

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»

ПРОЕКТ БУДІВНИЦТВА АВТОМОБІЛЬНОЇ ДОРОГИ МІСЦЕВОГО ЗНАЧЕННЯ НА ДІЛЯНЦІ КМ 0+000...2+000 У РІВНЕНСЬКІЙ ОБЛАСТІ

спеціальність 192 Будівництво та цивільна інженерія

(шифр і назва спеціальності)

освітня програма «Будівництво та цивільна інженерія»

(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти

Групи БЦІм-22

ТИМОЩУК Дмитро Вячеславович

(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**

ТИМОЩУКУ Дмитру Вячеславовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи Проект будівництва автомобільної дороги місцевого значення на ділянці км 0+000 - км 2+000 у Рівненській області

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; схема розташування технічних засобів організації дорожнього руху; лінійний календарний графік; графічний матеріал до наукової частини

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1. Проектні рішення	ПРОЦЮК В.О., доцент		
2. Конструктивні рішення	ПРОЦЮК В.О., доцент		
3. Технологія та організація будівництва	ЯСЮК І.М., доцент		
4. Організація дорожнього руху	ЯСЮК І.М., 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)

Дмитро ТИМОЩУК
(ім'я та прізвище)

Науковий керівник _____
(підпис)

Олександр ШИМЧУК
(ім'я та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Тимошук Д.В. Проект будівництва автомобільної дороги місцевого значення на ділянці км 0+000...2+000 у Рівненській області (на матеріалах інженерних вишукувань по об'єкту; кліматичних умовах регіону, даних по будівельно-матеріальних ресурсах регіону; характеристиках транспортних потоків, плану місцевості з даними по землеволодінню, комунікаціях; ґрунтово-геологічних характеристиках; гідрологічних даних по місцевості).
Рукопис.

Кваліфікаційна робота магістра 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 проект будівництва автомобільної дороги місцевого значення на ділянці км 0+000...2+000 у Рівненській області та запропоновано заходи щодо покращення транспортно-експлуатаційних показників та збільшення строку служби автомобільної дороги с. Пісків-с. Рокитне у Костопільському районі Рівненської області, шляхом влаштування удосконаленого (асфальтобетонного покриття).

Крім того, в даній роботі проведено дослідження впливу протижеледних матеріалів для зимового утримання доріг на навколишнє середовище та безпеку дорожнього руху. При цьому підвищуються транспортно-експлуатаційні показники даної дороги та термін служби дорожнього одягу.

Ключові слова: автомобільна дорога, тротуар, земляне полотно, дорожній одяг, асфальтобетонна суміш, організація дорожнього руху, протижеледні матеріали, безпека дорожнього руху.

ABSTRACT

Tymoshchuk D.V. Construction project of a local highway on the section km 0+000...2+000 in the Rivne region (based on materials of engineering surveys on 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 developed a project for the construction of a local highway on the section km 0+000...2+000 in the Rivne region and proposed measures to improve the transport and operational indicators and increase the service life of the highway from the village of Piskiv to the village of Rokytne in the Kostopil district of the Rivne region, by installing an improved (asphalt concrete coating).

In addition, this work conducted a study of the impact of deicing materials for winter road maintenance on the environment and road safety. At the same time, the transport and operational indicators of this road and the service life of the road surface will increase.

Keywords: highway, pavement, earthen bed, road surface, asphalt concrete mixture, road traffic organization, deicing materials, road safety.

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ

ЗМІСТ

ВСТУП

РОЗДІЛ 1. ПРОЕКТНІ РІШЕННЯ.....	9
1.1. Загальні дані.....	9
1.2. Техніко-економічна характеристика району проектування	10
1.3. Характеристика району будівництва	11
1.4. Рельєф місцевості.....	14
1.5. Необхідність будівництва автомобільної дороги	16
1.6. Техніко-економічні показники	18
РОЗДІЛ 2. КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ.....	20
2.1. Проектування елементів автомобільної дороги	20
2.2. Основні технічні параметри дороги	22
2.3. Земляне полотно	24
2.4. Проектування водоперепускних споруд	28
2.5. Проектування дорожнього одягу.....	33
РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЯ І ОРГАНІЗАЦІЯ РОБІТ.....	34
3.1. Загальні дані.....	34
3.2. Обсяги робіт	34
3.3. Підготовчі роботи.....	37
3.4. Технологія будівництва водоперепускної труби	39
3.5. Технологія влаштування земляного полотна	43
3.6. Технологія будівництва дорожнього одягу	45
3.7. Розрахунок тривалості будівництва	48
3.8. Будівельний генеральний план.....	51
3.9. Лінійний календарний графік.....	52

РОЗДІЛ 4. ОРГАНІЗАЦІЯ ДОРОЖНЬОГО РУХУ.....	53
4.1. Облаштування дороги.....	53
4.2. Технічні засоби організації дорожнього руху	53
4.3. Безпека дорожнього руху.....	56
4.4. Нові технології, сучасні матеріали та конструкції.....	56
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ	57
РОЗДІЛ 6. ЕКОНОМІКА БУДІВНИЦТВА.....	57
РОЗДІЛ 7. НАУКОВА ЧАСТИНА.....	58
7.1 Дослідження впливу на безпеку руху та навколишнє середовище протижелезних матеріалів, що використовуються при зимовому утриманні автомобільних доріг	58
7.2. Експериментальні дослідження взаємодії щебеневого матеріалу із слизьким дорожнім покриттям.....	66
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	

Вступ

Автомобільні магістралі становлять основний компонент загальної транспортної системи, яка формує суттєвий вплив на соціально-економічний розвиток територій та держави в цілому. Вони забезпечують надійне переміщення населення та вантажів, сприяючи поглибленню взаємодії внутрішніх та міжнародних господарських структур.

Постійне збільшення інтенсивності транспортних переміщень, вимоги щодо підвищення рівня безпеки та необхідність збереження природного середовища висувають перед фахівцями нові завдання щодо модернізації, удосконалення та адаптації дорожньої інфраструктури.

Протягом останніх років спостерігається стійке наростання транспортної активності, що створює додаткове навантаження на існуючу мережу. Це потребує застосування прогресивних технологій, сучасних матеріалів та раціональних підходів до проектування, обслуговування та розвитку автомобільних шляхів. Особливого значення набуває продовження терміну служби покриття, зниження негативного впливу на екологію та покращення загальної безпеки руху.

Активне впровадження технічних інновацій, модернізованих конструкцій та нових методів дорожнього будівництва дає змогу істотно підвищити ефективність функціонування транспортної мережі. Це, у свою чергу, вимагає ретельного дослідження актуальних проблем, визначення можливих напрямів розвитку та створення рішень, спрямованих на покращення якості дорожньої галузі.

Таким чином, питання професійного проектування, грамотного будівництва та подальшої експлуатації автомобільних доріг з обов'язковим урахуванням сучасних технічних, екологічних та економічних критеріїв залишаються надзвичайно важливими. Актуальність таких завдань зростає в умовах необхідності підвищення надійності транспортної інфраструктури, адаптації до міжнародних стандартів та забезпечення комфортних умов пересування для всіх учасників дорожнього руху.

РОЗДІЛ 1 ПРОЕКТНІ РІШЕННЯ

1.1 Загальні дані

Оснoву для розробки атестаційної магістерської роботи на тему: «Проект будівництва автомобільної дороги місцевого значення на ділянці км 0+000...2+000 у Рівненській області» складає видане завдання на проєктування затверджене завідувачем кафедри будівництва та цивільної інженерії Луцького національного технічного університету.

Робота магістра розроблялася на основі виконаного обстеження існуючої дороги та інженерно-геодезичних, інженерно-геологічних вишукувань, виконаних у 2025 році.

Виконання даної роботи супроводжувалося використанням новітніх технологій і методів, які використовуються при геодезичних вишукуваннях із використанням сучасного обладнання.

Для топографічної зйомки використовували тахеометричний метод із відповідної висотної бази. При цьому розріз рельєфу становив 0,5 м з мірилом 1: 500 м.

Для буріння свердловин, щоб провести інженерно-геологічні вишукування, користувалися ручним буром. Основні шари, які виявили при обстеженні нанесли на поздовжній профіль автомобільної дороги.

Фактична ширина проїзної частини даної автомобільної дороги становить від 6,00 м до 7,00 м.

Довжина ділянки, яка проєктується становить 2000 м.

Проект будівництва автомобільної дороги місцевого значення на ділянці км 0+000...2+000 у Рівненській області розроблено у відповідності до вимог «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

Проектуєма автомобільна дорога з'єднує два населених пункти – с. Рокитне та с. Пісків Рівненської області.

Рокитне – населений пункт Костопільського району Рівненщини з кількістю жителів близько 816 осіб. Поруч розташоване село Пісків, яке є адміністративним центром місцевої сільської ради. Обидва населені пункти лежать приблизно за 10 км від районного центру. У регіоні вирощують зернові та технічні культури, а також добре розвинене м'ясо-молочне тваринництво. Попри це, стан місцевих доріг не відповідає потребам мешканців, що й стало причиною вибору теми дипломного проєкту.

Необхідність будівництва нової дороги пояснюється тим, що нинішній шлях фактично є ґрунтовим проїздом, придатним лише у сухий сезон. На даний момент ділянка належить до IV категорії та не має твердого покриття. З огляду на щорічне зростання інтенсивності руху, збільшення вантажопотоку, проходження сільськогосподарської техніки, автобусів, а також зростання чисельності населення, перехід до параметрів III технічної категорії є логічним та виправданим.

Сучасний технічний стан дороги не забезпечує належного рівня безпеки та ефективності перевезення пасажирів і вантажів, що знижує продуктивність роботи транспорту.

Запропонований проєкт покликаний покращити екологічну ситуацію прилеглих територій та підвищити транспортно-експлуатаційні характеристики дороги.

Будівництво нової дороги забезпечить безперервність транспортного руху територією села, сприятиме підвищенню швидкості та зменшенню затримок у проблемних місцях. Відповідно, рівномірний рух і збільшена швидкість зменшать обсяги шкідливих викидів.

Укріплення узбіччя дозволить усунути пилоутворення, покращити водовідвід, скоротити ерозію ґрунтів та забруднення водою.

Встановлення огорожень підвищить рівень безпеки та зменшить кількість ДТП.

Соціальний ефект від покращення дорожньої інфраструктури полягає в розширенні доступності об'єктів господарської та житлової діяльності для населення.

Враховуючи прогнозовану інтенсивність руху на двадцятирічну перспективу, ділянку рекомендовано проєктувати за параметрами III категорії:

- ширина земляного полотна – 12,0 м;
- проїзна частина – 2×3,50 м;
- дорожній одяг – капітального типу.

Загальна довжина проєктованої ділянки становить 2000,00 м.

1.3 Характеристика району будівництва

Клімат

Територія, на якій передбачається спорудження дорожньої ділянки, розташована в межах У-1 дорожньо-кліматичної зони, що вирізняється підвищеним рівнем зволоження протягом окремих сезонів року. Такі умови впливають на формування дорожнього одягу, вибір матеріалів та технологій виконання робіт.

Відповідно до нормативних даних [4], клімат регіону має такі характерні параметри:

- середньорічна температура становить приблизно +7,0 °С;
- мінімальні значення можуть знижуватися до –35,0 °С;
- максимальні температури сягають +38,0 °С;
- найтеплішим місяцем виступає липень із середнім показником близько +18,6 °С;
- найхолоднішим є січень, коли середня температура опускається до –4,9 °С;

- тривалість періоду, протягом якого середньодобові значення нижче нуля, складає орієнтовно 107 діб.

Дати переходу середньодобової температури через основні межі становлять:

- через 0 °С – 29 листопада та 13 березня;
- через +10 °С – 27 квітня та 30 вересня.

Кліматичні особливості доповнюють такі спостереження:

- у середньому протягом року фіксується до 37 днів туману;
- 30 днів грози;
- 5-10 днів ожеледиці, що суттєво впливає на умови експлуатації дороги.

Річна кількість опадів у регіоні становить приблизно 586 мм, з них:

- 447 мм припадає на теплий період року;
- 139 мм – на холодний сезон.

На рисунку 1.1. представлено дорожнє районування України.

