене фінансування, зростання вартості дорожньо-будівельних матеріалів та необхідних технологій. Саме це спричиняє погіршення стану дорожньої мережі.

За таких умов виникає потреба у суттєвому покращенні параметрів дороги: підвищенні міцності та довговічності покриття, зміцненні конструкцій штучних споруд, удосконаленні системи інженерного забезпечення та благоустрою. Це може вимагати проведення капітального ремонту або комплексної реконструкції дороги, спрямованої на відновлення її функціональних властивостей та продовження строку служби.

Під час виконання кваліфікаційної роботи магістра було використано інструменти штучного інтелекту для редагування тексту (підрозділ 1.6; 2.2) виключно як допоміжний засіб для уточнення формулювань.

РОЗДІЛ 1 ПРОЕКТНІ РІШЕННЯ

1.1 Загальні дані

В основу підготовки атестаційної магістерської роботи на тему: «Капітальний ремонт автомобільної дороги місцевого значення на обході м. Луцьк» покладено завдання на проектування, що було видано та погоджено завідувачем кафедри будівництва та цивільної інженерії Луцького національного технічного університету.

Проектні рішення формувалися на основі інженерно-геодезичних та геологічних досліджень, виконаних у 2025 році, а також результатів детального обстеження фактичного технічного стану дорожнього покриття, узбіч, водовідведення та інших елементів дороги. Під час проведення вишукувань використовувалось сучасне вимірювальне обладнання, що забезпечило точність та достовірність отриманих матеріалів.

Топографічна зйомка виконувалася тахеометричним методом на основі створеної висотної мережі з вертикальним розрізом рельєфу 0,5 м у масштабі 1:500. Інженерно-геологічні вишукування передбачали буріння скважин ручним буром; визначені ґрунтові шари відображені на поздовжньому профілі дороги, що дає змогу врахувати їх у конструкції дорожнього одягу.

Ширина існуючої проїзної частини становить 7,0-14 м, що потребує відповідних технічних рішень щодо посилення основи та відновлення верхніх шарів покриття. Довжина ділянки проектування відповідно до завдання становить 1350 м.

Для якісного проектування дороги важливо, крім аналізу інтенсивності руху та вантажопотоку, врахувати розширений комплекс характеристик території. До них належать дані про адміністративний район прокладання траси та дорожньо-кліматичну зону, що дозволяє сформувати оптимальну структуру земляного полотна та дорожнього одягу з урахуванням геологічних умов, типів ґрунтів, гідрогеології та інших природних факторів.

Додатково необхідно враховувати показники сніготанення та параметри зливових стоків, оскільки вони визначають необхідні розміри та пропускну здатність водопропускних споруд – труб, мостів та дренажних каналів.

Під час проектування вихідна інформація, крім топографічної основи та реальної інтенсивності транспорту, залучається з технічної та довідкової літератури, яка описує характеристики конкретного регіону. При реальній роботі над планом траси, її поздовжнім та поперечним профілем, а також при розв'язанні питань, пов'язаних з розрахунком водозбірних басейнів та іншими проектно-кошторисними аспектами, використовують матеріали геодезичних, геологічних та економічних досліджень.

Усі проектні рішення розроблялися відповідно до вимог чинних нормативних документів, зокрема: «ДБН В.2.3-4:2015 Споруди транспорту. Автомобільні дороги» [1], «ДБН В.2.3-5:2018 „Вулиці та дороги населених пунктів“» [2], «ДБН Б.2.2-12:2018 „Планування і забудова територій“» [3].

1.2 Техніко-економічна характеристика району проектування

Район проектування автомобільної дороги розташований в межах Луцького району Волинської області, який є одним із ключових адміністративно-територіальних центрів Правобережного Полісся. Завдяки вдалому географічному положенню, розвиненій транспортній мережі та значному промисловому потенціалу район відіграє важливу роль в економічній структурі регіону.

Луцький район охоплює території навколо обласного центру – міста Луцька, що забезпечує адміністративну керованість та доступність до основних інфраструктурних об'єктів. Через район проходять транспортні коридори регіонального та державного значення, які з'єднують Волинську область з Рівненщиною, Львівщиною та західним кордоном України. Це

визначає стратегічну важливість розвитку дорожньої мережі та її підтримання в нормативному стані.

У структурі населення переважає міське, проте значна частина території представлена сільськими громадами з активним господарським використанням земель. Розвинена соціальна інфраструктура – навчальні заклади, медичні установи, об'єкти торгівлі та надання послуг – формує стабільний попит на якісні транспортні сполучення та безпечні умови пересування.

Економіка Луцького району є багатогалузевою. Основними напрямками діяльності є:

- машинобудування та металообробка (виробництво обладнання, комплектуючих, технічних систем);
- харчова промисловість (переробка сільськогосподарської продукції, виробництво молочної та м'ясної продукції);
- деревообробка та меблева галузь;
- торговельно-логістична діяльність, що активно розвивається завдяки близькості міжнародних транспортних шляхів;
- сільське господарство (зернові, кормові культури, тваринництво).

Наявність промислових підприємств та аграрних господарств зумовлює значний вантажообіг, що формує потребу в модернізації та підсиленні існуючих автомобільних доріг, особливо на ділянках із регулярним рухом великовантажного транспорту.

Луцький район має розвинену дорожню мережу, до складу якої входять:

- дороги державного значення (М-19, Н-22, Р-14);
- регіональні та територіальні маршрути;
- місцеві дороги, що забезпечують сполучення між населеними пунктами району.

Якісний стан транспортної інфраструктури має безпосередній вплив на економічні процеси, оскільки дороги є основним засобом перевезення людей

та вантажів. Ділянка проекрованої автомобільної дороги Луцьк-Рованці на обході міста Луцька відіграє важливу роль у розвантаженні центральної частини міста та оптимізації руху транзитного транспорту.

Територія району характеризується сприятливими природно-кліматичними умовами, наявністю родючих ґрунтів, доступом до водних ресурсів та лісових масивів. Природні ресурси активно використовують у сільському господарстві, деревообробці та рекреаційній діяльності. Разом з тим природні особливості – близькість річкових долин, підвищений рівень ґрунтових вод, сезонне зволоження – вимагають ретельного проектування дорожніх конструкцій та дренажних систем.

Покращення транспортної інфраструктури сприятиме:

- зменшенню навантаження на центральні вулиці Луцька;
- скороченню годин перевезення пасажирів і вантажів;
- підвищенню безпеки дорожнього руху;
- покращенню екологічних показників місцевості через зниження рівня шуму та викидів у межах міста;
- стимулюванню інвестиційної привабливості району.

На основі вищевикладеного, можна сказати, що проектування та капітальний ремонт автомобільної дороги на даній території підсилять економічну та соціальну складові.

1.3 Природні умови

Місто Луцьк розміщено у південно-західній частині Волинської області, виконуючи роль її адміністративного центру. Населений пункт лежить на річці Стир, яка належить до приток Прип'яті та входить у водну систему басейну Дніпра.

Характеристика кліматичних умов та показників представлена відповідно до даних ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 „Будівельна кліматологія” [4].

Кліматичні умови Луцька визначаються помірно-континентальним режимом: для регіону характерні м'які зимові місяці, тепле літо та протяжні перехідні сезони – весна та осінь. Річна кількість атмосферних опадів становить у середньому 595-605 мм, при цьому близько 70 % їхньої сукупності припадає на теплу пору року. Домінуючими є вітри західного напрямку. Середня температура січня становить близько - 4,4 °С, а у липні сягає приблизно +18,6...+18,8 °С.

Будівельна зона проектованої дороги належить до У-1 дорожньо-кліматичної зони, що характеризується підвищеним рівнем зволоження протягом окремих сезонів. За багаторічними кліматичними спостереженнями регіон визначається такими параметрами:

- середньорічна температура повітря – близько +7,0 °С;
- найнижче зафіксоване значення - приблизно -35,0 °С;
- найвище - до +38,0 °С;
- найтепліший місяць – липень із середньою температурою близько +18,6 °С;
- найхолодніший місяць – січень зі середнім показником приблизно - 4,9 °С;
- тривалість періоду зі середньодобовою температурою нижче 0 °С становить близько 107 діб.

Дати переходу середньодобової температури через 0 °С зазвичай припадають на 29 листопада та 13 березня , а через +10 °С – відповідно на 27 квітня та 30 вересня. У середньому протягом року спостерігається близько 37 днів із туманами, приблизно 30 – із грозами та 5-10 діб із гололедом.

Висота снігового покриву, визначена при розрахунковій імовірності 5%, становить близько 17 см. Нормативна глибина промерзання ґрунтів у даному районі приймається на рівні 80 см.

Узагальнені кліматичні показники наведено у таблиці 1.1.

На рисунку 1.1. представлено дорожнє районування території України.

Таблиця 1.1 – Кліматичні характеристики району

Показники	місяці											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Середня тривалість дня на 15 число кожного місяця, T , год. хв.	8,20	9,58	11,48	13,46	15,30	16,31	16,08	14,40	12,32	10,49	8,56	7,58
Середня температура повітряного середовища, t , град.	- 6,0	- 5,2	- 0,3	8,2	15,6	19,0	21,6	20,8	15,2	8,4	1,7	- 3,6
Середньомісячна швидкість вітру, V , м/с.	4,7	4,7	4,8	4,2	4,1	3,4	3,3	3,1	3,0	3,7	4,2	4,4
Переважаючий напрямвітру	ПдСх	Сх	ПдЗх	ПдЗх	ПнСх	ПнСх	Сх	Сх	Сх	ПдЗх	ПдЗх	ПдЗх
Середня кількість опадів, C , мм.	48	41	41	42	50	70	56	42	33	41	44	50
Кількість днів з опадами, що перевищують 5 мм. на добу, $N > 5$ мм.	1,3	1,4	1,6	1,9	2,5	3,1	2,9	2,2	1,8	2	2,2	2,8
Кількість днів з хуртовинами, $N_{хурт}$	0,2	1	1,2	-	-	-	-	-	-	-	0,4	1
Середньомісячна висота снігового покриву, H_c , см.	8	9	3	-	-	-	-	-	-	-	-	3

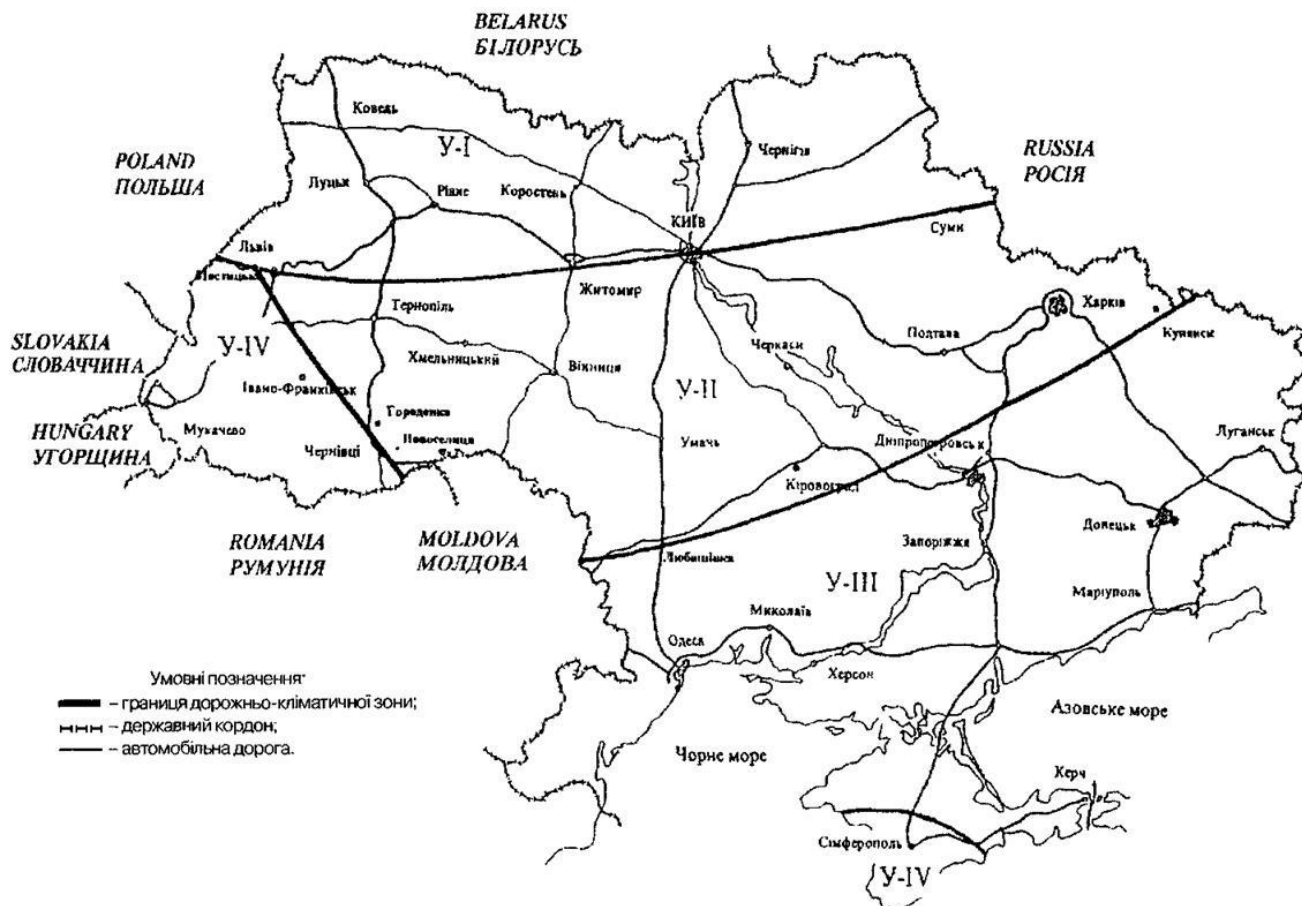


Рисунок 1.1 – Дорожнє районування території України

1.4 Рельєф

Рельєф Волинської території загалом відзначається переважно рівнинною будовою, що поєднує плавні підвищення разом із незначними зниженнями, формуючи спокійний, урівноважений ландшафт. Він належить до Східноєвропейської рівнини, що зумовлює малу мінливість абсолютних висот та створює сприятливі передумови для різноманітних напрямів господарської діяльності. Північна частина області охоплюється Поліською низовиною, якій властиві плоскі, у багатьох місцях перезволожені рівнини, насичені чисельними озерами, водотоками та природними болотними

масивами. Середня відмітка поверхні становить приблизно 150-180 метрів над рівнем моря.

