

Міністерство освіти і науки України

Луцький національний технічний університет

(повне найменування закладу вищої освіти)

Факультет архітектури, будівництва та дизайну

(повне найменування факультету)

Кафедра будівництва та цивільної інженерії

(повне найменування кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «МАГІСТР»

**Проект реконструкції автомобільної дороги Устилуг – Луцьк –
Рівне (об'їзд м. Устилуг)**

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

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

Виконав: здобувач вищої освіти
групи БЦІМ-21

БІЦІВ Володимир Ярославович

(підпис)

Керівник:

к.т.н., доцент

ПРОЦЮК Віталій Олексійович

(підпис)

Кваліфікаційну роботу
допущено до захисту
«__» _____ 2025 р.

к.т.н., доцент

Гарант освітньої програми:

КИСЛЮК Дмитро Ярославович

(підпис)

Луцьк – 2025 року

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

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи:

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

7. Дата видачі завдання "19" лютого 2025 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Перша контрольна перевірка. Проектні рішення. Конструктивні рішення.	14.10.2025	
2	Друга контрольна перевірка. Технологія та організація будівництва. Організація дорожнього руху	25.10.2025	
3	Третя контрольна перевірка. Економічна частина. Охорона праці. Наукова частина	29.11.2025	
4	Подання виконаної кваліфікаційної роботи на інструментальну перевірку щодо академічного плагіату	06.12.2025	
5	Подання виконаної роботи з відгуком керівника на підпис завідувачу кафедри, направлення на рецензію	14.12.2025	
6	Подання виконаної роботи на підпис декану та відповідальному секретарю екзаменаційної комісії	14.12.2025	
7	Захист кваліфікаційної роботи	20.12.2025, 26.12.2025	

Здобувач вищої освіти _____
(підпис)

Науковий керівник _____
(підпис)

Володимир БІЦІВ _____
(ім'я та прізвище)

Віталій ПРОЦЮК _____
(ім'я та прізвище)

АНОТАЦІЯ

БІЦІВ В.Я. «Проект реконструкції автомобільної дороги Устилуг – Луцьк – Рівне (об'їзд м. Устилуг)». (на матеріалах інженерних вишукувань по об'єкту; кліматичних умовах регіону, даних по будівельно-матеріальних ресурсах регіону; характеристиках транспортних потоків, плану місцевості з даними по землеволодінню, комунікаціях; ґрунтово-геологічних характеристиках; гідрологічних даних по місцевості). Рукопис.

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

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

У роботі досліджено кліматологічні особливості району будівництва, стан автомобільної дороги та запропоновано виконання реконструкції автомобільної дороги, що передбачає будівництво об'їзду міста Устилуг.

Ключові слова: автомобільна дорога, ґрунт земляне полотно, дорожній одяг, штучна споруда, пішохідний міст.

ANNOTATION

BITSIV V.Ya. «Reconstruction project of the Ustylug – Lutsk – Rivne road (bypass Ustylug)». (on the materials of engineering surveys on the object; climatic conditions of the region, data on construction and material resources region, characteristics of traffic flows, area plan with data on land tenure, communications, soil and geological characteristics, hydrological data on the area). Manuscript.

Qualification work of the master of OP «Construction and Civil Engineering» specialty 192 Construction and Civil Engineering. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2025.

The master's thesis consists of an introduction, seven sections, conclusions, a list of references, applications.

The climatological features of the construction area, the condition of the highway are investigated in the work and proposed to carry out the reconstruction of the highway, which involves the construction of bypass Ustylug.

Key words: highway, soil, subgrade, pavement, artificial construction, footbridge.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
Розділ 1. ПРОЕКТНІ РІШЕННЯ	10
1.1 Техніко-економічна характеристика району реконструкції	10
1.1.1 Загальні відомості.....	10
1.1.2 Народно-господарська ефективність реконструкції.....	11
1.2 Аналіз природно-кліматичних умов району реконструкції автомобі- льної дороги	12
1.3 План траси.....	19
1.4 Висновки до розділу 1.....	22
Розділ 2. КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ	24
2.1 Штучні споруди.....	24
2.2 Пересічення та примикання.....	24
2.3 Тротуари та пішохідні доріжки	26
2.4 Дорожній одяг	26
2.5 Доступність об'єкта будівництва для маломобільних груп населення..	29
2.6 Висновки до розділу 2.....	30
Розділ 3. ТЕХНОЛОГІЯ І ОРГАНІЗАЦІЯ РОБІТ	32
3.1 Дорожньо-будівельні матеріали.....	32
3.2 Підготовчі роботи.....	32
3.2.1 Відведення і рекультивація земель.....	32
3.2.2 Перевлаштування інженерних комунікацій.....	33
3.2.3 Вирубівання дерев.....	33
3.2.4 Знесення будівель та споруд.....	33
3.2.5 Інші роботи.....	34
3.3. Земляне полотно та дорожній одяг.....	34
3.3.1 Поздовжній профіль.....	34
3.3.2 Земляне полотно.....	34
3.3.3 Дорожній одяг.....	37
3.4 Організація будівництва.....	38
3.4.1 Основні положення з організації будівництва.....	38
3.4.2 Розрахунок тривалості будівництва.	39

3.4.3 Умови забезпечення будівництва основними матеріалами і конструкціями.	40
3.5 Висновки до розділу 3.....	40
Розділ 4. ОРГАНІЗАЦІЯ ДОРОЖНЬОГО РУХУ	42
4.1 Дорожні знаки.	42
4.2 Дорожня розмітка.....	42
4.3 Бар'єрне огородження.....	43
4.4 Освітлення дороги.....	44
4.5 Озеленення дороги.....	44
4.6 Шумозахисні стінки.....	44
4.7 Безпека руху.....	45
4.8 Висновки до розділу 4.....	46
Розділ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ	47
5.1 Загальні положення	47
5.2 Пожежна профілактика.....	48
5.3 Техніка безпеки.....	51
5.6 Висновки по розділі 5.....	53
Розділ 6. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	55
Розділ 7. НАУКОВА ЧАСТИНА	56
7.1 Водно-тепловий режим роботи земляного полотна в річному циклі.....	56
7.2 Розрахунок зміни вологості в річному циклі	66
7.2.1 Розрахунок вологості для першого типу місцевості по зволоженню.....	69
7.2.2 Розрахунок вологості для другого типу місцевості по зволоженню.....	75
7.2.3 Розрахунок вологості для третього типу місцевості по зволоженню.....	80
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	85
ДОДАТОК А	87

ВСТУП

Сьогодні дорожній комплекс України перебуває у глибокій кризі: спостерігається зменшення обсягів перевезень, погіршення фінансового стану підприємств галузі, застарівання матеріально-технічної бази, недостатня інвестиційна привабливість та неспроможність повною мірою задовольняти потреби користувачів. Це також ускладнює інтеграцію української транспортної системи у світову. За таких умов запровадження платних автомобільних доріг стає неминучим кроком.

Особливої уваги потребує питання будівництва об'їзних доріг, що дозволяють знизити інтенсивність транзитного транспорту в межах населених пунктів, підвищити безпеку дорожнього руху та зменшити забруднення повітря, спричинене викидами від роботи двигунів на бензиновому чи дизельному паливі.

Одним із таких об'єктів, який потребує реконструкції, є автомобільна дорога державного значення Н-22 Устилуг – Луцьк – Рівне. У цій магістерській роботі розглянуто один із варіантів реконструкції її окремої ділянки, що передбачає будівництво об'їзної дороги навколо м. Устилуг у Волинській області.

Запроектована об'їзна дорога дасть можливість відвести від м. Устилуг транспортні потоки, що прямують через Міжнародний автомобільний пункт пропуску «Устилуг» на кордоні з Республікою Польща. Це, у свою чергу, створить умови для подальшого розвитку МАПП та збільшення пасажиропотоку між Україною та країнами Європейського Союзу.

Автомобільні дороги є важливою складовою національної транспортної системи, без якої неможливе функціонування будь-якої галузі економіки. Дорога – це комплекс інженерних споруд, призначених забезпечувати безпечно, ефективно та продуктивно перевезення вантажів і пасажирів відповідно до сучасних вимог. Технічний стан дороги безпосередньо впливає на ефективність роботи транспорту: при його погіршенні знижується продуктивність і безпека руху, а собівартість перевезень зростає.

Сучасні автомобільні дороги повинні гарантувати безпеку руху з урахуванням психофізіологічних особливостей водіїв. Одночасно з цим зростають вимоги до комфортності пересування. В умовах постійного збільшення обсягів пасажирських перевезень формується розгалужена інфраструктура обслуговування – станції технічного обслуговування, автозаправні комплекси, мийки, мотелі, автостанції, кемпінги, майданчики відпочинку, гаражі та інші об'єкти, що забезпечують потреби транзитного транспорту.

Основними завданнями технічного розвитку у сфері будівництва, реконструкції й утримання автомобільних доріг є підвищення якості будівництва шляхом впровадження геосинтетичних матеріалів, сучасних збірних конструкцій у дорожньому та мостовому господарстві, а також комплексної механізації процесів. Важливим напрямом є й розширення використання місцевих матеріалів при будівництві та ремонті дорожнього одягу.

Розділ 1. ПРОЕКТНІ РІШЕННЯ

1.1 Техніко-економічна характеристика району реконструкції

1.1.1 Загальні відомості

Автомобільна дорога державного значення Н-22 Устилуг – Луцьк – Рівне проходить територією Волинської та Рівненської областей. Її початковою точкою є м. Устилуг на кордоні з Республікою Польща, а завершенням – підключення до автодороги Київ - Чоп поблизу м. Рівне. Трасою здійснюються міжобласні та міжнародні транспортні перевезення.

Відповідно до постанови Кабінету Міністрів України від 24 червня 2006 року № 865 «Про затвердження переліку автомобільних доріг України загального користування державного значення, дорога Устилуг – Луцьк – Рівне класифікується як національна автомобільна дорога та має індекс Н-22» [1].

Необхідність її реконструкції зумовлена розширенням Міжнародного автомобільного пункту пропуску «Устилуг» у межах Програми розбудови державного кордону України. Після модернізації митниці, що передбачає пропуск вантажного транспорту і автобусів, існуючі технічні параметри дороги не відповідають вимогам щодо руху великогабаритних вантажних транспортних засобів.

Середньодобова інтенсивність руху на цій ділянці становить близько 2250 автомобілів на добу. У перспективі, з урахуванням прогнозованого зростання транспортних потоків та реконструкції митного переходу, розрахункова інтенсивність може досягати 4150 автомобілів на добу, у тому числі: вантажні автомобілі – 1380 авт./добу, легкові – 2700 авт./добу, автобуси – 70 авт./добу, що в перерахунку на легковий автомобіль становить 5600 од./добу.

Згідно з вимогами «ДБН В.2.3-4:2015 Автомобільні дороги. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво» [2], «ДБН Б.2.2-12:2018 Планування та забудова територій» [3], та «ДБН В.2.3-5:2018 Вулиці та дороги населених пунктів» [4], зазначену ділянку необхідно реконструювати відповідно до пара-

метрів автомобільної дороги II категорії, а в межах населених пунктів – за нормативами магістральної вулиці.

1.1.2 Народно-господарська ефективність реконструкції автомобільної дороги

Волинська область – це адміністративно-територіальна одиниця на заході України, територія якої розташована переважно в межах Поліської низовини (понад 75% площі) та частково – на Волинській височині. Регіон межує на заході з Люблінським воєводством Республіки Польща, на півночі – з Брестською областю Республіки Білорусь, на сході – з Рівненською, а на півдні – з Львівською областями України. Загальна протяжність державного кордону в межах області становить 395 км.

Станом на 1 жовтня 2025 року чисельність населення області складала 1 036,7 тис. осіб, із яких близько 55% проживають у містах і 45% – у сільській місцевості. Середня густина населення становить 47,1 осіб на 1 км². За даними обласного центру зайнятості, наприкінці жовтня кількість зареєстрованих безробітних становила 6,5 тис. осіб, серед яких жінки складають 64,2%, а молодь віком до 35 років – 37,3%.

До найбільших міст області належать Берестечко, Володимир-Волинський, Горохів, Камінь-Каширський, Ківерці, Любомль, Рожище та Устилуг.

Мінерально-сировинна база Волині включає 18 видів корисних копалин, з яких 12 належать до категорії загальнодержавного значення. Серед них: кам'яне вугілля, природний газ, гелій, торф, германій, скляні піски, прісні та мінеральні підземні води, торф'яні грязі, цементна сировина, мідь і фосфорити. Останні два види поки що вивчені недостатньо: їхні запаси не визначені, а родовища – не внесені до державного фонду.

У південно-західній частині регіону розробляються поклади кам'яного вугілля Львівсько-Волинського басейну. У Локачинському родовищі розвідано близько 7 млрд м³ природного газу. На Ратнівщині виявлено родовища саморо-

дної міді, а на півночі – поклади фосфатів. Озера області містять понад 61 млн тонн сапропелю – цінної сировини для сільського господарства, тваринництва та медицини. Запаси карбонатної сировини оцінюються у 29 млн тонн. У господарській діяльності активно застосовують місцеве вапно та карбід. Промислове значення мають також поклади базальту, торфу та гончарних глин.

Реконструкція досліджуваної ділянки автомобільної дороги забезпечить покращення транспортно-експлуатаційних показників роботи автотранспорту, зниження собівартості перевезень, скорочення часу в дорозі, підвищення рівня безпеки руху, а також покращення екологічної ситуації в місті Устилуг.

Економічна ефективність інвестицій у реконструкцію дороги визначена згідно з «Временными указаниями по определению экономической эффективности капитальных вложений в строительство и реконструкцию автомобильных дорог». Згідно з розрахунками, термін окупності капіталовкладень становить 6,6 року, а коефіцієнт економічної ефективності – 0,15.

1.2 Аналіз природно-кліматичних умов району реконструкції автомобільної дороги

Рельєф

Волинська височина має середні абсолютні відмітки 220–250 м, а її найвища точка – 361 м, що розташована в межах Повчанської височини. Для території характерний хвилясто-балковий тип рельєфу та наявність карстових форм.

Долини річок Буг, Стир, Горинь та їхніх приток поділяють Волинську височину на окремі морфологічні частини, серед яких виділяються:

- Сокальське пасмо
- Надбузька височина
- Горохівська височина
- Повчанська височина
- Рівненське плато
- Гоцанське плато

- Мізоцький кряж
- Шепетівська рівнина

Геологічна будова району

Проектована ділянка розташована в межах південно-західної частини Європейської платформи. Район відноситься до зони сейсмічної активності менше 6 балів.

У геологічному розрізі бере участь корінна товща, представлена верхньокрейдовими відкладами, які не були розкриті виробками глибиною до 10 м. Четвертинні покривні утворення мають різне походження: алювіально-озерно-болотні суглинки з ознаками замулення та слабкої торфуватості, а також еолово-делювіальні супіски.

Клімат

Через рівнинний характер рельєфу Волинської області істотних територіальних відмінностей температурного режиму не спостерігається. Клімат помірний та вологий, з м'якою зимою, частими відлигами, помірно теплим літом і значною кількістю опадів. Взимку простежується поступове зниження температури з заходу на схід.

За даними «ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія» [5], найтеплішим серед зимових місяців є грудень із середньомісячною температурою від $-1,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $-2,6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Найнижчі середні температури спостерігаються у січні – до $-5,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ на сході області.

Ділянка реконструкції автомобільної дороги належить до дорожньо-кліматичної зони У-1, яку характеризує підвищене зволоження в окремі сезони.

Згідно з [5], район має такі кліматичні параметри:

- середньорічна температура повітря – $+7,2\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- мінімальна температура – $-34\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- максимальна температура – $+38\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- найтепліший місяць – липень ($+18,56\text{ }^{\circ}\text{C}$);

- найхолодніший місяць – січень (-4,6 °С);
- тривалість періоду із середньодобовою температурою нижче 0 °С – близько 105 діб.

Дати переходу температури:

- через 0 °С: 10 березня (весна) та 1 грудня (осінь);
- через +10 °С: 24 квітня (весна) та 4 жовтня (осінь).

Кліматичні умови також характеризуються:

- 37 днями з туманами на рік;
- 30 грозовими днями;
- 5–10 днями з ожеледицею.

Середньорічна кількість опадів становить 679 мм, з яких 444 мм припадає на теплий період і 235 мм – на холодний. Середня найбільша висота снігового покриву – 24 см, а розрахункова (раз на 20 років) – 34 см. Нормативна глибина промерзання ґрунту – 80 см. Переважаючі напрямки вітру – західний (22 %) та північно-західний (20 %).

Таблиця 1.1 – «Кліматична характеристика Волинської області»

Умовні позначення	Величини по місяцях											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T, год,хв	8,20	9,58	11,48	13,46	15,30	16,31	16,08	14,40	12,32	10,49	8,56	7,58
t _n , град.	-4,9	-3,9	0,5	7,3	13,7	17,0	18,6	17,6	13,2	7,7	2,3	-2,1
h _n , см	44	54										26
V, м/с	4,7	4,7	4,8	4,2	4,1	3,4	3,3	3,1	3,0	3,7	4,2	4,4
M	SE	E	SW	SW	NE	NE	E	E	E	SW	SW	SW
C, мм	48	48	41	42	50	70	56	42	33	41	44	50
N ₅	1.3	1.4	1.6	1.9	2.5	3.1	2.9	2.2	1.8	2.0	2.2	2.8
h _c , см	8	9	3									3

T, год.,хв. – середня тривалість дня на 15 число кожного місяця;

тв, °С – середня місячна температура повітря;

V, м/с – середня місячна швидкість повітря;

B – переважаючий напрям вітру;

C, мм – середня кількість опадів;

N>5мм – число днів з опадами, що перевищують 5мм на добу;

Nхурт – число днів з хуртовинами;

Hс, см – середня місячна висота снігового покриву.