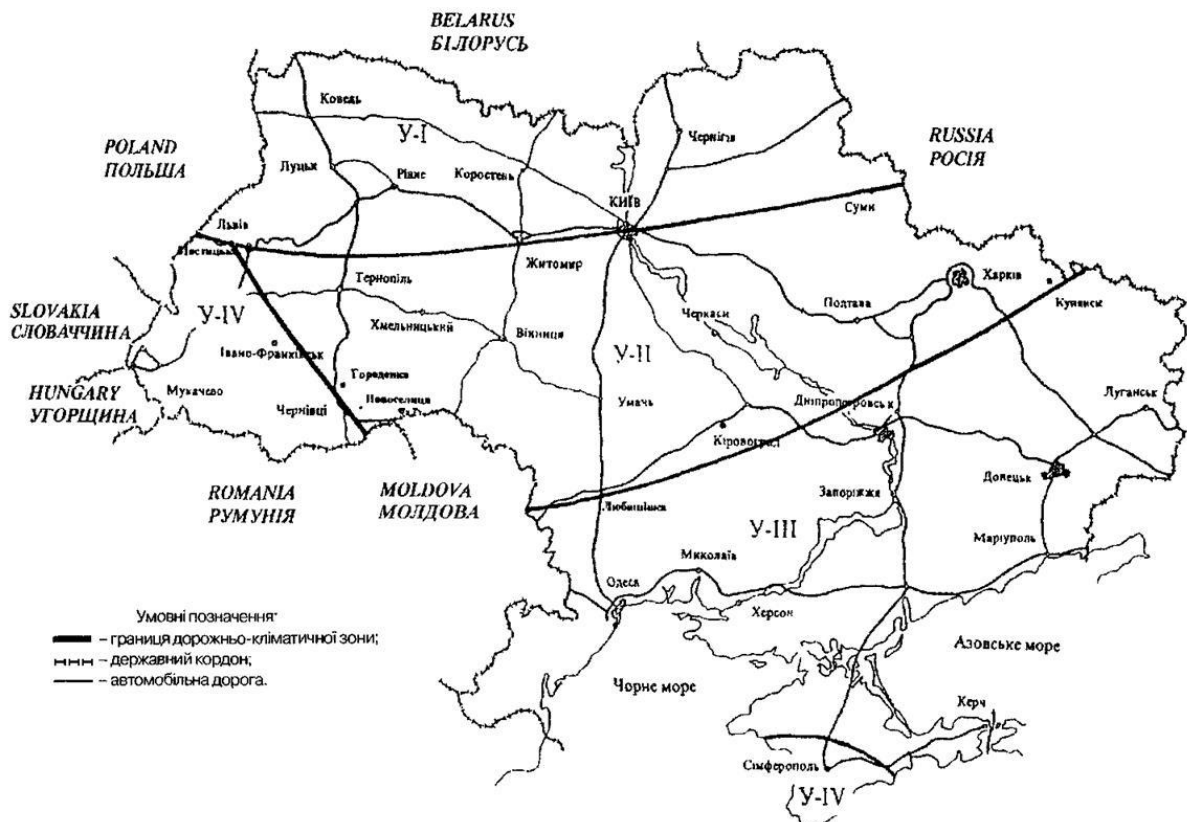


Рисунок 1.1 – Дорожнє районування України

Середня висота снігового покриву при розрахунковій імовірності 5% досягає 17 см, що важливо враховувати під час вибору конструкції дорожнього полотна. Нормативна глибина промерзання ґрунту в районі становить близько 80 см.

У сукупності ці характеристики формують комплекс природно-кліматичних умов, які визначають підхід до проектування, обґрунтування конструктивних рішень та вибору дорожніх матеріалів.

Орогідрографія

Головною водною системою досліджуваної території є річка Замчисько, яка слугує приймачем численних потоків та дрібних струмків. Проектована ділянка характеризується хвилясто-долинним рельєфом із відмітками, що змінюються у межах 154,00-156,00 м. За типом та рівнем зволоження територія належить до першої категорії.

Геологічна будова

У геологічному аспекті зона проектування розташована в межах Південно-Західної частини Східноєвропейської платформи. Структуру території формують відклади корінної породи, представлені товщами верхньокрейдяної крейди (Кг). Четвертинні покривні утворення складаються переважно з флювіогляціальних відкладів, до яких належать піски, супіски та суглинкові різновиди.

Інженерно-геологічна характеристика

За результатами польових досліджень та лабораторних визначень встановлено такі інженерно-геологічні елементи (ІГЕ):

- ІГЕ-1 – пісок пилюватий, середньої щільності, слабковологий (27а);
- ІГЕ-2 – пісок гумусований, дрібнозернистий, середньої щільності, маловологий, з брудно-сірим відтінком (29а);
- ІГЕ-3 – супісок легкий, середньої щільності (34а).

Гідрогеологічні умови

Територія характеризується наявністю водоносного горизонту, пов'язаного з флювіогляціальними відкладами четвертинного періоду. Водонасичені ґрунти представлені пісками, супісками та суглинками. Роль водотривкого шару відіграє слаботріщинувата крейдова порода. Живлення горизонту здійснюється через інфільтрацію атмосферних опадів.

Дорожньо-будівельні матеріали

Ґрунт, передбачений для спорудження земляного полотна автомобільної дороги, рекомендовано брати з місцевого резерву, розташованого в межах Пісківської селищної ради на площі 7,0 га.

Матеріал резерву включає:

- дрібний піщаний ґрунт неоднорідного складу, середньої щільності, світло-сірого кольору (29а);
- пісок середньої крупності, несталого гранулометричного складу, середньої щільності, світло-жовтувато-сірого відтінку (29а);
- легкі суглинки.

Усі визначені різновиди пісків, супісків та суглинків придатні для використання у насипах земляного полотна, а піщані ґрунти – як матеріал підстилаючого шару дорожнього одягу.

1.4 Рельєф місцевості

Проектована ділянка автомобільної дороги розташована в межах північно-східної частини Рівненської області, у зоні мішаних лісів Поліської низовини, що характеризується вирівняним або слабко хвилястим рельєфом із незначними абсолютними відмітками поверхні. Територія поблизу села Пісків має переважно акумульований тип рельєфу, сформований льодовиково-флювіальними та водно-льодовиковими відкладами, що є типовим для Полісся.

Абсолютні відмітки земної поверхні в районі запроєктованої траси коливаються в межах 165-185 м над рівнем Балтійського моря, з локальними підвищеннями до 190 м на окремих піщаних горбах. Загальні горизонтальні зміни висот не перевищують 2,5-4,0 м на кілометр, що характеризує цю територію як слаборозчленовану рівнину.

Для Костопільського району характерні такі морфологічні особливості:

- переважання піщаних і супіщаних відкладів, що утворюють м'який хвилястий мікрорельєф;

- наявність періодично зволожуваних знижень, які під час весняного водопілля або після інтенсивних опадів можуть затримувати поверхневі стоки;

- слабо виражені вододільні ділянки, які не утворюють різких перепадів висот;

- локальні пониження, пов'язані з історичними руслами малих поліських потоків.

На прилеглий території відсутні різкі перепади, скельні виходи або схили, що потребують спеціальних заходів укріплення. Проте характерне для поліського регіону надмірне зволоження окремих ділянок створює необхідність у влаштуванні ефективної системи водовідведення та забезпечення стійкості земляного полотна.

Розчленованість рельєфу слабка; середній ухил природної поверхні не перевищує 5-7‰, що дозволяє виконувати трасування із мінімальними вертикальними коригуваннями. Наявні мікроформування, невеликі підвищення й зниження, не створюють значних обмежень для будівництва, проте впливають на вибір поздовжнього профілю та параметри поперечного водовідводу.

Загалом умови рельєфу в районі села Пісків можна вважати сприятливими для будівництва автомобільної дороги, оскільки вони забезпечують можливість оптимального формування земляного полотна з

мінімальними обсягами земляних робіт та з урахуванням особливостей поліського природного середовища.

1.5 Необхідність будівництва автомобільної дороги

Існуючий транспортний зв'язок між населеними пунктами Рокитне та Пісків представлений ґрунтовою автомобільною дорогою, яка не відповідає сучасним вимогам до експлуатаційної надійності, безпеки та пропускної здатності. Покриття такого типу забезпечує задовільний проїзд лише в сухий період року та втрачає несучу здатність при зволоженні, що призводить до регулярних руйнувань земляного полотна, утворення колійності, вибоїн, заболочувань і локальних розмивів.

Ґрунтові шляхи не здатні забезпечити стабільні транспортні умови внаслідок:

- залежності їх стану від погодних умов (весняне розмокання, осінні дощі, танення снігу);
- низької довговічності при збільшенні інтенсивності руху, особливо вантажного;
- відсутності рівномірності поверхні, що ускладнює рух пасажирського транспорту й сільськогосподарської техніки;
- високого рівня пиловиділення, яке негативно впливає на умови проживання населення та екологічну ситуацію.

Прогнозоване зростання інтенсивності руху та збільшення обсягів перевезень сільськогосподарської продукції та промислових вантажів потребує модернізації дорожньої інфраструктури з переходом до вищої технічної категорії. Сучасні вимоги ДБН В.2.3-4:2015 передбачають, що дороги, по яких здійснюється змішаний рух легкових і вантажних транспортних засобів, повинні мати тверде покриття капітального типу, яке забезпечує стабільні показники міцності та рівності упродовж усього року.

Будівництво асфальтобетонної дороги замість ґрунтової є необхідним через такі фактори.

1. Підвищення транспортно-експлуатаційних характеристик.

Асфальтобетонне покриття забезпечує значно більшу несучу здатність, знижує витрати на експлуатаційне утримання та дозволяє гарантовано підтримувати проїзд у всіх сезонних умовах.

2. Збільшення безпеки руху.

Тверда поверхня з чітко організованим водовідводом зменшує ризик зносу транспортних засобів, некерованих заносів та аварій через нерівності дорожнього полотна.

3. Зменшення екологічного впливу.

Перехід від ґрунтового покриття до асфальтобетонного суттєво скорочує пилоутворення, покращує якість повітря та знижує забруднення прилеглих водних об'єктів за рахунок стабільного водовідведення.

4. Підвищення рівня соціально-економічної доступності регіону.

Стабільне транспортне сполучення створює умови для розвитку місцевого бізнесу, покращує логістику сільськогосподарських виробників, підвищує комфорт і швидкість пересування населення.

5. Збільшення довговічності дорожньої конструкції.

Улаштування дорожнього одягу капітального типу із застосуванням асфальтобетону дозволяє значно продовжити термін експлуатації дороги та зменшити частоту проведення поточного ремонту.

Узагальнюючи вищевикладене, можна стверджувати, що будівництво автомобільної дороги з асфальтобетонним покриттям на ділянці км 0+000...2+000 є технічно обґрунтованою та соціально необхідною інфраструктурною модернізацією, яка забезпечить безперебійний, безпечний і ефективний рух транспортних засобів протягом усього року.

1.6 Техніко-економічні показники

Проектована автомобільна дорога місцевого значення, що з'єднує населені пункти Рокитне та Пісків Костопільського району Рівненської області, запроєктована відповідно до вимог ДБН В.2.3-4:2015 для III технічної категорії. Основні техніко-економічні характеристики об'єкта визначені на основі прогнозованої інтенсивності руху, геометричних параметрів, транспортно-експлуатаційних умов та економічної доцільності будівництва.

Основні геометричні параметри:

- категорія дороги: III;
- довжина ділянки: 2,0 км (км 0+000 – км 2+000);
- ширина земляного полотна: 12,0 м;
- ширина проїзної частини: $2 \times 3,50$ м;
- ширина узбіч: по 2,5 м;
- тип дорожнього одягу: капітальний, асфальтобетонний;
- розрахункова швидкість руху: 60 км/год;
- тип місцевості: рівнинна (Поліська зона).

Транспортно-експлуатаційні характеристики.

Пропускна здатність дороги: відповідає нормативним вимогам для змішаного руху транспортних засобів.

Забезпечуваний рівень безпеки руху: підвищений за рахунок твердого покриття, укріплених узбіч, правильно організованого водовідведення та можливості встановлення дорожніх огорожень.

Можливість цілорічної експлуатації: гарантована завдяки відсутності залежності покриття від погодних умов, що є критичним для регіонів зі значним зволоженням.

Економічні показники ефективності.

Будівництво дороги III категорії між селами Рокитне та Пісків забезпечує такі економічні переваги:

- зниження транспортних витрат за рахунок скорочення часу поїздки та підвищення середньої швидкості руху;
- покращення логістики місцевих виробників, зокрема аграрних господарств, що зменшує витрати на перевезення продукції;
- зменшення експлуатаційних витрат на утримання дороги, оскільки тверде покриття потребує менш частого поточного ремонту порівняно з ґрунтовим;
- зниження збитків від вимушених простоїв транспортних засобів, що виникали через непрохідність ґрунтової дороги у вологі періоди;
- підвищення інвестиційної привабливості території, що створює потенціал для розвитку малого та середнього бізнесу.

Соціально-економічні результати:

- покращення транспортної доступності населених пунктів;
- підвищення рівня мобільності населення (доїзд до шкіл, лікарень, адміністративних установ);
- оптимізація роботи пасажирського транспорту завдяки стабільному дорожньому покриттю;
- зменшення негативного екологічного впливу за рахунок зниження пилоутворення.

На основі вищевикладеного можна стверджувати, що проєктована автомобільна дорога III категорії на ділянці Рокитне-Пісків є технічно обґрунтованою та економічно доцільною. Будівництво забезпечує значне підвищення рівня транспортного обслуговування населення, покращує соціально-економічний розвиток регіону та сприяє стабільній роботі транспортної інфраструктури.

РОЗДІЛ 2. КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ

2.1 Проектування елементів автомобільної дороги

План траси.

Проект спорудження нової автомобільної дороги виконується відповідно до нормативів III технічної категорії. Початковий відлік траси визначено на км 0+000 (ПК 0+00), а завершення – на км 2+000 (ПК 20+00). Сукупна довжина проєктованої ділянки становить 2,000 км. Прокладання траси передбачається в межах існуючих земель смуги відведення, що забезпечує оптимальне використання територій.

Найменший радіус закруглення лінії траси на відкритій частині становить 25 м, що відповідає нормативам ДБН В.2.3-4:2015 для категорії III з урахуванням розрахункової швидкості руху 60 км/год. Для повороту в районі вершини кута №4 передбачено радіус $R=30$ м. Усі планувальні параметри лінійної ділянки відповідають вимогам чинних будівельних норм.

Поздовжній профіль.

Поздовжній профіль дороги формується у масштабах: горизонтальний – 1:5000, вертикальний – 1:500, а ґрунтовий – 1:100. На кресленні відображено фактичні позначки землі, лінію природного рельєфу, а також проєктний профіль, який позначає положення брівки земляного полотна.

Базою для моделювання поздовжнього профілю є існуючі висотні відмітки місцевості. За горизонтальними перетинами визначаються позначки пікетів та проміжних точок. Під час проєктування обов'язково враховуються нормативні обмеження, установлені ДБН В.2.3-4:2015 «Автомобільні дороги», зокрема:

- розрахункова швидкість руху – 60 км/год;
- граничний поздовжній ухил – 75‰.