У центральних та південних районах розташована Волинська височина – територія з максимальною відміткою близько 292 метри, що є однією з домінантних абсолютних висот в області. Для цієї частини характерним є хвилястий тип рельєфу, сформований чергуванням пагорбів, глибших ярів, міжгірських западин та протяжних долин. Значна частина області розчленована густою системою річкових долин, що утворюють розгалужені заплави, терасові комплекси та природні балки різного масштабу. Найпотужніші водні артерії – Західний Буг, Стир, Прип'ять, Турія та їх численні притоки. Річкові долини створюють різноманітні типи ландшафтів та слугують важливими елементами підтримання біологічного різноманіття.

У деяких районах зустрічаються невеликі кряжі, сформовані під впливом давніх льодовикових масивів та тривалих тектонічних процесів. Вони містять виходи мелових, вапнякових та деколи глинистих відкладів, що активно використовуються як природні ресурси у будівельній галузі. Значна частина сучасного рельєфу Волині сформувалася під впливом діяльності давнього льодовика, результатом чого стали зандрові рівнини, кінцеві моренні пряди, озерні улоговини та різні еолові форми, створені вітровим перенесенням відкладів.

У південному секторі області, насамперед на Волинській височині, поширені карстові форми, що виникають у зонах залягання вапняків та мелових порід. Тут трапляються природні печери, локальні провальні форми, карстові западини, а також чисельні джерела ґрунтових вод, які мають важливе гідрогеологічне значення. Рівнинний характер більшої частини території сприяє розвитку сільського господарства, зокрема вирощуванню зернових культур, технічних рослин, картоплі та різних кормових трав. Поліські низовини відзначаються високою заболоченістю, що потребує проведення осушувальних та меліоративних заходів для стабілізації водного режиму. Розташовані на височинах ділянки активно використовують

для лісового господарства, а також є джерелом природних будівельних матеріалів, серед яких вапняк, крейда та глина займають провідне місце.

Тому можна сказати, що рельєф Волинської області характеризується переважною рівнинністю з окремими підвищеннями та широко розвиненими долинами, що створює сприятливі умови для господарського освоєння території, планування та розвитку транспортної інфраструктури. Водночас наявність заболочених зон та поширення карстових явищ висувають вимогу застосування спеціальних заходів для раціонального використання природного простору та безпечного проектування інженерних споруд.

1.5 Необхідність проведення капітального ремонту

Необхідність проведення капітального ремонту зазначеної ділянки автомобільної дороги на відрізку км 0+000-км 1+350 зумовлена завершенням нормативного міжремонтного періоду, істотним погіршенням технічного стану існуючого дорожнього одягу, а також невідповідністю параметрів земляного полотна сучасним проектним, експлуатаційним та безпековим вимогам. Внаслідок тривалої експлуатації покриття зазнало значного зношення, що спричинило появу дефектів, які суттєво впливають на умови руху транспортних засобів.

Ділянка автомобільної дороги Луцьк-Рованці на проміжку км 0+000-км 1+350, яка потребує капітального ремонту, розташована в межах Луцького району Волинської області та за класифікацією належить до дороги III категорії з відповідними геометричними, конструктивними та транспортними характеристиками. Її просторове розташування визначає інженерно-геологічні, кліматичні та гідрологічні умови, що мають враховуватись під час проектування ремонтних заходів.

На ремонтваній ділянці існуючий дорожній одяг сформований покриттям капітального типу, основним конструктивним шаром якого є асфальтобетон. Протягом періоду експлуатації здійснювалися локальні

ремонтні втручання, що включали влаштування окремих поверхневих обробок, ліквідацію осередкових руйнувань шляхом ямкового ремонту, часте фрезерування деформованих зон та подальше укладання асфальтобетонної суміші для відновлення рівності поверхні.

Ширина проїзної частини на даному відрізку змінюється в межах від 7 до 14 метрів залежно від конкретних умов траси, особливостей розташування та попередніх реконструктивних робіт. Технічний стан дорожнього покриття оцінюється як незадовільний, оскільки наявні деформації, тріщини та осідання значно знижують експлуатаційні характеристики. Поперечний ухил проїзної частини перебуває в межах 10–25%, тоді як ухил узбіч варіюється в діапазоні 40–50%, що свідчить про потребу в комплексному вирівнюванні та приведенні параметрів до нормативних значень.

1.6 Народного господарського значення проведення капітального ремонту

Роль автомобільних доріг у повсякденному житті сучасної громади настільки велика, що її складно повноцінно оцінити. Транспортні артерії, міські вулиці, пішохідні тротуари, велосипедні маршрути та інші елементи благоустрою формують структурний каркас населених пунктів, визначають їх інфраструктурну спроможність та демонструють рівень організації міського середовища, культурного розвитку та соціальної взаємодії. Без якісно функціонуючої дорожньої мережі неможливо забезпечити стабільну роботу виробничих підприємств, торгових центрів, логістичних вузлів та установ соціальної сфери.

Проведення капітального ремонту має на меті створити комплекс умов, необхідних для довготривалої, стабільної та безпечної експлуатації автомобільної дороги разом зі всіма її конструктивними елементами. Модернізація дорожнього полотна забезпечить низку важливих техніко-експлуатаційних переваг, серед яких особливо значущими є:

- суттєве підвищення якості транспортного руху та зниження ризику виникнення дорожньо-транспортних пригод;

- збільшення інтенсивності руху та відповідне розширення пропускної спроможності вулиці;

- зростання рівня комфорту пересування як автомобільного транспорту, так і пішоходів, з можливістю більш ефективного використання інфраструктури;

- оптимізація організації руху по проїзній частині, що сприятиме впорядкуванню транспортних потоків.

Оскільки пропускна здатність становить одну з ключових характеристик автомобільної дороги, саме вона визначає потенціал загального розвитку суміжних елементів дорожньої мережі. Від рівня пропускної спроможності безпосередньо залежить безпека дорожнього руху, що є пріоритетом у процесі вирішення будь-яких транспортних проблем та забезпечення комфортного пересування громадян.

Автомобільна дорога Луцьк-Рованці належить до III категорії, що визначає її конструктивні та експлуатаційні параметри. Після проведення капітального ремонту буде сформовано стабільне транспортне сполучення між окремими частинами міста Луцька, а також створено безпечні умови для пересування пішоходів завдяки облаштуванню тротуарних зон. Внаслідок усунення затримок у русі скоротиться час перебування транспортних засобів на дорозі, що позитивно вплине на рівень забруднення повітря та сприятиме економії паливно-енергетичних ресурсів. Крім того, ліквідація вибоїн та нерівностей на проїзній частині підвищить комфорт керування, зменшить зношення транспортних засобів і, відповідно, продовжить термін їхньої експлуатації.

Одним із важливих завдань капітального ремонту є приведення геометричних параметрів дороги до нормативних вимог. Тому на відрізках, де проїзна частина не відповідає чинним нормам ширини, передбачено її

розширення. Це необхідно для забезпечення рівномірного, безпечного та ефективного руху по всій довжині дороги.

Проектом також заплановано організоване відведення поверхневих вод за допомогою правильно сформованих поздовжніх та поперечних ухилів із перенаправленням стоку в кювети. Ефективне водовідведення відіграє ключову роль у забезпеченні довговічності дорожнього одягу, стабільності земляного полотна та захисту прилеглих територій.

Отже, капітальний ремонт автомобільної дороги Луцьк-Рованці має значне народногосподарське значення для Луцької громади, оскільки він забезпечує розвиток транспортної інфраструктури, підвищує рівень безпеки руху та створює сприятливі умови для економічного зростання регіону.

1.7 Техніко-економічні показники

Автомобільна дорога Луцьк-Рованці Луцького району Волинської області згідно «Закону України Про автомобільні дороги» [5] відноситься до автомобільних доріг місцевого значення.

Дана автомобільна дорога являється важливою транспортною артерією міста Луцька, Волинської області та загалом західного регіону. Вона дозволяє великогабаритному та великовагому транспорту обходити вулиці населеного пункту м. Луцьк та направляти даний транспортний потік в інші регіони України.

Згідно із таблицею 4.1. «ДБН В.2.3-4:2015 Автомобільні дороги» [1] дорогу відносимо до III категорії із розрахунковою інтенсивністю руху до 3000 автомобілів в добу в транспортних одиницях.

Основні техніко-економічні показники представлені в таблиці 1.2

Таблиця 1.2 – Техніко-економічні показники

№ з/п	Показник	Значення показника
1	2	3
1	Розрахункова інтенсивність руху, авт./добу	1000-3000
2	Категорія дороги	III
3	Значення	місцева
4	Розрахункова швидкість руху, км/ч	90
5	Кількість смуг руху, шт.	2,0
6	Ширина смуги руху, м	3,50
7	Ширина проїзної частини	7,0
8	Ширина узбіччя, м	2,50
9	Ширина укріпленого узбіччя, м	0,50
10	Ширина земляного полотна, м	15,0
11	Рекомендований поздовжній ухил ‰	60
12	Найбільший поздовжній ухил ‰	60
13	Радіуси кривих в плані: найменший, м	450
14	Радіуси вертикальних кривих в поздовжньому профілі: а) опуклі: найменший, м б) увігнуті: менший, м	9000 2100
15	Найменша розрахункова видимість: для зупинки автомобіля, м; для зустрічного автомобіля, м	175 320
16	Типи покриттів	вдосконалені, капітальні і полегшені

РОЗДІЛ 2. КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ

2.1 Проектування плану дороги

У межах усієї протяжності капітального ремонту траса прокладена вздовж осі існуючої автомобільної дороги Луцьк-Рованці, що дозволило зберегти загальний напрямок руху та мінімізувати необхідність значних коригувань земельного полотна. Під час розроблення проектних рішень основною метою було забезпечення максимальної відповідності нового плану фактичним межам вулиці, аби зменшити обсяги демонтажних робіт, зберегти вже сформовану інфраструктуру та знизити вартість реконструктивних заходів.

Для формування оптимального плану дороги була виконана детальна геодезична розбивка осі, після чого здійснено вписування чотирьох основних горизонтальних кутів, що формують характерні зміни напрямку. Геометричні параметри цих кутових точок мають такі значення:

$$\text{ВК1: } \varphi = 32^{\circ}56'$$

$$\text{ВК2: } \varphi = 1^{\circ}25'$$

$$\text{ВК3: } \varphi = 66^{\circ}21'$$

Перший кут спрямований праворуч, тоді як два наступні розгортають трасу вліво. Усі значення кутів повороту, довжини прямих ділянок, напрямні азимути та інші просторові характеристики подано у таблиці 2.1, яка є структурним елементом планувальної частини проекту.

На плані виконано повну пікетажну розбивку осі вулиці, з урахуванням фіксації основних точок прив'язки, характерних змін контурів та переходів між криволінійними й прямими ділянками. Також нанесено розташування всіх наявних інженерних комунікацій – водопровідних, газових, електричних, зв'язкових та інших мереж, що перетинають або прилягають до дороги.

Таблиця 2.1 – Елементи плану траси

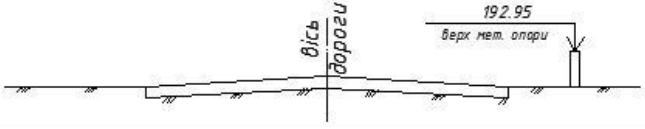
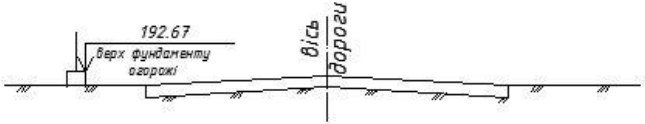
Відомість елементів плану траси

Кути повороту					Заокруглення										Прямі		
номер кута	Положення вершини кута		Величина кута повороту		Елементи кривої, м						Початок заокруглень		Кінець заокруглень		Відстань між вершинами кутів, м	Довжина прямої, м	Румби
	ПК	+	ліворуч	праворуч	R, м	T, м	K, м	Д, м	Б, м	L, м	ПК	+	ПК	+			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
п.тр.	0	00	-	-	ПОЧАТОК ТРАСИ (П.Тр.)										215,89	186,33	ПвСк 89°36'
1	2	15,89	-	32°56'	100	29,56	57,48	1,64	4,28	-	1	86,33	2	43,81	259,76	230,20	ПвСк 56°40'
2	4	74,01	1°25'	-	без вписування кривої										606,02	573,33	ПвСк 58°05'
3	10	80,03	66°21'	-	50	32,69	57,90	7,48	9,74	-	10	47,34	11	05,24	277,45	244,76	ПнСк 55°34'
4	13	50,00	-	-	КІНЕЦЬ ТРАСИ (К.Тр.)												

Для забезпечення коректної вертикальної прив'язки передбачено встановлення двох реперів, на яких позначено висотні характеристики, необхідні для проектування поздовжнього профілю. Детальна інформація щодо їх координат і висотних позначок подана у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Відомість реперів

Відомість реперів

№ ПП	Положення на трасі		Відстань від осі вулиці		Відм. репера Н (м)	Місце знаходження репера
	ПК	+	ліворуч (м)	праворуч (м)		
1	0	30.86	-	23.77	192.95	
2	9	49.16	25.48	-	192.67	

За допомогою умовних графічних елементів на кресленні відображено напрямки, величини та інтенсивності проектних поздовжніх ухилів. Для кожної характерної точки рельєфу вказано проектні відмітки із жорсткою прив'язкою до пікетажних значень. У межах перехресть та поворотів нанесено радіуси запроєктованих кривих, що забезпечують плавність і безпеку руху.