Таблиця 1.2 – Повторюваність напрямків вітрів та штилів:

Місто	Поточний напрям вітру %, штилів %																	
	Січень									Липень								
	Пн	Пн-Сх	Сх	Пд-Сх	Пд	Пд-Зх	Зх	Пн-Зх	штиль	Пн	Пн-Сх	Сх	Пд-Сх	Пд	Пд-Зх	Зх	Пн-Зх	штиль
Усти- луг	4	4	8	13	18	14	22	20	7	7	6	7	8	10	12	22	20	14

«Календарна тривалість будівельного періоду:

Таблиця 1.3 – Календарна тривалість будівельного періоду Тк (дні) за кліматичними умовами для Волинської області

Групи робіт												а, см/доб у
I			II			III			IV			
T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	
11/III	25/X	259	5/I V	2/ X	180	25/I V	2/X	160	28/ V	3/I X	98	2,5

T1 – початок будівельного сезону;

T2 – закінчення будівельного сезону;

T3 – тривалість будівельного сезону;

а, см/добу – швидкість відтавання ґрунту; Роза вітрів;

На території України виділено 16 дорожніх районів. Дорожнє районування України приведено на прикладеній карті (рисунок 1.1).

На карті шифровка районів приведена а такий спосіб – перша (римська) цифра позначає дорожню зону; букви Р чи Г позначають дорожню область (рівнинна чи гірська) і третя (арабська) – дорожній район.



Рисунок 1.1 – Дорожнє районування України

Волинська область належить до 2 району, отже характеристики будуть наступними:

Таблиця 1.4 – Дати температурних переходів навесні

Температура повітря січня, °С	Температура повітря липня, °С	Дата переходу у весняний період середньодобової температури повітря через			
		0°	5°	10°	15°
-4,9	+18,4	9.III-13.III	5.III-7.III	26.IV	21.V

Таблиця 1.5 – Дати температурних переходів восени

Дати переходу в осінній період середньодобової температури повітря через				Число днів і році із середньодобовою температурою повітря вище			
0°	5°	10°	15°	0°	5°	10°	15°
26.XI-25.XI	30.X-27.X	7.X-4.X	4.IX	259	205	161	107

Таблиця 1.6 – Температура ґрунту, вологість повітря

Температура ґрунту на висоті 40см			Сонячна радіація, ккал/см тепле півріччя	Відносна вологість повітря, %		
Березень-квітень	Червень-липень	Вересень-жовтень	Холодне півріччя	весна	літо	осінь
2,1	16,8	11,6	22-23	62	58	69

Таблиця 1.7 – Кількість опадів для умов України

Сума опадів за рік, мм	Сума опадів за літній період	Кількість днів з опадами 5 мм						Колівання (чисельник) і середньомаксимальна вологість за зиму декадна, висота снігу, см
		IV	V	VI	VII	VIII	IX	
600	400-500	2,7	3,5	5,0	5,0	4,3	3,4	$\frac{15-22}{17}$

Таблиця 1.8 – Характеристика ґрунтів України

Кількість днів з сніговим покривом	К-ть днів у році з ожеледдю	Типові ґрунти	Типові ґрунти	Межа текучості	
				від - до	середня
60-90	20-30	Підзольні та дерново-підзольні ґрунти з торф'яно-болотними	Суглинок	31,9-28,5	30,2

Таблиця 1.9 – Показники вологості ґрунтів

Середньо відносна вологість ґрунту у верхній частині поля						Оптимальна вологість ґрунту %	Оптимальна щільність ґрунту г/см
весна		літо		осінь			
%	відносна	%	відносна	%	відносна		
22,4	0,74	19,1	0,63	18,6	0,62	18,1	1,75» [5].

Орогідрографія

У геоморфологічному відношенні територія, що розглядається, розташована в межах Сокальсько-Торчинської пасмової височини, для якої характерна наявність долинних понижених і переважно заболочених форм рельєфу.

Основними водними об'єктами цього району є річка Західний Буг та річка Студянка.

Рельєф ділянки проектування має хвилястий характер. Згідно з класифікацією умов зволоження, переважна частина території відноситься до 1-го типу, а понижені фрагменти – до 2-го типу (від ПК 7+12 до ПК 9+03).

Інженерно-геологічна будова ділянки

На основі виконаних інженерно-геологічних досліджень та результатів лабораторного аналізу виокремлено такі інженерно-геологічні елементи (ІГЕ):

- ІГЕ-1 – ґрунти насипного походження: пісок, супісок, жорства, щебінь, бита цегла (п. 36а);
- ІГЕ-2 – суглинок замулений з вмістом органічних домішок (п. 35а);
- ІГЕ-3 – суглинок слабозаторфований із прошарками замулених пісків (п. 35а);
- ІГЕ-4 – суглинок середньозаторфований з піщаними замуленими прошарками (п. 35а);
- ІГЕ-5 – суглинок замулений (п. 35а);
- ІГЕ-6 – супісок пластичний (п. 36а);
- ІГЕ-7 – супісок твердий, макропористий (п. 36а).

Напластування та потужність зазначених інженерно-геологічних елементів по ділянці ПК 4+20 – ПК 11+23 представлені на поздовжньому профілі.

Гідрогеологічні умови

Територія відзначається наявністю водоносного горизонту, пов'язаного з алювіально-озерно-болотними відкладами четвертинного періоду. Водоносними породами виступають замулені та торфуваті суглинки, а також пластичні супіски.

Поповнення водоносного горизонту здійснюється переважно шляхом інфі-

льтрації атмосферних опадів. У долинній частині річки Студянки рівень ґрунтових вод контролюється рівневими коливаннями як річки Західний Буг, так і річки Студянка.

Під час бурових робіт (березень 2002 року) підземні води фіксувалися у свердловинах №1–6 на глибинах від 0,6 до 0,1 м.

Коливання рівня ґрунтових вод можливі в межах $\pm 1,0$ м.

Згідно з результатами хімічних аналізів, вода характеризується слабкою вуглекислотою агресивністю щодо бетонів нормальної щільності. За вмістом хлоридів (у режимі періодичного зволоження) вплив на залізобетонні конструкції оцінюється як слабоагресивний.

Сучасні фізико-геологічні процеси

В сучасних умовах на більшості території ділянки вишукувань активні фізико-геологічні процеси практично не проявляються, що загалом сприяє стабільності земляного полотна. Винятком є відрізок між ПК 7+12 та ПК 9+03, де траса проходить через понижену заболочену зону.

1.4 Особливості проекту реконструкції автомобільної дороги

Проектна ділянка дороги розташована в межах міста Устилуг Володимирського району Волинської області та слугує під'їзним відрізком до міжнародного автомобільного пункту пропуску «Устилуг», який здійснює пропуск лише легкових транспортних засобів.

Ця автомобільна дорога є однією з важливих транспортних магістралей, що поєднує Україну з країнами Європейського Союзу та веде безпосередньо до пункту пропуску «Устилуг–Зосін».

Місто Устилуг розташоване у західній частині Волинської області, безпосередньо на державному кордоні з Польщею.

З заходу воно обмежене кордоном, з півночі – річкою Луга, з півдня – річкою Студянка, а з південного сходу – залізничною лінією Володимир – Устилуг – Зо-

син (державний кордон).

Митний пункт розміщений на південно-західній околиці міста, на правому березі Західного Бугу, поруч із існуючим мостом протяжністю 162 м. Під'їзд до митниці здійснюється автомобільною дорогою Н-22 Устилуг – Луцьк – Рівне, яка має категорію II на позаміських ділянках і статус магістральної вулиці в межах населеного пункту. Наразі дорога проходить центральною частиною міста, а протяжність урбанізованої ділянки становить близько 2,0 км.

Для забезпечення належного транспортного сполучення з митницею передбачена реконструкція існуючої дороги на відтинку від км 0+420 до км 3+600 з опрацюванням варіантів обходу центральної частини міста.

Оскільки проектна ділянка знаходиться в межах населеного пункту, реконструкція виконується відповідно до вимог ДБН Б.2.2-12:2018 та ДБН В.2.3-5:2018 як магістральної вулиці з такими параметрами:

- розрахункова швидкість – 80 км/год;
- мінімальний радіус кривої в плані – 250 м;
- максимальний поздовжній ухил – 60 ‰;
- ширина проїзної частини – $7,5 + 2 \times 0,75$ м;
- дорожній одяг – капітального типу.

Початок проектної ділянки (ПК 4+20) встановлено на в'їзді на територію митниці, що відповідає км 0+420 дороги Устилуг – Луцьк – Рівне, а завершення – на км 3+600. Реконструкцію визначено виконувати чергами (пусковими комплексами).

Автомобільною дорогою Н-22 здійснюються перевезення промислових, сільськогосподарських, торговельно-постачальних вантажів, а також пасажирські транспортні операції. Спостерігається стале зростання частки вантажного та індивідуального автомобільного транспорту.

Відповідно до прогнозованої 14-річної інтенсивності руху ділянку, що проектується, віднесено до IV категорії [2].

Структура транспортного потоку:

- вантажні легкі – 6,8 ‰;

- вантажні середні – 3,1 %;
- важковагові – 12,4 %;
- автобуси – 1,3 %;
- легкові – 76,4 %.

Основні технічні параметри проектування [2]:

- категорія дороги – IV;
- розрахункова швидкість – 90 км/год;
- кількість смуг – 2;
- ширина смуги – 3,0 м;
- ширина земляного полотна – 10 м.

Загальна протяжність ділянки, що підлягає капітальному ремонту, становить 3,180 км.

Траса проекту загалом співпадає з існуючою віссю дороги, за винятком фрагменту, де заплановано будівництво нової ділянки. Нормативна видимість у плані забезпечується в повному обсязі.

Проект передбачає вирубку придорожніх насаджень у місцях примикань та на відтинках, де дерева розташовані ближче 11,25 м до крайки проїзної частини – з метою забезпечення достатньої видимості.

Спеціальні заходи щодо зміцнення земляного полотна на ділянці не потрібні. Водовідвід виконується за рахунок існуючих резервів, природного рельєфу та запроектованих бокових каналів. Укріплення каналів передбачено засівом багаторічних трав, улаштуванням шару щебеню 0,10 м або бетонним облицюванням товщиною 0,10 м по щебеневій основі 0,10 м.

Крутизна укосів існуючого насипу становить від 1:1 до 1:4. Максимальний поздовжній ухил – 35 ‰. Коефіцієнт ущільнення ґрунтів земляного полотна – 0,95–0,97.

Проектом прийнято ширину земляного полотна 10 м, крутизну укосів – 1:4.

1.5 План траси

Під час розроблення проєкту реконструкції автомобільної дороги Устилуг–Луцьк–Рівне на ділянці км 0+420 – 3+600 у Волинській області було опрацьовано декілька можливих варіантів її трасування. На основі детального аналізу району проходження дороги, збирання даних щодо стану вуличної мережі м. Устилуг, виконання комплексних інженерно-геодезичних та інженерно-геологічних вишукувань, а також урахування напрацювань попередніх проєктів і вимог екологічної безпеки, було обрано варіант №2.

Станом на сьогодні триває будівництво від ПК 4+20 до ПК 11+23 за новим напрямком: від ПК 5 до ПК 7 – через житлову забудову, а далі траса проходить між залізничною колією та крайніми житловими масивами.

Мінімальний радіус кривої в плані становить 250 м, за винятком початку траси, де він дорівнює 60 м. Таке рішення зумовлене розташуванням митного поста та специфікою під'їзду до його території, де рух транспорту обмежується зниженою швидкістю та передбачає обов'язкову зупинку.

Основні параметри плану траси на ділянці ПК 4+20 – ПК 11+23:

- загальна довжина – 0,703 км;
- кількість поворотних кутів – 2;
- радіуси кривих – 60 м і 250 м;
- сумарна довжина кривих – 508,86 м;
- довжина прямих ділянок – 194,14 м.

Планувальні характеристики відповідають вимогам [4] щодо магістральних вулиць у малих містах.

1.6 Висновки до розділу 1

У першому розділі магістерської роботи виконано всебічний аналіз території, в межах якої передбачається реконструкція автомобільної дороги. Досліджено природні, кліматичні та інженерно-геологічні умови району, що визначають вибір

конструктивних і технологічних рішень. Наведено техніко-економічну характеристику зони реконструкції, яка дає змогу оцінити соціальну значущість об'єкта та обґрунтувати економічну доцільність виконання робіт.

У розділі також подано план автомобільної дороги, визначено потребу в дорожньо-будівельних матеріалах і узагальнено основні технічні показники проєктованої ділянки. Представлені дані слугують вихідною основою для подальших проєктних розрахунків та обґрунтування прийнятих інженерних рішень у наступних розділах роботи.

Розділ 2. КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ

2.1 Штучні споруди

Водопронускні труби

Робочим проєктом реконструкції автомобільної дороги заплановано влаштування залізобетонних водопровідних труб: з отвором 1,5 м на ПК 7+91 та з отвором 0,75 м на ПК 11+00.

Конструктивні рішення щодо труб обрані на підставі виконаних гідрологічних розрахунків, а також аналізу порівняльної вартості при використанні типових залізобетонних елементів [6].

2.2 Пересічення та примикання

На відрізку від ПК 4+20 до ПК 11+23 передбачено влаштування чотирьох примикань: на ПК 4+85 з обох боків, на ПК 10+73 ліворуч та на ПК 11+23.

У зоні примикання на ПК 4+85 ліворуч, що веде на вулицю Леванцова, проєктом передбачено влаштування дорожнього одягу такої конструкції: на розширенні:

- підстильний піщаний шар завтовшки 30 см;
- нижній шар основи зі щєбеневої суміші С-5 завтовшки 18 см;
- верхній шар основи зі щєбеню, просоченого бітумом БНД 90/130, товщиною 8 см.

Покриття виконується з гарячої дрібнозернистої щільної асфальтобетонної суміші типу А, марки І.

На ділянці посилення існуючого дорожнього одягу з'їзду запроєктовано вирівнювальний шар під асфальтобетонне покриття з тієї ж суміші. Радіуси заокруглення становлять 20 м та 42 м у межах чинного з'їзду з виходом на існуючу вулицю, де ширина покриття – 7,50 м. Передбачено облаштування двостороннього тротуару шириною 1,5 м. Довжина з'їзду – 35 м. Роботи з влаштуван-

ня тротуарів уже виконані.

На ПК 4+85 праворуч передбачено з'їзд до села Хотячів довжиною 268 м. Ширина проїзної частини становить 4,4 м, узбіччя – 1,0 м, а ширина одностороннього тротуару – 1,0 м. Радіуси заокруглення на примиканні до основної дороги прийняті відповідно до п. 2.32 ДБН В.2.3-5:2018: 12,0 м, а у стислих умовах – 9 м і 6 м. Конструкція дорожнього одягу включає: піщаний підстиляючий шар 30 см, основу з фракціонованого щебеню товщиною 18 см та щебеневе покриття, просочене бітумом БНД 90/130, товщиною 8 см з одиночною поверхневою обробкою на тому ж бітумі.

Варто зазначити, що підстиляючий шар та основу на головній ділянці з'їзду вже виконано. На з'їзді влаштовуються в'їзди до приватних господарств: на ПК 0'+20 – два в'їзди, на ПК 2'+04 – один. Покриття на в'їздах ПК 0'+20 виконується за типом основного дорожнього одягу з'їзду, із заміною фракційного щебеню на суміш С-5 відповідно до оновлених норм.

На в'їзді ПК 2'+04 передбачено покриття зі щебеневої суміші С-5 завтовшки 15 см.

На з'їзді ПК 0'+25 та в'їзді ПК 2'+04 встановлюються залізобетонні труби діаметром 0,5 м.

На ПК 10+73 ліворуч запроектований проїзд до міста Устилуг довжиною 46 м, із шириною покриття 6,0 м, одностороннім тротуаром та узбіччям 1,0 м. Радіус заокруглення – 6,0 м. Конструкція дорожнього одягу відповідає конструкції з'їзду на ПК 4+85 праворуч. Роботи з улаштування дорожнього одягу вже виконано.

На ПК 11+23 облаштовано примикання до вулиці Пархоменка та залізничного переїзду. Радіуси заокруглення становлять 12,0 м та 6,0 м. Конструкція дорожнього одягу включає: піщаний підстильний шар 30 см, основу зі щебеневої суміші С-5 товщиною 18 см, покриття зі щебеню, просоченого бітумом БНД 90/130, завтовшки 8 см з одиночною поверхневою обробкою.

Укріплення узбіч на з'їздах передбачено шляхом засівання трав по рослинному ґрунту.

2.3 Тротуари та пішохідні доріжки

На даному відрізку дороги розташована житлова забудова. Проектом передбачено улаштування тротуару шириною 2,25 м, а на ділянці зі стислими умовами між ПК 10+74 та ПК 11+23 – шириною 1,5 м.

Конструкція тротуару включає асфальтобетонне покриття завтовшки 4 см, укладене на щебенеvu основу завтовшки 10 см, із двостороннім обрамленням бетонним поребриком.

Станом на час коригування проектно-кошторисної документації було виконано улаштування тротуару на ділянці від ПК 7+98 до ПК 11+23, але без встановлення бетонного поребрика.

У рамках коригування проекту передбачається монтаж бетонного бортового каменю БР 100.20.8 та улаштування асфальтобетонного шару товщиною 5 см на основі з фракціонованого щебеню завтовшки 12 см.

2.4 Дорожній одяг

Згідно з техніко-економічним обґрунтуванням, будівництво дороги повинно здійснюватися за параметрами другої категорії та вимогами до магістральної вулиці районного значення, із застосуванням дорожнього одягу капітального типу. Враховуючи прогнозовану інтенсивність руху на 15-річну перспективу – 3950 авт./добу, було визначено необхідний модуль пружності конструкції, який склав 220 МПа. Водночас відповідно до «ГБН В.2.3-37641918-557 Автомобільні дороги. Дорожній одяг нежорсткий. Проектування» [7], для дороги цієї категорії мінімальний модуль має становити $E_{min} = 235$ МПа, а коефіцієнт запасу міцності – не менше 1,43. На основі цих вимог були виконані розрахунки варіантів конструкцій дорожнього одягу.