До контрольних елементів профілю належать місця перетину з іншими дорогами, точки мінімального насипу в зоні труб та ділянки з урахуванням товщини конструкцій прольотних елементів.

Проектний поздовжній профіль виконано з урахуванням місцевої гідрології, геометрії рельєфу, кліматичних особливостей регіону та необхідності забезпечення стабільної безпеки руху.

Основні технічні параметри поздовжнього профілю:

- максимальний ухил – 75%;
- мінімальний радіус опуклої кривої – 2500 м;
- мінімальний радіус увігнутої кривої – 1500 м.

Поперечний профіль.

Поперечна схема дороги передбачає такі елементи:

- кількість смуг – 2 шт;
- ширина однієї смуги – 3,50 м;
- ширина проїзної частини – $2 \times 3,50$ м;
- ширина узбіччя – 2,50 м, у тому числі:
 - зупинкова смуга – 2,0 м;
 - укріплена смуга – 0,5 м;
- мінімальна ширина земляного полотна – 12,0 м.

На поперечних профілях відтворено вісь сучасної дороги та проєктованої лінії, форму земляного полотна, межі зняття рослинного шару ґрунту.

Поперечний профіль передбачає двосхилу структуру з поперечним нахилом проїзної частини 25%, а також похил узбіччя 50%, що відповідає вимогам експлуатаційної безпеки та водовідведення.

2.2 Основні технічні параметри дороги

Радіус кривої (горизонтальної):

$$R = \frac{V^2}{127(\mu - i_n)}, \text{ м,}$$

тут V – швидкість руху автомобіля (розрахункова), км/год.;

$V=50$ км/год;

μ – коефіцієнт, що враховує поперечну силу (рівний 0,15);

i_n – поперечний похил проїзної частини дороги, в долях одиниць;
 $i_n=0,02$.

$$R = \frac{50^2}{127(0,15 - 0,02)} = 151,42 \text{ м}$$

Відстань, при якій забезпечується видимість:

1) поверхні дороги:

$$S_{нов} = \frac{V t_p}{3,6} + \frac{K_e V^2}{254\varphi} + l_0, \text{ м,}$$

тут V – швидкість руху автомобіля (розрахункова), км/год.;

t_p – час, за який зреагує водій (приблизно 1 с);

K_e – коефіцієнт, який враховує, на скільки ефективна експлуатація гальмівної системи автомобіля (становить від 1,2 до 1,4); приймаємо $K_e=1,3$;

φ – коефіцієнт, який залежить від реальних умов та враховує зчеплення під час гальмування, $\varphi=0,5$;

l_0 – відстань, яка вважається безпечною до перешкоди (рекомендовано 6-12м);

Приймаємо $l_0=6$ м.

$$S_{нов} = \frac{50 \times 1}{3,6} + \frac{1,3 \times 50^2}{254 \times 0,5} + 6 = 45,47$$

2) автомобіля, який рухається назустріч:

$$S_{авт} = \frac{V t_p}{1,8} + \frac{K_e V^2}{127\varphi} + l_0, \text{ м}$$

$$S_{авт} = \frac{50 \times 1}{1,8} + \frac{1,3 \times 50^2}{127 \times 0,5} + 6 = 84,96, м$$

3) бокової видимості:

$$S_{бок} = \frac{V_{піш}}{V_{авт}} S_{пов}, м,$$

тут $V_{піш}$ – швидкість, з якою біжить пішохід (приблизно 10км/год);

$V_{авт}$ – швидкість руху автомобіля (розрахункова), км/год.;

$S_{пов}$ – видимість відстаней поверхні дороги.

$$S_{бок} = \frac{10}{50} \times 45,47 = 9,09 м$$

Ширина проїзної частини

$$B = b + c + 2y + x, м,$$

тут b – величина ширини кузова вантажного автомобіля (максимальна для автомобіля КраЗ 2556 – 2,64 м);

c – ширина колії автомобіля, м (для КраЗ 2566 становить 1,92 м);

x – зазор, який вважається безпечним між кузовами автомобілів, які рухаються назустріч, м;

y – відстань від краю проїзної частини до зовнішньої грані сліду колеса автомобіля, м.

Останні два значення x і y визначаємо по емпіричних формулах:

$$x = 0,3 + 0,1\sqrt{V_1 + V_2}, м$$

$$y = \sqrt{0,1 + 0,0075V}, м$$

тут $V_{1,2}$ – швидкість автомобілів, які рухаються назустріч; $V_{1,2} = V_{1,2} = 50$ км/год;

$$x = 0,3 + 0,1\sqrt{50 + 50} = 1,3 м$$

$$y = \sqrt{0,1 + 0,0075 \times 50} = 0,475 м$$

$$B = 2,64 + 1,92 + 2 \times 0,475 + 1,3 = 6,81 м$$

Найбільший повздовжній похил:

Значення максимального повздовжнього похилу, який може подолати автомобіль залежатиме від фактору динаміки автомобіля та коефіцієнта опору кочення. Залежність фактору динаміки від швидкості руху на кожній із передач являється технічною характеристикою автомобіля та, за умови врахування великої кількості марок автомобілів мають більш теоретичне значення.

Значення повздовжнього похилу приймається за нормативними документами залежно від категорії автомобільної дороги.

$$i_{\text{позд}} = D - f = 3,5\%$$

Таблиця 2.1 – Розрахункові та нормативні параметри
автомобільних доріг

Показник	Значення		
	розрахункове	нормативне	прийняте в проекті
Відстань видимості, м			
- поверхні дороги	45.47	150	150
- автомобіля зустрічного	84.96	250	250
- бокової видимості	9.09	–	9,0
Ширина проїзної частини	6,81	7,0	7,0

В окремих випадках під час проектування в плані чи поздовжньому профілі приймаються технічні параметри дороги меншими в порівнянні з розрахунковими в зв'язку з тим, що місце проходження дороги перетинається з водоймами та має заболочений характер, що значно знижує відповідність нормам.

2.3 Земляне полотно

Параметри земляного полотна визначені відповідно до вимог ДБН В.2.3-4:2015. Оскільки проєктована дорога розташована на відкритій території, середню робочу відмітку встановлено з урахуванням умов, що

забезпечують незаносимість полотна сніговими масами. Загальна ширина земляного полотна прийнята на рівні 12,0 м.

Перед початком формування конструкції земляного полотна виконується зняття рослинного ґрунтового шару за допомогою бульдозерної техніки. Зібраний рослинний матеріал переміщується на тимчасову смугу відводу та згодом використовується для укріплення укосів і проведення рекультиваційних заходів.

Будівництво земляного полотна передбачає застосування ґрунтів із локального резерву. Розроблення матеріалу у резерві здійснюється екскаватором типу «драглайн» з ковшем об'ємом 0,65 м³, а транспортування ґрунту – автосамоскидами.

Укоси земляного полотна зміцнюються шляхом засівання багаторічних трав'янистих сумішей.

Обсяги земляних і укріплювальних робіт визначені аналітичним методом на основі даних поперечних профілів.

Таблиця 2.2 – Відомість (попикетна) земляних робіт

ПК	+	Відмітка робоча, м		Сума відміток, м		Відстань, м	Об'єм профільний, м ³		Об'єм із врахуванням коефіцієнта ущільнення К=1,1 та втрат під час транспортування К=1,01	
		Насип	Виймка	Насип	Виймка		Насип	Виймка	Насип	Виймка
0	00	0,00	-							
				0,16	-	50,0	29,8	-	32,8	-
0	50	0,16	-							
				0,53	-	50,0	90,2	-	99,9	-
1	00	0,36	-							
				0,74	-	50,0	130,0	-	141,9	-
1	50	0,37	-							
				0,77	-	50,0	137,3	-	151,8	-

Продовження таблиці 2.2										
2	00	0,39	-							
				0,79	-	50,0	141,9	-	155,9	-
2	50	0,41	-							
				0,79	-	50,0	141,9	-	155,9	-
3	00	0,42	-							
				0,79	-	50,0	141,9	-	155,9	-
3	50	0,39	-							
				0,79	-	50,0	141,9	-	155,9	-
4	00	0,41	-							
				0,79	-	50,0	141,9	-	155,9	-
4	50	0,39	-							
				0,49	-	50,0	141,9	-	155,9	-
5	00	0,09	-							
				-	0,29	50,0	-	52,9	-	63,6
5	50	-	0,39							
				-	0,84	50,0	-	150,7	-	169,8
6	00	-	0,46							
				-	0,96	50,0	-	167,8	-	190,0
6	50	-	0,49							
				-	1,09	50,0	-	195,1	-	213,9
7	00	-	0,59							
				-	1,17	50,0	-	208,9	-	230,1
7	50	-	0,57							
				-	1,14	50,0	-	199,8	-	219,9
8	00	-	0,56							
				-	0,94	50,0	-	165,1	-	180,9
8	50	-	0,37							
				-	0,32	50,0	-	69,2	-	75,69
9	00	0,06	-							
				0,22	-	50,0	22,7	-	24,8	-
9	50	0,17	-							
				0,47	-	50,0	40,4	-	44,6	-
10	00	0,29	-							
				0,74	-	50,0	85,0	-	92,9	-
Усього на 1 км траси:							1390,1	1207,3	1519	1339,6
10	50	0,34	-							
				0,76	-	50,0	132,7	-	145,8	-
11	00	0,41	-							
				0,79	-	50,0	143,3	-	158,1	-

Продовження таблиці 2.2										
11	50	0,39	-							
				0,84	-	50,0	149,8	-	165,6	-
12	00	0,45	-							
				0,85	-	50,0	149,0	-	163,7	-
12	50	0,39	-							
				0,86	-	50,0	149,0	-	165,7	-
13	00	0,44	-							
				0,94	-	50,0	164,6	-	180,8	-
13	50	0,49	-							
				0,97	-	50,0	173,4	-	191,0	-
14	00	0,49	-							
				1,05	-	50,0	183,8	-	202,7	-
14	50	0,55	-							
				1,15	-	50,0	202,1	-	221,9	-
15	00	0,59	-							
				1,59	-	50,0	283,4	-	311,7	-
15	50	0,99	-							
				2,59	-	50,0	410,3	-	450,9	-
16	00	1,59	-							
				2,63	-	50,0	415,5	-	455,7	-
16	50	1,03	-							
				1,64	-	50,0	291,9	-	320,9	-
17	00	0,65	-							
				1,25	-	50,0	219,5	-	241,6	-
17	50	0,59	-							
				1,19	-	50,0	213,8	-	232,8	-
18	00	0,59	-							
				0,96	-	50,0	167,9	-	184,9	-
18	50	0,36	-							
				0,56	-	50,0	97,6	-	106,8	-
19	00	0,19	-							
				0,34	-	50,0	73,1	-	79,9	-
19	50	0,18	-							
				0,16	-	50,0	51,7	-	58,1	-
20	00	0,00	-							
				0,00	-	50,0	26,5	-	28,9	-
Усього на 2 км траси:							3490,2	-	9859,9	-
Усього на дорогу							4581,1	1207,3	5189	1339,6

2.4 Проектування водоперепускних споруд

Загальні характеристики.

Кількість водопропускних елементів визначається поєднанням кліматичних умов і рельєфних особливостей, а їхня загальна вартість становить близько 8-15% від повної кошторисної ціни автомобільної магістралі з удосконаленим верхнім шаром. Тому оптимальний підбір конструктивного типу та раціональне опрацювання проектних рішень для таких споруд має суттєвий вплив на зменшення витрат у процесі будівництва дороги. На ПК 16+00 запроєктовано устанавлення залізобетонної труби. Ця інженерна споруда розміщується у точці перетину траси зі струмком, яким пересувається вода після опадів або танення снігових мас.

Водопропускні труби – це інженерні конструкції, призначені для забезпечення руху невеликих водотоків під насипами дорожнього полотна. Вони не змінюють параметри транспортного руху, оскільки можуть розміщуватись практично при будь-якому поєднанні плану і поздовжнього профілю дороги. Такі споруди мало реагують на зростання тимчасових навантажень чи динамічних впливів, потребують меншої кількості матеріалів під час будівництва і значно скорочують обсяги обслуговування та ремонту. Крім того, вони допускають вищі швидкості протікання водного потоку порівняно з мостами, не обмежують проїзну частину та не потребують зміни структури дорожнього покриття. Конструкції виконуються із збірних елементів невеликої маси, виготовлених з бетону або залізобетону, що дає можливість застосовувати крани з малою вантажопідйомністю.

Труба складається із центральної секції та двох оголовків – вхідного і вихідного. Центральна частина поділена на окремі ланки довжиною по 1 м, які встановлюються на фундаментну основу або на піщано-грунтову подушку. Між суміжними ланками передбачаються деформаційні шви, що запобігають появі тріщин, наслідкам нерівномірного осідання та іншим можливим ушкодженням. Нижню ділянку труби виконують у вигляді лотка з

поздовжнім ухилом, що відповідає ухилу прилеглої улоговини. Необхідний ухил забезпечують шляхом ступінчастого розташування секцій.

Труби під дорожніми насипами поділяють за кількома ознаками:

- за режимом руху води;
- за формою поперечного перетину;
- за специфікою вхідної частини;
- за типом матеріалу.

За характером протікання води розрізняють труби: напірні, безнапірні й напівнапірні. У напірних конструкціях водний потік повністю займає поперечний переріз. У безнапірних – потік має відкриту поверхню по всій довжині. У напівнапірних – вхід затоплений, але вихід залишається вільним. У проєкті передбачено залізобетонну конструкцію з безнапірним режимом роботи.

Визначення об'ємів води від зливи та сніготанення.

Визначення площі водозборів.

Для встановлення розрахункової витрати води під час технічних вишукувань необхідно виконати топографо-геодезичні роботи та детальні обстеження. Основними початковими даними є план басейну із зазначенням площі, довжини основної улоговини, середнього ухилу та параметрів схилів. Додатково визначають характеристику поверхні басейну: рослинний покрив і тип ґрунтів.