Також виконано просторову прив'язку всіх ключових елементів траси: початкової точки, вершин кутів, кінцевої точки та проміжних контрольних елементів. На схемі товстою суцільною лінією позначено межі запроєктованої проїзної частини, тоді як наявне покриття окреслено тонкою пунктирною лінією. Визначено також межі зони проведення капітального ремонту на ділянках перехресть.

Тротуари проєктуються з обох боків дороги шириною 1,5 м, з відокремленням від зеленої зони бордюрним каменем, позначеним на плані виразною суцільною лінією. Це створює безпечні умови для пересування пішоходів та підвищує рівень благоустрою прилеглої території.

Загальна довжина проєктованої ділянки становить 1350 м, що є базовою величиною для всіх подальших розрахунків поздовжнього профілю, дорожнього одягу та конструктивних рішень.

Основні техніко-економічні показники плану траси:

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

Пропуск паводкових та зливових вод під існуючою дорогою забезпечується залізобетонною трубою діаметром 1250 мм, що розміщена на ПК 12+21,28. Її функціонування є важливим елементом системи водовідведення та стабільності дорожнього полотна.

2.2 Проєктування поздовжнього профілю

Поздовжній профіль вулиці являє собою детальний вертикальний розріз дорожнього полотна, виконаний по її осьовій лінії. На цьому інженерному кресленні відображаються проєктні висотні позначки майбутньої дороги, ухили поздовжнього характеру, параметри вертикальних

кривих, конфігурація кюветів, а також додаткові елементи, необхідні для якісного формування конструктивної частини траси.

Основним принципом, який застосовується під час побудови такого профілю, є створення максимально плавного переходу між прямими елементами та кривими ділянками, що дозволяє забезпечити комфортні умови руху. Водночас необхідно досягти достатньої видимості для водіїв на всій довжині ремонтованої дороги, гарантувати оптимальні параметри ухилів для ефективного водовідведення й стабільного транспортування опадів. Це сприяє запобіганню застою води, підмиванню узбіччя та руйнуванню дорожнього одягу.

Під час розроблення поздовжнього профілю автомобільної дороги ключовими контрольними точками були прийняті початок ремонтованої ділянки – ПК 0+00,00, та її завершення – ПК 13+50,00. Для коректного під'єднання проектної частини до наявного рельєфу передбачено повне розбирання існуючого дорожнього одягу на початку траси. Аналогічні заходи заплановано і поблизу кінцевої межі ремонту з метою плавного переходу до наявної висотної позначки та забезпечення цілісності конструкції.

Поздовжній профіль сформовано із системи прямих відрізків та вертикальних кривих відповідно до вимог ДБН В.2.3-4:2015 [1]. Дані нормативи визначають, що алгебраїчна різниця ухилів прямих елементів житлових вулиць не повинна перевищувати 10 %, що забезпечує необхідну безпечність руху й стабільність транспортного потоку. На всій протяжності траси проектна червона лінія проходить по насипу, що передбачає відповідне формування земляного полотна.

Розрахунок позначок виконано в Балтійській системі висот, яка використовується в сучасних інженерно-геодезичних роботах. Для точного визначення висотних характеристик окремих точок прийнято користуватися реперами, позначеними у відомості та продубльованими безпосередньо на профілі.

Проект виконано у масштабах: горизонтальний – 1:2000, вертикальний – 1:200, що дозволяє забезпечити чітке бачення ухилів, кривих та переломів рельєфу при подальшому використанні профілю у будівельно-монтажних роботах.

2.3 Проектування штучних споруд

Пропуск паводкових і зливових вод під існуючою автомобільною дорогою здійснюється через залізобетонну трубу діаметром 1250 мм, встановлену на ПК 12+21,28. В результаті обстеження встановлено, що технічний стан трубопроводу є загалом задовільним, однак він потребує конструктивного розширення на 2,5 м з обох сторін. Це розширення необхідне для облаштування пішохідної інфраструктури та велодоріжки, що передбачені проектними рішеннями. Впродовж експлуатаційного періоду випадків недостатньої пропускної здатності або перевищення об'єму води зафіксовано не було, що свідчить про ефективність роботи споруди.

Конструкція водопропускної труби складається із декількох окремих ланок, які утворюють її тіло шляхопроводу, а також двох оголовків – вхідного та вихідного. Оголовки забезпечують оптимальні гідравлічні умови течії води та сприяють зміцненню насипу в зоні розташування труби. Зверху конструкцію покривають шаром ґрунту, на якому далі укладають дорожній одяг аналогічної будови, як і на прилеглих ділянках дороги. Такий метод засипання дозволяє рівномірно розподілити ударні навантаження від проїзду транспортних засобів та значно знижує ризик локальних деформацій або ушкоджень труби.

Товщина шару засипання прийнята не меншою ніж 0,5 м, що відповідає нормативним вимогам і забезпечує достатню міцність. Русло водотоку перед вхідним та, особливо, перед вихідним оголовком труби зміцнюється спеціальними засобами для запобігання розмиву й руйнуванню берегів, що забезпечує довговічність конструкції та стабільність водовідведення.

2.4 Проектування поперечного профілю та системи водовідведення

2.4.1 Проектування поперечного профілю

Під час визначення остаточної ширини запроєктованої автомобільної дороги необхідно використовувати типові параметри елементів поперечного профілю, передбачені чинними вимогами ДБН В.2.3-4:2015 [1], а також врахувати можливість улаштування опор зовнішнього освітлення та конструкцій для монтажу контактної мережі.

Щоб забезпечити нормативний рівень відведення дощових і талих вод, поперечні ухили повинні відповідати встановленим технічним вимогам. У проєктному рішенні прийнято двоскатний тип поперечного профілю з прямолінійною формою укосу. Величина поперечного похилу проїзної частини становить 25 %, що гарантує належний стік води за несприятливих погодних умов. Для тротуарних зон ухил прийнято рівним 10 %.

Ширина проїзної частини становить 7 метрів і включає одну смугу руху в кожному напрямку з нормативною шириною 3,5 м. Тротуари передбачені завширшки від 1,50 до 2,00 м, що забезпечує безпечний та комфортний рух пішоходів. Додатково проєктом передбачено велодоріжку шириною 3,50 м, яка сприятиме розвитку безпечної велосипедної інфраструктури.

Узбіччя зміцнюється на ширині 2,50 м. Близня до проїзної частини смуга (1,0 м) підсилюється дорожнім одягом, аналогічним конструкції основного проїзду. Решта частини узбіччя – 1,50 м – укріплюється сумішшю щебенево-піщаного складу С-5, що забезпечує стабільність конструкції при навантаженнях та атмосферному впливі.

2.4.2 Проектування водовідведення

Поперечний профіль дорожнього полотна має бути сформований таким чином, щоб унеможливити накопичення поверхневих і підземних вод та

забезпечити їх оперативне відведення. Усі споруди та елементи, що збирають, затримують та транспортують воду від дороги й під нею, у комплексі формують систему дорожнього водовідведення.

На зазначеній ділянці проєктом передбачено улаштування кюветів. Глибина більшості водовідвідних каналів складає приблизно 1,2 м. Поздовжній ухил дна каналів на практично всій протяжності має значення не менше 6 ‰, що виключає їх замулення та застій води.

Для ефективного захисту конструкції дорожнього одягу від руйнівного впливу опадів та ґрунтових вод запроєктовано водовідвідні елементи, які забезпечують збір, відведення та безпечний пропуск води. Система водовідведення поділяється на поздовжню і поперечну.

Поперечний водовідвід охоплює виконання таких заходів:

формування опуклого контуру поперечного профілю земляного полотна із заданими похилами проїзної частини, узбіч та укосів насипу;

улаштування захисних елементів – банкетів, берм і водозахисних споруд;

будівництво поперечних водовідвідних каналів, що відводять воду з поздовжніх каналів під час значних спусків або на понижених ділянках вододілів.

Вода з безстічних улоговин і рівнинних зон відводиться у природні пониження рельєфу або поглинаючі колодязі.

Кювети влаштовують у виїмках, при невисоких насипах (до 0,8 м), та у місцях переходу виїмки в насип. У зонах з похилом менше 30 ‰ вода випускається назовні на прилеглу поверхню землі. Якщо ухил перевищує 30 ‰, кювет продовжують проєктувати до ділянки з меншим ухилом або до найближчої водопропускної споруди, уникнувши ризику розмиву укосів насипу.

Щоб запобігти переповненню бічних каналів, рекомендується через кожні 400-500 м здійснювати їх випуск у бік місцевості, а на схилах – через

водопропускні труби. Місця виходу води обов'язково укріплюються бруківкою чи бетонними плитами.

2.5 Проектування конструкції дорожнього одягу

Дорожній одяг автомобільної дороги є одним із ключових конструктивних елементів, що безпосередньо сприймає навантаження від транспортних засобів. Тому його проектування потребує ретельного інженерного розрахунку та дотримання встановлених нормативами вимог.

У межах даної дипломної роботи запроєктовано нежорсткий тип дорожнього одягу капітального типу з використанням асфальтобетонного покриття. Щоб забезпечити надійність та довговічність конструкції, виконується розрахунок за трьома основними критеріями, що дозволяє комплексно оцінити її роботу під навантаженнями.

Тип покриття й загальну конструкцію дорожнього одягу визначено з урахуванням умов експлуатації транспортних засобів, інтенсивності руху, кліматичних характеристик дорожньо-кліматичної зони, а також наявності місцевих будівельних матеріалів, придатних для використання у шарах дорожнього одягу.

Для проектування дорожнього одягу використано такі вихідні дані:

- ділянка розташована у дорожньо-кліматичній зоні У-І;
- нормативний термін експлуатації дорожнього одягу – 12 років;
- як розрахункове навантаження обрано автомобіль групи А1 із параметрами: тиск $p = 0,8$ МПа, діаметр відбитка $D = 34,5$ см;
- приведена інтенсивність руху до навантаження типу А2 на момент закінчення строку служби становить 1600 авт./добу;
- коефіцієнт зміни інтенсивності руху $q = 1,04$;
- ґрунт робочого шару земляного полотна – легкий пілуватий суглинок із розрахунковою вологістю 0,6 WT.

Ці параметри дозволяють обґрунтовано визначити оптимальну конструкцію нежорсткого дорожнього одягу, яка забезпечить надійну роботу покриття протягом усього періоду експлуатації.

В нашому проекті прийнято наступні конструкції дорожнього одягу на основному проїзді та на розширенні.

Тип 1. Для підсилення дорожнього одягу:

- гарячий дрібнозернистий щільний асфальтобетон тип А, марка І на бітумі БНД – 60/90 ($h = 0,05$ м.) [6];
- гарячий крупнозернистий пористий асфальтобетон тип А марка І на бітумі БНД – 60/90 ($h = 0,10$ м.) [6];
- щебенево-піщана суміш С5 ($h = 0,15$ м.) [7];
- ущільнений ґрунт.

Тип 2. На розширенні:

- гарячий дрібнозернистий щільний асфальтобетон тип А, марка І на бітумі БНД – 60/90 ($h = 0,05$ м.) [6];
- гарячий крупнозернистий пористий асфальтобетон тип А марка І на бітумі БНД – 60/90 ($h = 0,10$ м.) [6];
- щебенево-піщана суміш С5 ($h = 0,20$ м.) [7];
- пісок дрібнозернистий згідно з «ДСТУ Б В.2.7-32-95. Пісок щільний природний для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт. Технічні умови» [8] ($E = 200$ МПа, $h = 0,25$ м.).

Для дорожнього одягу розраховуємо сумарну кількість прикладень навантаження за період служби дорожнього одягу [9]:

$$\sum N_p = 0,7 \times N_p \frac{K_c}{q^{(T_{cl}-1)}} T_{рдр} \times K_n, \quad (2.1)$$

тут $K_c = 15,2$ [9]), $T_{рдр} = 145$ днів [9]), $K_n = 1,38$ ([9]).

$$\sum N_p = 0,7 \times 1600 \frac{15,2}{1,04^{(12-1)}} 145 \times 1,38 = 2213452 \text{ один.}$$

Розрахунок дорожнього одягу представлено в додатку А.

2.6 Автобусні зупинки

На проєктованій нами ділянці дороги існує 4 автобусних зупинки. Зупинки проєктуємо згідно з нормами [10]. У місцях розміщення зупинок маршрутного транспорту передбачаємо влаштування посадкових (з підвищенням на 0,2м) та із заїзною кишенею. Проєкт передбачає влаштування зупинкових майданчиків на довжину 20 м та ширину – 3,5 м. Відгони зупинкового майданчика на вході мають довжину 20 м, а на виході 15 м. На посадкових майданчиках влаштовуємо покриття шириною 2,0м, яке є аналогічним основному проїзду. Для очікування пасажирів проєкт передбачає встановлення металевих автопавільйонів.

2.7 Електропостачання

В даному проєкті передбачається облаштування зовнішнього штучного освітлення на всій протяжності проєктуємої ділянки автомобільної дороги Луцьк-Рованці. Основні рішення приймали за технічними нормами, визначеними в «ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення» [11].

Заплановано встановлення 22 нових залізобетонних опор довжиною 9,5 м та використання існуючих залізобетонних опор у кількості 48 штук. При цьому використовуються світлодіодні світильники, зокрема і для освітлення пішохідних переходів.

Напруга повинна становити 220 В.

З метою ведення обліку електроенергії до спеціальних щитків обліку підключать вивідні клеми. Всі опори освітлення передбачено виконати із заземленням, використовуючи при цьому сталю катанку, діаметром 10 мм.