За результатами розрахунків, техніко-економічного обґрунтування та погодження Державного агентства автомобільних доріг України, для будівництва були прийняті такі конструкції нового дорожнього одягу:

Тип 1 (ділянка ПК 7+91 – ПК 11+23):

- фракціонований щебінь, укладений способом заклинювання («ДСТУ 9177-2 Матеріали щебеневі та гравійні для дорожнього будівництва. Технічні умови. Частина 2. Матеріали неукріплені» [8].) – 16 см;

- фракціонований щебінь, оброблений бітумом методом просочення на глибину 6 см («ДСТУ 9177-3 Матеріали щебеневі та гравійні для дорожнього будівництва технічні умови. Частина 3. Матеріали, укріплені мінеральними в'язучими» [9].) – 14 см;

- чорний щебінь (ДСТУ 9177-2 [8]) – 8 см;

- гарячий крупнозернистий щільний асфальтобетон типу А, марка І («ДСТУ Б В.2.7-119:2011 Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон дорожній та аеродромний. Технічні умови» [10].) – 10 см;

- ЩМА-20 з модифікованим бітумом («ДСТУ Б В.2.7-127:2015 Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон щебенево-мастикові. Технічні умови» [11].) – 5 см.

Тип 2 (ділянка ПК 4+60 – ПК 7+91):

- щебенево-піщана суміш С-5 (ДСТУ 9177-2 [8]) – 24 см;

- оптимальна щебенево-піщана суміш ЩПС-40, укріплена цементом М20 (ДСТУ 9177-3 [9]) – 17 см;

- розлив бітумної емульсії ЕКШ-50 – 0,3 л/м²;

- гарячий крупнозернистий пористий асфальтобетон типу А, марка І (ДСТУ Б В.2.7-119:2011 [10]) – 10 см;

- розлив бітумної емульсії ЕКША-50 – 0,3 л/м²;

- гарячий крупнозернистий щільний асфальтобетон типу А, марка І (ДСТУ Б В.2.7-119:2011 [10]) – 10 см;

- ЩМА-20 з модифікованим бітумом (ДСТУ Б В.2.7-127:2015 [11]) – 5 см.

Конструкція дорожнього одягу за типом 1 на відрізку ПК 7+98 – ПК 11+23 була виконана станом на 2008 рік, однак без верхніх шарів покриття.

Тип 3 – конструкція посилення (ПК 4+60 – ПК 11+4+88):

Існуючий дорожній одяг:

- піщаний шар – 16 см;
- щебінь – 26 см;
- щебінь, оброблений способом просочення – 8 см;
- дрібнозернистий щільний асфальтобетон – 5 см.

Посилення:

- холодне фрезерування покриття на глибину до 3 см;
- розлив бітумної емульсії ЕКШ-50 – 0,6 л/м²;
- вирівнювальний шар асфальтобетону АСГ.Др.Щ.А.НП.І. на бітумі БНД 60/90, середня товщина – 5 см;
- розлив бітумної емульсії ЕКШМ-50 – 0,6 л/м²;
- шар ЩМА-20 з модифікованим бітумом (ДСТУ Б В.2.7-127:2016) – 5 см.

Поперечний профіль проїзної частини передбачено двоскатним, з ухилом 25 ‰; узбіччя – 50 ‰. На кривих у плані запроектовано віражі з ухилом 40 ‰ та розширенням проїзної частини.

Проектування конструкцій дорожнього одягу виконували з використанням комп'ютерної програми **РАДОН Україна**, яка здійснює розрахунок нежорстких дорожніх конструкцій відповідно до нормативів України, Білорусі та РФ, а також дозволяє обирати найбільш ефективні конструктивні рішення. Програма базується на методах теорії пружності та забезпечує можливість оптимізації шляхом варіювання товщин шарів, використання додаткових конструктивних елементів чи місцевих матеріалів.

Для виконання розрахунків використовували такі вихідні дані: – кліматичні умови району, рельєф, глибина промерзання, гідрологічні та геологічні характеристики;

– необхідний рівень надійності конструкції та її розрахунковий термін служби;

– параметри додаткових шарів (дренуючого, морозозахисного, теплоізоляційного) у разі їх застосування;

– склад і інтенсивність руху на початковий рік, темпи росту або прогнозована інтенсивність на розрахунковий період;

- дані про конструкцію дорожнього одягу нового будівництва або про модуль пружності та залишкові характеристики існуючої конструкції — у разі посилення;
- мінімальні та максимальні товщини шарів, а також крок зміни товщини для варійованих шарів;
- фізико-механічні властивості матеріалів.

На ділянках, де планується збереження або часткове використання існуючого дорожнього одягу, проєктування виконується відповідно до спеціальних норм та базується на детальних даних обстежень, бурових робіт та лабораторних випробувань.

Для моделювання навантаження використовується схема передачі зусиль через гнучкий круговий штамп діаметром D , який рівномірно розподіляє тиск p від колеса автомобіля. Як розрахунковий застосовують найважчий тип транспортного засобу, частка якого у потоці становить не менше 10 %.

Інтенсивність впливу навантаження на конструкцію оцінюється через такі показники:

- N – перспективна середньодобова інтенсивність руху;
- Np – приведена кількість проїздів коліс на одну смугу;
- $Np\Sigma$ – сумарна кількість повторень розрахункового навантаження за весь термін служби.

Перспективні значення встановлюються шляхом аналізу динаміки перевезень і результатів економічних обстежень.

2.5 Доступність об'єкта будівництва для маломобільних груп населення

У кваліфікаційній роботі на тему «Проект реконструкції автомобільної дороги Устилуг – Луцьк – Рівне (об'їзд м. Устилуг)» прийнято проєктні рішення, спрямовані на забезпечення доступності об'єкта для маломобільних груп населення (МГН). Запроєктовані заходи відповідають вимогам «ДБН В.2.2-40:2018

Інклюзивність будівель і споруд. Основні положення» [12] та «ДСТУ-Н Б В.2.2-31:2011 Настанова з облаштування будинків і споруд елементами доступності для осіб з вадами зору та слуху» [13].

У межах роботи передбачено реалізацію таких інженерних рішень:

- у зонах перетину пішохідних і транспортних потоків запроєктовано безбар'єрне сполучення покриттів із пониженим бортовим каменем висотою до 0,025 м;
- на підходах до пішохідних переходів влаштовуються тактильні дорожні покажчики шириною 0,5 м, розміщені на відстані 0,8 м від небезпечної ділянки;
- дорожні знаки встановлюються на висоті не менше 2,0 м від рівня проїзної частини.

Зазначені заходи у сукупності створюють умови для безпечного та зручного пересування маломобільних груп населення на розглянутій ділянці автомобільної дороги.

2.6 Висновок по розділу 2

Проектні рішення щодо конструкції дорожнього одягу розроблені з урахуванням категорії автомобільної дороги, прогнозованої інтенсивності руху, а також інженерно-геологічних, гідрогеологічних і кліматичних умов регіону, що забезпечує надійність та довговічність експлуатації дороги. Проект передбачає як посилення існуючого покриття, так і влаштування нових конструктивних шарів, зокрема дренажних і вирівнювальних шарів, асфальтобетонних покриттів різних типів та цементно-щебених основ із використанням сучасних матеріалів і технологій ущільнення.

Поздовжній та поперечний профілі автомобільної дороги приведені у відповідність до рельєфу місцевості та забезпечують комфортні й безпечні умови руху як у межах населених пунктів, так і за їх межами. Конструкція земляного полотна враховує природні умови території, рівень зволоження ґрунтів і залягання ґрунтових вод, із застосуванням заходів щодо укріплення укосів, органі-

зації дренажу та використання місцевих матеріалів для влаштування насипів і розширень.

Особливу увагу приділено технології укладання асфальтобетонних шарів, забезпеченню необхідного температурного режиму під час виконання робіт та досягненню проектної щільності покриття. Технологічні процеси передбачають контроль якості матеріалів, оптимальне співвідношення товщини шарів і гранулометричного складу, що сприяє формуванню однорідної структури дорожнього одягу та підвищенню строку його служби.

У результаті прийняті конструктивні та технологічні рішення забезпечують ефективну роботу автомобільної дороги, підвищують рівень безпеки й комфорту учасників дорожнього руху та гарантують економічну доцільність капітального ремонту з урахуванням місцевих умов і сучасних вимог дорожнього будівництва.

Розділ 3. ТЕХНОЛОГІЯ І ОРГАНІЗАЦІЯ РОБІТ

3.1 Дорожньо-будівельні матеріали

Для спорудження земляного полотна на ділянці залишкових робіт від ПК 4+60 до ПК 7+98 планується використовувати ґрунт із виїмки та з резерву ґрунту №6, розташованого за 1 км на південь від села Забужжя Володимирського району Волинської області. Площа цього резерву становить 2,15 га. Відстань від резерву до ПК 7+00 проєктної ділянки автомобільної дороги Устилуґ–Луцьк–Рівне, на якій залишилося виконати роботи, складає 5,0 км. Схему під'їзду до резерву додано.

Основу порід резерву становлять пилюваті піски та супіски. Піски мають строкате забарвлення – від жовтого до темно-сірого. За гранулометричним складом переважають дрібні та пилюваті піски з прошарками й включеннями супісків.

Фізико-механічні характеристики ґрунтів наведено у паспорті резерву. Під час його розробки родючий шар ґрунту знімається та тимчасово складається у бурти для подальшого використання під час рекультивації відпрацьованої ділянки.

Запаси ґрунту у розвіданому резерві становлять:

- піску дрібного – 1224 м³;
- піску пилюватого – 11180 м³.

3.2 Підготовчі роботи

3.2.1 Відведення і рекультивація земель

Проєктна ділянка дороги пролягає в межах Устилузької міської ради Володимирського району Волинської області.

Для розміщення земляного полотна на відрізку ПК 4+20 – ПК 11+23 необхідно здійснити відведення земель у постійне користування загальною площею

2,9459 га. До цієї площі входять: рілля – 0,7384 га, сіножаті – 0,9275 га, існуючі вулиці та провулки – 0,21 га, площі під водою – 0,255 га, землі без рослинного покриву (схили) – 0,1775 га, території під житловою забудовою – 0,3414 га, а також землі під залізничними об'єктами – 0,2961 га.

У тимчасове користування передається 10,4873 га земель, із них 10,4123 га – землі Устилузької міської ради, у тому числі: рілля – 0,4547 га, сіножаті – 1,4216 га, пасовища – 1,554 га, вулиці й провулки – 0,11 га, площі під водою – 0,207 га, порушені землі – 6,74 га, ділянки під житловою забудовою – 0,269 га. Крім того, 0,0750 га передано з земель Львівської залізниці.

Після завершення реконструкції дороги земельні резерви ґрунту передбачено рекультивувати з подальшим використанням у сільському господарстві. На даний час залишається виконати рекультивацію резерву ґрунту №6. Матеріали щодо виконання цих робіт наведені у паспортах технічної рекультивації резервів.

3.2.2 Перевлаштування інженерних комунікацій

Переобладнання та перенесення інженерних мереж виконано відповідно до чинних норм і правил щодо будівництва наземних і кабельних ліній, а також на підставі технічних умов та погоджень, виданих їх власниками.

На поточному етапі необхідно влаштувати захисний металевий футляр на водогоні в місці його перетину з дорогою на ПК 5+02, а також здійснити перевлаштування обладнання сигналізації залізничного переїзду.

3.2.3 Вирубівання дерев

Перед початком робіт зі спорудження земляного полотна заплановано видалення фруктових та декоративних дерев, що потрапляють у зону забудови. Загалом підлягає вирубуванню 269 дерев, з яких залишилося ліквідувати 215.

3.2.4 Знесення будівель та споруд

На ділянці нового напрямку дороги від ПК 5+00 до ПК 11+00 передбачено

демонтаж 11 існуючих житлових будинків, а також низки господарських споруд.

Перед улаштуванням земляного полотна необхідно виконати розбирання будівель та вивезення будівельного сміття на відповідне сміттєзвалище.

3.2.5 Інші роботи

На відрізку ПК 5+00 – ПК 6+20 виявлено залишки давнього поселення. Відповідно до законодавства у сфері охорони культурної спадщини, до початку земляних робіт необхідно провести археологічні дослідження та розкопки.

3.3. Земляне полотно та дорожній одяг

3.3.1 Поздовжній профіль

Поздовжній профіль незавершеної до будівництва ділянки розроблено відповідно до вимог ДБН В.2.3-5:2015. Він забезпечує розрахункову швидкість руху в умовах населеного пункту 80 км/год, а проектні відмітки прийняті на рівні 0,05 м вище існуючого дорожнього покриття.

Основні параметри поздовжнього профілю:

- найбільший поздовжній ухил – 34,3 ‰;
- мінімальні радіуси вертикальних кривих у межах населеного пункту:
 - випуклі – 4000 м;
 - увігнуті – 4000 м.

3.3.2 Земляне полотно

Проектування земляного полотна виконано з урахуванням рельєфу, кліматичних чинників та інженерно-геологічних умов району в II дорожньо-кліматичній зоні. Рішення прийнято відповідно до ДБН В.2.3-4:2015 [2], ДБН В.2.3-5:2018 [4] та рекомендацій ТП 503-0-48.87 «Земляне полотно автомобільних доріг».

Високі насипи (понад 6 м) запроектовані на основі виконаних розраху-

нків їх стійкості.

Оскільки період природної консолідації насипу на ділянці з торфовими ґрунтами у основі значно перевищує строки будівництва, на відрізьку ПК 7+06 – ПК 9+11 передбачено повну заміну слабкого ґрунту на глибину до 4,8 м дренавальним дрібним піском.

Для підвищення стійкості земляного полотна з ПК 7+03 до ПК 9+46 передбачено армування нижніх шарів геотекстилем.

Параметри укосів насипу:

- при висоті до 2,0 м – крутизна 1:4;
- при висоті понад 2,0 м – 1:1,5, із влаштуванням бар'єрного огороження.

Ширина земляного полотна від ПК 4+60 до ПК 11+23 становить 18,0 м, на кривих збільшується до 18,88 м. Оскільки ділянка проходить у межах населеного пункту, запроектовано односторонні тротуари шириною 2,25 м, а в стиснених умовах між ПК 10+73 та ПК 11+23 – 1,5 м. Додатково, у зоні автостоянки передбачено тротуар шириною 1,5 м (праворуч).

Перед улаштуванням насипу на ділянці ПК 7+00 – ПК 8+00 здійснюється зняття родючого шару ґрунту з подальшим складуванням у межах тимчасового відводу.

Загальний обсяг родючого ґрунту – 7534 м³, з них 2704 м³ використовується для укріплення укосів, решта – вивозиться до резерву на 5 км для покращення малопродуктивних земель.

Нижня частина насипу (до 0,5 м над максимальною відміткою високих вод) і верхня частина земляного полотна товщиною 0,37 м виконуються з піску. У виїмках передбачено заміну ґрунту на непучинистий (пісок) на глибину 0,37 м.

Коефіцієнти ущільнення:

- для земляного полотна – 0,98, відносне ущільнення – 1,08;
- у нижній частині насипу (до +0,5 м над рівнем високої води) – 0,95, відносне – 1,05.

Модуль пружності верху земляного полотна – не менше 54 МПа.

Розроблення ґрунту у виїмці та переміщення:

- до 100 м – бульдозерами,
- понад 100 м – екскаватором з транспортуванням автосамоскидами на 1 км.

Ґрунт із резерву №6 доставляється екскаваторами та автосамоскидами на віддаль 5 км.

На косогорах передбачено нарізання уступів, а на підтоплюваних ділянках – укріплення полотна кам'яним накидом 0,4 м.

Обсяги робіт визначено аналітичним методом за поперечними профілями.

Загальний обсяг оплачуваних земляних робіт – 170 437 м³, з яких залишилось виконати 36 901 м³.

Укріплення укосів виконується:

- засівом трави з нанесенням родючого шару 0,15 м – 13 113 м²;
- кам'яним укріпленням – 2753 м².

Укріплення бокових канав:

- засів трави – 2435 м²;
- щебенеve дно 0,10 м – 64 м²;
- кам'яне мощення 0,15 м – 459 м².

У стиснених умовах (ПК 9+36 – ПК 10+51) – лотки Л-2 (75 м) та Б-7 (40 м).

Для зменшення вібрації поблизу житлової забудови влаштовуються антивібраційні екрани:

- ПК 4+98 – ПК 6+28 – 260 м (ще не збудовано);
- ПК 9+29 – ПК 11+12 – 183 м (збудовано).

Конструктивні рішення наведено на арк. АД.03, АД.04.

Водовідведення забезпечуються очисними спорудами з масловловлювачами (серії 3.900.1-14, вип. 1 та 816-2-1).

3.3.3 Дорожній одяг

Асфальтобетонне покриття влаштовують із гарячих сумішей у суху погоду:

- навесні та влітку – при температурі повітря не нижче +5°C,
- в інші теплі періоди — не нижче +10°C.

Технологія влаштування асфальтобетону включає такі етапи:

1. приготування суміші на АБЗ;
2. підготовка основи;
3. укладання суміші асфальтоукладальником;
4. ущільнення.

Підготовка основи

Для забезпечення зчеплення між основою та новим шаром покриття виконується підгрунтування бітумною емульсією або рідким/розрідженим в'язким бітумом.

Основа перед обробкою повинна бути сухою, чистою, рівною та без дефектів.

Нанесення бітумних матеріалів здійснюється автогудронаторами при температурі повітря +5...+40°C. Якість визначається рівномірністю розподілу, що забезпечується правильно підбраною висотою розподільної труби та кутом розпилення форсунок.