Басейном називають територію, з якої водні потоки під час сильних опадів або сніготанення спрямовуються до запроєктованої споруди. Для визначення площі басейну необхідно окреслити його межі на карті або безпосередньо на місцевості. З одного боку межа проходить уздовж дороги, а з іншого – по вододілу, що відокремлює даний басейн від сусідніх.

Басейни малих водопропускних споруд, як правило, визначають за картою. Під час уточнення меж насамперед знаходять найближчі до споруди точки перегину рельєфу – опуклі переломи. Вони визначають початок та

кінець вододілу. Інші точки встановлюють аналогічно, враховуючи, що вододіл завжди проходить перпендикулярно горизонталям.

У разі відсутності відповідних карт або нечітко виражених меж водозборів, а також за площі басейну понад 0,25 км², проводять натурні обстеження.

Максимальні витрати води розраховують окремо для зливогого та снігового стоку, а за підсумкове значення приймається більше із двох. До малих водотечій належать струмки, неширокі річки та суходоли, які можуть наповнюватися водою сезонно. Їхня площа водозбору не перевищує 100 км².

Режим пропуску води через споруди на місцевих дорогах має бути переважно безнапірним (виконується умова $H < 1,2h_{\text{вх}}$). Для вибору діаметра труби визначають необхідну розрахункову витрату, попередньо обчислюючи об'єми води від зливи ($Q_{\text{зл}}$) та сніготанення ($Q_{\text{сн}}$).

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

де $a_{\text{год}}$ – тривалість зливи за 1 год, мм;

K_t – коефіцієнт, який враховує перехід від годинної інтенсивності зливи до розрахункової;

F – площа водозбору, км²;

α – коефіцієнт стоку;

φ – коефіцієнт редукції, який враховує неповноту стоку.

Об'єм води від сніготанення обчислюють за формулою:

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

тут: K_0 – коефіцієнт дружності повені, який приймається 0,01;

n – ступеневий показник;

F – площа водозбору, км²;

$h_{\text{роз}}$ – розрахунковий шар сумарного стоку.

$$h_{\text{роз}} = \bar{h} \cdot K_p;$$

$$h_{\text{роз}} = 60 \cdot 2,7 = 162 \text{ мм}$$

\bar{h} – багаторічний (середній) шар стоку від сніготанення, $\bar{h} = 60$ мм;

K_p – модульний коефіцієнт, приймаємо 2,7;

δ_1 – поправка на озера;

δ_2 – поправка на ліси й болота.

Оскільки споруди працюватимуть у безнапірному режимі, передспорудну акумуляцію води не враховують. Порівнявши $Q_{зл}$ та $Q_{сн}$, за розрахункове значення приймається більше.

Розрахунок кількості води від зливи і від сніготанення.

На ПК 16+00 розташована залізобетонна труба.

Спочатку визначаємо кількість води від зливи:

$$Q_{зл} = 16,7 \times 1,23 \times 2,59 \times 0,24 \times 0,35 \times 0,79 = 3,53 \text{ м}^3/\text{с}$$

Потрібні значення:

$$a_{зод} = 1,23 \text{ мм/хв}$$

$$K_t = 2,59$$

$$F_1 = 0,24 \text{ км}^2$$

$$\alpha = 0,35$$

$$\varphi = 0,79$$

Тоді визначаємо кількість води від снігу:

$$Q_{сн} = \frac{0,01 \times 162 \times 0,24}{(0,24 + 1)^{0,16}} \times 1,0 \times 0,74 = 0,28 \text{ м}^3/\text{с}$$

Потрібні значення:

$$K_0 = 0,01$$

$$n = 0,16$$

$$\delta_1 = 1$$

$$\delta_2 = 0,74$$

Приймається кругла труба, діаметром 1,5 м

Розрахунок довжини труби.

Мінімальна висота біля труби визначається по формулі:

$$H_{\min} = h_{mp} + \delta + \Delta; \text{ м}$$

тут h_{mp} - діаметр труби, яку призначили, м;

δ - товщина стінки труби 0,12 ÷ 0,24 м;

Δ - мінімальний шар ґрунту над трубою 0,5 ÷ 1,0 .

Визначаємо довжину труби, яка буде залежати від висоти насипу біля самої труби та визначається після того, як запроєктували поздовжній

профіль. За умови $H_{нас} \leq 6,0$ м довжина труби буде без оголовоків:

$$l = \left[\frac{0,5 \cdot B + m \cdot (H_{нас} - h_{mp})}{1 + m \cdot i_{mp}} + \frac{0,5 \cdot B + m \cdot (H_{нас} - h_{mp})}{1 - m \cdot i_{mp}} + n \right] \cdot \frac{1}{\sin \alpha}$$

B - ширина земляного полотна, м;

m - коефіцієнт, який враховує закладання укосу земляного полотна, приймаємо 1,5;

i - ухил труби, ‰;

$H_{нас}$ - висота насипу, м;

h_{mp} - діаметр труби, м;

n - товщина стінки оголовка ($n = 0,35$ м);

α - кут між віссю дороги та труби.

Загальна довжина труби становитиме:

$$L_{mp} = l + 2m;$$

$$l = \frac{0,5 \times 12 + 1,5 + 1,5 \times 0,37}{1 + 1,5 \times 0,011} + \frac{0,5 \times 12 + 1,5 \times 1,5}{1 - 1,5 \times 0,011} + 0,35 \cdot \frac{1}{\sin 90^\circ} = 16,44 \text{ м.}$$

Загальна довжина труби становитиме:

$$L_{mp} = l + 2m;$$

$$L_{mp} = 14 + 2 \times 2,74 = 19,48 \text{ м}$$

2.5 Проектування дорожнього одягу

Тип конструкції нежорсткого дорожнього одягу та вибір відповідного покриття визначаються транспортно-експлуатаційними вимогами, а також доступністю локальних будівельних ресурсів. Необхідно розробити конструкцію дорожнього одягу з такими вихідними параметрами:

- дорога розташована в дорожньо-кліматичній зоні У-І;
- категорія автомобільної магістралі – III;
- нормативний строк використання покриття – $T_{сл} = 20$ років;
- розрахункове навантаження прийнято від транспортного засобу групи А2 з параметрами згідно [1]: $p = 0,6$ МПа, $D = 37$ см;
- приведена до навантаження типу А2 інтенсивність руху наприкінці періоду експлуатації $N_p = 1000$ один./добу;
- коефіцієнт зміни транспортного потоку $q = 1,04$;
- ґрунт робочої зони земляного полотна – легкий суглинок пілуватої структури при розрахунковій вологості $0,6 W_T$;
- матеріал основного шару – гравійно-піщана суміш оптимального складу, укріплена цементним розчином (III клас міцності).

Запроектована конструкція дорожнього одягу включає такі шари:

- ущільнений ґрунт, укріплений неорганічним в'язучим, товщиною 12 см;
- чорний щебінь, товщиною 10 см;
- асфальтобетонна суміш гаряча, крупнозерниста, асфальтобетон пористий, типу А-Б, переривчастої гранулометрії, марки II на бітумі БНД-60/90, товщиною 10 см;
- асфальтобетонна суміш гаряча, дрібнозерниста, асфальтобетон щільний, типу А, непереривчастої гранулометрії, марки I на бітумі БНД-60/90, товщиною 5 см.

Розрахунок дорожнього одягу представлено в додатку А.

РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЯ І ОРГАНІЗАЦІЯ РОБІТ

3.1 Загальні дані

Організація робіт по виконанню будівництва автомобільної дороги місцевого значення Рокитне-Пісків на ділянці км 0+000...2+000 у Рівненській області проводиться з дотриманням вимог «ДБН А.3.1-5:2016 Організація будівельного виробництва» [9].

Час, за який виконуються роботи визначається відповідно до вимог «ДСТУ Б А.3.1-22:2013 Визначення тривалості будівництва» [10] враховуючи як основні параметри аналіз продуктивності машин і механізмів, застосування сучасних дорожньо-будівельних матеріалів, об'єми будівельних робіт і умови будівництва.

Одним з основних нормативних документів для визначення часу будівельного періоду, при якому можливо виконувати роботи по будівництву автомобільної дороги є «СОУ 42.1-37641918-098:2017 Автомобільні дороги. Норми витрат часу на ремонтно-будівельні роботи» [11].

3.2 Обсяги робіт

Довжина лінійних земляних робіт:

$$L_{л.з.р.} = L_{дл.} - L_{с.з.р.},$$

тут $L_{дл.}$ – довжина ділянки;

$L_{с.з.р.}$ – довжина земляних робіт (зосереджених).

$$L_{л.з.р.} = 2000 - 458 = 1542 \text{ м.}$$

Об'єм лінійних земляних робіт:

$$Q_{л.з.р.} = Q_{дл.} - Q_{с.з.р.}$$

тут $Q_{дл.}$ – об'єм земляних робіт;

$Q_{с.з.р.}$ – об'єм земляних робіт (зосереджених).

$$Q_{л.з.р.} = 87596 - 15904 = 71692 \text{ м}^3.$$

Середня площа поперечного перерізу насипу рівна:

$$F_{cp} = \frac{Q_{л.з.р.}}{L_{л.з.р.} \cdot K} = \frac{6540,3}{1850 \cdot 1,1} = 3,19 м^2,$$

тут $V_{л.з.р.}$ – об'єм земляних робіт (лінійних);

$L_{л.з.р.}$ – протяжність ділянок земляних робіт (лінійних);

K – коефіцієнт, що враховує відносне ущільнення.

Висоту насипу (середню) визначаємо за квадратним рівнянням:

$$B H_{cp} + m H_{cp}^2 - b h_{д.о.} - F_{сер} = 0,$$

тут B – ширина земполотна;

m – коефіцієнт закладення відкосів;

b – ширина проїзної частини;

$h_{д.о.}$ – висота дорожнього покриття.

$$H_{cp} = \frac{-B + \sqrt{B^2 + 4m(bh_{д.о.} + F_{cp})}}{2m}$$

тут B – ширина земполотна;

m – коефіцієнт закладення відкосів;

b – ширина проїзної частини;

$h_{д.о.}$ – висота дорожнього покриття;

F_{cp} – площа (середня) поперечного розрізу насипу.

$$H_{cp} = \frac{-12 + \sqrt{12^2 + 4 \cdot 1,5(7 \cdot 0,37 + 3,21)}}{2 \cdot 1,5} = 1,19 м.$$

Середня висота насипу донизу дорожнього покриття:

$$h_n = H_{cp} - h_{д.о.};$$

$$h_n = 1,19 - 0,37 = 0,82 м.$$

Змінний обсяг робіт.

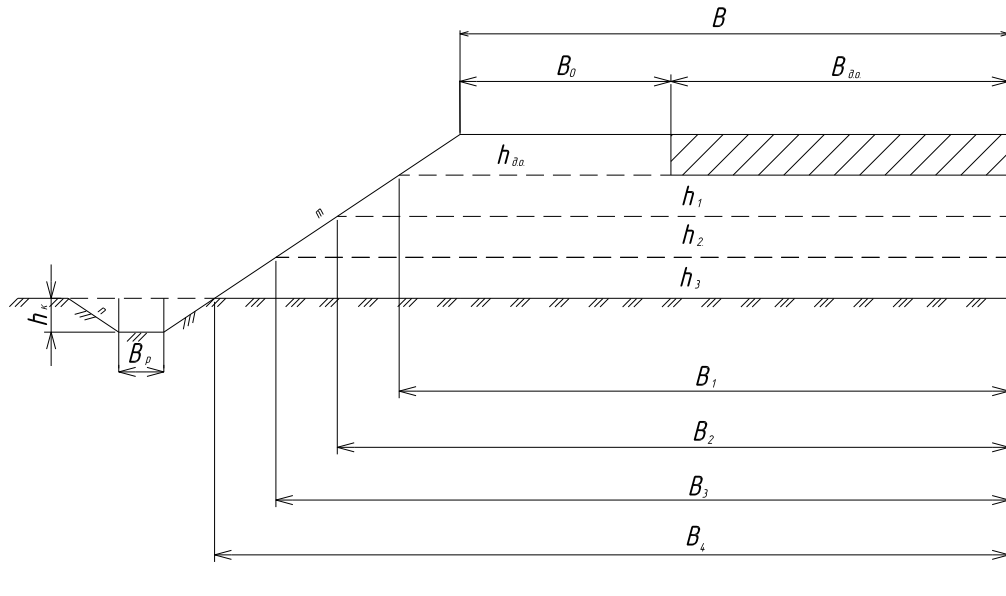


Рисунок 3.1 – Схема поперечного профілю земполотна з пошаровою розбивкою

Ширина основи кожного шару насипу визначається:

$$B_1 = B + 2 \cdot h_{0.o.} \cdot m = 12 + 2 \cdot 0,37 \cdot 1,5 = 13,11 \text{ м};$$

$$B_2 = B + 2 \cdot (h_{0.o.} + h_1) \cdot m = 12 + 2 \cdot (0,37 + 0,34) \cdot 1,5 = 14,13 \text{ м};$$

$$B_3 = B + 2 \cdot (h_{0.o.} + h_1 + h_2) \cdot m = 12 + 2 \cdot (0,37 + 0,34 + 0,34) \cdot 1,5 = 15,15 \text{ м};$$

$$B_4 = B + 2 \cdot (h_{0.o.} + h_1 + h_2 + h_3) \cdot m = 12 + 2 \cdot (0,37 + 0,34 + 0,34 + 0,34) \cdot 1,5 = 16,17 \text{ м}.$$

Визначимо об'єм ґрунту в кожному з шарів:

Перший:

$$Q_1 = \frac{B_1 + B_2}{2} \times h_1 \times V \times K = \frac{13,11 + 14,13}{2} \times 0,34 \times 100 \times 1,1 = 509,39 \text{ м}^3.$$

Другий:

$$Q_2 = \frac{B_2 + B_3}{2} \times h_2 \times V \times K = \frac{14,13 + 15,15}{2} \times 0,34 \times 100 \times 1,1 = 547,54 \text{ м}^3$$

Третій:

$$Q = \frac{B_3 + B_4}{2} \times h_3 \times V \times K = \frac{15,15 + 16,17}{2} \times 0,34 \times 100 \times 1,1 = 585,68 \text{ м}^3$$

Визначимо об'єм ґрунту обочини:

$$Q_{об} = \frac{B + B_1}{2} \times h_{0.o.} \times V \times K - B \times h_{0.o.} \times V \times k = \text{м}^3$$

$$Q_{об} = \frac{12+13,11}{2} \cdot 0,37 \cdot 100 \cdot 1,1 - 8 \cdot 0,37 \cdot 100 \cdot 1,1 = 185,39 \text{ м}^3$$

Площа планованих горизонтальних поверхонь:

$$F_{r1} = B_1 \cdot V = 13,11 \cdot 100 = 1311 \text{ м}^2$$

$$F_{r2} = B_2 \cdot V = 14,13 \cdot 100 = 1413 \text{ м}^2$$

$$F_{r3} = B_3 \cdot V = 15,15 \cdot 100 = 1515 \text{ м}^2$$

$$F_{r4} = B_4 \cdot V = 16,17 \cdot 100 = 1617 \text{ м}^2$$

Площа планованих похилих поверхонь земполотна (укосів):

$$F_{ук} = 2 \cdot V \cdot H_{cp} \cdot \sqrt{1+m^2} = 2 \cdot 100 \cdot 1,24 \cdot \sqrt{1+1,5^2} = 445 \text{ м}^2$$

Площа планованих кюветів:

- поверхонь горизонтальних:

$$F_{кюв} = 2 \cdot B_k \cdot V = 2 \cdot 0,4 \cdot 100 = 80 \text{ м}^2,$$

тут B_k – ширина кюветів, якщо міряти знизу.

- площа поверхонь похилих:

$$F_{пох} = 2 \cdot V \cdot h_k \cdot \sqrt{1+n_k^2} = 2 \cdot 100 \cdot 0,4 \cdot \sqrt{1+0,4^2} = 879,96 \text{ м}^2,$$

тут n_k – коефіцієнт, що враховує закладання укосів кюветів;

h_k – глибина кювету.

Площа, на якій знімається рослинний шар ґрунту:

$$Q_{р.г.} = B_{р.г.} \cdot V = 28 \cdot 100 = 2800 \text{ м}^2$$

тут $B_{р.г.}$ – ширина смуги відводу.

3.3 Підготовчі роботи

У підготовчий період необхідно виконати оформлення смуги відведення, провести перенесення інженерних комунікацій, здійснити вирубування та корчування насаджень, а також зняти поверхневий ґрунтовий шар із подальшим складуванням його в межах виділеної території.

Матеріали, отримані під час демонтажу дорожнього покриття на ділянках примикань у зоні будівельних операцій, транспортуються на відстань 13,5 км до базового майданчика.

Підготовчі заходи включають відновлення та уточнення траси дороги ($L = 2,00$ км). Цей комплекс виконує бригада, до складу якої входять один нівеліровщик та два дорожні робітники.

Продуктивність зазначеної бригади становить 1,3 км за зміну, тому тривалість виконання робіт дорівнює:

$$p = 2,00 / 1,3 = 1,54 \text{ днів.}$$

Далі здійснюється зняття рослинного шару ґрунту на ширині смуги відведення 28 м за допомогою бульдозера ДЗ-18 на базі Т-100М (ґрунт І групи).

Площа (S) – 56 000 м², об'єм (V) – 11 200 м³.

Згідно «Кошторисні норми України. Ресурсні елементні кошторисні норми на ремонтно-будівельні роботи. Збірник 1. Земляні роботи (РЕКНр)» [12] для 1000 м³ ґрунту І групи: $N_{ч} = 11,01$;

$$N_{\text{вир}} = \frac{8,2 \times 1000}{11,01} = 738,81 \text{ м}^3$$

Число машино-змін:

$$K = \frac{V}{N_{\text{вир}}} = \frac{11200}{738,81} = 15,16 \text{ маш. зм.}$$
$$N = \frac{K}{3}$$

За швидкості потоку 52 м/зміну необхідна кількість машин:

$$z = \frac{2000}{52} = 38$$
$$N = \frac{11,56}{62} = 0,2 \quad N = \frac{15,16}{52} = 0,30$$

Приймається один бульдозер із коефіцієнтом використання 0,30.

3.4 Технологія будівництва водоперепускної труби

Під час проєктування визначають конструктивні параметри водопропускної труби, запроектованої на ПК 16+00. Основні вихідні характеристики включають:

1. район будівництва – Рівненська область;
2. категорія автомобільної дороги – III;
3. позначка поверхні землі – 155,12 м;
4. проєктна позначка – 156,30 м;
5. діаметр водопропускної труби – 1,50 м;
6. похил русла – 10‰;
7. тип укріплення русла при вході та виході – монолітний бетон М-150 товщиною 0,20 м;
8. гідроізоляція швів – два шари бітумізованої тканини і три шари азбестобітумної мастики (ширина 0,25 м);
9. товщина ущільнення обсіпки – 0,20 м;
10. кут перетину осі дороги та труби – 90°;
11. закладання укосів насипу приймається у співвідношенні 1:1,5;
12. основний ґрунт характеризується як пісок дрібної фракції;
13. місцезнаходження кар'єру для видобутку ґрунту становить віддаленість близько 35 км;
14. кар'єр щебеню розташований на дистанції приблизно 50 км;
15. бітумна база знаходиться на тому ж орієнтовному віддаленні – 50 км;
16. завод залізобетонних виробів розміщений на віддалі близько 100 км;
17. довжина трубної ланки без урахування оголовок приймається рівною 14 м.

Потрібне число кілець труби:

$$n_{\text{кіль.}} = \frac{14}{1} = 14 \text{шт.},$$

де стандартна довжина одного кільця дорівнює 1,0 м.

Параметри збірних фундаментних елементів і оголовоків.

У розрахунках застосовують збірний фундамент із лекальних залізобетонних блоків. Необхідно підібрати блоки для двох конічних секцій та чотирнадцяти звичайних кілець. Для конічних секцій приймається блок №24, а для трубних кілець використовують №4 і №5.

Параметри фундаментних блоків:

lf – довжина блоків: №6 – 2,01 м; №7 – 1,5 м;

hf – товщина елементів – 0,1 м;

wf – ширина блоків – 1,19 м;

Hf – висота блоків (№6,7) – 0,43 м.

До подальших обчислень беруть блоки №6 і №7.

Параметри кільця оголовка №14:

d – основний діаметр труби – 1,50 м;

d1 – розтрубний діаметр – 1,78 м;

δ – товщина стінки – 0,14 м.

Параметри порталної стінки оголовка №35:

ao – ширина стінки – 1,42 м;

Ho – її висота – 2,93 м;

ho – відмітка від нижньої точки стінки до низу отвору – 0,6 м;

vo – товщина елемента – 0,35 м;

lo – довжина фундаментної частини – 0,68 м.

Параметри відкритків №39:

Hв – найбільша висота – 2,47 м;

hв – мінімальна висота – 1,41 м;

ав – довжина відкритка – 2,20 м;

vv – товщина елемента – 0,30 м.

Будівельна довжина труби.

З урахуванням усіх секцій та стикових швів будівельна довжина розраховується за формулою:

$$L_{\sigma.мп.} = 2 \cdot 1,5 + 2 \cdot 2,01 + 14 \cdot 1 + 13 \cdot 0,01 = 21,15 \text{ м.}$$

Розрахунки об'ємів робіт.

Земляні роботи.

Площа підготовленого будівельного майданчика:

$$F_{\sigma.д.м.} = 2 \cdot Q_{\sigma.д.} + B_{\sigma.д.} = 2 \cdot 21,15 + 27 = 69,3 \text{ м}^2.$$

Об'єм котловану визначають за встановленими формулами, ширина по верху береться відповідною проєктним даним.

$$V_K = 0,5 \cdot (B_k + b_k) \cdot h_k \cdot L_{\sigma.д.мп.} = 0,5 \cdot (2,01 + 0,1) \cdot 0,2 \cdot 21,15 = 5,25 \text{ м}^3$$

B_k - ширина котловану по верху, м

Об'єм котловану для оголовоків:

$$\begin{aligned} V_{к.оз.} &= 2 \cdot (y \cdot (l^1 - b_0 + 0,375h_0) + [y + h_0(a_B \sin y + b_B)] \cdot a_B \cos y - \\ &- 0,25 \cdot h_k \cdot (B_k + b_k) \cdot (l^1 - B_0 + 0,75h_0)) = 2 \cdot (2,39 \cdot (1,68 - 0,35 + 0,375 \cdot 1,21) + \\ &+ [2,39 + 1,21 \cdot (0,30 \sin 20 + 2,20)] \cdot 2,20 \cos 2,39 - \\ &- 0,25 \cdot 0,1 \cdot (2,01 + 0,1) \cdot (1,68 - 0,35 + 0,75 \cdot 1,21)) = 21,98 \text{ м}^3 \\ y &= h_0 \cdot (a_0 + m_k \cdot h_0) = 1,21 \cdot (1,42 + 0,5 \cdot 1,21) \cdot 0,2 \cdot 21,15 = 2,39 \end{aligned}$$

Загальний об'єм вийнятого ґрунту:

$$V_{в.зр.} = V_K + V_{к.оз.} + V_z = 5,25 + 21,98 + 2,88 = 30,11 \text{ м}^3$$

Засипка труби.

Об'єм засипки:

$$V_{об.} = 0,5 \cdot (a_{об.} + v_{об.}) \cdot h_{об.} \cdot L_{\sigma.мп.} = 0,5 \cdot (1,2 + 9,6) \cdot 1,69 \cdot 21,15 = 193,01 \text{ м}^3$$

$a_{об.}$ - обсыпка по верху (ширина).

Щебенева підготовка.

Потреба в щебені під фундамент:

$$V_{щ.ф.} = F_{ф.} \cdot h_n = 32,98 \cdot 0,1 = 3,298 \text{ м}^3.$$

$$F_{ф.} = b_{ф.} \cdot L_{б.у.д.м.р.} + 2L' a_0 = 1,21 \cdot 21,15 + 2 \cdot 1,68 \cdot 2,01 = 32,1$$

Матеріали для укріплення русла.

Потрібна кількість гравійно-піщаної суміші:

$$V_{укр} = 2 \cdot (h_n \cdot [0,5 \cdot (a_0 - v_0 + 2(a_0 - v_0) \sin \gamma (a_0 - v_0) \cos \gamma)] + [(a_0 + h_0 - h_k) \cdot (h_0 - h_k) \cdot (l' - v_0)]) = 2,38$$

Залізобетонні вироби.

Усі об'єми залізобетонних конструкцій перераховані відповідно до формул:

Для лекальних фундаментних блоків: $V_{з/б.лек.} = 3,36 \text{ м}^3.$

Для кілець труби: $V_{з/б.кіл.} = 16,8 \text{ м}^3.$

Для блоків оголовка: $V_{з/б.лек.ог.} = 1,46 \text{ м}^3.$

Для конічних кілець оголовка: $V_{з/б.кіл.ог.} = 1,54 \text{ м}^3.$

Для порталних стінок: $V_{з/б.п.с.} = 3,18 \text{ м}^3.$

Для відкрилків: $V_{з/б.в.} = 6,8 \text{ м}^3.$

Загальна потреба бетону для виготовлення оголовків:

$V_{з/б.ог.} = 12,89 \text{ м}^3.$

Гідроізоляційні роботи.

Гідроізоляційні шари труби виконують згідно з проектною документацією. Необхідна площа підготовки та нанесення мастики становить $75,42 \text{ м}^2.$ Площа гідроізоляційних швів: $24,49 \text{ м}^2.$

Середня відстань транспортування для піску становить $35,25 \text{ км},$ а для щебеню $50,25 \text{ км}.$

Необхідна кількість техніки становить:

бульдозерів – 1 шт.;

екскаваторів – 1 шт.;

кранів вантажопідйомністю 25 т – також 1 шт.;

пересувних бітумних котлів – 1 шт.;

автосамоскидів – 2 шт.

3.5 Технологія влаштування земляного полотна

Проектом заплановано створення земляного полотна, де основною робочою технікою виступає бульдозер. Формування конструкції виконують із ґрунту, що добувається у притрасовому кар'єрі. Отриманий матеріал транспортують самоскидами, а подальше розрівнювання разом із точним плануванням здійснюється бульдозером потужністю 79 кВт. Ущільнювальні операції виконують катком пневмоколісного типу масою 25 т, який проходить по одному сліду 8 разів.

Перед початком формування насипу необхідно виконати такі дії:

- очистити територію кар'єру та основу майбутнього насипу від коріння, пнів, великих каменів;
- зняти рослинний шар ґрунту, після чого перемістити його до тимчасових відвалів;
- забезпечити належне водовідведення як у зоні кар'єру, так і під основою насипу;
- облаштувати тимчасові під'їзні шляхи для транспортування ґрунту від кар'єру до ділянки виконання робіт.