До початку будівельних робіт організація-підрядник має отримати технічні умови для стандартного підключення електричних установок для вуличного освітлення до електромереж у Луцькій філії ПАТ «Волиньобленерго».

РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЯ І ОРГАНІЗАЦІЯ РОБІТ

3.1 Загальні дані

Організація робіт із проведення капітального ремонту автомобільної дороги місцевого значення Луцьк-Рованці виконується у відповідності з вимогами «ДБН А.3.1-5:2016 Організація будівельного виробництва» [12].

Час, за який виконуються роботи визначається при дотриманні вимог «ДСТУ Б А.3.1-22:2013 Визначення тривалості будівництва» [13] беручи за основу використання сучасних будматеріалів, виконавши при цьому аналіз продуктивності машин і механізмів, враховуючи об'єми будівельних робіт і умови будівництва.

Для визначення часу будівельного періоду, з метою можливості виконання робіт по капітальному ремонту основним нормативним документом являється «СОУ 42.1-37641918-098:2017 Автомобільні дороги. Норми витрат часу на ремонтно-будівельні роботи» [14].

3.2 Підготовчі роботи

Перш ніж перейти безпосередньо до виконання основних операцій, пов'язаних із капітальним ремонтом дороги, необхідно здійснити комплекс підготовчих заходів. У дорожньому будівництві до таких робіт належать усі процеси, що виконуються до початку основних будівельно-монтажних операцій і забезпечують можливість подальшого виконання капітального ремонту або реконструкції.

Як правило, до підготовчого етапу відносять такі види робіт:

- очищення смуги відводу від сторонніх об'єктів, зокрема пнів, крупних каменів, рослинності та іншого;
- перенесення або перебудову опор ліній електропередач, інженерних мереж, трубопроводів та інших комунікацій;

- демонтаж існуючих конструктивних елементів – дорожнього покриття, окремих шарів дорожнього одягу, бортових каменів, тротуарних плит та суміжних елементів;

- облаштування тимчасових під'їзних шляхів та організацію безпечної схеми дорожнього руху на період ремонту.

У межах капітального ремонту автомобільної дороги Луцьк–Рованці обсяг підготовчих робіт передбачає переважно розбирання старої конструкції дорожнього одягу та демонтаж застарілих бортових каменів. Зазначені операції виконуються у послідовності, що відповідає технологічним вимогам і забезпечує можливість подальшого проведення основних робіт.

Першим у комплексі підготовчих заходів передбачено розбирання існуючого дорожнього одягу на всій довжині ділянки, що ремонтується. Роздільно демонтуються шари асфальтобетонного покриття та щебеневої основи, а також інші конструктивні матеріали, які входять до існуючої дорожньої конструкції. Руйнування старого асфальтобетону виконується із застосуванням пневматичних відбійних молотків, що працюють від мобільних компресорних установок.

Після дроблення відпрацьованих шарів дорожнього одягу проводиться прибирання відходів. Згрібання та формування куп сміття виконується автогрейдером, а завантаження фрагментів покриття та уламків конструкцій на автосамоскиди здійснюється одноковшевим гусеничним або колісним екскаватором. Загальний обсяг дорожнього одягу, який підлягає демонтажу на цій ділянці, становить 2598 м³.

Наступним етапом є демонтаж бортових каменів. Їхнє розташування неповне вздовж траси, тому фактична довжина демонтованих бордюрів становить 594 м. Роботи виконуються після усунення дорожнього покриття, що дозволяє забезпечити вільний доступ до бортових елементів та зменшує ризик їхнього пошкодження при попередніх операціях.

Узагальнені відомості щодо обсягів підготовчих робіт наведені у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Зведена відомість об’ємів підготовчих робіт

№ п/п	Назви робіт	Одиниця виміру	Кількість
1	Розбирання бортового каменю	м	594
2	Демонтаж існуючого дорожнього одягу	м ³	2598

Паралельно зі створенням корита під проїзну частину виконується формування корита під майбутні тротуари, що забезпечує рівномірну організацію процесу та раціональне використання техніки.

3.3 Технологія влаштування водопропускної труби

Підготовчий етап включає розчищення та вирівнювання майданчика, виконання розбивочних робіт, доставку обладнання, матеріалів і конструкцій, їхнє складування та монтаж необхідного оснащення.

Залізобетонна труба влаштовується, згідно проекту на ПК 12+21,28. Перетин осі труби з віссю траси знаходять подвійним проміром від найближчого пікету та закріплюють кілком, який слугує центром для встановлення теодоліта. За його допомогою вісь труби переносять у натуру під проектним кутом. З обох сторін встановлюють по два стовпи на відстані 3-4 м від краю майбутнього котловану, використовуючи їх як репери. Висотні позначки наносять подвійним нівелюванням від найближчого відомого пункту.

Для фіксації контуру котловану на відстані 3-5 м від нього облаштовують обноску з дерев’яних стовпів із закріпленими рейками. На рейках роблять зарубки, якими позначають межі котловану, фундаменту й оголовків. Після розробки котловану виконують розбивку фундаменту, натягуючи дріт по мітках обноски. Перетини натягнутих ліній переносять на дно котловану за допомогою виска. Висотне положення конструктивних елементів визначають нівеліром.

Після улаштування фундаменту на ньому ставлять спеціальні позначки осі труби, за якими контролюють правильність монтажу.

Перед риттям котловану з нагірного боку на відстані 1,5-2,0 м копають канаву глибиною 0,5-0,7 м для перехоплення стічної води.

Котлован без кріплень допускається виконувати лише в сухих ґрунтах. При нестійких ґрунтах або значному притоку води укоси зміцнюють шпунтовими огороженнями.

Котловани під фундаменти труб розробляють механізовано. Неглибокі ями без кріплень раціонально виконувати бульдозером. Екскатор із зворотною лопатою застосовують при глибині до 4 м у щільних ґрунтах. За великих розмірів котловану використовують екскаватор із прямою лопатою, а коли машина не може працювати всередині – драглайн.

Після механічної розробки шар ґрунту товщиною 100-200 мм зачищають вручну для збереження природної щільності. Якщо основа перезволожена та глиниста, верхній шар знімають і замінюють щебенем завтовшки 100-150 мм із втрамбуванням.

Довгі котловани (понад 20 м) у слабких ґрунтах і при наявності води копають секційно, улаштовуючи фундаменти по мірі готовності. Дно формують відповідно до ухилу труби з урахуванням будівельного підйому. Підйом компенсує можливі осідання ґрунту.

Монтаж оголовків та кілець труб починають із вихідного оголовка, далі встановлюють кільця, а потім монтують вхідний оголовок.

Заводські монтажні петлі зрізають автогеном, оскільки вони заважають формуванню стиків. Заборонено збивати їх зубилом або загинати – це може спричинити відколювання бетону.

Кільця труб мають рівномірно спиратися на фундамент. Для цього використовують дерев'яні клини, які залишають у конструкції після встановлення, щоб запобігти видавлюванню розчину. За відсутності лекальних блоків підливку виконують пластичним бетоном.

Будівельний підйом приймають залежно від типу ґрунту: для піщаних, щебневих і гравелистих – $1/80$ висоти насипу, для супісків, суглинків і глин – $1/40$.

Фундаменти зазвичай виконуються зі збірних заводських блоків. Монтаж починають із вихідного оголовка. У багаторядних фундаментах блоки укладають з дотриманням перев'язки швів, рухаючись від вихідного до вхідного оголовка.

Укладання виконують на піщано-цементному розчині в горизонтальних і вертикальних швах, допускаючи відхилення в плані не більше ± 5 мм. Розчин – марка не нижче М150. Монолітні фундаменти бетонують секціями, починаючи з оголовків. Через 3-5 м улаштовують деформаційні шви. Шви оголовків заповнюють розчином, а їхні поверхні, що контактують із ґрунтом, покривають гідроізоляцією.

Монтаж збірної залізобетонної труби починають після влаштування фундаменту. У випадку круглих труб фундаменти можуть бути глинощебневими або бетонними – залежно від типу ґрунту.

Перевіривши ухил, встановлюють ланки та оголовки. Зовнішню поверхню ланок двічі покривають гарячим бітумом. Монтаж виконують від вихідного до вхідного оголовка. Під кожен ланку підливають цементний розчин (1:3 або 1:4). Ланки укладають упритул із зазором близько 10 мм.

Стики між ними конопатять клоччям, просоченим бітумом, зовні обклеюють двома шарами толю шириною 20-25 см, а зсередини заповнюють цементним розчином. Пазухи між фундаментом і ланками засипають щебенево-глинистою сумішшю. Після завершення складання оформлюють акт і дозволяють влаштування глиняного захисного шару 15-20 см з наступною засипкою ґрунтом.

Перед засипанням заповнюють пазухи між фундаментом і укосами котловану. Засипати за присутності води заборонено. Основну засипку виконують на ширину не менше 4 м у кожен бік та на висоту 2 м над трубою

або до проектної відмітки. До висоти покриття 1 м рух техніки над трубою заборонено. Засипання виконують пошарово, товщина шару – до 200 мм.

3.4 Технологія влаштування корита під дорожній одяг та тротуари

Дорожнє корито – це неглибоке заглиблення на поверхні земляного полотна, підготовлене для укладання конструктивних шарів дорожнього одягу.

Формування корита виконують двома способами:

- зрізуючи ґрунт існуючого земляного полотна;
- підсипаючи узбіччя.

Вирізний тип корита здебільшого застосовують у нульових ділянках або в виїмках, а також у міських умовах при облаштуванні нежорстких дорожніх одягів із використанням бортових каменів. У випадку формування полотна в насипу верхню частину, виконану з місцевих піщаних ґрунтів, облаштовують як присипне корито, яке згодом може бути основою для тротуарів.

У щільних зв'язних ґрунтах та за значної товщини конструкції (понад 0,5-0,6 м) формування вирізного корита виконують універсальним бульдозером. Для одночасного зрізування і навантаження ґрунту ефективно застосовуються екскаватори-планувальники з телескопічною стрілою. Якщо товщина шарів менша або ґрунти відносяться до I–II групи, інколи використовують автогрейдер.

Процес улаштування вирізного корита складається з таких операцій:

- зрізування ґрунту;
- переміщення його у конус;
- навантаження у самоскиди;
- остаточне планування дна корита.

Бульдозер зрізає та переміщує ґрунт уздовж корита, формуючи конус заввишки щонайменше 3 м. Після цього ґрунт навантажують

автонавантажувачем у самоскиди для подальшого транспортування. Екскаватор-планувальник рухає ківш паралельно дну корита, зрізуючи та відразу відвантажуючи ґрунт у кузов автомобілів.

Рівність дна корита контролюють рейкою довжиною 3 м – допустимий проміжок між рейкою та поверхнею не повинен перевищувати 5 мм.

Під час виконання робіт автогрейдером один прохід на зрізання потребує кількох проходів для переміщення ґрунту. Швидкість грейдера вибирають з урахуванням стану та типу ґрунту.

Кількість проходів автогрейдера при зрізанні визначають за формулою (3.1):

$$n = \frac{S_k \cdot K_{\Pi}}{S_{\Pi}}, \quad (3.1)$$

тут: S_k – площа поперечного перерізу корита, м²;

K_{Π} – коефіцієнт перекриття, який враховує проходи при зрізанні, приймається рівним 1,1-1,3;

S_{Π} – площа шару, що знімається, у щільному стані, м².

Кількість проходів для переміщення ґрунту розраховують за формулою (3.2):

$$n_{\text{пер}} = \frac{n \cdot l_{\Pi}}{l \cdot K_{\Pi}}, \quad (3.2)$$

тут: n – кількість проходів на зрізання;

l_{Π} – траєкторія переміщення ґрунту по ширині корита, м;

l – зміщення ґрунту за один прохід, м;

Тому, один робочий цикл грейдера складається з одного кільцевого проходу для зрізання та декількох – для переміщення ґрунту.

Об'єм зрізаного ґрунту за цикл визначають формулою (3.3):

$$V_{\Gamma} = 2 \cdot S_k \cdot l_3, \text{ м}^3, \quad (3.3)$$

тут: S_k – значення площі поперечного перерізу корита, м²;

l_3 – значення довжини захватки, м.

Продуктивність підвищується зі збільшенням довжини захватки та площі зрізу. Значення S_k залежать від властивостей ґрунту та типу грейдера: для важкого грейдера в ґрунтах I групи $S_k = 0,12 \dots 0,14 \text{ м}^2$, у ґрунтах III групи – близько $0,07 \text{ м}^2$. За оптимальної вологості швидкість руху при зрізанні становить 2,2-2,5 км/год, а при переміщенні – удвічі вища.

У даному проєкті корито влаштовують екскаватором, оскільки роботи виконуються переважно на розширеннях проїзної частини шириною близько 60 см з кожного боку. Використання автогрейдера у таких умовах є недоцільним.

Глибину корита визначають залежно від навантажень, які сприйматиме покриття. Для приватних територій вистачає 15-20 см, тоді як для автомобільної дороги глибину менше 40 см робити недоцільно.

Спочатку проводять розбивку корита: встановлюють кілочки, за якими виконують розробку ґрунту до заданої глибини. Зрізаний ґрунт переміщують до осі дороги, де здійснюють попереднє планування. Після цього екскаватор вибирає ґрунт до проєктної глибини (до 40 см) під дорожній одяг та під бортові камені з подальшим навантаженням у самоскиди для вивезення на відведені майданчики.

Розробку корита завершують з дотриманням поперечних похилів:

- для проїзної частини – 25‰,
- для тротуарів – 20‰.

Після завершення робіт із виймання ґрунту переходять до монтажу бортових елементів, формування шарів основи та укладання дорожнього покриття на проїзній частині й тротуарах.