Укладання асфальтобетонної суміші

Транспортування включає завантаження, перевезення та вивантаження з контролем температури суміші, необхідної для нормальної роботи асфальтоукладальника та подальшого ущільнення.

При несприятливих погодних умовах роботи припиняються.

Ущільнення

Якість ущільнення забезпечується достатньою кількістю проходів котків та дотриманням температурного режиму на етапах:

- попереднього,
- проміжного,

- завершального ущільнення.

Перегрита суміш призводить до руйнування поверхні («провал» котка), а охолоджена – не ущільнюється та може пошкодити щебінь.

Ефективність ущільнення залежить також від співвідношення товщини шару та максимальних зерен заповнювача: якщо товщина менша ніж удвічі від найбільшої фракції, досягти необхідної щільності неможливо.

Застосовується таке ущільнювальне обладнання:

- котки статичної дії з гладкими вальцями;
- котки на пневматичних шинах;
- віброкотки.

3.4 Організація будівництва

3.4.1 Основні положення з організації будівництва

Організація реконструкції автомобільної дороги державного значення Н-22 Устилуг–Луцьк–Рівне на ділянці км 0+420 – км 1+123 здійснюється відповідно до вимог «ДБН А.3.1-5:2016 Організація будівельного виробництва» [14].

Реконструкцію проїзної частини виконують почергово – окремо на лівому та правому проїздах. Під час проведення робіт на одному з них, інший використовується для руху транзитного транспорту. Зона виконання робіт обладнується запобіжними та огорожувальними засобами, а тимчасові об'їзди – відповідними дорожніми знаками згідно з вимогами «СОУ 45.2-00018112-006:2006 Безпека дорожнього руху. Порядок огороження та організація дорожнього руху в місцях проведення дорожніх робіт з будівництва, реконструкції, ремонту та утримання автомобільних доріг» [15]. Схеми організації тимчасових об'їздів наведені у проектній документації.

Усі монтажні та будівельно-ремонтні роботи необхідно виконувати з дотриманням вимог техніки безпеки, передбачених «ДБН А.3.2-2-2009 Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека в будівництві. Основні положення» [16], а також інших нормативних актів, що регламентують

порядок виконання спеціальних робіт. Дотримання вимог «НПАОП 63.21-1.01-09 Правила охорони праці під час будівництва, ремонту та утримання автомобільних доріг» [17], є обов'язковим.

Вихідними даними для розроблення розділу «Організація будівництва» є:

- обсяги будівельних робіт;
- схема забезпечення будівництва основними матеріалами та виробами.

Генерального підрядника, який виконуватиме роботи, буде визначено за результатами тендерних процедур.

3.4.2 Розрахунок тривалості будівництва

Розрахунок тривалості реконструкції ділянки автомобільної дороги виконано відповідно до «ДСТУ Б А.3.1-22:2013 Визначення тривалості будівництва об'єктів» [18].

Термін завершення реконструкції визначено з урахуванням обсягів робіт, будівельних умов, а також аналізу можливості застосування сучасних будівельних матеріалів, машин і механізмів.

Найбільш трудомісткими залишаються роботи, пов'язані з доведенням земляного полотна до проектних параметрів та улаштуванням конструктивних шарів дорожнього одягу основної дороги й тротуарів.

Тривалість робіт T_{max} (діб), темп яких визначається продуктивністю провідної будівельної машини або механізму, розраховується за формулою:

$$T_{max} = \frac{M}{n \times t} \quad (3.1)$$

де M – машиномісткість, маш.змін;

n – кількість змін на добу, змін/добу;

t - кількість будівельних машин, механізмів.

Згідно з підсумковою відомістю використання ресурсів:

– для завершення робіт із влаштування земляного полотна необхідно:

$$T_{max} = \frac{M}{n \times t} = \frac{418,45}{1 \times 6} = 69,74 \text{ днів.}$$

– для улаштування покриття необхідно:

$$T_{max} = \frac{M}{n \times t} = \frac{117,6}{1 \times 4} = 29,4 \text{ днів.}$$

Загальна тривалість робіт із завершення земляного полотна та влаштування дорожнього одягу становить 99,14 днів, що еквівалентно $99,14 \div 19,6 \approx 5,1$ місяця.

На встановлення дорожніх знаків, огорожень та нанесення розмітки передбачено 0,7 місяця.

Отже, загальний термін завершення реконструкції ділянки автомобільної дороги державного значення Н-22 Устилуг–Луцьк–Рівне на відрізку км 0+420 – км 1+123 складе приблизно 5,8 місяця, що округлено до 6 місяців. Початок робіт заплановано на березень 2026 року, закінчення – на серпень 2026 року.

3.4.3 Забезпечення будівництва матеріалами та конструкціями

Забезпечення будівництва основними матеріалами, напівфабрикатами та конструкціями передбачене проектом відповідно до відомості джерел їх постачання та способів транспортування, наданої замовником.

3.5 Висновок до розділу 3

Організація і технологія будівництва на ділянці капітального ремонту автомобільної дороги ґрунтується на поетапному плануванні та узгодженні всіх виробничих процесів з метою раціонального використання матеріальних, технічних і трудових ресурсів. Постачання основних будівельних матеріалів, напівфабрикатів і конструкцій здійснюється відповідно до проектних відомостей, у

яких визначені джерела їх отримання та схеми транспортування, надані замовником.

Виконання будівельних робіт передбачене підрядним способом із обов'язковим дотриманням вимог охорони праці, промислової безпеки та санітарно-гігієнічних норм. Тривалість будівництва визначена з урахуванням загальних обсягів робіт, технологічної послідовності процесів, продуктивності будівельних машин і механізмів, а також необхідних технологічних перерв для набору міцності конструктивними елементами. Це дає змогу обґрунтувати загальний строк виконання робіт та забезпечити оптимізацію використання трудових і матеріальних ресурсів.

Застосування комплексного підходу до організації будівництва, логістичного забезпечення та контролю якості робіт сприяє своєчасному завершенню капітального ремонту та досягненню проєктних технічних показників автомобільної дороги.

Розділ 4. ОРГАНІЗАЦІЯ ДОРОЖНЬОГО РУХУ

4.1 Дорожні знаки.

Для забезпечення безпеки дорожнього руху та орієнтування водіїв проектом передбачено встановлення дорожніх знаків відповідно до вимог «ДСТУ 4100:2022 Безпека дорожнього руху. Знаки дорожні. Загальні технічні умови. Правила застосування» [19]. Щитки дорожніх знаків виготовляються з декапірованої листової сталі та покриваються світлоповертальною плівкою.

Загалом планується встановити 82 дорожніх знака, у тому числі:

- пріоритету – 17 шт.;
- заборонних – 2 шт.;
- інформаційно-вказівних:
 - типових – 46 шт.;
 - ЗІП – 7 шт.;
- додаткові таблички до дорожніх знаків – 10 шт.

Дорожні знаки монтуються на оцинкованих металевих опорах згідно з вимогами «СОУ 45.2-000181112-011:2006 Опори дорожніх знаків» [20].

4.2 Дорожня розмітка

Проектом передбачено нанесення дорожньої розмітки на проїзній частині відповідно до «ДСТУ 2587:2022 Безпека дорожнього руху. Розмітка дорожня. Загальні технічні умови» [21], з використанням структурного пластику холодного вкладання.

Основним завданням розмітки є забезпечення візуальної орієнтації учасників руху при виборі траєкторії, напрямку та режимів руху за різних дорожніх умов. Розмітка повинна бути чітко видимою як у світлу, так і в темну пору доби на безпечній відстані.

Функціональний термін служби постійної розмітки становить не менше

шести місяців, тимчасової – від одного до двох місяців.

Горизонтальна розмітка виконується білого кольору, за винятком:

- ліній типу 1.14.3 – комбіновані білий та червоний;
- лінії типу 1.1 – синього кольору, якими позначають відведені майданчики

для паркування на проїзній частині та біля бордюрів.

Тимчасова розмітка виконується оранжевим кольором. Контрастність горизонтальної розмітки відносно дорожнього покриття (білих та чорних елементів вертикальної розмітки) для щойно нанесеної розмітки повинна становити не менше 0,6, а під час експлуатації цей показник не повинен знижуватися більш ніж у два рази.

Індекс білизни розмітки встановлюється не менше 0,6 на дорожньому покритті з чорними в'язучими матеріалами та не менше 0,7 на цементобетонних покриттях відповідно до ДБН В.2.3-4 [2].

Проектом передбачено нанесення горизонтальної розмітки, зокрема:

- 1.1 (товщиною 0,15 м)	- 2382 м;
- 1.5 (товщиною 0,15 м)	- 310 м;
- 1.6 (товщиною 0,15 м)	- 319 м;
- 1.7 (товщиною 0,10 м)	- 518 м;
- 1.8 (товщиною 0,20 м)	- 308 м;
- 1.14.1 (біла фарба)	- 35,4 м ² ;
- 1.14.3 (червона фарба)	- 116,8 м ² ;
- 1.16.1 (біла фарба)	- 12 м ² ;
- 1.30 (біла фарба)	- 2 м ² .

4.3 Бар'єрне огороження

Відповідно до «ДСТУ Б В.2.3-28:2011 Огороджування дорожні металеві бар'єрного типу. Технічні умови» [22]. проектом передбачено встановлення металевого бар'єрного огороження типу 11ДО-ММ загальною довжиною 774 м. Таке огороження монтується на ділянках дороги, де висота насипу перевищує

2,0 м. Стійки бар'єрного огороження розташовуються на відстані 1,0 м від краю земляного полотна. На ділянках з бордюрами лицьова сторона огороження вирівнюється по лицьовій грані бордюру.

У стиснених умовах, де відсутня можливість облаштування розділювальної смуги між проїзною частиною та тротуаром або на високих насипах, передбачено встановлення стримувального пішохідного огороження типу С₃-К-РМ-2.2 згідно з «ДСТУ Б В.2.3-11-2004 Споруди транспорту. Огороження дорожнє перильного типу. Загальні технічні умови» [23] загальною довжиною 402 м.

4.4 Освітлення дороги

На ділянці дороги від ПК 4+20 до ПК 11+23 проектом передбачено облаштування зовнішнього освітлення.

Через наявність примикання праворуч на залізничному переїзді (ПК 11+26) та невелику відстань від переїзду до дороги, на основній трасі запроектовано встановлення дублюючого світлофору з обох сторін.

На даний момент будівельних робіт залишилось лише виконати переналаштування сигналізації на переїзді.

4.5 Озеленення дороги

В цілому, існуюче озеленення дороги формує завершену композицію в архітектурному ансамблі траси завдяки поєднанню різноманітних декоративно-чагарникових груп та лінійних насаджень, тому проектом не передбачено додаткове озеленення.

4.6 Шумозахисні стінки

На ділянках від ПК4+98 до ПК5+58 ліворуч, від ПК5+08 до ПК6+24 праворуч, від ПК10+00 до ПК10+57 ліворуч та від ПК10+67 до ПК11+21 ліворуч

житлова забудова розташована на відстані менше 100 м від брівки проектної дороги. Відповідно до ГБН В.2.3-218-007:2012 та санітарних норм на цих ділянках передбачене встановлення шумозахисних стінок.

На ділянках від ПК10+00 до ПК10+57 ліворуч та від ПК10+67 до ПК11+21 ліворуч шумозахисні стінки повністю виконані із залізобетону.

На ділянках від ПК4+98 до ПК5+58 ліворуч та від ПК5+08 до ПК6+24 праворуч передбачено встановлення шумозахисних стінок із звукопоглинаючих і звукоізоляційних панелей згідно з ТУ У.28.7-32796896-01:2004.

4.7 Безпека руху

Для підвищення безпеки дорожнього руху та комфорту учасників руху проект передбачає комплекс заходів:

- приведення параметрів існуючої дороги до нормативів магістральної вулиці в межах населеного пункту, що забезпечує оптимальні умови руху транспортних засобів;

- використання у верхньому шарі дорожнього покриття щебенево-мастикового асфальтобетону з полімерними та адгезійними добавками, що гарантує надійне зчеплення шин з поверхнею дороги за будь-яких погодних умов;

- укріплення узбіч шляхом щебеневої підсипки з розклинюванням відфрезерованим матеріалом для запобігання руйнуванню покриття та підвищення безпеки руху;

- забезпечення видимості та орієнтації учасників руху у темний час доби за рахунок встановлення зовнішнього освітлення, нанесення чіткої горизонтальної розмітки структурним холодним пластиком та монтажу дорожніх знаків зі світлоповертальними поверхнями;

- встановлення металевого оцинкованого бар'єрного огороження на ділянках насипу висотою понад 2,0 м для запобігання можливому з'їзду автомобілів з проїзної частини;

- облаштування тротуарів шириною 1,5–2,25 м із стримувальним огороженням, що забезпечує безпечний рух пішоходів, включаючи людей з обме-

женими фізичними можливостями;

- улаштування пандусів на пішохідних переходах з втопленим бордюром і тротуаром із поздовжнім ухилом 80 ‰, що дозволяє комфортно пересуватися особам з інвалідністю та батькам з дитячими візками;

- встановлення дублюючого світлофору на залізничному переїзді на примиканні праворуч на ПК 11+26 для підвищення безпеки руху на перетині дороги з залізничними коліями.

Для умов утрудненого руху коефіцієнт зчеплення шин з покриттям прийнято рівним 0,5, що відповідає нормативним вимогам для забезпечення безпечного гальмування та маневрування транспортних засобів.

4.8 Висновок до розділу 4

У розділі, присвяченому організації дорожнього руху, розроблено комплекс заходів, спрямованих на підвищення рівня безпеки та комфорту всіх учасників руху. Геометричні та експлуатаційні параметри автомобільної дороги приведені у відповідність до нормативних вимог, установлених для вулично-дорожньої мережі населених пунктів, що забезпечує відповідність характеристик дороги вимогам для автомобільних доріг II категорії.

Передбачені заходи з укріплення узбіч, улаштування сучасного зовнішнього освітлення, нанесення горизонтальної дорожньої розмітки холодним пластиком і встановлення дорожніх знаків зі світлоповертальними властивостями створюють безпечні умови руху в темний час доби та за несприятливих погодних умов. Запроектвані тротуари з огороженням забезпечують захист пішоходів, а влаштування пандусів сприяє підвищенню доступності транспортної інфраструктури для осіб з інвалідністю та інших маломобільних груп населення.

У цілому запропоновані інженерні рішення комплексно вдосконалюють організацію дорожнього руху, підвищують рівень безпеки та забезпечують комфортні умови пересування як для водіїв транспортних засобів, так і для пішоходів.

Розділ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Загальні положення

Служба охорони праці є структурним підрозділом будівельних міністерств, відомств, головних управлінь, трестів, будівельних управлінь, виробничих підприємств та їх об'єднань. Частина роботи з охорони праці виконується безпосередньо на робочих місцях виконавцями та майстрами. Згідно з типовим положенням, на робітників і майстрів покладаються такі обов'язки:

- організація робіт відповідно до проектів чи технологічних карт, затверджених у встановленому порядку, та ознайомлення робітників з безпечними методами виконання робіт;
- проведення інструктажів на робочому місці з відповідним записом у журналі обліку інструктажу;
- контроль за дотриманням норм перенесення вантажу та забезпеченням робочих місць знаками безпеки, попереджувальними написами і плакатами;
- регулярні бесіди з робітниками щодо дотримання правил техніки безпеки і виробничої санітарії, а також контроль виконання ними інструкцій з охорони праці.

Заходи профілактики травматизму в транспортному будівництві проводяться у двох напрямках:

1. Створення безпечної техніки і умов праці, що мінімізують ймовірність аварій і нещасних випадків;
2. Розробка профілактичних заходів, що забезпечують особисту безпеку та професійну гігієну робітників.

Організація охорони праці під час реконструкції дороги здійснюється відповідно до НПАОП 63.21-1.01-09 [17]. Ці правила є нормативним документом і поширюються на всі види діяльності організацій та підприємств, що займаються проектуванням, будівництвом, ремонтом та утриманням автомобільних доріг загального користування, виробництвом дорожньо-будівельних матеріалів,

експлуатацією та обслуговуванням дорожньо-будівельних машин і обладнання.

Перед початком робіт ділянку дороги обладнують технічними засобами організації дорожнього руху відповідно до СОУ 45.2-00018112-006:2006 [15]. Місця проведення робіт оснащуються медичними аптечками з необхідними медикаментами для надання першої допомоги, а на видних місцях розміщуються контакти найближчих медичних пунктів.

Власник об'єкта зобов'язаний забезпечувати робітників спецодягом, спецвзуттям та іншими засобами індивідуального захисту відповідних розмірів і запобіжними пристроями згідно з типовими галузевими нормами. Всі працівники, які беруть участь у будівництві, ремонті та утриманні доріг, повинні носити жилети яскраво-оранжевого кольору з світлоповертаючими елементами та виконувати тільки ті роботи, що визначені нарядом.

Особливо небезпечні ділянки (траншеї, котловани, ями) огорожуються щитами або парканами з сигнальними ліхтарями для нічного освітлення. Для запобігання нещасним випадкам при обслуговуванні обладнання і виникненні пожеж слід дотримуватися правил техніки безпеки та протипожежної охорони, викладених в інструкціях до обладнання.

Всі машини, механізми та обладнання, що використовуються в технологічних процесах будівництва доріг, повинні відповідати вимогам безпечної експлуатації та інструкціям виробників. Вантажопідйомні машини експлуатуються згідно з Правилами безпечної експлуатації кранів із регулярними технічними оглядами (стаття 294).

Працівники отримують безкоштовно спецодяг, спецвзуття, засоби індивідуального захисту та миючі засоби згідно зі статтею 8 Закону України «Про охорону праці»

5.2 Пожежна профілактика

Під час проведення реконструкції автомобільної дороги державного значення Н-22 Устилуг-Луцьк-Рівне на ділянці км 0+420 – км 1+123 необхідно до-

тримуватись вимог НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні».