Зведення насипу базується на послідовному укладанні шарів ґрунту. Матеріал, який доставлений до місця будівництва, укладається пошарово (у проекті передбачено три рівні формування насипу). Ґрунт розподіляють так, щоб сформувати рівномірний пласт товщиною 0,3-0,4 м, придатний до якісного ущільнення. Послідовно повторюючи укладання шарів один на

інший, насип доводять до заданої висоти відповідно до проєктної відмітки. Такий спосіб має назву пошарового відсипання. Його суттєвою перевагою є можливість отримання заданої щільності ґрунту у всіх зонах насипу. Додатково цей метод дає змогу поєднувати різні види ґрунтів у межах однієї конструкції.

При такій технології основні процеси виконуються на двох ділянках однакової довжини: на першій укладають ґрунт, на другій – ущільнюють. Після завершення робіт ділянки міняються ролями, і цикл повторюється до повного формування насипу. Кожен пласт відсипаного матеріалу обробляють поздовжніми проходами бульдозера з перекриттям приблизно 0,5 м по всій ширині земляного полотна. При цьому дотримуються проєктного поздовжнього ухилу, а поверхні шару надають двоскатну форму з ухилом 25-50 ‰ у напрямку до бровки.

Після завершення відсипання виконується фінішне планування верхньої частини полотна і бокових укосів за допомогою автогрейдера, після чого проводять остаточне ущільнення. Перед виконанням цієї операції необхідно перевірити та відновити положення осі й бровок земляного полотна на прямих і криволінійних ділянках, а також у профілі.

Фінішне формування виконують серією проходів автогрейдера від країв до центру з подальшим рівномірним змішуванням. Роботу проводять за коловою схемою, використовуючи чотири проходи по одному сліду.

Довжина робочих відрізків визначається параметрами провідної машини; прийнята довжина захватки становить 100 м.

У межах проєкту також передбачено укріплення узбіч та укосів шляхом засіву багаторічних трав.

Технологічна карта на земляні роботи на ділянці та визначення трудомісткості виконання робіт: при знятті рослинного шару ґрунту; при влаштуванні насипу; при розробці ґрунту в кар'єрі; для ущільнення ґрунту пневмокатками; при розробленні виїмки і перевезення ґрунту в насип представлені в додатку Б.

3.6 Технологія будівництва дорожнього одягу

Технологія влаштування покриття передбачає застосування асфальтобетонної суміші в теплу погоду, коли температура повітря становить не менше плюс 5 °С. Підготовка основи охоплює очищення поверхні від пилу та сміття механічними щітками або стисненим повітрям. Вологі ділянки просушують гарячим піском чи висівками, нагрітими до плюс 225-250 °С, або спеціальними нагрівачами.

Під час влаштування одношарових покриттів із гарячих чи теплих сумішей, а також двошарових на старій основі, попередньо виконують розлив розрідженого бітуму з нормою 0,5-0,8 л/м². Якщо асфальтобетон укладають на нову основу, створену із застосуванням органічних в'язучих, розлив не проводять, а за потреби лише очищають поверхню.

Перед початком укладання суміші встановлюють бічні упори вздовж зовнішньої кромки покриття. На прямих ділянках натягують шнур, за яким працівники монтують упори та фіксують їх. На кривих геодезист визначає точки, відповідно до яких розміщують упори. Замість дерев'яних конструкцій можна використовувати металеві інвентарні елементи коритного профілю. Бічні упори демонтують одразу після ущільнення покриття котками.

Перш ніж почати укладання, машиніст перевіряє живильники та шнеки, щоб виключити залишки застиглому матеріалу, після чого переводить укладальник у робочий режим і здійснює регулювання механізмів. Товщину шару визначає зазор у бункері – його змінюють за допомогою заслінки на задній стінці. Для неперервного процесу необхідно залишати частину суміші у бункері до прибуття наступного автомобіля. Один укладальник формує шар асфальтобетону на ширину проїзної частини 7 м.

Процес укладання включає кілька етапів: подання суміші в бункер, її розподіл рівномірною товщиною потрібної ширини, планування за профілем, попереднє ущільнення ударним або вібраційним методом, а також фінальне

вирівнювання поверхні. Зазвичай розвантаження суміші з автосамоскиду відбувається «на ходу»: задні колеса впираються в буферні ролики, і укладальник переміщує автомобіль. При цьому гальма та зчеплення виключають. З бункера матеріал надходить до шнеків, які рівномірно розподіляють його по ширині смуги.

Попереднє ущільнення здійснюють трамбовками, а залишкове – самохідними котками. Спочатку застосовують легкі котки масою до 8 т, потім – важкі 10-18 т. Котки рухаються від краю до осі покриття та в зворотному напрямку, перекриваючи попередній прохід на 20-30 см. Категорично заборонено заправляти техніку мастильними матеріалами на покритті або зупиняти її на гарячій не ущільненій поверхні. Гарячі матеріали обов'язково ущільнюють негайно після укладання.

Після двох-трьох проходів легкого котка перевіряють поперечний ухил шаблоном і рівність поверхні триметровою металевою рейкою із щупом. Через 10 днів коефіцієнт ущільнення верхнього шару повинен становити не менше 0.99 для сумішей типів А і Б.

Після завершення будівництва протягом мінімум 15 діб регулюють рух транспорту по всій ширині дороги, забезпечуючи оптимальні умови для залишкового формування покриття. Для розробки технологічної карти довжину захватки визначають за продуктивністю основної машини. Для дрібнозернистої суміші ведучою є важкий коток, тому довжина захватки становить 90 м за зміну відповідно до його продуктивності.

До операцій по будівництву дорожнього одягу, крім влаштування шарів, входить влаштування корита, укріплення узбіч і укосів. Визначення об'ємів цих робіт здійснюється за нормативними документами чи по формулах. Для подальших технологічних розрахунків визначаємо наступні параметри.

Площа F_i для влаштування конструктивних шарів дорожнього одягу

$$F_i = L \cdot B_i$$

тут L – протяжність ділянки дороги, що проектується;

B_i – ширина конструктивного шару дорожнього одягу, м.

Обсяги робіт по влаштуванню конструктивних шарів дорожнього одягу по всій ділянці будівництва $L_{заз} = 2$ км, на 1 кілометрі $L_{км} = 1$ км, на одній захватці $L_{зах} = 0,1$ км визначимо, для:

верхнього шару покриття – асфальтобетону щільного з бітумом БНД 60/90 шириною $B_I = (3,5 + 0,5) \cdot 2 = 8,0$ м і товщиною 5 см.

$$F_I^{заз} = 2000 \cdot 8 = 16000 \text{ м}^2, F_I^{км} = 1000 \cdot 8 = 8000 \text{ м}^2, F_I^{зах} = 100 \cdot 8,0 = 800 \text{ м}^2;$$

нижнього шару покриття – асфальтобетону пористого з бітумом БНД 60/90 шириною $B_{III} = (3,5 + 0,5) \cdot 2 = 8,0$ м і товщиною 10 см.

$$F_{III}^{заз} = 2000 \cdot 8 = 16000 \text{ м}^2, F_{III}^{км} = 1000 \cdot 8 = 8000 \text{ м}^2, F_{III}^{зах} = 100 \cdot 8 = 800 \text{ м}^2;$$

верхнього шару основи – гравійно-піщаної суміші, укріпленої цементом шириною $B_{IV} = (3,5 + 0,5 + 0,3) \cdot 2 = 8,6$ м і товщиною 22 см.

$$F_{IV}^{заз} = 2000 \cdot 8,6 = 17200 \text{ м}^2, F_{IV}^{км} = 1000 \cdot 8,6 = 8600 \text{ м}^2, F_{IV}^{зах} = 100 \cdot 8,6 = 860 \text{ м}^2.$$

Обсяг робіт по влаштуванню узбіч напівприсипних по всій ділянці будівництва $L_{заз} = 2$ км, на 1 кілометрі $L_{км} = 1$ км, на одній захватці $L_{зах} = 0,1$ км визначимо:

$$V_{n/y} = 2 \cdot 0,5 \cdot (b_1 + b_2) \cdot h_{n/y} \cdot L \cdot k_y \cdot k_{BT}$$

тут $b_1 = 3$ м, $b_2 = 3,36$ м – ширина шару узбіччя присипного в поперечному профілі відповідно по верху та по низу;

$k_y = 1,1$ – коефіцієнт, що враховує ущільнення ґрунту на узбіччях присипних;

$h_{n/y} = 0,15$ м – висота узбіччя присипного;

$k_{BT} = 1,01$ – коефіцієнт, що враховує втрати ґрунту.

$$V_{n/y}^{заз} = 2 \cdot 0,5 \cdot (3 + 3,36) \cdot 0,24 \cdot 2000 \cdot 1,1 \cdot 1,01 = 3392 \text{ м}^3$$

$$V_{n/y}^{км} = 2 \cdot 0,5 \cdot (3 + 3,36) \cdot 0,24 \cdot 1000 \cdot 1,1 \cdot 1,01 = 1695 \text{ м}^3$$

$$V_{n/y}^{зах} = 2 \cdot 0,5 \cdot (3 + 3,36) \cdot 0,24 \cdot 100 \cdot 1 \cdot 1,03 = 170 \text{ м}^3$$

Обсяг робіт по влаштуванню корита земляного полотна по всій ділянці будівництва $L_{заг} = 2$ км, на 1 кілометрі $L_{км} = 1$ км, на одній захватці $L_{зах} = 0,1$ км визначимо:

площі, на яких відбувається розпушування ґрунту корита земполотна $F_{кор.}$

$$F_{кор.} = L \cdot B_{кор.}$$

тут $B_{кор.} = 4,3 \cdot 2 = 8,6$ м – ширина корита.

$$F_{кор.}^{заг} = 2000 \cdot 8,6 = 17200 \text{ м}^2, F_{кор.}^{км} = 1000 \cdot 8,6 = 8600 \text{ м}^2, F_{кор.}^{зах} = 100 \cdot 8,6 = 860 \text{ м}^2$$

об'єм розробки ґрунту напівкорита земполотна $V_{кор.}$

$$V_{кор.} = F_{кор.} \cdot h_{кор.}$$

тут $h_{кор.} = 0,22$ – глибина напівкорита.

$$V_{кор.}^{заг} = 17200 \cdot 0,22 = 3784 \text{ м}^3, V_{кор.}^{км} = 8600 \cdot 0,22 = 1892 \text{ м}^3, V_{кор.}^{зах} = 860 \cdot 0,22 = 189,2 \text{ м}^3$$

3.7 Розрахунок тривалості будівництва

На основі дорожньо-кліматичного графіка встановлюємо: дати початку та завершення весняного та осіннього періодів бездоріжжя, а також визначаємо календарну тривалість лінійних та локальних робіт.

Для піщаних та глинистих ґрунтів дати настання та закінчення весняного бездоріжжя визначають за залежностями:

$$Z_n^e = T_0 + \frac{5}{\alpha}$$

$$Z_k^e = Z_n^e + \frac{0,7h}{\alpha}$$

де T_0 – дата, коли температура повітря навесні переходить через 0°C ;

h – середня максимальна глибина промерзання біля зони будівництва, см;

α – коефіцієнт, що характеризує інтенсивність відтавання (таблиця 3.1).

Таблиця 3.1 – Кліматичний коефіцієнт, який характеризує швидкість відтавання ґрунту

Область, республіка	Коефіцієнт α , см/добу
Дніпропетровська, Донецька, Запорізька, Кіровоградська, Луганська	2,0
Вінницька, Житомирська, Київська, Одеська, Полтавська, Херсонська, Харківська, Чернігівська	3,0
Волинська, Миколаївська, Рівненська, Сумська, Хмельницька, Черкаська	3,5
Закарпатська, Івано-Франківська, Кримська АР, Львівська, Тернопільська, Чернівецька	4,0

$$Z_n^e = 16.03 + \frac{5}{3.5} = 17.03$$

$$Z_k^e = 17.03 + \frac{0.7 \cdot 54}{3.5} = 28.03$$

Період осіннього бездоріжжя визначають за проміжком часу, коли середньомісячна температура знижується від +5...+3°C до 0°C. За ДКГ отримуємо:

$$Z_n^{oc} = 16.11 \quad Z_k^{oc} = 21.11.$$

Тривалість весняного та осіннього бездоріжжя:

$$T_{vac} = Z_k^e - Z_n^e$$

$$T_{oc} = Z_k^{oc} - Z_n^{oc}$$

$$T_{vac} = 28.03 - 17.03 = 11 \text{ днів};$$

$$T_{oc} = 21.11 - 16.11 = 5 \text{ днів}.$$

Календарна доступність виконання земляних робіт.

Для лінійних робіт при цілорічному спорудженні насипів із бічних резервів та дрібних виїмок:

$$T_k = Z_n^{oc} - Z_k^{vac};$$

$$T_k = 16.11 - 28.03 = 233 \text{ днів}.$$

Для робіт із привізних мерзлих ґрунтів та зосереджених робіт:

$$T_k = 365 - (T_{вес} + T_{ос})$$

$$T_k = 365 - (11 + 5) = 349 \text{ днів.}$$

Оскільки протяжність об'єкта становить близько 2 км, необхідно прийняти тривалість будівництва у 233 дні.

Середню кількість змін за період визначаємо за:

$$T_p = (T_k - T_1 - T_2 - T_3 - T_4) K_3$$

тут T_1 – вихідні й святкові дні;

T_2 - година на ТО та ремонт техніки ($T_2 = 0,04T_k$);

T_3 - простої через організаційні фактори ($T_3 = 0,05T_k$);

T_4 - кліматичні простої у робочі дні (за ДКГ – N5);

K_3 - коефіцієнт змінності.

Коефіцієнт змінності визначаємо за формулою:

$$K_3 = \frac{N_1 + 2N_2}{N_1 + N_2}$$

тут N_1 і N_2 – кількість днів з однозмінною та двозмінною роботою відповідно.