3.5 Технологія влаштування бортових каменів

Бортові камені виконують функцію розмежування проїзної частини з тротуарами та зонами озеленення. Типові залізобетонні елементи виготовляють стандартної довжини 1 м. Технологічний процес їх

встановлення включає кілька послідовних етапів: геодезичне винесення лінії монтажу та фіксація висотних позначок, розкладка каменів уздовж місця встановлення, підготовка основи, улаштування бетонного ложа, монтаж каменів, формування бетонної обойми та заповнення стиків.

На місцевості висотні та планові значення закріплюють металевими стрижнями, між якими натягують контрольний шнур, що визначає положення верхньої частини борта. Піддони з каменями доставляють автотранспортом, після чого автокран виконує їх розвантаження. Пара робітників, використовуючи спеціальні захвати, переносить камені до лінії встановлення. Порожні піддони повертають на підприємство, де виготовляли бортові елементи.

На шар щебеню товщиною приблизно 10 см укладають шар бетонної суміші аналогічної товщини. Ширина бетонної основи повинна перевищувати габарити самого борту мінімум на 10 см у напрямку зовнішнього та внутрішнього боків.

Двоє робітників встановлюють бортові камені на підготовлену бетонну основу та осаджують їх ручними трамбівками до рівня, визначеного шнуром. Після монтажу кожного елемента переходять до встановлення наступного. Величина шва між сусідніми каменями не повинна перевищувати 5 мм. Далі монтують з обох боків дерев'яну опалубку, яку заливають бетоном для утворення рівномірної обойми. Стики між каменями заповнюють цементним розчином.

3.6 Технологія влаштування підстиляючого шару з піску

Піщаний підстиляючий шар укладають безпосередньо на ущільнену землю. Він виконується як під розширення проїзної частини завтовшки 25 см, так і під бордюри – завтовшки 10 см.

Спочатку необхідно організувати доставку піску з кар'єру до місця виконання дорожніх робіт. Транспортування здійснюється автосамоскидами.

Після прибуття на будмайданчик пісок розвантажують у дорожнє корито та розподіляють по площині до необхідної товщини. Для забезпечення рівномірності застосовують автогрейдери, які вирівнюють та формують поверхню шару.

Після розподілу піску його потрібно зволожити. Для цієї операції використовують поливомийну машину місткістю близько 6000 л. Вона забезпечує рівномірне насичення шару вологою, що є необхідною умовою перед ущільненням.

Заключний етап – ущільнення піщаного шару. Ущільнення виконують у кілька проходів відповідним котком або віброплитою. Після отримання потрібної щільності переходять до облаштування нижнього шару основи як під проїзну частину, так і під бортові елементи.

3.7 Технологія влаштування нижнього шару основи зі щебеню

Після завершення встановлення бетонних поребриків переходять до влаштування нижнього структурального шару основи. Для тротуарної частини передбачено використання щебеню фракції 20-40 мм. Товщина цього шару становить 10 см, а ширина – 0,74 м уздовж обох сторін проїзної частини. Щебінь укладають на попередньо ущільнене земляне корито.

Технологічний процес включає такі послідовні операції:

- доставка щебеню автосамоскидами з кар'єру;
- розподіл і планування матеріалу в межах корита;
- ущільнення щебеневої основи віброплитами.

Основне планування виконується механізовано – ковшем екскаватора. Для точного вирівнювання та формування поперечного похилу застосовують ручні інструменти. Ущільнення проводиться віброплитами з численними проходами, щоб забезпечити нормативну щільність.

Після завершення ущільнення та формування необхідних ухилів переходять до влаштування шару з відсіву згідно з вимогами «ДСТУ Б В.2.7-

210:2010 Будівельні матеріали. Пісок із відсівів дроблення вивержених гірських порід для будівельних робіт. Технічні умови» [15].

3.8 Технологія влаштування та ущільнення асфальтобетонної суміші

Після завершення робіт із формування нижнього шару основи переходять до влаштування верхнього шару асфальтобетонного покриття. Для цієї ділянки застосовують гарячий щільний дрібнозернистий асфальтобетон типу А марки І завтовшки 5 см відповідно до вимог ДСТУ Б В.2.7-119:2011. Роботи допускається виконувати лише в суху погоду за температури повітря не нижче +5 °С у весняно-літній період та від +10 °С восени, а також за наявності сухої, не промерзлої основи.

Перед укладенням асфальтобетонної суміші проводять ретельне очищення поверхні від пилу, залишків сміття та вологи. Для цього використовують механізовані щітки, стиснені повітря або спеціальні нагрівачі. За необхідності поверхню додатково просушують гарячим піском або нагрітими висівками.

У разі одношарової конструкції з гарячих сумішей поверхню попередньо обробляють розрідженим бітумом у кількості 0,5-0,8 л/м². Якщо основа вже містить органічні в'язучі, бітумування зазвичай не виконують та обмежуються її очищенням.

Асфальтобетонну суміш виготовляють на асфальтобетонному заводі та доставляють автосамоскидами в ізольованих кузовах, що запобігає її передчасному охолодженню. Розвантаження здійснюють без зупинки – автомобіль плавно підштовхується укладачем, рухаючись перед ним. Суміш із бункера асфальтоукладача рівномірно подається шнеками по ширині захватки.

Машиніст перед початком робіт перевіряє справність механізмів укладача, очищає шнеки та живильники від застиглих залишків, встановлює необхідний зазор для подачі суміші та регулює органи планування.

Суміш розподіляють укладачем рівним шаром по всій ширині проїзної частини з урахуванням коефіцієнта ущільнення (1,15-1,25). Для формування правильного поперечного профілю застосовується натягнутий шнур на прямолінійних ділянках або геодезичні позначки на кривій. За зовнішньою кромкою встановлюють тимчасові упори (дерев'яні або металічні), які знімають відразу після попереднього ущільнення.

Укладальник формує шар із заданим ухилом, виконує попереднє трамбування суміші та створює поверхню, готову до залишкового ущільнення котками.

Ущільнення шару здійснюється відразу після проходу укладача, доки суміш залишається гарячою та пластичною. Процес включає кілька послідовних операцій:

Попереднє ущільнення – виконують легкими котками масою 6-8 т у 2-3 проходи.

Основне ущільнення – проводять котками на пневматичних шинах, які провадять 8-10 проходів по одному сліду.

Залишкове ущільнення – виконують важкими котками вагою 10-18 т у 2-3 проходи.

Робота котків організовується з перекриттям попередніх проходів на 20-30 см. Перші проходи ведуться вздовж поздовжнього стику (для іншої смуги) або на відстані близько 10 см від кромки. Рух має бути плавним, без ривків чи зупинок на гарячому покритті. Котки також повинні починати рух провідними вальцями вперед, щоб уникнути утворення хвиль.

Температурні режими ущільнення залежать від типу суміші:

- багатощобеневі – 140-160 °С;
- малощобеневі – 100-130 °С;
- суміші нижніх шарів – 120-140 °С.

При використанні добавок температура може бути знижена.

Після кількох проходів легкого котка перевіряють рівність поверхні та поперечний ухил шаблоном і триметровою рейкою. Дрібні дефекти усувають

підсипанням або зняттям матеріалу, а локальну пористість – розподіленням тонкого шару дрібнозернистої суміші з подальшим повторним ущільненням.

На завершення робіт рекомендується обмежити транспортний рух протягом щонайменше 15 діб для стабілізації покриття та досягнення необхідної щільності. Коефіцієнт ущільнення верхнього шару через 10 діб має становити не менше 0,99.

3.9 Розрахунок директивної тривалості робіт

Оцінювання часу, необхідного для завершення окремих будівельних операцій під час капітального ремонту автомобільної дороги, виконувалося на основі ресурсних елементних норм, наведених у джерелі [13]. Тривалість деяких процесів визначається сукупністю факторів: чисельністю робочих, наявним парком машин та механізмів, ритмічним забезпеченням матеріалами та своєчасною поставкою всіх необхідних конструкцій.

Визначення загальної тривалості капітального ремонту проводиться відповідно до переліку робіт, закладених у проектній документації, з неухильним дотриманням технологічних вимог. Усі роботи здійснюються на одну робочу зміну, тривалість якої становить 8 годин.

3.9.1 Підготовчі роботи

Відповідно до п. 4.38 [13], директивна тривалість підготовчих операцій T_p (у змінах), що виконуються робітничими бригадами, визначається розрахунковим шляхом згідно з формулою:

$$T_p = \frac{Q}{n \cdot N \cdot T_3} \quad (3.4)$$

тут: Q – трудомісткість процесу, люд-год;

n – число одночасно задіяних бригад;

N – кількість працівників у складі однієї бригади, чол.;

T_3 – час, який триває одна зміна, год.

Відповідно до локального кошторису, для виконання підготовчого комплексу робіт потрібно витратити 2440,12 люд-год. Заплановано, що роботи виконуватимуть дві бригади по 20 працівників у кожній. При однозмінному режимі тривалість виконання цього етапу становитиме:

$$T_p = \frac{2440,12}{2 \cdot 20 \cdot 8} = 8,0 \text{ змін.}$$

До складу задіяних машин та механізмів входять: бортові самоскиди, пересувні компресорні установки, пневматичні відбійні молоти, автогрейдери середнього типу та одноковшеві екскаватори.

3.9.2 Влаштування водоперепускної труби

Монтаж водоперепускної труби належить до групи зосереджених робіт і виконується силами однієї бригади. Тривалість цього виду будівельних операцій визначається за тією самою формулою (3.4), що й попередні процеси.

Трудові витрати на влаштування труби становлять 252,8 люд-год. У складі бригади працює 10 осіб, а режим організації робіт передбачає одну зміну. Тоді тривалість виконання робіт розраховується так:

$$T_p = \frac{252,8}{1 \cdot 10 \cdot 8} = 3,06 \text{ змін.}$$

Отже, будівельний цикл зі встановлення водоперепускної труби триватиме приблизно три зміни за умови роботи бригади з десяти робітників. Така висока продуктивність досягається за рахунок повної механізації операцій: застосування однокішових екскаваторів, бульдозерів, автокранів та автомобілів-самоскидів для подання матеріалів та виконання землерийних робіт.

3.9.3 Влаштування шарів дорожнього одягу

Процес формування конструктивних шарів дорожнього одягу організовується за потоковим принципом, що дозволяє оптимізувати виробничі цикли. Для визначення тривалості кожної операції насамперед встановлюється продуктивність основної машини, а вже за її показниками добирається необхідна кількість допоміжної техніки.

Трудовитрати на розробку корита під проїзну частину та тротуари становлять 995 люд-год. Використавши формулу (3.4), отримаємо:

$$T_p = \frac{995}{2 \cdot 10 \cdot 8} = 8,08 \text{ змін.}$$

Після завершення підготовчої розробки переходять до укладення першого конструктивного шару – піщаної основи. Відповідно до кошторисних даних, для цього потрібно 311,80 люд-год, тому тривалість монтажу шару визначається так:

$$T_p = \frac{311,80}{1 \cdot 10 \cdot 8} = 4,12 \text{ змін.}$$

Отже, облаштування піщаної основи триватиме близько 4,12 зміни.

Подальшим етапом є монтаж бортових каменів. Роботи виконуються вручну, а загальна трудомісткість становить 2334,96 люд-год. Для скорочення строків формуємо бригаду з 27 працівників, тоді:

$$T_p = \frac{2334,96}{27 \cdot 8} = 10,81 \text{ змін.}$$

Наступний конструктивний елемент дорожнього одягу – шар крупнозернистого асфальтобетону. Загальна проектна товщина становить 10 см, проте для забезпечення якісного ущільнення суміш укладається двома шарами по 5 см кожний, причому тривалість укладання кожного шару однакова, оскільки застосовуються ідентичні комплекти механізмів.

Відповідно до кошторисних даних, для формування одного 5-сантиметрового шару потрібно 364 люд-год праці людської та 191 маш-год машинної. Основною машиною є асфальтоукладач із продуктивністю 100 т/год. Площа покриття становить 6895 м², що відповідає 30 годинам

роботи асфальтоукладача. Таким чином, тривалість будівельного циклу для одного шару дорівнює 3,75 доби .

Виходячи з цієї години та застосовуючи формулу (3.2), визначаємо потребу в техніці:

- поливо-мийні машини – 1 шт.;
- котки вібраційні гладковальцеві, маса 8 т – 2 шт.;
- автогудронатори – 1 шт.;
- котки вібраційні гладковальцеві, маса 13 т – 4 шт.

Для забезпечення асфальтоукладача матеріалом визначимо продуктивність одного автосамоскиду за формулою (4.3):

$$P_{\text{авт.}} = \frac{1 \times 20 \times 0,95 \times 0,85}{\frac{2 \times 2}{40} + 0,2} \approx 54 \text{ т/год.}$$

Необхідна кількість автосамоскидів:

$$n = \frac{P_{\text{асф.}}}{P_{\text{авт.}}} = \frac{100}{54} = 1,85 \approx 2 \text{ шт}$$

Кількість робітників, необхідних для цього етапу:

$$n = 364/30 = 12,13 \approx 13 \text{ робітників}$$

Оскільки наступний 5-сантиметровий шар виконується тим самим способом, її тривалість буде збігатись з попередньою. Таким чином, сумарний час укладання двох шарів крупнозернистого асфальтобетону становитиме 7,5 доби .

3.10 Лінійний календарний графік

Після визначення тривалості всіх окремих операцій та будівельних процесів завершується етап планування робіт – складання лінійно-календарного графіка виконання капітального ремонту. Такий графік

відображає годинну послідовність операцій, їх взаємне узгодження, тривалість та логіку переходів між етапами. Застосування потокового методу організації ремонтних робіт дає змогу істотно скоротити загальні рядки, оскільки різні технологічні процеси виконуються паралельно на різних ділянках об'єкта.