Мета пожежної безпеки – забезпечення запобігання пожежам, захисту життя людей, мінімізації майнових втрат, зменшення негативного впливу на навколишнє середовище та створення умов для ефективного гасіння пожеж.

Пожежонебезпечні об'єкти в дорожньому будівництві:

- тимчасові будівлі та споруди;
- зосереджені роботи та тимчасові виробничі підрозділи;
- склади горюче-мастильних матеріалів;
- проведення зварювальних робіт.

Можливі причини пожеж:

- несправність опалювального та нагрівального обладнання;
- необережне поводження з вогнем;
- іскріння та поганий стан електропроводки;
- самозаймання матеріалів;
- куріння у недозволених місцях;
- розведення вогню;
- удари блискавки;
- неправильне зберігання легкозаймистих матеріалів;
- порушення правил при газо- та електрозварюванні.

Заходи протипожежної безпеки:

- суворе дотримання працівниками виробничої дисципліни та протипожежного режиму;
- утримання протипожежних засобів у справному стані та готовності, в доступному місці;
- розробка та доведення до всіх працівників схем евакуації людей і техніки;
- формування добровільних пожежних дружин з числа робітників та службовців;
- допуск до робіт лише осіб, які пройшли інструктаж з охорони праці та протипожежних заходів;

- наявність на тимчасовій базі пожежних щитів, вогнегасників, ящиків із сухим піском, відер, лопат, багрів, брезенту;
- обладнання побутових приміщень вогнегасниками та табличками з відповідальними особами;
- утримання територій, проїздів і підходів у чистоті та очищення від снігу з забезпеченням освітлення;
- забезпечення проїзду пожежних машин до всіх будівель та споруд.

Роботи підвищеної небезпеки:

- розробка траншей і котлованів при улаштуванні штучних споруд;
- робота поблизу машин і механізмів;
- роботи в охоронних зонах ліній електромереж і газопроводів;
- фарбування огорож фарборозпилювачами;
- навантажувально-розвантажувальні роботи.

Облаштування місць куріння та зберігання паливних матеріалів:

- спеціально відведені місця для куріння з урнами, ящиками з піском або бочками з водою, позначені табличками «Місце для куріння»;
- зберігання паливних матеріалів у спеціально облаштованих місцях із табличками «Курити заборонено».

Категорично забороняється:

- використання електронагрівальних приладів з відкритою спіраллю для обігріву приміщень;
- одночасне зберігання мастильних матеріалів та вибухонебезпечних газів;
- виконання будівельно-монтажних робіт або складування матеріалів у охоронних зонах повітряних ліній електропередач.

Відповідальні за пожежну безпеку – Замовник спільно з генеральною підрядною організацією призначає відповідальних осіб за пожежну безпеку по об'єкту в цілому та по окремих ділянках.

5.3 Техніка безпеки

5.3.1 Організація робіт з обстеження автомобільних доріг

Роботи з обстеження та паспортизації існуючих автомобільних доріг повинні виконуватися спеціалізованими організаціями, які мають відповідний досвід та дозволи для проведення таких робіт. Основна мета робіт – забезпечення надійності, довговічності та безпечної експлуатації дорожньої інфраструктури.

5.3.2 Погодження робіт

Ділянки дороги, де передбачається проведення обстежень, узгоджуються з місцевими органами Управління патрульної поліції національної поліції України ДПП та дорожньо-експлуатаційними організаціями. Керівник підрозділу обов'язково погоджує схеми розстановки тимчасових дорожніх знаків, огорожень та видів робіт, визначає терміни їх виконання. Усі схеми та плани розміщення повинні бути оформлені письмово та доведені до всіх учасників робіт.

5.3.3 Інструктаж та підготовка персоналу:

До початку робіт всі працівники проходять інструктаж щодо:

- правил безпеки на дорозі;
- використання умовної сигналізації (жести, прапорці);
- правил поведінки при обстеженні дорожнього покриття та обладнання;
- дій у разі надзвичайних ситуацій, включаючи ДТП та медичні випадки;
- правил пожежної безпеки на об'єкті.

5.3.4 Організаційні заходи безпеки:

- мінімізація перебування працівників на проїзній частині;
- встановлення базисів для поперечних промірювань на узбіччі не далі 1 м від бровки земляного полотна;
- виставлення регулювальників на відстані 50–100 м з обох боків ділянки проведення робіт;
- забезпечення достатньої видимості всіх тимчасових знаків та огоро-

джень для водіїв на відстані не менше 100 м;

- заборона залишати інструменти та обладнання без нагляду на проїзній частині;
- машини та агрегати ставляться лицьовою стороною у напрямку руху транспорту;
- постійна перевірка стану тимчасових дорожніх знаків та огорожень перед початком зміни.

Встановлення тимчасових дорожніх знаків та огорожень:

- на магістральних і місцевих дорогах – відстань між знаками 50–100 м;
- на швидкісних дорогах та дорогах поза населеними пунктами – 150–300м;
- під час короткочасних робіт дозволяється використання знака 1.37 «Дорожні роботи» та наказових знаків (4.1–4.3, 4.7, 4.8) на відстані 10–15 м від місця робіт;
- існуючі дорожні знаки, що суперечать схемі організації руху, тимчасово накриваються чохлами;
- не дозволяється встановлювати більше двох дорожніх знаків на одному стояку;
- після закінчення зміни – прибирання всіх тимчасових знаків, огорожень та зняття чохла з існуючих знаків.

5.3.5 Організація обліку руху транспорту:

Для визначення інтенсивності руху транспортних засобів і обсягів вантажоперевезень призначається керівник підрозділу, відповідальний за безпеку працівників.

- Пункти обліку руху розміщуються на рівних ділянках дороги, поза населеними пунктами, з видимістю не менше 600 м;
- Ширина узбіччя має забезпечувати безпечний заїзд та зупинку транспортних засобів без перешкод для руху;
- Пункти обладнуються тимчасовими дорожніми знаками та огорожувальними пристроями, які прибираються після завершення обліку;

- Працівники пунктів обліку одягаються у спецодяг або червоні нарукавники, мають червоні прапорці та ліхтарі, рухаються назустріч транспортному потоку;

- Забороняється підходити до транспортних засобів без їх повної зупинки, стояти на підніжках, виходити на проїзну частину, стояти безпосередньо попереду чи позаду зупиненого транспорту, працювати у погану погоду або вночі без освітлення.

5.3.6 Додаткові заходи безпеки:

- Встановлення тимчасових медичних пунктів та аптечок із необхідним набором медикаментів;

- Забезпечення аварійного освітлення та евакуаційних маршрутів на ділянках робіт;

- Використання захисного спорядження (шоломи, жилети, рукавиці) для всіх працівників на проїзній частині;

- Контроль дотримання правил безпеки персоналом через регулярні перевірки та інструктажі.

5.3.7 Організаційні заходи у випадку аварій та надзвичайних ситуацій:

- На випадок ДТП або аварій – визначені особи відповідають за евакуацію та виклик служби екстреної допомоги;

- Усі працівники мають знати порядок дій при пожежі, наявність вогнегасників та шляхів евакуації;

- На випадок несправності обладнання або різкого погіршення погодних умов – роботи негайно призупиняються до усунення загрози.

5.4 Висновки по розділу 5

У межах випускної кваліфікаційної роботи магістра розроблено комплекс заходів з охорони праці та пожежної безпеки, спрямованих на створення безпечних умов виконання дорожньо-будівельних робіт. Запроєктовані рішення відповідають вимогам Закону України «Про охорону праці», чинним державним

будівельним нормам, державним стандартам та Правилам пожежної безпеки.

До виконання робіт допускаються лише працівники, які пройшли відповідне навчання, вступний і первинний інструктаж, а також перевірку знань з питань охорони праці. Робочі місця обладнуються попереджувальними знаками, інструкціями з безпечного виконання робіт та захисними огороженнями відповідно до умов виробництва.

Працівники забезпечуються необхідними засобами індивідуального захисту, зокрема спеціальним одягом, захисними окулярами, навушниками, рукавицями та сигнальними жилетами під час виконання робіт поблизу руху транспортних засобів. Робочі зони облаштовуються тимчасовими дорожніми знаками та огорожувальними пристроями, які забезпечують видимість не менше 100 м, а під час виконання обстежень працівники зобов'язані користуватися засобами умовної сигналізації.

Під час виконання робіт з використанням бітумних матеріалів суворо дотримуються вимог пожежної безпеки. У разі виникнення пожежі передбачено порядок оперативного інформування аварійно-рятувальних служб, організації евакуації персоналу та здійснення первинних заходів з гасіння займання.

Загалом передбачені організаційні та технічні заходи забезпечують безпечне виконання дорожньо-будівельних робіт і мінімізують ризики виникнення нещасних випадків під час реалізації проєкту.

Розділ 6. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Кошторисна вартість реконструкції складена в цінах станом на 02.10.2025 року і становить:

Всього за зведеним кошторисним розрахунком з ПДВ 46 176,197 тис.грн.

в тому числі:

- виконані роботи 13 357,996 тис.грн.

- залишок 32 815,201 тис.грн.

Будівельно-монтажні роботи: всього 33 459,853 тис.грн.

в тому числі:

- виконані роботи 8 501,793 тис.грн.

- залишок 24 958,060 тис.грн

Вартість 1 км 46 678,806 тис.грн.

Розділ 7. НАУКОВА ЧАСТИНА

7.1 Водно-тепловий режим роботи земляного полотна в річному циклі

Водно-тепловий режим характеризує закономірні у часі зміни вологості та температури в окремих шарах земляного полотна і дорожнього одягу. Протягом року зазначені параметри змінюються під впливом сезонних коливань температури повітря, а також кількості та характеру атмосферних опадів. Оскільки річні значення опадів і амплітуда температур істотно відрізняються в різних кліматичних зонах, умови формування водно-теплого режиму мають зональну специфіку.

На розподіл вологості та температури в ґрунтах земляного полотна і матеріалах дорожнього одягу впливають такі основні чинники:

- інтенсивність сонячної радіації та колір дорожнього покриття;
- вид ґрунтів і їх фізико-механічні характеристики у тілі земляного полотна та в підґрунті;
- ступінь ущільнення ґрунтів;
- глибина залягання рівня ґрунтових вод;
- тип поперечного профілю земляного полотна (насип, виїмка тощо);
- висотне положення полотна та ефективність відведення поверхневих і ґрунтових вод.

Вода в ґрунтах може перебувати у рідкому, пароподібному стані та у вигляді насиченої водяної пари. Внутрішньопориста волога здатна переходити з одного стану в інший унаслідок процесів випаровування та конденсації. Зі зростанням вологості збільшується товщина водяної плівки, зменшується поверхневий натяг і зростає радіус її кривизни, що призводить до підвищення тиску пароповітряної суміші.

Фізичні та механічні властивості ґрунтів і матеріалів дорожнього одягу значною мірою залежать від їх вологості. Перевищення допустимих значень вологості спричиняє зниження міцності більшості ґрунтів, особливо в умовах

першої та другої кліматичних зон. Суттєво змінюються властивості пісків у дренуючих і морозостійких шарах, а під час підняття капілярної води можливе їх насичення, що негативно впливає на несучу здатність дорожнього одягу.

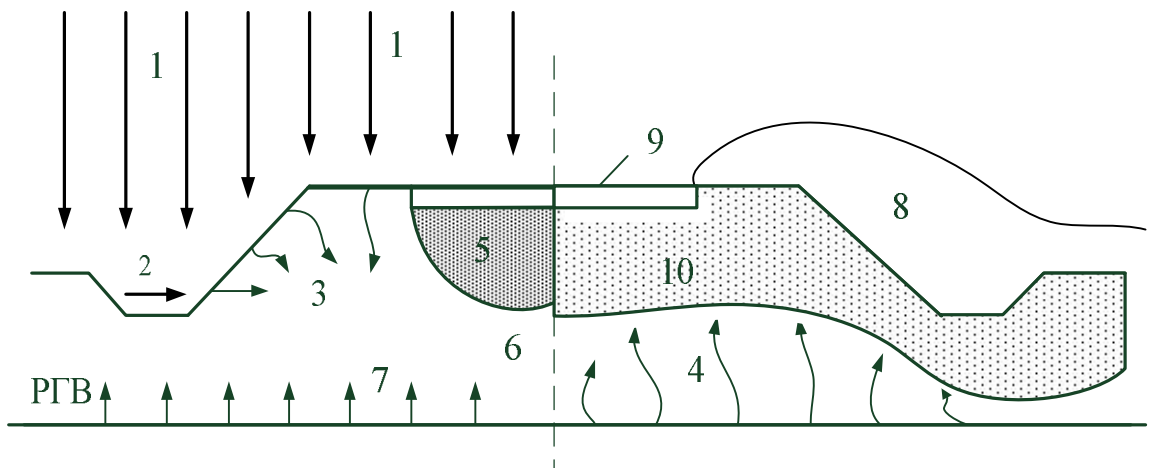
У зимовий період промерзання ґрунту зумовлює інтенсивні процеси міграції вологи. Капілярна вода переміщує плівкову вологу у верхні шари, тоді як водяна пара рухається від рівня ґрунтових вод. За повільного промерзання відбувається накопичення вологи в ґрунті, що може призвести до перезволоження верхньої частини земляного полотна.

Інтенсивність промерзання земляного полотна визначається не лише погоднокліматичними умовами, а й типом поперечного профілю. У виїмках, через меншу площу поверхні та знижене провітрювання, процес промерзання сповільнюється, тоді як у насипах він відбувається швидше. Вирішальний вплив при цьому мають саме кліматичні фактори. Річні коливання температури земляного полотна, як правило, мають синусоїдальний характер.

Зі збільшенням вмісту пилюватих і глинистих частинок у ґрунті зростає кількість незамерзаючої води, що впливає на інтенсивність морозного здимання. Зменшення глибини залягання ґрунтових вод сприяє посиленню морозного пучення, особливо на зволжених ділянках доріг третього типу зволоження. За таких умов дорожній одяг проектується з урахуванням допустимих деформацій морозного пучення та повинен мати підвищену міцність.

Водно-тепловий режим також визначається видом і потужністю джерел зволоження, до яких належать атмосферні опади, ґрунтові води та надходження води з прилеглих територій.

На рисунку 7.1 наведено схеми зволоження земляного полотна: ліворуч – у період додатних температур, праворуч – у період від’ємних температур.



1 – атмосферні опади (рідкі), 2 – поверхнева вода; 3 – вода, яка проникає в земляне полотно; 4 – капілярна вода; 5 – пароподібна вода; плівкова вода;
7 – ґрунтові води; 8 – сніг; 9 – лід; 10 – замерзлий ґрунт.

Рисунок 7.1 – Види зволоження ґрунтів земляного полотна (ліворуч – при позитивній температурі, праворуч – при негативній) [24]

У теплий період року зволоження ґрунтів відбувається переважно за рахунок атмосферних опадів, поверхневого стоку та проникнення води в тіло земляного полотна через укоси і узбіччя. За умови високого рівня ґрунтових вод (менше ніж 1 м від низу дорожнього одягу) спостерігається капілярне підняття вологи з водоносного горизонту. У земляному полотні, розташованому під водонепроникним дорожнім одягом, ґрунт часто насичується водяною парою, а між ґрунтовими частинками може накопичуватися вільна вода, утворюючи плівкове зволоження. Залежно від конкретних природних і гідрогеологічних умов домінуючим може бути атмосферне, поверхнєве або капілярне зволоження, яке справляє визначальний вплив на фізико-механічні характеристики ґрунтів.

В осінній період вологість ґрунтів земляного полотна зростає внаслідок збільшення кількості атмосферних опадів, зниження інтенсивності випаровування через пониження температури повітря та підвищення його вологості, а також накопичення поверхневих вод. У цей час відбувається активне перемі-

щення водяної пари з більш теплих нижніх шарів ґрунту до охолоджених верхніх шарів земляного полотна.

Початок зимового періоду супроводжується утворенням снігового покриву та промерзанням матеріалів дорожнього одягу і ґрунтів. Унаслідок більшої теплопровідності шарів дорожнього одягу порівняно з ґрунтом, вкритим снігом, процес промерзання спочатку розвивається під дорожнім одягом. У зоні фазового переходу відбувається конденсація водяної пари на межі промерзання, в результаті чого пори ґрунту заповнюються рідкою водою, яка витісняє повітря в нижчі шари. При цьому ґрунт у зазначеній зоні вже має від'ємну температуру, тоді як вода в порах ще зберігається у рідкому стані (рисунк 7.2).

Зазначені процеси водно-теплогового режиму сприяють інтенсифікації капілярного підняття вологи, промерзання верхніх шарів земляного полотна та можливому розвитку морозного пучення. Унаслідок цього погіршуються фізико-механічні властивості ґрунтів і матеріалів дорожнього одягу: зростає їх вологість, зменшується міцність і довговічність дорожнього покриття, особливо на ділянках із високим рівнем ґрунтових вод та недостатніми дренажними властивостями ґрунтів.

Ретельний аналіз і розрахунок водно-теплогового режиму дозволяє:

- обґрунтовано обрати конструкцію земляного полотна та дорожнього одягу;
- запобігти перезволоженню і деформаціям дорожнього покриття;
- забезпечити надійну та безпечну експлуатацію автомобільної дороги в зимовий і літній періоди;
- зменшити негативний вплив морозного пучення та капілярного підйому води на міцність дорожнього одягу.