Двохзмінні роботи плануємо при тривалості світлового дня понад 14 годин.

$$T_1 = 85 \text{ днів}$$

$$T_2 = 0,04 \cdot 233 \approx 10 \text{ днів}$$

$$T_3 = 0,05 \cdot 233 \approx 12 \text{ днів}$$

$$T_4 = 0,25 + 2,1 + 3,3 + 4,2 + 5 + 5 + 2,6 + 2,6 + 0,27 = 25,32 \approx 26 \text{ днів}$$

За графіком 14-годинний день триває з 24.04 по 22.08, тому: $N_1 = 85$ днів і $N_2 = 138$ днів.

$$K_s = \frac{85 + 2 \cdot 138}{85 + 138} = 1,62$$

$$\partial_6 = (233 - 85 - 10 - 12 - 26) \cdot 1,62 = 162 \text{ зміни.}$$

Тоді, кількість робочих днів становитиме 100.

Мінімальна швидкість потоку:

$$S = \frac{L}{T_p}, \text{ м/зміну,}$$

тут L - протяжність ділянки, рівна 2000 м.

3.8 Будівельний генеральний план

Будівельний генеральний план відображає стан будмайданчика та розроблявся на період виконання робіт по будівництву автомобільної дороги с. Пісків-с. Рокитне у Рівненській області. На будгенплані позначено тимчасові будівлі та споруди, які необхідні для тимчасового проживання працівників. Площі даних будівель визначаються виходячи із максимальної кількості працівників на будмайданчику, враховуючи при цьому нормативну площу на одну людину.

Найменування приміщень, кількість працюючих представлено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Визначення площ тимчасових будівель та споруд

Назва приміщення	Норма	Кількість людей	Площа будови, м ²
Контора	на 1 люд. 3м ²	5	15,0
Гардероб та умивальник	на 1 люд. 0,5 м ²	15	Приймаємо 24,0
Душеві жіночі та чоловічі наполовину	на 1 душ 1 м ² (15 люд.)	17	Приймаємо 24,0
Приміщення для сушки	на 1 люд. 0,2 м ²	4	1
Приміщення для обігрівання	на 1 люд. 0,1 м ²	15	Приймаємо 24,0

Продовження таблиці 3.2			
Їдальня	на 1 люд. 1 м ²	15	15,0
Біотуалет	на 1 туалет 3м ² (15 люд.)	4	6,0

3.9 Лінійний календарний графік

Лінійний календарний графік використовується як ключовий елемент організації будівництва. Його формують, відкладаючи на горизонтальній осі кілометрові відмітки, а по вертикалі – період, поділений на зміни протягом усього часу проведення робіт. На схемі відображають трасу дороги, яку подають прямою лінією з позначенням усіх об'єктів на кожному окремому кілометрі. Лінії виконання різних споруд наносять відповідно до затвердженого порядку будівельного процесу.

Зведення труб, мостів та інших конструкцій на графіку демонструють вертикальною лінією біля відповідної точки розташування на плані траси.

Довжина цієї вертикалі характеризує тривалість спорудження конкретного штучного об'єкта.

Планування робіт зі спорудження земляного полотна має специфічні риси, оскільки обсяги розподілені нерівномірно вздовж маршруту. Лінія земляних операцій позначається прямою неперервною смугою. Влаштування конструктивних шарів дорожнього одягу подається на графіку також прямою, але з єдиним стабільним нахилом.

РОЗДІЛ 4. ОРГАНІЗАЦІЯ ДОРОЖНЬОГО РУХУ

4.1 Облаштування дороги

Під час відмикання нової ділянки дороги від існуючої необхідно виконати вирубування дерев у кількості чотирнадцяти штук із подальшим оформленням деревини, її трелюванням на відстань до ста метрів, корчуванням пнів, ущільненням ґрунту, засипанням підкоренових заглиблень та транспортуванням залишків на тринадцять кілометрів до території.

Проектом заплановане перенесення окремих інженерних комунікацій:

- кабелів зв'язку – шість одиниць;
- повітряної лінії – одна одиниця.

До початку будівництва об'їзної траси слід провести відновлення меліоративної системи на визначеній ділянці. Загальна площа таких робіт становить 12 гектарів.

4.2 Технічні засоби організації дорожнього руху

Технічні засоби організації дорожнього руху, а саме дорожні знаки, передбачаються проектом відповідно до вимог ДСТУ 4100, що визначає встановлення п'ятдесяти трьох знаків. Ці елементи монтуються на присипних бермах, використовуючи металеві стійки та фундаментні конструкції, що виконуються за типовою схемою, призначеною для опор дорожніх покажчиків. Поверхні встановлених знаків створюють із матеріалів, здатних відбивати світло.

На всій довжині запланованої ділянки передбачено нанесення розмітки відповідно до ДСТУ 2587 із застосуванням фарби типу «Пластирум».

Уздовж узбіччя проектної території запроектовано розміщення оцинкованого металевого огороження односторонньої конструкції марки

11ДО-ММ.2 завдовжки 2685 м, а також сто тридцять дев'ять пластмасових сигнальних стовпчиків.

Технічні засоби регулювання руху використовують для підтримання упорядкованості транспортних та пішохідних потоків. Принцип їх дії полягає у забезпеченні стабільного рівня пропускної спроможності та підвищення загальної безпеки пересування. За функціями ці елементи поділяють на засоби інформування (знаки, указівники, розмітка, світлофори, напрямні системи) та обладнання для забезпечення цих засобів (контролери, детектори, блоки передавання інформації, диспетчерські пристрої).

Дорожні знаки, що мають подати локальну інформацію, виконують функції попередження, заборони або припису та не враховують зміни метеорологічних, світлових чи експлуатаційних умов. Вони встановлюються так, щоб бути добре помітними учасникам руху у будь-яку годину доби, не закриватися об'єктами благоустрою та забезпечувати легкість обслуговування. Інформація, яку передає знак, має бути спрямована виключно до користувачів, для яких її призначено. Заборонено монтувати чи демонтовувати знаки без узгодження з відповідними підрозділами МВС України.

Розміщують знаки праворуч від проїзної частини на тротуарі, газоні чи роздільній смузі, а за потреби дублюють для багатосмугового руху. Знаки зі світлоповертальним покриттям застосовують на ділянках без освітлення, а з внутрішнім освітленням – там, де воно працює протягом темної години. На одному поперечному перетині допускається встановлення не більше трьох знаків без урахування табличок та дублюючих елементів. Їхнє розміщення на опорі підпорядковується встановленій черговості: спочатку пріоритетні, потім попереджувальні, наказові, заборонні, інформаційно-вказівні та сервісні.

Тимчасові знаки встановлюють на жовтому тлі та прибирають відразу після усунення причин їх застосування. Розміткою вважають лінії та інші позначення на дорожній поверхні, бордюрах чи спорудах, що взаємодіють зі

знаками чи світлофорами. Вона буває горизонтальною (лінії, написи, стрілки) та вертикальною (позначення на торцевих елементах та конструкціях). Наноситься розмітка зі зносостійких матеріалів з урахуванням точних розмірів, а під час поновлення не допускається збереження видимих фрагментів старої.

Ширину смуги руху визначають відповідно до категорії дороги. На конструкціях, які не відповідають нормам, її допускається зменшувати до трьох метрів, а для легкових транспортних засобів – до двох цілих сімдесяти п'яти сотих метрів за умови впровадження необхідних обмежень. На цементобетонних покриттях поздовжню лінію, що розділяє потоки одного напрямку, можна наносити поруч із швом, а лінію, яка відокремлює зустрічні потоки із будь-якого боку.

Вертикальну розмітку застосовують для виділення перешкод та конструкцій, що становлять небезпеку. Допускається маркування лише найближчого до дороги краю великої поверхні.

Світлофори поділяють на транспортні та пішохідні; вони інформують водіїв і пішоходів про дозволені чи заборонені дії. Їх розташовують так, щоб сигнали добре сприймалися водіями, які зупинилися біля стоп-лінії. Висота та віддаленість світлофорів вздовж однієї дороги мають бути максимально однаковими.

Огородження поділяють на дві групи: бар'єрні конструкції для запобігання зіткненням або з'їздам транспортних засобів та огорожі для регулювання руху пішоходів та тварин. Напрямні пристрої включають стовпчики, тумби та острівці для розподілу транспортних потоків. Вони повинні забезпечувати видимість і спрямування у складних умовах. Огородження та напрямні елементи заборонено встановлювати, якщо вони пошкоджені.

4.3 Безпека дорожнього руху

Для покращення рівня безпечності руху при будівництві автомобільної дороги с. Пісків-с. Рокитне в Рівненській області проект передбачає комплекс відповідних дій:

- облаштування укріплювальних смуг вздовж кромek проїзної частини;
- зміцнення узбіч;
- монтаж металевого бар'єрного огороження на узбіччях згідно з вимогами ДСТУ 8751:2017;
- нанесення розмітки на дорожнє покриття;
- встановлення дорожніх знаків.

4.4 Нові технології, сучасні матеріали та конструкції

З метою підвищення експлуатаційних характеристик дороги та штучних споруд проектом передбачаються такі рішення:

- улаштування покриття з асфальтобетонної гарячої дрібнозернистої суміші на ПАР;
- використання дорожніх знаків зі світлоповертальною плівкою високої інтенсивності, алмазного або алмазно-флуоресцентного типу;
- застосування конструкцій знаків та опор із матеріалів, що не піддаються корозії, або таких, що мають захист від неї;
- нанесення розмітки з холодного пластику та довготривких фарб;
- облаштування напрямних елементів із ПВХ-стовпчиків зі світлоповертальними компонентами;
- виконання бар'єрного огороження з антикорозійною обробкою методом гарячого оцинкування.

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

Заходи з охорони праці, техніки безпеки та пожежної безпеки, які передбачено в проекті при виконанні будівництва автомобільної дороги місцевого значення на ділянці км 0+000...2+000 у Рівненській області представлені в додатку В.

РОЗДІЛ 6. ЕКОНОМІКА БУДІВНИЦТВА

Кошторисні розрахунки до атестаційної магістерської роботи на тему: «Проект будівництва автомобільної дороги місцевого значення на ділянці км 0+000...2+000 у Рівненській області» розроблені в програмному комплексі АВК та представлені в додатку Г.

РОЗДІЛ 7. НАУКОВА ЧАСТИНА

7.1 Дослідження впливу на безпеку руху та навколишнє середовище протижеледних матеріалів, що використовуються при зимовому утриманні автомобільних доріг

В умовах, коли сучасна наша держава фактично стала безпосереднім стратегічним сусідом Європейського Союзу, а також прагне набути статусу повноцінного його члена, виникає об'єктивна необхідність наблизити розвиток найважливіших галузей національного господарства до загальноєвропейського рівня. Передусім слід адаптувати вимоги щодо використання широкої номенклатури промислової продукції, яка повинна відповідати чинним європейським стандартам якості, безпеки та екологічності. Це завдання охоплює і транспортне.

Автомобільні дороги постійно зазнають інтенсивного навантаження та стійко піддаються впливові атмосферних процесів різної інтенсивності. Кліматичні особливості, метеорологічні явища, різкі температурні коливання та руйнівні дії транспортних засобів – це ключові фактори, які послідовно погіршують експлуатаційні властивості дорожнього покриття як складної інженерної споруди. У результаті зменшується забезпечення ефективності та безпеки руху.

Одним із визначальних факторів, що істотно впливає на безпеку дорожнього руху, швидкість пересування автотранспорту та рівень аварійності, є слизистість покриття. Мається на увазі зниження коефіцієнта зчеплення автомобільної шини з дорожньою поверхнею, що особливо критично виявляється в зимовий період. За таких умов збільшується гальмівний шлях, ускладнюється керування транспортних засобів, швидко зростає ймовірність виникнення дорожньо-транспортних пригод.

Для забезпечення коефіцієнта зчеплення на висому рівні проводять наступні заходи:

- виконують підігрів дорожнього покриття;
- застосовують дренажні покриття;
- використовують піщано-сольові суміші для покращення фрикційних властивостей поверхні.

Саме тому сьогодні постає актуальна проблема відновлення необхідної шорсткості дорожнього покриття у зимовий період без застосування агресивних хімічних реагентів, бажано економічно доступними та екологічно безпечними способами. Важливо знайти такі технологічні рішення, які б забезпечували належну ефективність та не призводили до руйнівних наслідків для довкілля, дорожніх конструкцій та здоров'я людини.

Актуальність питання підсилюється також тим, що технології застосування екологічно безпечних протижеледних матеріалів нині займають важливе місце у сфері інфраструктурних досліджень. Аналіз останніх наукових праць і публікацій свідчить, що проблемі зменшення слизькості дорожнього полотна в зимовий період приділяли значну увагу як українські, так і зарубіжні вчені. Зокрема, у роботі [19] розглянуто можливість застосування екологічно чистих протижеледних матеріалів. Проте більшість запропонованих способів спрямовані лише на мінімізацію шкідливих наслідків.

Мета та завдання дослідження полягали в застосуванні гранітного відсіву, попередньо нагрітого в сушильному барабані до температури 160-180 °С, з подальшим рівномірним розподіленням його по поверхні автомобільних доріг у зимовий період за допомогою комбінованих дорожніх машин. Такий підхід дозволяє не лише покращити зчпні властивості дорожнього полотна, а й значною мірою знизити екологічне навантаження та забезпечити використання матеріалу повторно, що істотно підвищує економічну доцільність способу.

Експлуатаційний стан автомобільних доріг формується під дією транспорту та різноманітних природно-кліматичних факторів. Найпомітніший сукупний вплив динамічних навантажень і сезонних

коливань температури припадає на дорожній одяг, який є найбільш вразливим елементом конструкції. Кліматичні умови України характеризуються високою складністю для стабільного утримання мережі автомобільних шляхів: надмірна зимова вологість, регулярні температурні переходи через нуль та інтенсивні транспортні потоки чинять руйнівний сукупний тиск на покриття.