Для побудови календарного графіка були використані результати попередніх розрахунків тривалості окремих видів робіт, після чого вони були ув'язані між собою з урахуванням технологічної послідовності. Отримані значення тривалості становитимуть:

- підготовчі роботи - 8,0 змін;
- монтаж водоперепускної труби - 3,06 зміни;
- формування корита під дорожній одяг та тротуари – 8,08 зміни;
- облаштування піщаної основи - 4,12 зміни;
- улаштування шару ЩПС С5 - 4,54 зміни;
- встановлення бортових каменів - 10,81 зміни;
- встановлення поребриків – 14,85 змін;
- виконання щебеневої основи тротуарів – 6,85 змін;
- улаштування шару з висівок на тротуарах - 6,85 зміни;
- улаштування шару із висівково-цементної суміші – 6,85 зміни;
- монтаж тротуарної плитки - 10,38 зміни;
- укладання крупнозернистого асфальтобетону - 7,50 зміни;
- укладання дрібнозернистого асфальтобетону - 3,75 зміни;
- встановлення дорожніх знаків - 0,63 зміни;
- нанесення дорожньої розмітки - 0,59 зміни.

На основі цих даних був складений лінійно-календарний графік виконання ремонтних робіт, наведений в графічній частині роботи. Згідно з отриманою схемою, повний цикл капітального ремонту дороги триває 45 днів.

РОЗДІЛ 4. ОРГАНІЗАЦІЯ ДОРОЖНЬОГО РУХУ

4.1 Технічні засоби організації дорожнього руху

Технічні засоби організації дорожнього руху (ТЗОДР) – це комплекс конструктивних та інформаційних елементів, призначених для регулювання інтенсивності транспортних потоків, підвищення безпеки учасників руху та створення оптимальних умов пересування. Їх застосування дає можливість забезпечувати впорядкованість руху, попереджати конфліктні ситуації, підвищувати пропускну здатність вулично-дорожньої мережі та попереджувати виникнення аварійно-небезпечних ситуацій.

До основних груп технічних засобів організації дорожнього руху належать: дорожні знаки, дорожня розмітка, світлофорні об'єкти, дорожні огороження та бар'єрні конструкції, засоби примусового зниження швидкості та контролю порушень, інформаційні та навігаційні системи, засоби сигналізації, системи організації паркування.

Дорожні знаки є найпоширенішим та найвпливовішим засобом регулювання дорожньої поведінки. За їх допомогою здійснюється інформування водіїв та пішоходів про умови руху, застереження щодо небезпеки, встановлення пріоритетів, обмежень швидкості, заборон та вказівок. Знаки виготовляються відповідно до вимог національних стандартів та розміщуються на місцях, де інформація має бути максимально доступною для сприйняття.

Розмітка наноситься безпосередньо на проїзну частину та інші елементи дороги і виконує функції орієнтування, зонування простору, розподілення смуг руху, позначення пішохідних переходів та місць зупинки громадського транспорту. Вона може бути горизонтальною та вертикальною, постійною або тимчасовою, виконуватися фарбами, пластиком чи світловідбивними матеріалами.

Світлофори забезпечують регулювання перехрестя та пішохідних переходів шляхом чергування світлових сигналів. Їх застосування дозволяє впорядковувати рух на ділянках з підвищеною інтенсивністю, а також створювати безпечні умови перетину проїзної частини для пішоходів. Сучасні світлофорні комплекси можуть бути інтегровані у системи автоматизованого керування рухом.

Засоби огороження виконують функцію фізичного розмежування зустрічних потоків, захисту пішоходів, попередження виїзду транспорту з проїзної частини, а також обмеження доступу до потенційно небезпечних ділянок. До них належать бар'єрні огороження, пішохідні поручні, сигнальні колонки, тимчасові захисні елементи.

До засобів примусового зниження швидкості та її контролю належать штучні нерівності («лежачі поліцейські»), обмежувальні острівці, підвищені перехрестя, автоматичні радари, системи відеофіксації порушень, пристрої контролю середньої швидкості. Вони спрямовані на підвищення дисципліни водіїв та попередження аварійності.

Електронні табло оперативного інформування, датчики стану дорожнього покриття, метеостанції та системи прогнозування транспортних потоків забезпечують учасників руху актуальною інформацією щодо заторів, ремонтних робіт, погодних умов та аварійних ситуацій. Значну роль відіграють навігаційні прилади та системи GPS, інтегровані у дорожню інфраструктуру.

Світлові та звукові сигнали використовують на залізничних переїздах, аварійних ділянках, зонах проведення дорожніх робіт та місцях, де необхідно привернути увагу водія до підвищеної небезпеки.

Системи організації паркування – це технічні елементи, що регламентують порядок розміщення автотранспорту: дорожні знаки та розмітка, автоматичні шлагбауми, термінали оплати, сенсорні системи контролю заповнення, засоби фізичного обмеження паркувальних місць.

Всі перелічені засоби працюють у комплексі та забезпечують ефективну взаємодію між транспортними потоками, пішоходами та дорожньою інфраструктурою. Впровадження сучасних «інтелектуальних» технологій дає можливість автоматизувати процес управління дорожнім рухом, підвищити швидкість реагування на нестандартні ситуації та забезпечити безпечне та комфортне пересування учасників руху.

Отже, на ділянці проєктуємої нами автомобільної дороги Луцьк-Рованці на обході міста Луцьк передбачено такі заходи:

- встановлення дорожніх знаків відповідно до [16];
- нанесення дорожньої розмітки відповідно до [17];

Організацію дорожнього руху в проєкті виконували згідно з «ДСТУ 8752:2017. Безпека дорожнього руху. Проєкт організації дорожнього руху. Правила розроблення, побудови, оформлення. Вимоги до змісту» [18].

4.2 Знаки дорожні

Розміщення дорожніх знаків на автомобільних шляхах спрямоване на створення безпечних умов для всіх учасників руху, а також надання необхідної інформації щодо режимів та особливостей пересування. Використання таких елементів допомагає водіям та пішоходам орієнтуватися у дорожній обстановці та своєчасно реагувати на зміну умов.

Крім кілометрових покажчиків, всі інші знаки встановлюють зображенням у напрямку руху з правого боку дороги на спеціальних опорах, уніфікованих для певної ділянки чи маршруту. Для знаків пріоритету, а також для вказівних «Пішохідний перехід» передбачене дублювання з лівого боку або на розділювальній смузі, що підвищує їх помітність.

Монтаж дорожнього знака здійснюється згідно з вимогами «ДСТУ 4100:2021. Знаки дорожні. Загальні технічні умови. Правила застосування» [16], де визначені допустимі вертикальні та горизонтальні відстані до проїзної частини. За межами населених пунктів їх розташовують на висоті

від 1,5 до 2,2 м, а в межах забудови – від 2 до 4 м на встановленні стояки. Поверхня знаків і табличок повинна бути світлоповертальною або мати індивідуальне чи загальне освітлення.

На ділянках поза населеними пунктами знаки, що йдуть один за одним (крім тих, що розміщують безпосередньо на перехрестях), мають бути встановлені не ближче ніж за 25 м один від одного. Розміщення виконується з правого боку дороги, за межами проїзної частини та узбіччя.

Відстань від краю проїзної частини, або від брівки земляного полотна за наявності узбіччя, до найближчого краю знака має становити від 0,5 до 2,0 м, а для інформаційно-вказівних знаків – в межах 0,5-5,0 м.

Стояки виготовляють із матеріалів, які здатні витримувати максимальні вітрові навантаження та забезпечують стійкість конструкції. Металеві елементи, що контактують із ґрунтом, додатково покривають подвійним шаром гарячого бітуму. Глибина встановлення опори повинна відповідати діючим нормативам. Фарбування стояків виконується сірим кольором.

Установлення знаків виконує організація, яка обслуговує дорогу. На підходах до кривих радіусом менше ніж 500 м необхідно встановлювати попереджувальні знаки «Поворот направо» або «Поворот наліво». Знак «Декілька поворотів» застосовують перед групою кривих, що слідує одна за одною на відстані менше 50 м.

В проекті капітального ремонту автомобільної дороги використовуємо щитки дорожніх знаків першого та другого типорозмірів.

На даній ділянці ремонту автомобільної дороги Луцьк-Рованці передбачено встановлення 186 дорожніх знаків. Конструкції опор дорожніх знаків прийнято по «альбому типових рішень конструкцій опор дорожніх знаків на автомобільних дорогах загального користування АД А.2.4-376419/8-001:2015» [19], виготовлених із цинкованих металевих труб.

Відомості про дорожні знаки зведено в таблицю 4.1.

Таблиця 4.1 – Дорожні знаки

Í î ï ã ð çãäí î ÄÑÓÓ 4100:2021	Ëëüêñöü,ø ò.			Òèì.î ã³ î ï ðè àî ðî æ ð ç ì àèãà ÄÄ Ä.2.4-37641918-001:2015	
	òèðî ðî çì æ		ÄÇï	ëëüêñöü, ø ò.	ì àðèà
	2	22			
1	2	3	4	5	6
1.1	-	1	-	1	ÑÈÌ 2.40
1.2	-	1	-	1	ÑÈÌ 2.40
1.34	7	4	-	6	ÑÈÌ 2.40
1.4.1	-	2	-	2	ÑÈÌ 1.20
1.4.6	-	4	-	4	ÑÈÌ 2.40
1.4.7	-	4	-	-	-
2.1	19	6	-	14	ÑÈÌ 1.35
2.3	-	4	-	1	ÑÈÌ 2.40
2.4	-	3	-	3	ÑÈÌ 2.40
3.21	-	3	-	3	ÑÈÌ 1.35
3.25	-	2	-	-	-
4.18	1	-	-	1	ÑÈÌ 1.35
4.2	3	-	-	4	ÑÈÌ 2.40
4.4	-	1	-	1	ÑÈÌ 2.40
4.7	-	6	-	2	ÑÈÌ 2.45
				1	ÑÈÌ 1.35
4.9	-	6	-	5	ÑÈÌ 2.40
				1	ÑÈÌ 2.45
4.10	1	4	-	4	ÑÈÌ 2.45
4.14	-	2	-	2	ÑÈÌ 1.35
4.18	6	-	-	-	ÑÈÌ 1.35
5.16	-	8	-	8	ÑÈÌ 1.35
5.20.1	-	1	-	1	ÑÈÌ 2.40
5.21.1	-	1	-	1	ÑÈÌ 1.35
5.38.1	11	11	-	6	ÑÈÌ 1.35
5.38.2	10	11	-	7	ÑÈÌ 2.40
5.45.1	3	3	-	6	ÑÈÌ 1.35
5.45.2	3	3	-	6	ÑÈÌ 1.35
5.58	-	5	-	5	ÑÈÌ 1.35
5.68	-	3	-	2	ÑÈÌ 1.35
5.76	-	5	-	4	ÑÈÌ 1.35
5.93.1	4	-	-	3	ÑÈÌ 2.40
5.93.2	4	-	-	-	-
7.8	1	3	-	-	-
7.21	-	2	-	1	ÑÈÌ 1.35
Äñüî ã :	74	112	-	110	-

4.3 Розмітка дорожня

До елементів дорожньої розмітки належать лінії, символи, написи та інші позначення, що наносяться на поверхню проїзної частини з удосконаленим покриттям, на бордюри та окремі конструкції дорожньої інфраструктури. Вони можуть використовуватися як окремо, так і разом зі знаками чи світлофорами. Нанесення розмітки виконується відповідно до вимог ДСТУ 2587:2021 «Розмітка дорожня» [17]. Усі позначення поділяються на два основні види – горизонтальні та вертикальні.

До горизонтального різновиду належать стріли, лінії, написи та інші графічні елементи, що наносяться на дорожнє покриття. Вони можуть бути поздовжніми, поперечними або мати іншу конфігурацію залежно від їх функціонального призначення. Вертикальна розмітка, у свою чергу, являє собою смуги та позначення, що наносять на торцеві частини дорожніх споруд, елементи інженерного обладнання та інші конструкції. Також до неї належать світлоповертаючі пристрої, які закріплюються на відповідних поверхнях.

Головна функція дорожньої розмітки полягає у забезпеченні водіїв та пішоходів візуальними орієнтирами для правильного вибору напрямку руху, розподілу смуг та дотримання безпечних режимів на різних за складністю ділянках дороги.

Матеріали, що застосовують для нанесення розмітки, повинні бути довговічними, стійкими до зношування та погодних умов. Для цього використовують фарби, термопластичні суміші або інші спеціальні покриття. Допускається використання й місцевих матеріалів, зокрема фарфорового чи фаянсового дробу, ситалу тощо, за умови відповідності їх характеристик технічним нормам. Схеми розмітки обов'язково погоджуються з місцями встановлення дорожніх знаків та світлофорів.

Нанесення фарби чи термопласту здійснюється спеціалізованими машинами згідно з паспортами обладнання та рекомендованими нормами

витрат матеріалів, із дотриманням установленого температурного режиму. Розмітка з місцевих матеріалів виконується методом поверхневої обробки за допомогою машин, оснащених бітумним котлом, бункером для дрібняка та механізмом його подачі. Символи та написи наносять за допомогою спеціальних шаблонів та ручних фарборозпилювачів.

Відновлення розмітки, нанесеної фарбою, необхідно проводити у разі, коли її стирання на ділянці завдовжки 30 м перевищує 10 %. Для термопластичних матеріалів порогове значення становить 50 %. Обновлення проводять також у ситуаціях, коли знос менший, але зображення втратило читаність або не дозволяє визначити тип розмітки. Стан позначень на дорогах контролюють не рідше одного разу на квартал. Якщо пошкоджена розмітка може спричинити помилкове трактування інформації (наприклад, переривання суцільної лінії), ремонтні роботи виконуються негайно.