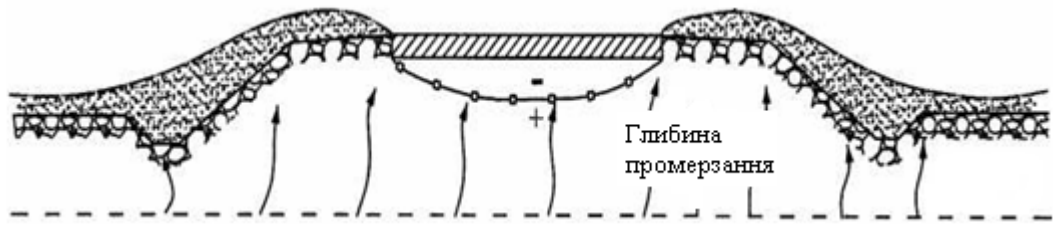


Рисунок 7.2 – Початковий зимовий період і промерзання ґрунтів земляного полотна, в першу чергу під дорожнім одягом [24]

Плівкова вода, що знаходиться в порах ґрунту, переходить у твердий стан за температури близько $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ і нижче, тоді як замерзання капілярної води відбувається за ще нижчих температур, величина яких визначається діаметром капілярів. У зв'язку з цим у зоні фазового переходу за від'ємних температур ґрунту частина води може залишатися в рідкому стані, до якої надходять нові порції водяної пари. Сконденсована волога заповнює поровий простір між частинками ґрунту, витісняючи з нього повітря.

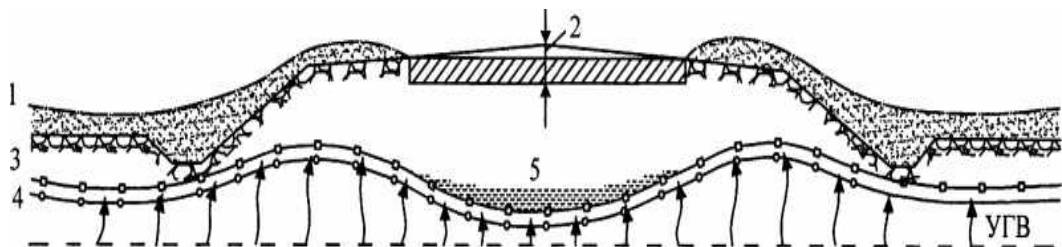
За подальшого зниження температури глибина промерзання земляного полотна збільшується, і значна частина вологи переходить у твердий стан – лід. У разі повільного промерзання вода встигає рівномірно розподілитися в поровому просторі ґрунту. Під час кристалізації об'єм води зростає приблизно на 9%, а за умов обмеженого простору в порах лід починає розсовувати частинки ґрунту. У результаті об'єм замерзлої частини земляного полотна збільшується орієнтовно на 3 % від початкового, що проявляється у вигляді морозного пучення (пучиноутворення).

Паралельно з цими процесами відбувається інтенсивний теплообмін: у зоні конденсації водяної пари виділяється теплота, тоді як у зоні утворення льоду вона поглинається. Такий фазовий перехід води зумовлює зміну температурного та вологісного режимів ґрунту, що істотно впливає на його механічні характеристики, а також на роботу конструкцій земляного полотна і дорожнього одягу.

Унаслідок морозного пучення можливе виникнення деформацій верхніх шарів земляного полотна, утворення тріщин у дорожньому покритті та зниження несучої здатності всієї конструкції. Тому під час проєктування автомобільних доріг необхідно враховувати:

- інженерно-геологічні характеристики ґрунтів і їх схильність до пучиноутворення;
- глибину залягання рівня ґрунтових вод;
- тип конструкції та товщину шарів дорожнього одягу;
- інженерні заходи щодо ефективного відведення поверхневих і капілярних вод.

На рисунку 7.3 наведено схему, яка ілюструє виділення теплоти в зоні конденсації водяної пари та її поглинання в зоні утворення льоду, що визначає глибину промерзання і швидкість зміни вологості ґрунту.



- 1 – висота сніжного покриву; 2 – підняття поверхні дорожнього одягу в результаті пучиноутворення; 3 – глибина промерзання ґрунтів земляного полотна; 4 – глибина проникнення негативної температури; 3 – 4 зона міжфазового переходу; 5 – лінзи і прошарки льоду.

Рисунок 7.3 – Земляне полотно в розпал зимового періоду [24]

У весняний період відтавання ґрунтів відбувається насамперед у зоні під дорожнім одягом, що проілюстровано на рисунку 7.4. У цей час процес подальшого промерзання припиняється, після чого розпочинається поступове поша-

рове відтавання ґрунту. Розмерзання відбувається одночасно з верхньої сторони – від поверхні дорожнього покриття, а також з нижньої – від більш теплих глибинних шарів ґрунтового масиву.

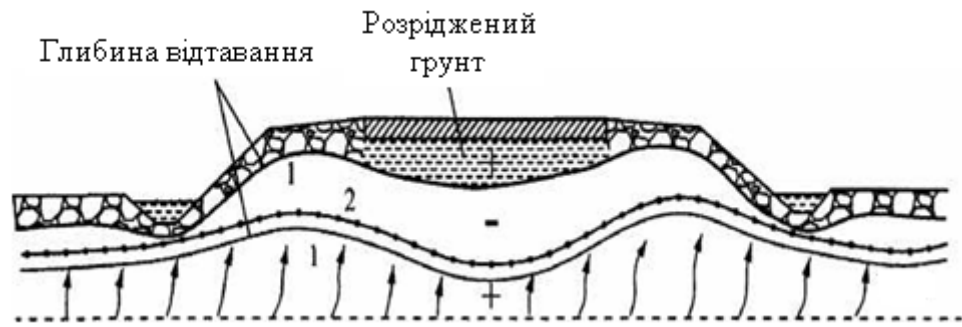
Під час танення крижаних лінз і прошарків у тілі земляного полотна утворюється вільна вода, яка суттєво погіршує механічні властивості ґрунту. У цей період модуль пружності земляного полотна може зменшуватися на 25–40%, що спричиняє появу деформацій та пошкоджень дорожнього покриття. На покриттях, улаштованих на зношеній основі або на заниженому земляному полотні, нерідко формується характерна сітка дрібних тріщин типу «павутина», що є ознакою перезволоження верхніх шарів ґрунту.

За умов інтенсивного руху вантажного транспорту та автобусів на нежорстких дорожніх покриттях виникають локальні просідання та колійність. У межах таких деформацій накопичується поверхнева вода, що потрапляє внаслідок тріщиноутворення в земляному полотні. Навіть за наявності міцного дорожнього покриття частина поверхневих вод може проникати в тіло насипу, підвищуючи вологість ґрунтів і знижуючи їх несучу здатність.

Окрім цього, процес весняного відтавання ґрунтів може призводити до:

- зменшення коефіцієнта зчеплення автомобільних шин з дорожнім покриттям;
- прискореного руйнування крайок проїзної частини та узбіч;
- активізації капілярного підйому вологи з нижніх шарів земляного полотна, що сприяє додатковому перезволоженню поверхневих шарів.

У зв'язку з цим під час проектування та експлуатації автомобільних доріг особлива увага приділяється заходам з водовідведення і дренажу, підсиленню основи дорожнього одягу, а також систематичному контролю стану покриття в весняний період. До ефективних інженерних рішень належать улаштування дренажних систем, регулювання рівня ґрунтових вод, застосування водонепроникних шарів на проблемних ділянках та регулярне обстеження технічного стану дорожнього полотна після зимового періоду.



1 – лінія відтавання; 2 – найбільша глибина промерзання.

Рисунок 7.4 – Відтавання ґрунту [24]

Найінтенсивніше проникнення води в тіло земляного полотна спостерігається в зонах прилягання проїзної частини до узбіч, де волога накопичується та поступово інфільтрується в ґрунт. Дослідження свідчать, що за тривалої експлуатації автомобільних доріг у районах надмірного зволоження відбувається погіршення фізико-механічних властивостей верхніх шарів ґрунтів, що зумовлює зниження несучої здатності земляного полотна [24].

Порушення водно-теплого режиму земляного полотна, особливо на автомобільних дорогах з водонепроникними типами покриттів, навіть за відносно сприятливих умов зволоження призводить до розвитку складних фізико-хімічних процесів у ґрунтах. Протягом року вологість і щільність ґрунтів зазнають значних коливань, що негативно позначається на роботі дорожніх одягів і скорочує строк їх експлуатації.

На значній кількості доріг, збудованих у попередні роки, верхні шари земляного полотна характеризуються неоднорідною структурою та нерівномірним ущільненням. За умов промерзання такі ґрунти зазнають морозного пучення, що спричиняє утворення тріщин у дорожньому покритті. У весняний період через ці тріщини поверхнева вода проникає у верхню частину земляного полотна, додатково зволожуючи ґрунт і знижуючи його міцнісні показники.

У разі застосування удосконалених водонепроникних покриттів повітрообмін у верхніх шарах земляного полотна істотно зменшується. Підвищена вологість ґрунтів, особливо за умов застою води в бокових резервах і водовідвідних канавах, призводить до поступового «старіння» зв'язних ґрунтів: пилуваті суглинки з часом оглинюються, втрачають первинну структуру та міцність. На багатьох дорогах нечорноземної зони, зокрема на ділянках із заниженим земляним полотном, спостерігається поступове зменшення міцності ґрунтів і, відповідно, конструкцій дорожнього одягу. Зростання інтенсивності автомобільного руху додатково активізує ці процеси, спричиняючи щорічне зниження коефіцієнта міцності покриття.

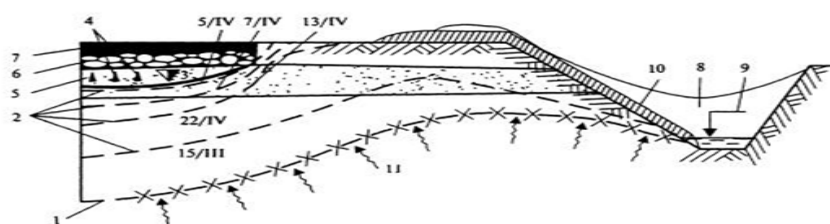
Поверхневі деформації насипів і виїмок здебільшого зумовлені утворенням у ґрунті крижаних лінз і прошарків, орієнтованих паралельно укосам, уздовж яких відбувається теплообмін. Під час відтавання, особливо за дощової погоди, коли ґрунт додатково насичується вологою, можливе сповзання верхніх частин укосів. Площина зсуву, як правило, відповідає межі сезонного промерзання ґрунту.

Промерзання земляного полотна по ширині відбувається нерівномірно. Волога з нижніх і бокових шарів переміщується у напрямку дорожнього одягу, де температура ґрунту є найнижчою. Коефіцієнт теплопровідності матеріалів дорожнього покриття приблизно в 1,5 раза перевищує аналогічні показники ґрунтів узбіч і рослинного шару розділювальних смуг, що сприяє інтенсифікації підйому вологи. За тривалого впливу низьких температур крижані кристали збільшуються в об'ємі, викликаючи морозне пучення та деформації дорожнього покриття.

Характер зміни вологості земляного полотна у весняний період безпосередньо визначається швидкістю відтавання. У роки з тривалою та поступовою весною, коли нічні заморозки чергуються з теплими бездощовими днями, випаровування вологи відбувається повільно, що зменшує ймовірність зниження модуля пружності ґрунту та, відповідно, кількість деформацій покриття. За умов швидкого відтавання зі швидкістю 7–8 см/добу, навпаки, посилюється зволо-

ження верхніх шарів, що призводить до збільшення кількості просідань і колій, особливо у випадках випадіння опадів понад 60 мм.

Урахування наведених процесів є визначальним під час проектування дорожніх конструкцій, вибору матеріалів дорожнього одягу та планування інженерних заходів із дренажу, підсилення основи й контролю стану земляного полотна у весняний період. Забезпечення ефективного водовідведення, регулярне очищення узбіч, контроль рівня ґрунтових вод і своєчасне обстеження дорожніх покриттів дозволяють суттєво зменшити негативний вплив весняної відлиги та продовжити строк служби автомобільних доріг.



1 – максимальна межа промерзання; 2 – межі відталого ґрунту; 3 – вільна вода, що виділилася при відтаванні крижаних прошарків; 4 – напрямок віджимання вільної води в період відтавання ґрунтів; 5 – суцільний піщаний шар; 6 – шар дорожнього одягу; 7 – асфальтобетонне покриття; 8 – сніг; 9 – рівень води в канаві під снігом; 10 – крижаний шар на узбіччях; 11 – напрям руху вологи по незамерзлим плівкам на поверхні ґрунтових частинок до кордону промерзаючого ґрунту.

Рисунок 7.5 – Нерівномірність промерзання і відтавання земляного полотна на автомобільних дорогах [24]

За умов підвищеної середньої вологості ґрунтів верхньої частини земляного полотна в центральних районах європейської частини питомий притік вільної води в корито дороги нерідко становить від 5 до 7 л/м² за добу. Чим ефекти-

вніше функціонують дренажні шари та водовідвідні пристрої, тим швидше відбувається відновлення літнього режиму земляного полотна, а відповідно – і зростання модуля пружності ґрунтів.

Вологість ґрунтів, розташованих на глибині нижче 1,5–1,8 м, протягом року залишається практично сталою. Водночас на вологісний стан верхньої частини земляного полотна істотно впливають тип дорожнього покриття та сумарна товщина конструкції дорожнього одягу. Зі збільшенням її потужності зменшується амплітуда коливань вологості, а також підвищується модуль пружності ґрунтів. За товщини сучасних конструкцій дорожнього одягу в межах 0,65–0,85 м вологість верхніх шарів земляного полотна змінюється відповідно до синусоїдального середньорічного циклу, що спрощує розрахунок водно-теплового режиму конструкції [24].

7.2 Розрахунок зміни вологості в річному циклі

На міцність і працездатність автомобільних доріг впливають не лише зростання інтенсивності руху та осьових навантажень транспортних засобів, а й несприятливий вплив погодних, кліматичних і гідрологічних чинників. Саме вони визначають формування водно-теплового режиму земляного полотна, який характеризує закономірні сезонні зміни вологості та температури ґрунтів земляного полотна і шарів дорожньої основи. Негативний вплив водно-теплового режиму проявляється у зниженні міцності ґрунтів, утворенні тріщин у покритті, розвитку морозного пучення дорожнього одягу, просадках, формуванні сітки тріщин і проломів. У результаті відбувається зменшення загального модуля пружності дорожнього одягу, погіршується рівність покриття та зчеплення коліс транспортних засобів з проїзною частиною, що в окремих випадках може призвести до часткового або повного руйнування покриття й необхідності обмеження руху вантажного транспорту на проблемних ділянках.

Водно-тепловий режим значною мірою залежить від інтенсивності та характеру джерел зволоження. Надходження води в шари основи та земляного

полотна відбувається у вигляді атмосферних опадів через тріщини в дорожньому покритті, з боку неукріплених узбіч і укосів, унаслідок горизонтального переміщення води під час її тривалого застою в бокових каналах, а також за рахунок капілярного підйому на ділянках з близьким заляганням ґрунтових вод.

Залежно від типу та інтенсивності зволоження ділянки автомобільних доріг поділяють на три групи:

- **сухі ділянки (I тип)** — з мінімальним впливом атмосферних і капілярних вод;
- **вологі ділянки (II тип)** — з помірним рівнем зволоження ґрунтів;
- **мокрі ділянки (III тип)** — з високою інтенсивністю надходження води та можливим застоєм поверхневих і ґрунтових вод.

Водно-тепловий режим земляного полотна зазнає закономірних змін протягом року, тому аналіз сезонних коливань є необхідним для оцінювання їх впливу на довговічність і працездатність дорожніх конструкцій. Умови роботи дорожнього одягу та земляного полотна доцільно розглядати за чотирма сезонними періодами, які загалом відповідають природним сезонам року. Найбільш несприятливими для експлуатації автомобільних доріг є:

1. **Весняний період відтавання ґрунтів**, коли інтенсивне перезволоження верхніх шарів зумовлює виникнення просадок, тріщин та інших пошкоджень дорожнього одягу. Саме цей період традиційно приймається розрахунковим під час проєктування дорожніх конструкцій.

2. **Холодний період вологонакопичення**, упродовж якого зростає небезпека розвитку морозного пучення дорожнього одягу.

У процесі весняного відтавання ґрунтів загальний модуль пружності дорожнього одягу досягає мінімальних значень, оскільки безпосередньо залежить від механічних властивостей ґрунтів — їх вологості, щільності та структури. Зазначені показники визначають несучу здатність земляного полотна та його здатність сприймати і передавати транспортні навантаження без утворення небезпечних деформацій.

Урахування наведених закономірностей є визначальним під час проєкту-

вання, реконструкції та експлуатаційного утримання автомобільних доріг, а також при розробленні інженерних заходів, спрямованих на забезпечення ефективного дренажу, зміцнення узбіч і контроль водно-теплового режиму верхніх шарів земляного полотна.

$$E_{zp} = f \cdot (W, K_y, m_c), \quad (7.1)$$

де E_{zp} – модуль пружності ґрунту, МПа;

W – вологість, %;

K_y – коефіцієнт ущільнення;

m_c – коефіцієнт, який характеризує інтенсивність наростання вологості в ґрунті, 1/год

Дослідження функції модуля пружності ґрунту проводили за різних рівнів вологості та ступеня ущільнення, а потім виконували її апроксимацію поліномами [24]. Це дозволило визначити залежність модуля пружності ґрунту від його фізико-механічних характеристик та умов зволоження, що має ключове значення для прогнозування поведінки земляного полотна та дорожнього одягу протягом року.

Застосування поліноміальної апроксимації забезпечує аналітичне представлення залежностей для різних типів ґрунтів і ступенів ущільнення, що дає змогу враховувати вплив сезонних коливань вологості, капілярного підняття води та інтенсивності атмосферних опадів. На основі цих апроксимацій здійснюють розрахунки щодо:

- зміни модуля пружності земляного полотна у різні пори року;
- прогнозування можливих деформацій дорожнього одягу;
- визначення необхідних заходів для зміцнення основи та покриття на проблемних ділянках;
- оптимізації параметрів дренажних і водовідвідних систем для підтримки стабільного водно-теплового режиму.