Забезпечення належного експлуатаційного стану доріг, підтримання безперервного та стабільного руху транспортних засобів в умовах зростання навантажень потребують своєчасного виконання ремонтних заходів, які часто є дороговартісними та ресурсомісткими. Значну роль у підтриманні працездатності дорожньої інфраструктури відіграє організація зимового утримання, адже саме в цей період проявляється найбільша кількість недоліків існуючої експлуатаційної системи.

Обледеніння дорожнього покриття створює складні умови руху та підвищує ризик виникнення аварійних ситуацій. На сьогодні виділяють такі основні типи зимової слизькості: ущільнений сніг, лід, що утворюється внаслідок замерзання опадів, та ожеледиця. Методи боротьби з такими небезпечними явищами залежать від категорії дороги і поділяються на механічні, фізико-хімічні, хімічні та теплові.

Механічний спосіб передбачає руйнування та видалення льодової кірки за межі узбіч, проте він характеризується невисокою ефективністю. Його різновидом є використання фрикційних матеріалів – піску, щебеню, шлаку. Щоб матеріал не злежувався, до нього додають тверді хімічні компоненти у кількості близько 40 кг на 1 м³, що підвищує ефективність посипання. Лід навколо зерен частково тане, матеріал втягується в поверхню, забезпечуючи хороші протиковзкі властивості.

Фізико-хімічний метод передбачає періодичне нанесення гідрофобних реагентів – зазвичай 5-відсоткових розчинів кремнійорганічних сполук. Витрата становить приблизно від 200 до 400 г на 1 м² покриття. Така обробка

у декілька разів зменшує сили зчеплення льоду з поверхнею, полегшуючи його руйнування транспортом.

Хімічний спосіб ґрунтується на застосуванні рідких або кристалічних реагентів – хлориду натрію, хлориду кальцію або їх сумішей, зокрема популярної формули 88:12. У деяких випадках розчини наносять навіть на мокру поверхню перед очікуваним похолоданням, що дає змогу попередити замерзання. Особливу увагу приділяють мостам, естакадам і розв'язкам, де процеси обледеніння відбуваються швидше.

Теплові методи передбачають розтоплення льоду за допомогою гарячих газів або систем підігріву дорожнього одягу, що закладаються під час будівництва. Втім, через високу енерговитратність та складність експлуатації такі підходи застосовують рідко.

Найпоширенішим засобом залишається традиційна піщано-сольова суміш. Однак її використання спричиняє значну корозію автомобілів, негативно впливає на одяг та взуття, а головне – завдає серйозної екологічної шкоди. Солі потрапляють у ґрунти й водні системи, порушуючи біологічні процеси та провокуючи алергічні реакції у людей.

У сучасних дослідженнях запропоновано оцінювати агресивний вплив хлоридних реагентів на асфальтобетон з урахуванням напружено-деформованого стану дорожніх конструкцій. Встановлено, що хлориди прискорюють проникнення агресивних середовищ у глибину покриття та основу, посилюючи різні типи руйнувань. Визначення критичних концентрацій таких матеріалів дозволяє розробляти стратегії профілактики шляхом регулювання фізико-хімічних властивостей реагентів.

Європейські держави дедалі частіше застосовують хлорид магнію – бішофіт. На відміну від солі, він менш агресивний, ефективний за низьких температур та може використовуватися як добриво. Хоча бішофіт повністю не усуває екологічного впливу, він суттєво його знижує.

Підігрів дорожнього покриття також може бути використаний у боротьбі зі слизькістю, однак через високу вартість і низьку практичну ефективність метод обмежений у застосуванні.

В останні роки в Україні зростає потреба у впровадженні нових матеріалів дорожнього одягу та технологій його обслуговування, що забезпечують підвищену надійність та довговічність.

Однією з альтернатив традиційним реагентам є посипання гарячим гранітним відсівом. Метод не потребує додаткової техніки, є економічно вигідним, екологічно безпечним та сприяє відновленню шорсткості покриття. Його суть полягає у завантаженні відсіву в бункери-накопичувачі асфальтобетонного заводу, після чого матеріал дозується і подається на конвеєрну стрічку для рівномірного розподілу на дорожньому полотні (рисунок 7.1).



Рисунок 7.1 – Конвеєр стрічковий

Стрічковий конвеєр транспортує завантажений матеріал безпосередньо у сушильний барабан, де відбувається його інтенсивне термічне оброблення. Потрапивши всередину агрегату, гранульована сировина піддається поступовому нагріванню за допомогою спеціального газового пальника, який закріплений на одному торці барабана та спрямовує полум'я всередину робочого простору (рисунок 7.2). Такий спосіб подачі теплового потоку

забезпечує продуктивний і стабільний процес підготовки інертних компонентів перед їх подальшим використанням.



Рисунок 7.2 – Барабан для нагрівання

Барабан оснащений якісною тепловою ізоляцією та надійними ущільнювальними елементами, що запобігають проникненню зайвого атмосферного повітря та зменшують тепловтрати. Рівномірність прогрівання матеріалу забезпечується завдяки постійному обертанню барабана, у процесі якого фракції піднімаються, перемішуються та багаторазово падають, що істотно підвищує ефективність теплообміну. На внутрішній поверхні барабана встановлені спеціальні металеві перегородки – так звані перебирання, які захоплюють матеріал і забезпечують його рівномірне переміщення разом з обертовими масами агрегату (рисунок 7.3).



Рисунок 7.3 – Вигляд барабана зсередини

Температуру нагрівання на виході можна регулювати в досить широкому діапазоні – приблизно 160-200 °С, що дозволяє адаптувати процес до різних технічних потреб. Конструкція сушильного барабана передбачає, що відкрите полум'я пальника не контактує безпосередньо з мінеральними зернами. Це критично важливо для уникнення їх пошкодження або перегріву. Для цього у частині барабана, найближчій до пальника, змонтовано металеві напівкороби, які створюють тепловий бар'єр і захищають матеріал від прямих високотемпературних потоків.

Після завершення термічної обробки нагрітий матеріал переміщується до розвантажувальної зони, яка розташована на тій самій стороні барабана, що й пальник. Тут відбувається його контрольоване вивантаження з подальшою подачею в комбіновані дорожні машини типу МДК-1 (рисунок 7.4). Такі машини є універсальними та можуть використовуватися протягом року для виконання широкого спектра робіт, пов'язаних з експлуатаційним утриманням автомобільних доріг з твердим покриттям.



Рисунок 7.4 – Комбінована дорожня машина МДК-1

У зимовий період техніка обладнується піскорозкидальними установками, які дозволяють рівномірно наносити інертні матеріали на поверхню дороги, а також комплектується плужно-щіточними механізмами для очищення покриття від свіжого снігу або слабких ущільнених опадів. Така багатофункціональність значно підвищує ефективність утримання дорожньої мережі за несприятливих погодних умов.

Після подачі гарячого гранітного відсіву на дорожнє полотно відбувається швидка взаємодія нагрітого матеріалу з поверхневим льодом або снігом. Верхній шар покриття починає поступово танути, а потім, після охолодження інертної фракції, відбувається її часткове примерзання до покриття. Внаслідок цього формується шорстка поверхня, яка значно покращує зчеплення коліс транспортних засобів з дорогою та підвищує безпеку руху (рисунок 7.5).



Рисунок 7.5 – Шорстка поверхня дорожнього після взаємодії з нагрітим відсівом

Після завершення зимового сезону залишки відсіву не утилізують, а збирають з дорожніх ділянок та використовують повторно наступного року. Завдяки цьому метод є не лише ефективним, але й економічно та екологічно обґрунтованим, адже зменшує кількість відходів та скорочує витрати на закупівлю нових матеріалів.

7.2 Експериментальні дослідження взаємодії щебеневого матеріалу із слизьким дорожнім покриттям

Експериментальні дослідження механізму прилипання кам'яного матеріалу до обледенілого дорожнього покриття виконувалися у спеціалізованій науково-дослідній лабораторії кафедри будівництва та цивільної інженерії Луцького національного технічного університету. Роботи проводили в контрольованих умовах, що дозволило отримати відтворювані та коректні результати.

Для реалізації поставленої мети застосовувалася імітована модель зимового дорожнього покриття, а також гранітний та базальтовий відсів, попередньо нагрітий до визначених температурних режимів. Щоб сформувати шар льоду, який максимально імітує реальне обледеніння, використовували пластикові лотки, у яких воду заморожували шляхом витримання у морозильній камері до отримання однорідного льодового масиву.

У муфельній печі здійснювався нагрів гранітного та базальтового відсіву до температур 160, 180 та 200 °С (рисунок 7.6), що забезпечувало різні теплові стани матеріалу.



Рисунок 7.6 – Нагрів матеріалу для посипання

Подальше підвищення температури вважалося недоцільним, оскільки при надмірному нагріванні на поверхні відсіву може утворюватися плівка рідини, що виникає внаслідок інтенсивного плавлення льоду та перешкоджає коректному проведенню досліджень.

Температуру нагрітого гранітного та базальтового відсіву контролювали за допомогою спеціалізованого термометра контактного типу (рисунок 7.7), що забезпечував точність вимірювання та оперативність отримання даних.



Рисунок 7.7 – Визначення температури відсіву

Для того, щоб умови експерименту були максимально наближені до реальних зимових процесів, лотки із замороженим льодом розміщували на відкритій ділянці вуличного середовища та посипали гарячим відсівом із нормою витрат 0,15 м³ на 1000 м² дорожньої поверхні згідно з вимогою [20]. Процедура нанесення матеріалу демонструється на рисунку 7.8.



Рисунок 7.8 – Імітація посипаного слизького дорожнього покриття нагрітим кам'яним матеріалом

У процесі контакту гарячого матеріалу з обледенілою поверхнею певна частина теплової енергії витрачається на локальне плавлення льоду. Коли температура на межі взаємодії досягає $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, відбувається активне прилипання частинок кам'яного матеріалу до льодової поверхні. Цей ефект представлений на рисунку 7.9.



Рисунок 7.9 – Примерзання нагрітого матеріалу до слизького покриття

Експеримент проводили при температурах довкілля -3 , -5 та $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$. Отримані результати продемонстрували, що при температурі повітря $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$ достатнім є нагрівання кам'яного матеріалу до $180\text{ }^{\circ}\text{C}$, оскільки цього рівня теплової енергії вистачає для забезпечення якісного зчеплення відсіву із льодовою поверхнею.

Висновок. Результати проведених досліджень підтверджують, що застосування гранітного або базальтового відсіву, нагрітого до температури $160\text{-}200\text{ }^{\circ}\text{C}$, дозволяє суттєво підвищити шорсткість дорожнього покриття у зимовий період, не створюючи негативного впливу на навколишнє природне середовище. Застосування такого методу не потребує впровадження спеціального високовартісного обладнання чи придбання додаткової техніки, що робить технологію доступною, економічно доцільною та екологічно прийнятною.

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. ДСТУ Б В.2.7-129:2013 Емульсії бітумні дорожні. Технічні умови.
6. ДСТУБ В.2.7-119:2011 Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон дорожній та аеродромний. Технічні умови.
7. ДСТУ Б В.2.7-30:2013. Матеріали нерудні для щебених і гравійних основ та покриттів автомобільних доріг. Загальні технічні умови.
8. ГБН В.2.3-37641918-559:2019. Автомобільні дороги. Дорожній одяг нежорсткий. Проектування.
9. ДБН А.3.1-5:2016. Організація будівельного виробництва. – Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2016. – 51 с.
10. ДСТУ Б А.3.1-22:2013. Визначення тривалості будівництва. – Київ: Мінрегіон України, 2014. – 34с.
11. СОУ 42.1-37641918-098:2017 „Автомобільні дороги. Норми часу на ремонтно-будівельні роботи. Зміна №1. – Київ: Державне агентство автомобільних доріг України (Укравтодор), 2020.
12. Кошторисні норми України. Ресурсні елементні кошторисні норми на ремонтно-будівельні роботи. Збірник 1. Земляні роботи (РЕКНр).

13. ДСТУ 4100:2021. Безпека дорожнього руху. Знаки дорожні. Загальні технічні умови. Правила застосування.
14. ДСТУ 2587:2021. Безпека дорожнього руху. Розмітка дорожня. Загальні технічні умови.
15. ДСТУ 8751:2017. Безпека дорожнього руху. Огородження дорожні і напрямні пристрої. Правила використання. Загальні технічні вимоги.
16. ДСТУ 8752:2017. Безпека дорожнього руху. Проект організації дорожнього руху. Правила розроблення, побудови, оформлення. Вимоги до змісту.
17. Альбом типових рішень з проектування опори дорожнього знака для автомобільних доріг загального користування. АД А. 2.4-37641918-001:2015.
18. Вирожемський В.К., Бородіна Н.А., Трух М.Є. Екологічні наслідки зимового утримання автомобільних доріг /Автошляховик України. – 2006. – №2 – с. 35-38.
19. Сєдов Андрій Віталійович. Профілактика руйнувань дорожніх асфальтобетонних покриттів в агресивних середовищах хлористих протижелезних матеріалів: автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.22.01. Харків (ХНАДУ), 1999. 23 с.
20. ПГ.1-218-118:2005 Єдині правила зимового утримання автомобільних доріг. Укрдортехнологія. – Харків, 2005.
21. Шимчук О.П. Технологія приготування холодних органо-мінеральних сумішей для цілорічного ямкового ремонту асфальтобетонних покриттів /О.П. Шимчук// НАУКОВІ НОТАТКИ. Міжвузівський збірник (за галузями знань «Машинобудування та металообробка», «Інженерна механіка», «Металургія та матеріалознавство»). Випуск 45. Луцьк. – 2014. – с. 578-581.