4.4 Безпека руху

Для орієнтації та підвищення безпеки руху для учасників руху на проєктуемій ділянці дороги передбачено наступні заходи:

- укріплення обочини щебенево-піщаною сумішшю;
- нанесення розмітки проїзної частини;
- встановлення дорожніх знаків;
- встановлення напрямних стовпчиків;
- встановлення освітлення;
- шорсткість дорожнього покриття забезпечується влаштуванням асфальтобетонного покриття;
- для орієнтації людей з порушенням зору забезпечити влаштування тактильної плитки;

При використанні таких заходів в комплексі підвищиться безпеку руху на даній ділянці.

4.5 Забезпечення доступності дороги для маломобільних груп населення

Досить важливим завданням при проектуванні доріг являється захист інтересів маломобільних груп населення. Основним нормативним документом, яким необхідно керуватися при проектуванні є «ДБН В.2.2-40:2018. Інклюзивність будинків і споруд. Основні положення» [20].

В даному проекті для забезпечення інтересів маломобільних груп населення передбачено наступне:

- тротуар влаштовується з поперечним похилом, який не перевищує 15‰;
- в місцях в'їздів у двори, переходів для пішоходів, передбачаємо встановлення пониженого бортового каменю, висоту якого забезпечуємо на рівні основного проїзду;
- в місцях посадкових та зупинкових майданчиків, пішохідних переходів передбачено влаштування тактильних елементів для людей із вадами зору.

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

Необхідні заходи з охорони праці, техніки безпеки та пожежної безпеки, які передбачаються в даному проекті при виконанні капітального ремонту ділянки дороги Луцьк-Рованці представлено в додатку Б.

РОЗДІЛ 6. ЕКОНОМІКА БУДІВНИЦТВА

Кошторисні розрахунки до атестаційної магістерської роботи на тему: «Капітальний ремонт автомобільної дороги місцевого значення на обході м. Луцьк» розроблені в програмному комплексі АВК та представлені в додатку В.

РОЗДІЛ 7. НАУКОВА ЧАСТИНА

7.1 Дослідження модифікуючої добавки Perma-Patch Concentrate та мазуту марки 100 на властивості холодної суміші із фрезерованих матеріалів

Актуальність дослідження.

Після того, як Україна опинилася безпосереднім сусідом Європейського Союзу та задекларувала намір інтегруватися до нього на правах повноправного учасника, виникла потреба узгодити розвиток ключових секторів національної економіки з нормами ЄС. Передусім важливо сформулювати сучасні вимоги до застосування широкого спектра матеріалів, придатних для відповідності європейським стандартам якості.

Автомобільні дороги перебувають під постійним технічним навантаженням і впливом кліматичних чинників, що зумовлює їх поступове руйнування. Із ростом транспортних потоків окремі ділянки дорожньої мережі також стають функціонально застарілими. Це створює об'єктивну необхідність у регулярному проведенні капітальних або поточних ремонтів значної частини шляхів. Коливання температури й вологості, недотримання технологічних регламентів чи затримки з виконанням робіт пришвидшують деградацію дорожнього покриття.

Тому проблема забезпечення довговічності та стабільної надійності покриття протягом року залишається вкрай важливою. У цьому контексті особливої уваги набувають технології та якісні компоненти, що дають змогу ефективно відновлювати експлуатаційні характеристики автомобільних доріг.

Можливості застосування модифікованих холодних сумішей у дорожньому будівництві досліджували вітчизняні й закордонні фахівці [21,22]. Проте вплив добавки Perma-Patch Concentrate, з використанням як розріджувача мазуту марки 100, на властивості холодних органо-мінеральних сумішей лишається недостатньо вивченим.

Метою цієї роботи було застосування мазуту марки 100 як розріджувача бітуму під час підготовки холодних органо-мінеральних сумішей та аналіз впливу такого підходу на їх структуру й експлуатаційні характеристики.

Завдання дослідження.

Встановити, як добавка Perma-Patch Concentrate та використання мазуту марки 100 як розріджувача впливають на структурні й фізико-механічні властивості холодних асфальтобетонних сумішей, а також виконати комплекс експериментальних досліджень.

Методи дослідження.

Експериментальні роботи проводили відповідно до галузевих нормативів на стандартному лабораторному обладнанні. Під час досліджень дотримувалися всіх вимог до проведення експериментів.

Холодні органо-мінеральні суміші отримують шляхом змішування підібраних у відповідних пропорціях компонентів, де щебінь поєднують із в'язучим – дорожнім нафтовим бітумом, розрідженим та модифікованим органічною добавкою Perma-Patch Concentrate.

Однією з ключових переваг таких сумішей є їх здатність тривалий час залишатися рухомими після приготування, а також не злежуватися під час зберігання у штабелях. Цьому сприяє застосування бітумів зі зниженою в'язкістю, порівняно з тими, що використовуються у традиційних холодних асфальтобетонах.

Для встановлення складу та характеристик холодних органо-мінеральних сумішей, модифікованих добавкою Perma-Patch Concentrate, було виконано дослідження. Для приготування зміненого в'язучого застосовували український бітум марки БНД 60/90.

Щоб визначити вплив різного відсоткового вмісту модифікуючої добавки на бітум, здійснили декілька експериментів із варіацією концентрацій Perma-Patch Concentrate. Кожне випробування проводили у

трикратній повторюваності, після чого визначали середньоарифметичний результат.

Для порівняння розглядали зчеплення бітуму БНД 60/90 без будь-яких добавок (рис. 7.1а), а також модифікованого складу з Perma-Patch Concentrate (рис. 7.1б). Проведені випробування виявили, що за вмісту добавки 2,45 % зчеплення із щебенем є найбільш ефективним, що підтверджує адгезійні властивості модифікатора.



а)



б)

Рисунок 7.1 – Зчеплення щебеню з бітумом:

а) не модифікований бітум; б) з модифікатором Perma-Patch Concentrate.

Для виробництва холодної суміші використовували кубовидний щебінь фракції 5-10 мм із природної сировини. Мазут марки 100 слугував розріджувачем для бітумного в'язучого.

Проведені дослідження дали змогу встановити оптимальні пропорції холодної органо-мінеральної суміші та модифікованого бітуму: вміст мазуту становить 27,55 % маси в'язучого, а частка Perma-Patch Concentrate – 2,45 %.

Холодні суміші готують на асфальтобетонних заводах у змішувачах примусової дії. Таке обладнання повинно бути додатково оснащено системами для приготування розрідженого та модифікованого бітуму з використанням Perma-Patch Concentrate.

Органічна добавка забезпечує тривале збереження рухливого стану холодних сумішей, сприяє їх якісному ущільненню, підвищує когезійну міцність та покращує зчеплення між мінеральною та бітумною частинами матеріалу.

Клеючу здатність холодної суміші оцінювали за зовнішнім виглядом зразків (рис. 7.2).

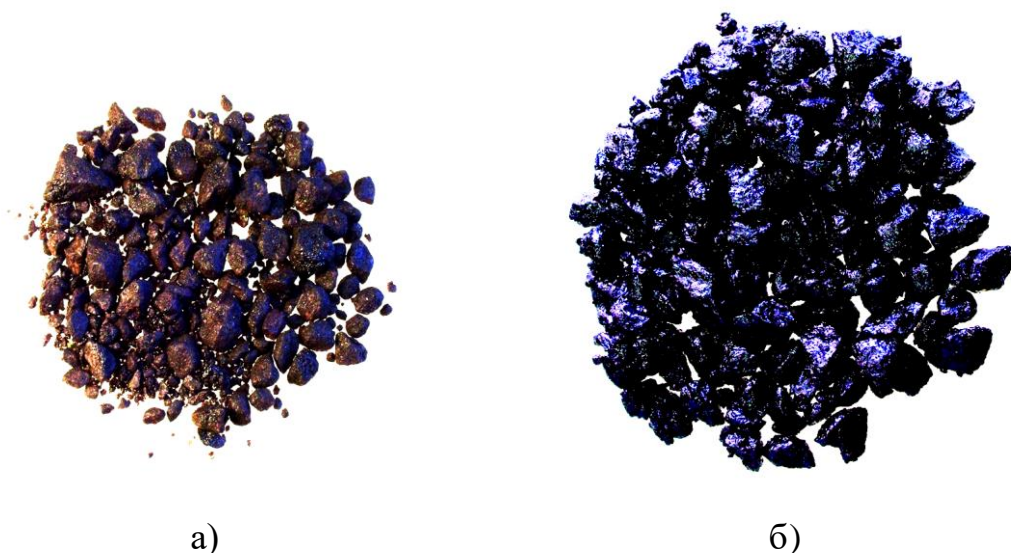


Рисунок 7.2 – Зовнішній вигляд зразків:

а) не модифікований бітум; б) з модифікатором Perma-Patch Concentrate.

Щоб визначити рухливість і можливість укладання суміші при низьких температурах, готували пробу масою 1 кг і поміщали її до морозильної камери. Після стабілізації температури фіксували час витримування, що становив 12 годин. Після вилучення суміш перемішували; якщо це відбувалося без значних зусиль, її вважали такою, що успішно пройшла випробування на рухливість.

Технологічну схему приготування холодної суміші наведено на рис. 7.3 [22].

Технологічний процес виготовлення холодних сумішей включає такі основні етапи:

- підготовка в'язучого компонента;
- оброблення мінеральних складників;

- дозування та поєднання мінерального матеріалу із в'язучим з подальшим випуском отриманої суміші.

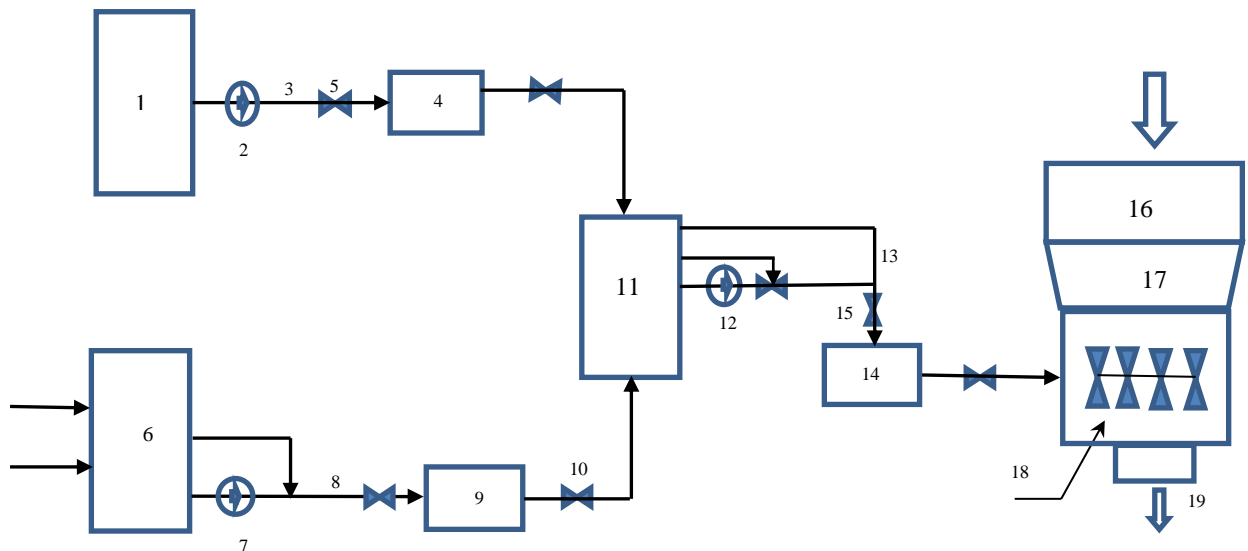


Рисунок 7.3 – Схема виготовлення холодних сумішей:

«1 - ємкість з бітумом; 2 - насос подачі бітуму; 3 -трубопровід подачі бітуму; 4 - дозатор бітуму; 5, 10, 15 – крани; 6 - ємкість для приготування двохкомпонентної суміші (мазут марки 100 + добавка Perma-Patch Concentrate) об'ємом 3 м³; 7 - насос подачі двохкомпонентної суміші; 8 - трубопровід для подачі двохкомпонентної суміші в дозатор; 9 - об'ємний дозатор; 11 - ємкість для отримання в'язучого; 12 – насос; 13 – трубопровід; 14 - дозатор в'язучого; 16 - бункер для мінеральних матеріалів; 17 - ваги для дозування щебеню; 18 - лопатева мішалка; 19 - затвор для вивантаження холодної суміші» [22].

Технологічний процес виготовлення холодних сумішей включає такі основні етапи:

- підготовка в'язучого компонента;
- оброблення мінеральних складників;
- дозування та поєднання мінерального матеріалу із в'язучим з подальшим випуском отриманої суміші.

Процес формування в'язучого матеріалу складається з послідовного виконання таких операцій:

- подача бітуму марки БНД 60/90 із резервуарів у бітумний котел за допомогою насосного обладнання;
- видалення надлишкової вологи з бітуму при температурному режимі 100-110 °С;
- дозування та перемішування добавки Perma-Patch Concentrate разом із мазутом марки 100 за температури 20-40 °С, що здійснюється механічними мішалками або циркуляційним бітумним насосом;
- передавання суміші мазуту марки 100 із Perma-Patch Concentrate у бітумний котел чи змішувальний агрегат, де відбувається подальше комбінування з бітумом за допомогою циркуляції або механічного перемішування при температурі 120–130 °С.

Мінеральний заповнювач необхідної гранулометрії нагрівають до температури 65-75 °С.

Процес створення холодних сумішей передбачає попереднє фракційне дозування кам'яних матеріалів, «сухе» їх змішування, після чого здійснюється введення в'язучого та «мокре» перемішування всіх компонентів до однорідного стану.

Після завершення приготування готовий матеріал вивантажують у транспортні засоби для подальшого застосування або для зберігання – у мішках чи у вигляді насипу.

Виготовлення зразків.