Отже, апроксимація функцій фізико-механічних властивостей ґрунтів дозволяє проводити точні інженерні розрахунки та забезпечує проектування довговічних і надійних автомобільних доріг.

$$E_y, c, tg\varphi_0 = AW^3 + BW^2 + CW + D, \quad (7.2)$$

де E_y – модуль пружності, МПа;

c – сила зчеплення, МПа;

$tg\varphi_0$ – коефіцієнт внутрішнього тертя;

A, B, C, D – коефіцієнти;

W – вологість, %.

За допомогою обчислювальної техніки були обраховані коефіцієнти A, B, C, D .

Для оцінки впливу водно-теплого режиму на міцність дорожнього одягу протягом розрахункового періоду необхідно визначити рівень вологості ґрунту. Це дозволяє прогнозувати поведінку дорожнього полотна та його здатність сприймати навантаження транспортних засобів.

Прогнозування вологості ґрунтів досліджували такі вчені, як В.М. Сіденко, М.А. Пузаков, М.Б. Корсунський та інші. Для цього використовують як фактичні дані, отримані на місцевості (зокрема, вимірювання вологості за допомогою вологомірів, георадарів або відбір проб із свердловин), так і теоретичні підходи – моделі, які враховують середньорічні показники вологості, отримані з метеостанцій.

7.2.1 Розрахунок вологості для першого типу місцевості за зволоженням

В.М. Сіденком були виведені аналітичні рівняння для визначення зміни вологості ґрунту по глибині протягом року для трьох типів місцевості за умо-

вами зволоження. Для першого типу, де рівень ґрунтових вод залягає глибоко, запропоноване рівняння дозволяє оцінити зміну вологості в залежності від глибини і часу, що необхідно для прогнозування стану дорожнього одягу та його міцності [24].

$$W(z, T) = W_{II} - mz \sqrt{\frac{T}{\pi a_1}} \exp\left(-\frac{z^2}{4a_1 T}\right) + m \cdot \left(T + \frac{z^2}{2a_1}\right) \operatorname{erfc}\left(\frac{z}{2\sqrt{a_1 T}}\right), \quad (7.3)$$

де W – вологість ґрунту на початок періоду вологонакопичення, %;

W_{II} – повна вологоємність ґрунту, %;

m – коефіцієнт, що характеризує інтенсивність наростання вологості ґрунту полотна, 1/год;

z – глибина на якій проводиться розрахунок вологості, м;

T – період вологонакопичення, год;

a_1 – коефіцієнт вологопровідності, $\text{м}^2 \cdot \text{год}$.

Аналіз наведеної формули показує, що в період морозного накопичення в активній зоні земляного полотна вологість зменшується у напрямку зверху вниз. За відносної вологості ґрунту $W_p < 0,50$ основним механізмом накопичення вологи є термодифузія парів. При $W_p > 0,65$ переважає міграція рідкої води, зумовлена різницею концентрацій.

Для виконання розрахунків були обрані такі типи ґрунтів: супісок, легкий та важкий суглинок, пісок і пилуватий пісок. Результати обробки отриманих даних представлені в таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 – Закономірності зміни вологості ґрунту на глибині z для першого типу місцевості з підвищеним зволоженням.

Період вологонакопичення		Супісок	Суглинок легкий	Суглинок важкий	Пісок	Пісок пилюватий
1		2	3	4	5	6
$T=0$	$z=0$	0,130	0,100	0,200	0,180	0,09
	$z=h/2$	0,130	0,100	0,200	0,180	0,09
	$z=h$	0,130	0,100	0,200	0,180	0,09
$T=T_B/4$	$z=0$	0,142	0,124	0,210	0,198	0,12
	$z=h/2$	0,134	0,105	0,204	0,184	0,096
	$z=h$	0,130	0,100	0,200	0,180	0,090
$T=T_B/2$	$z=0$	0,154	0,148	0,220	0,215	0,150
	$z=h/2$	0,138	0,108	0,209	0,186	0,109
	$z=h$	0,130	0,100	0,200	0,180	0,090
$T=3T_B/4$	$z=0$	0,166	0,172	0,230	0,230	0,180
	$z=h/2$	0,142	0,110	0,214	0,189	0,115
	$z=h$	0,130	0,100	0,200	0,182	0,09
$T=T_B$	$z=0$	0,178	0,196	0,240	0,233	0,210
	$z=h/2$	0,146	0,118	0,217	0,195	0,12
	$z=h$	0,130	0,100	0,217	0,180	0,09

На основі результатів, наведених у таблиці 7.1, побудовано графіки (рисунки 7.6–7.10), які відображають розподіл вологості ґрунту на різних глибинах та за різними термінами вологонакопичення.

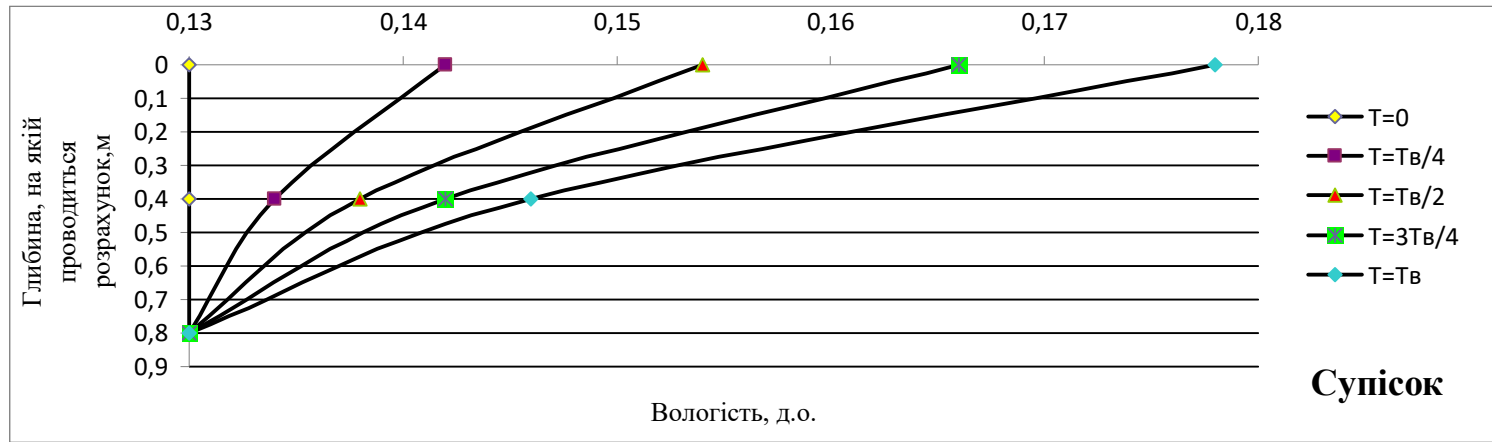


Рисунок 7.6 – Поле вологості для супіску у І типі місцевості по зволоженню при різному терміні вологонакопичення

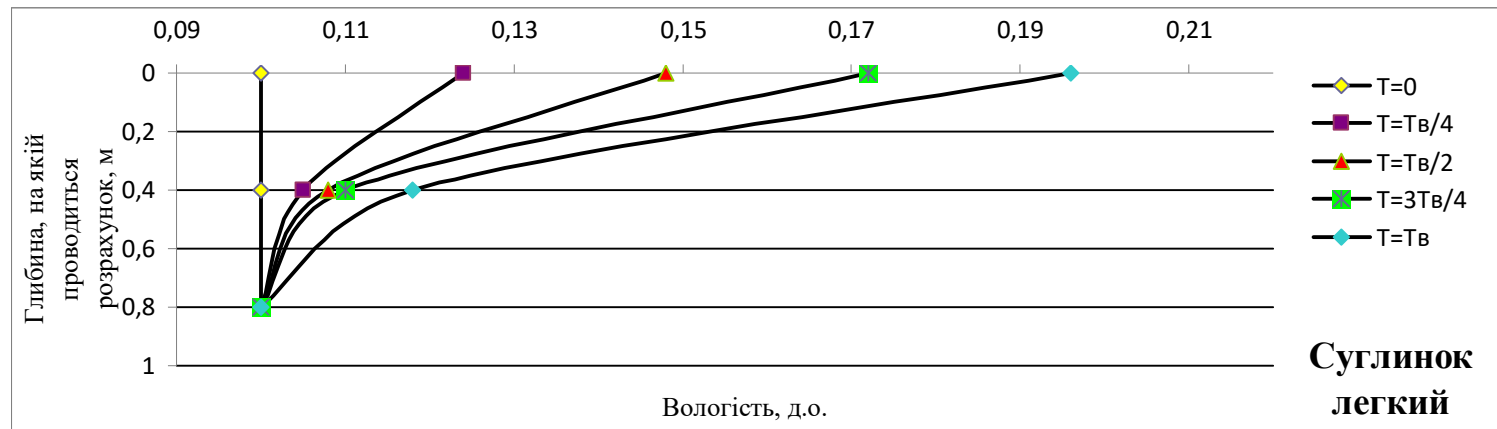


Рисунок 7.7 – Поле вологості для суглинку легкого у І типі місцевості по зволоженню при різному терміні вологонакопичення

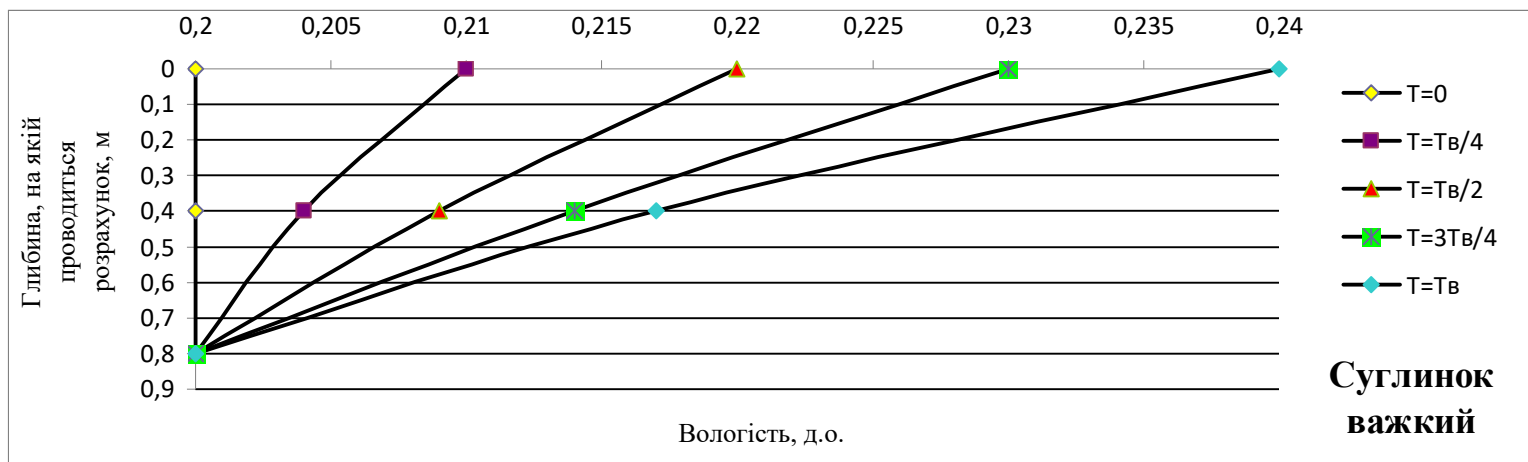


Рисунок 7.8 – Поле вологості для суглинку важкого у I типі місцевості по зволоженню при різному терміні вологонакопичення

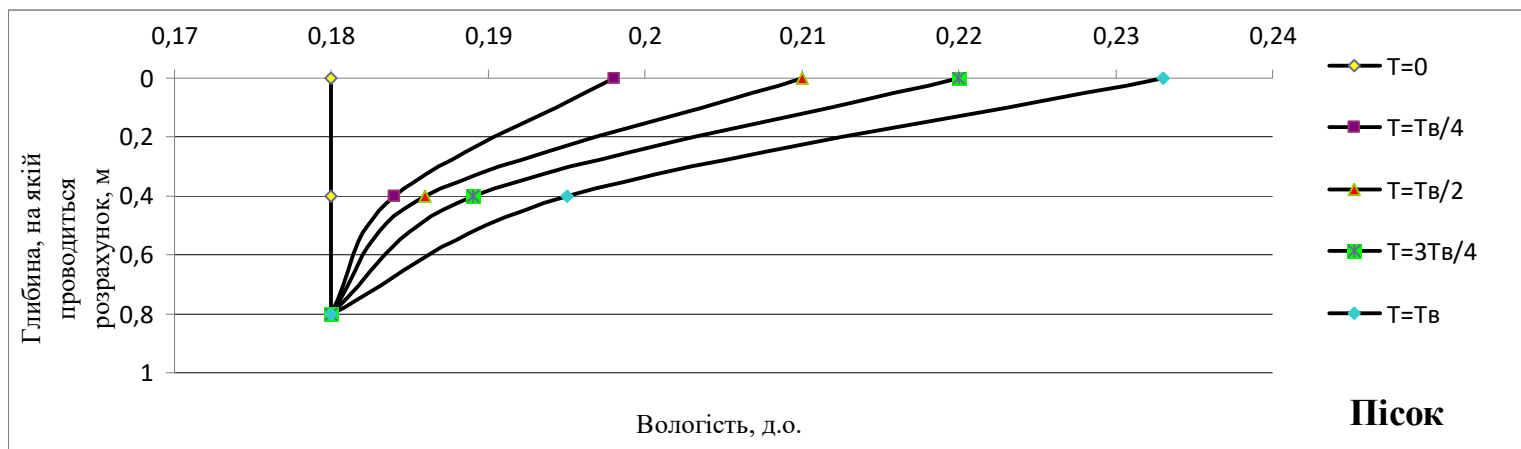


Рисунок 7.9 – Поле вологості для піску у I типі місцевості по зволоженню при різному терміні вологонакопичення

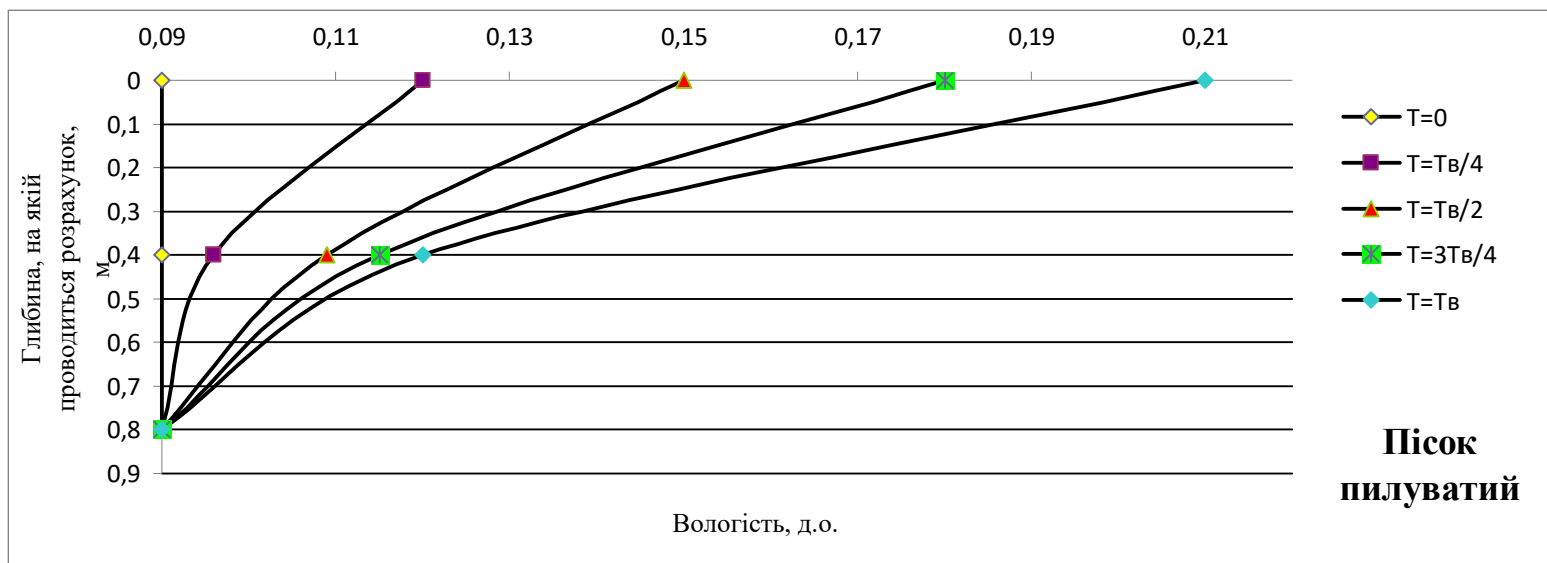


Рисунок 7.10 – Поле вологості для піску пилуватого у I типі місцевості по зволоженню при різному терміні вологонакопичення

7.2.2 Розрахунок вологості для першого типу місцевості за зволоженням

Для другого типу місцевості за характером зволоження [24]:

$$W(z, T) = W_{ПВ} - [W_{ПВ} - (W_{П} + m_1 T)] \frac{z}{l} + \frac{2}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \left\{ \frac{1}{n} \exp\left(-\frac{\pi^2 n^2 a_1 T}{l^2}\right) \left[W_{П} - W_{ПВ} - \frac{(-1)^n m l^2}{\pi^2 n^2 a_1} \right] + \frac{(-1)^n m l^2}{\pi^2 n^3 a_1} \right\} \sin \frac{n \pi z}{l}, \quad (1.2)$$

де W – розрахункова вологість, %;

$W_{ПВ}$ – повна вологоємність ґрунту, %;

$W_{П}$ – початкова вологість, %;

m – коефіцієнт, який характеризує інтенсивність наростання вологості ґрунту полотна, 1/год;

z – глибина на якій проводиться розрахунок вологості, м;

T – довготривалість вологонакопичення, год;

l – відстань до джерела зволоження, м;

n – розрахунковий шар;

a_1 – коефіцієнт вологопровідності, м²·год;

Для розрахунку брали такі типи ґрунтів: супісок, легкий суглинок, важкий суглинок, пісок та пілуватий пісок. Опрацьовані результати наведені в таблиці 7.2.