Формування циліндричних зразків для подальшого визначення їхніх фізико-механічних параметрів здійснюють шляхом ущільнення сумішей, приготовлених у лабораторних умовах, а також із матеріалу, відібраного на змішувальних установках чи безпосередньо на робочих дільницях. Вирубки або керни попередньо прогривають у термостаті або на піщаній бані, після чого подрібнюють шпателем чи ложкою. Холодні суміші перед процесом ущільнення не підлягають нагріванню.

Ущільнення складу, що містять до 50% щебеню за масою, здійснюють методом пресування під тиском $(40,0 \pm 0,5)$ МПа на гідравлічних пресах у спеціальних формах. Важливо забезпечити симетричне прикладення стискуючого зусилля, що досягається використанням двох вкладишів, які вільно пересуваються всередині форми назустріч один одному.

Під час виготовлення зразків із гарячих сумішей форми та вкладиші попередньо прогрівають до 90-100 °С. Для холодних сумішей нагрівання форм не проводять.

Спершу форму зі встановленим нижнім вкладишем заповнюють приблизною кількістю суміші. Матеріал рівномірно розподіляють штикуванням шпателем або ножом, після чого вставляють верхній вкладиш і, притиснувши його до суміші, встановлюють форму на нижню плиту преса. При цьому нижній вкладиш повинен виходити з форми на 1,5-2,0 см. Верхню плиту преса доводять до контакту з верхнім вкладишем і запускають привід преса.

Зусилля ущільнення підвищують до 40 МПа протягом 5-10 секунд, а через $(3,0 \pm 0,1)$ хвилини навантаження знімають. Зразок виштовхують із форми за допомогою вижимного пристрою та вимірюють його висоту штангенциркулем із точністю 0,1 мм.

Якщо отримана висота не відповідає вимогам, необхідну масу суміші для виготовлення стандартного зразка g , г, визначають за формулою:

$$g = g_0 \frac{h}{h_0},$$

тут g_0 - вага пробного зразка, г;

h - нормативна висота зразка;

h_0 - висота пробного зразка, мм.

Зразки із пошкодженими крайками або непаралельними опорними поверхнями відбраковують.

Форми заповнюють підготовленою сумішшю, закріплюють на вібромайданчику за допомогою спеціального фіксатора (його конструкція залежить від типу обладнання). Вкладиші повинні виступати над формою на 2-2,5 см. Вібрування триває $(3,0 \pm 0,1)$ хв при частоті (2900 ± 100) хв⁻¹, амплітуді $(0,40 \pm 0,05)$ мм та прикладеному вертикальному навантаженні (30 ± 5) кПа, яке забезпечується вантажем, вільно підвішеним до верхнього вкладиша.

Після завершення вібрації форму переносять на прес і здійснюють доущільнення тиском $(20,0 \pm 0,5)$ МПа протягом 3 хв. Потім навантаження знімають, а зразок виштовхують із форми.

Для визначення показника злежуваності сумішей використовують циліндричні форми (рис. 7.4).



Рисунок 7.4 – Циліндричні форми для формування зразків

Форму встановлюють на дві підставки, після чого опускають у неї нижній вкладиш зі стержнем. У форму засипають 440-460 г суміші через лійку. Верхній вкладиш встановлюють так, щоб стержень із нижнього вкладиша вільно входив у його отвір. Підтримуючи форму, підставки

прибирають, а на верхній вкладиш поміщають вантаж загальною масою $(20,0 \pm 0,5)$ кг, що відповідає навантаженню $0,05$ МПа. Під навантаженням суміш витримують $(3,0 \pm 0,1)$ хв, після чого вантаж прибирають, форму підіймають та знімають. Далі обережно видаляють верхній вкладиш, а зразок обережно знімають зі стержня й переміщують у місце зберігання, де витримують при температурі (20 ± 5) °С не менше 4 годин.

Якщо зразок одразу руйнується після ущільнення, наступний необхідно витримати у формі щонайменше 4 год при температурі (20 ± 5) °С. Стандартна висота зразка повинна становити (60 ± 1) мм.

Визначення водонасичення.

Методика базується на встановленні об'єму води, який може увібрати зразок за визначених умов насичення. Водонасичення визначають як на лабораторно виготовлених зразках, так і на кернах або вирубках, відібраних із дорожнього покриття чи його основи.

Засоби контролю та допоміжне обладнання.

Лабораторні ваги (4-й клас точності), обладнані пристроєм для гідростатичного зважування.

Вакуумна установка (рис. 7.5).



Рисунок 7.5 – Вакуумна установка

Обладнання для капілярного водонасичення.

Термометр із ціною поділки 1 °С.

Посудина об'ємом не менше ніж 3,0 л.

Порядок виконання випробувань.

Випробування проводять на циліндричних зразках або кернах. Для сумішей аналіз здійснюють на тих же зразках, що використовувалися під час визначення середньої густини.

Зразки, попередньо зважені у повітрі та у воді, занурюють у посудину, заповнену водою температурою (20 ± 2) °С. Рівень води над поверхнею зразків повинен становити не менше 3 см.

Посудину зі зразками переносять у вакуумну установку та створюють знижений тиск не вище 2000 Па (15 мм рт. ст.). Тривалість вакуумування становить 1 год для сумішей на в'язких органічних в'язучих і 30 хв – для сумішей на рідких чи емульгованих в'язучих. Після завершення вакуумування тиск вирівнюють до атмосферного, а зразки додатково витримують у тій же воді протягом 30 хв.

Далі зразки виймають, зважують у воді, насухо протирають м'якою тканиною та повторно зважують у повітрі.

Повне насичення зразків висотою та діаметром 50 мм триває 2 доби. Для більших зразків процес продовжують до 3 діб. У перший день зразки занурюють у воду лише на 1/3 висоти, а в наступні – повністю. Щоб уникнути висихання, частково занурені зразки насичують у ванні з гідравлічним затвором.

Обробка результатів випробування.

Водонасичення зразків W , % визначають шляхом розрахунку за такими формулами:

- для виготовлених сумішей:

$$W = \frac{g_3 - g}{g_2 - g_1} 100 ;$$

в цій формулі

g - показник маси зразка, зваженого у повітрі, гр;

g_1 - маса зразка під час гідростатичного зважування, гр;

g_2 - маса після витримування у воді протягом 30 хв та подальшого зважування на повітрі, гр;

g_3 - маса зразка після повного насичення водою, гр.

За підсумками досліджень водонасичення фрезерованого асфальтобетону із додаванням мазуту марки 100 становить 4,62% , тоді як матеріал без мазуту демонструє показник 5,78% .

Визначення межі міцності при стисканні.

Методика передбачає фіксацію навантаження, за якого відбувається руйнування зразка за заданих умов випробування.

Обладнання та допоміжні засоби.

Механічні або гідравлічні преси відповідно здатні створювати навантаження у діапазоні 50-100 кН (5-10 тс) та до 500 кН (50 тс), оснащені силовимірювальними системами з похибкою не більш як 2% (рис. 7.6).

Термометр із точністю 1°C.

Посудини для термостатування об'ємом 3-8 л залежно від габаритів та кількості зразків.



Рисунок 7.6 – Гідравлічний прес під час випробування зразків

Підготовка до проведення випробування.

Перш ніж розпочати процедуру, виготовлені зразки витримують у термостаті при вибраній температурі: $(50\pm 2)^{\circ}\text{C}$, $(20\pm 2)^{\circ}\text{C}$ або $(0\pm 2)^{\circ}\text{C}$. Температуру 0°C забезпечують шляхом змішування льоду та води.

Якщо випробування проводилися у стані водонасичення, зразки після зважування знову поміщають у воду температурою $(20\pm 2)^{\circ}\text{C}$, а безпосередньо перед встановленням у прес обережно осушують тканиною або фільтрувальним папером.

Проведення випробування.

Визначення межі міцності при стисканні виконують на пресах (рис. 7.6) зі швидкістю переміщення робочої плити $(3,0\pm 0,3)$ мм/хв.

Перед початком роботи на гідравлічному пресі налаштовують швидкість руху плити при холостому ході.

Після вилучення зразка з термостатичної посудини його розміщують у центрі нижньої плити преса, опускають верхню плиту, залишивши 1,5-2 мм проміжок, та запускають електродвигун.

Гідравлічна система забезпечує рівномірне навантаження по всій площі торця навіть за неідеальної паралельності поверхонь.

Максимальна зафіксована величина сили на індикаторі приймається як руйнівне навантаження .

Обробка результатів випробування.

Границю міцності при стисканні R_{cm} , МПа визначають за допомогою формули:

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

тут P - максимальне навантаження, що спричинило руйнування зразка, Н;

10^{-2} - коефіцієнт для перерахунку отриманого значення у мегапаскалі.

F - площа початкова поперечного перерізу зразка, см^2 ;

За усередненими результатами трьох випробувань міцність становить 2,78 МПа .

Визначення водостійкості.

Метод передбачає оцінку зниження міцності під стисканням після того, як зразки піддали впливу води у вакуумних умовах. Саме визначення міцності виконується за процедурою, описаною у попередньому розділі.

Підготовка до випробування.

Зразки попередньо доводять до водонасиченого стану шляхом витримання у вакуумній установці.

Опрацювання отриманих даних.

Водостійкість K_g обчислюють із точністю до другого знака після коми за формулою:

$$K_g = \frac{R_{cm}^g}{R_{cm}^{20}}$$

В цій формулі R_{cm}^g - міцність під час стискання водонасичених зразків, випробуваних при температурі $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$, МПа;

R_{cm}^{20} - міцність тих самих зразків до насичення водою, МПа.

Результати експериментів, проведених на холодних бетонних сумішах із фрезерованого дрібняку, свідчать, що додавання мазуту марки 100 у поєднанні з модифікатором Perma-Patch Concentrate суттєво підвищує межу міцності при стисканні та коефіцієнт водостійкості. Для порівняння, суміші без мазуту демонструють нижчі значення.

Висновок.

Проведені дослідження показали, що застосування добавки Perma-Patch Concentrate сприяє покращенню властивостей бітуму, а використання мазуту марки 100 як розріджувача дає можливість значно зменшити вартість холодної органо-мінеральної суміші порівняно з традиційними домішками.

Отже, впровадження зазначених сумішей у дорожньому будівництві та ремонті забезпечує:

- збільшення тривалості експлуатації покриття;

- економічну вигоду завдяки підвищеним характеристикам матеріалів та скороченню потреби у додатковому ремонті;
- доступність необхідних ресурсів, техніки та устаткування;
- зручність та простоту технології виконання ремонтних робіт;
- можливість проводити роботи в зимовий сезон;
- швидке відновлення руху транспорту після завершення ремонту;
- зменшення енергоспоживання завдяки нижчим технологічним температурам;
- покращення екологічної ситуації через зменшення шкідливих викидів під час виконання робіт.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Споруди транспорту. Автомобільні дороги: ДБН В.2.3-4:2015 Київ.: Мінрегіонбуд України – 2015. – 104 с. – (Національний стандарт України).
2. Вулиці та дороги населених пунктів: ДБН В.2.3-5:2018. – Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2018. – 55 с.
3. ДБН Б.2.2-12:2019 Планування та забудова територій. – Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2019. – 185 с.
4. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія.
5. Закон України «Про автомобільні дороги».
6. ДСТУБ В.2.7-119:2011 Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон дорожній та аеродромний. Технічні умови.
7. ДСТУ 9178:2022 Настанова з улаштування шарів дорожнього одягу з щибених, гравійних та укріплених матеріалів.
8. ДСТУ Б В.2.7-32-95. Пісок щільний природний для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт. Технічні умови.
9. ГБН В.2.3-37641918-559:2019. Автомобільні дороги. Дорожній одяг нежорсткий. Проектування.
10. ГБН В.2.3-218-550 Зупинки маршрутного транспорту.
11. ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення. – Київ: Мінрегіон України, 2018. – 137с.
12. ДБН А.3.1-5:2016. Організація будівельного виробництва. – Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2016. – 51 с.
13. ДСТУ Б А.3.1-22:2013. Визначення тривалості будівництва. – Київ: Мінрегіон України, 2014. – 34с.
14. СОУ 42.1-37641918-098:2017 „Автомобільні дороги. Норми часу на

ремонтно-будівельні роботи. Зміна №1. – Київ: Державне агентство автомобільних доріг України (Укравтодор), 2020.

15. ДСТУ Б В.2.7-210:2010 Будівельні матеріали. Пісок із відсівів дроблення вивержених гірських порід для будівельних робіт. Технічні умови. – Київ: Мінрегіон України, 2011.

16. ДСТУ 4100:2021. Безпека дорожнього руху. Знаки дорожні. Загальні технічні умови. Правила застосування.

17. ДСТУ 2587:2021. Безпека дорожнього руху. Розмітка дорожня. Загальні технічні умови.

18. ДСТУ 8752:2017 Безпека дорожнього руху. Проект організації дорожнього руху. Правила розроблення, побудови, оформлення. Вимоги до змісту.

19. Альбом типових рішень з проектування опори дорожнього знака для автомобільних доріг загального користування. АД А. 2.4-37641918-001:2015.

20. 23. ДБН В.2.2-40:2018. Інклюзивність будівель і споруд. Основні положення. – Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2018. – 70 с.

21. Золотарев В.А. Бітуми, модифіковані полімерами та асфальтополімербетони. Дорожня техніка. 2009. С. 1-6.

22. Тимчасовий технологічний регламент на приготування холодних органо-мінеральних сумішей, модифікованих органічною добавкою Perma-Patch Concentrate, для цілорічного ямкового ремонту асфальтобетонних покриттів ТТР 33629017-001:2009 /В.К. Вирожемський, С.В. Кіщинський та ін. – ДерждорНДІ, 2009. – 31с.

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

24. Випробування дорожньо-будівельних матеріалів: Лабораторний практикум / Золотарьов В.О., Братчун В.І., Космін О.В. та інш.; за ред. Золотарьова В.О. Навчальний посібник. - Харків: Видавництво ХНАДУ, 2006. - 352с.