Таблиця 7.2 – Закономірності зміни вологості ґрунту на глибині z для другого типу місцевості з підвищеним зволоженням.

Період вологонакопичення		Супісок	Суглинок легкий	Суглинок важкий	Пісок	Пісок пилюватий
1		2	3	4	5	6
$T = 0$	$z = 0$	0,140	0,080	0,240	0,160	0,070
	$z = h/2$	0,138	0,073	0,230	0,156	0,063
	$z = h$	0,135	0,064	0,220	0,152	0,057
$T = T_B/4$	$z = 0$	0,140	0,080	0,240	0,160	0,070
	$z = h/2$	0,138	0,075	0,234	0,157	0,065
	$z = h$	0,136	0,070	0,226	0,154	0,060
$T = T_B/2$	$z = 0$	0,140	0,080	0,240	0,160	0,070
	$z = h/2$	0,139	0,077	0,235	0,158	0,067
	$z = h$	0,138	0,073	0,228	0,156	0,067
$T = 3T_B/4$	$z = 0$	0,140	0,080	0,240	0,160	0,070
	$z = h/2$	0,139	0,078	0,236	0,159	0,068
	$z = h$	0,139	0,077	0,230	0,158	0,067
$T = T_B$	$z = 0$	0,140	0,080	0,240	0,160	0,070
	$z = h/2$	0,140	0,080	0,240	0,160	0,070
	$z = h$	0,140	0,080	0,240	0,160	0,070

На основі даних із таблиці 7.2 побудовано графіки, що представлені на рисунках 7.10–7.15. Вони ілюструють розподіл вологості ґрунту на різних глибинах та для різних періодів вологонакопичення.

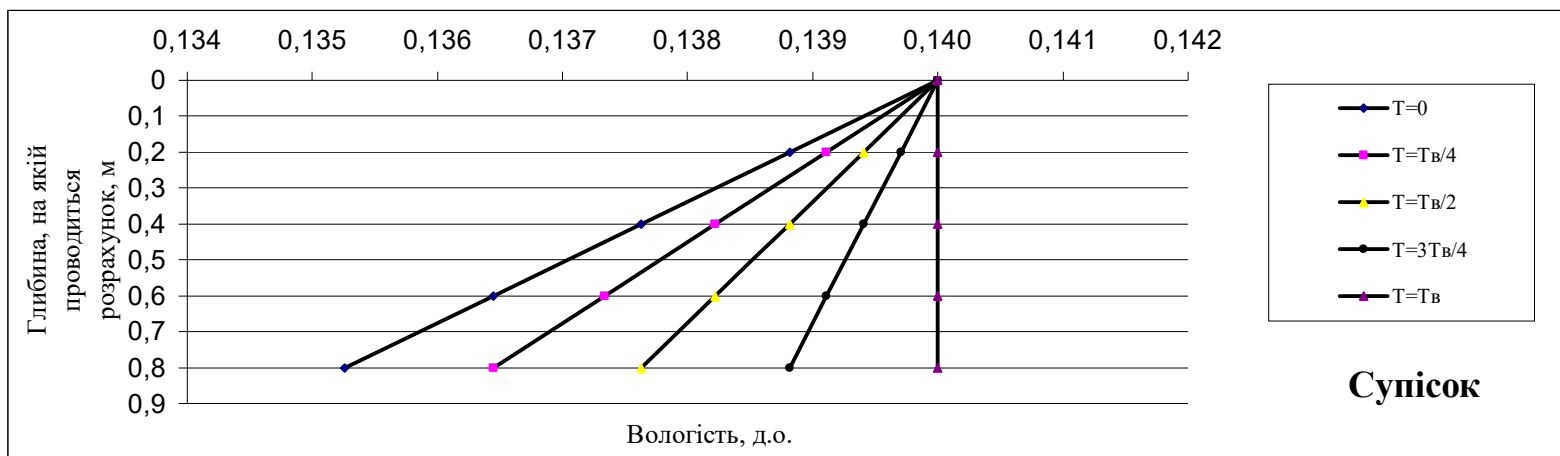


Рисунок 7.10 – Поле вологості для супіску у II типі місцевості по зволоженню при різному терміні вологонакопичення

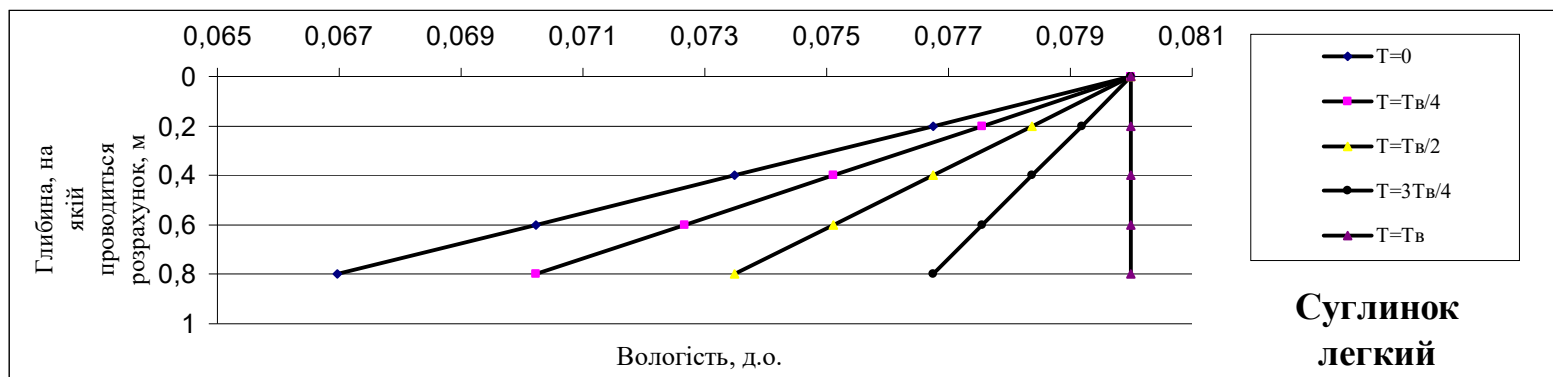


Рисунок 7.11 – Поле вологості для суглинку легкого у II типі місцевості по зволоженню при різному терміні вологонакопичення

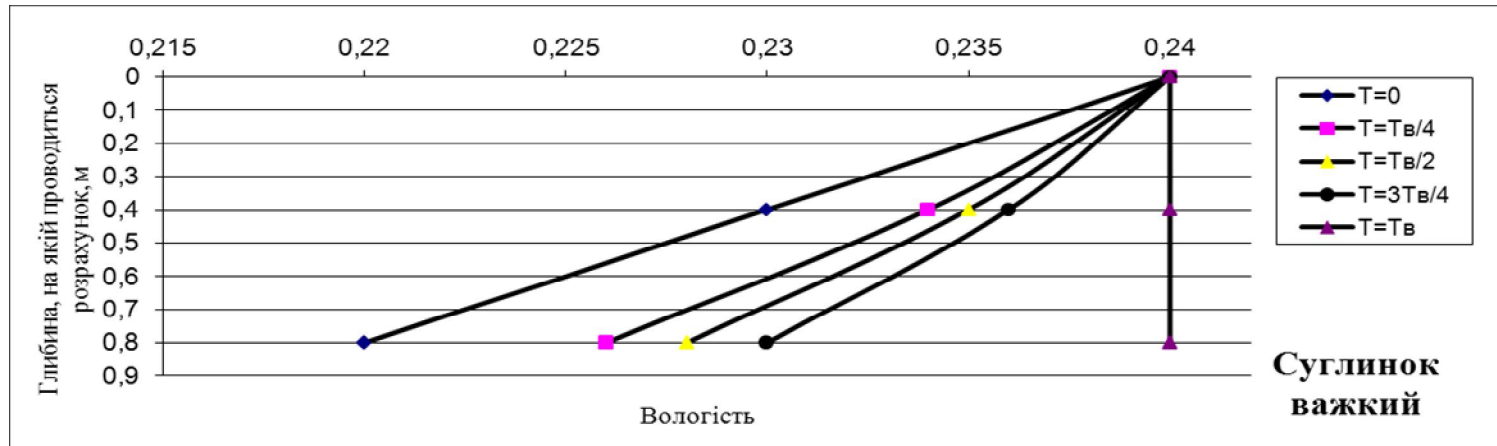


Рисунок 7.12 – Поле вологості для суглинка важкого у II типі місцевості по зволоженню при різному терміні вологонакопичення

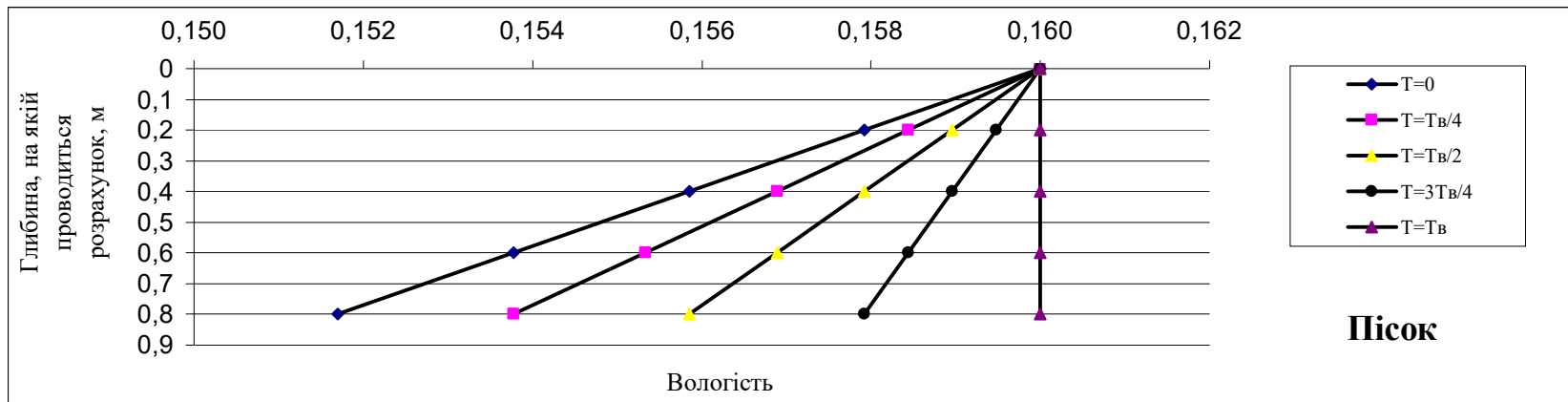


Рисунок 7.13 – Поле вологості для піску у II типі місцевості по зволоженню при різному терміні вологонакопичення

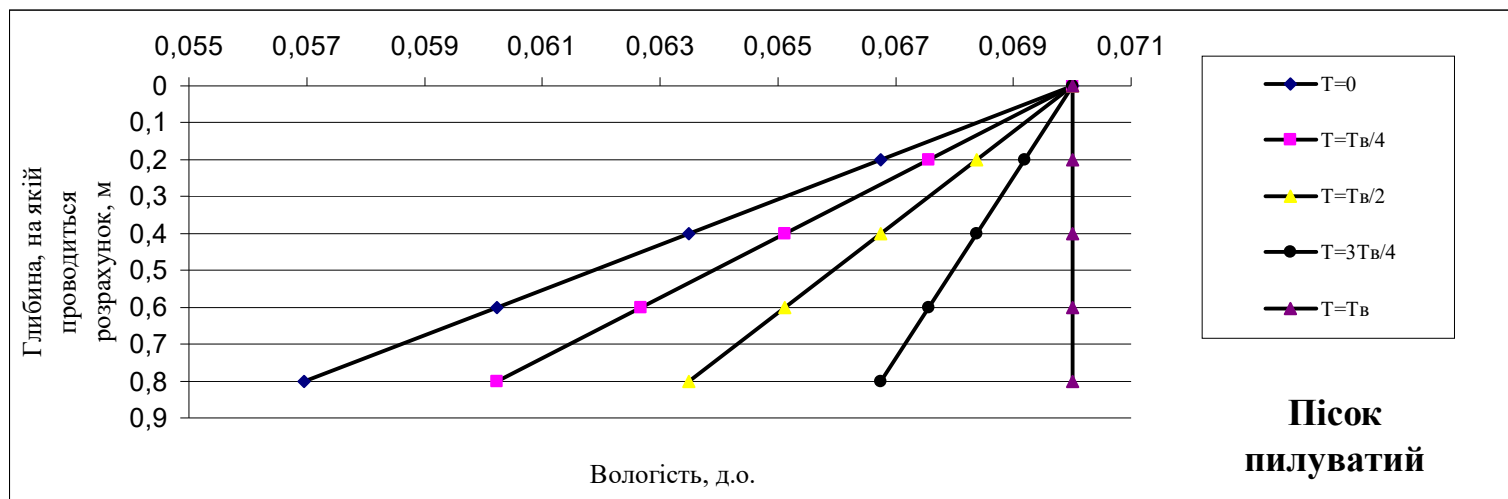


Рисунок 7.14 – Поле вологості для піску пилюватого у II типі місцевості по зволоженню при різному терміні вологонакопичення

7.2.3 Розрахунок вологості для третього типу місцевості за зволоженням

Для третього типу місцевості [24]:

$$W(z, T) = Wn + mT_B + \frac{1}{h_{Г.В.}} (W_{ПВ} - Wn - mT_B) \cdot z - \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2mh_{Г.В.}^2}{\pi^3 a_1 n^3} \left[1 - \exp\left(-\frac{\pi^2 n^2 a_1 T_B}{h_{Г.В.}^2}\right) \right] \cdot \sin \frac{\pi n z}{h_{Г.В.}}, \quad (7.3)$$

де W – розрахункова вологість, %;

$W_{П}$ – початкова вологість, %;

$W_{ПВ}$ – повна вологоємність ґрунту, %;

m – коефіцієнт, який характеризує інтенсивність наростання вологості ґрунту полотна, 1/год;

T_e – довготривалість вологонакопичення, год;

h – глибина залягання ґрунтових вод, м;

z – глибина на якій проводиться розрахунок вологості, м;

a_1 – коефіцієнт вологопровідності, м²·год;

n – розрахунковий шар.

Для виконання розрахунків розглядалися такі типи ґрунтів: супісок, легкий суглинок, важкий суглинок, пісок і пилуватий пісок. Узагальнені та оброблені результати подано в таблиці 7.3.

На підставі наведених даних побудовано графічні залежності (рисунки 7.15–7.19), що ілюструють зміну вологості ґрунтів залежно від глибини залягання та тривалості періоду вологонакопичення.

Таблиця 7.3 – Закономірності зміни вологості ґрунту на глибині z для третього типу місцевості з підвищеним зволоженням.

		Супісок	Суглинок легкий	Суглинок важкий	Пісок	Пісок пилуватий
1		2	3	4	5	6
$T=0$	$z=0$	0,130	0,100	0,200	0,150	0,09
	$z=h/2$	0,155	0,145	0,220	0,190	0,145
	$z=h$	0,180	0,190	0,240	0,230	0,210
$T=T_B/4$	$z=0$	0,143	0,123	0,210	0,170	0,120
	$z=h/2$	0,161	0,156	0,225	0,200	0,165
	$z=h$	0,180	0,190	0,240	0,230	0,210
$T=T_B/2$	$z=0$	0,155	0,145	0,220	0,190	0,150
	$z=h/2$	0,168	0,168	0,230	0,210	0,180
	$z=h$	0,180	0,190	0,240	0,230	0,210
$T=3T_B/4$	$z=0$	0,168	0,168	0,230	0,210	0,180
	$z=h/2$	0,174	0,179	0,235	0,220	0,195
	$z=h$	0,180	0,190	0,240	0,230	0,210
$T=T_B$	$z=0$	0,180	0,190	0,240	0,230	0,01
	$z=h/2$	0,180	0,190	0,240	0,230	0,210
	$z=h$	0,180	0,190	0,240	0,230	0,210

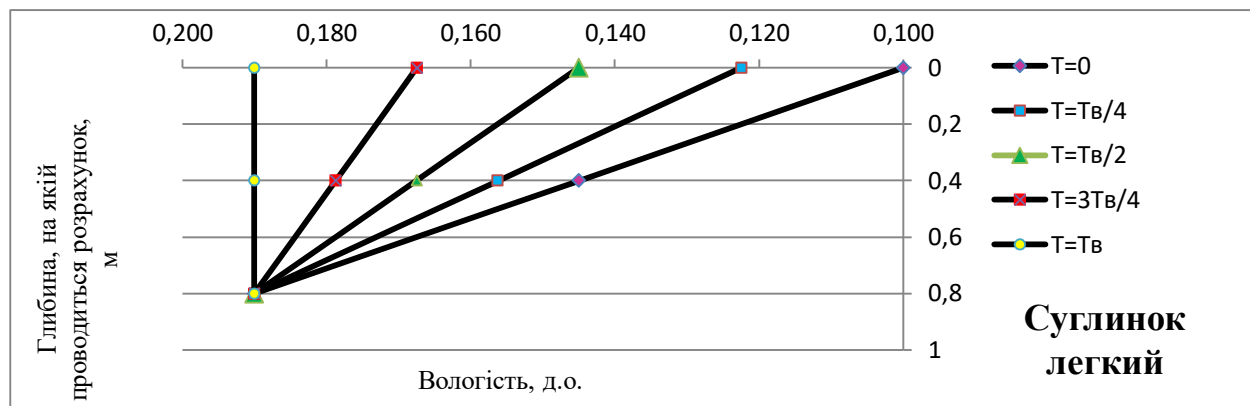


Рисунок 7.15 – Поле вологості для суглинку легкого у III типі місцевості по зволоженню при різному терміні вологонакопичення

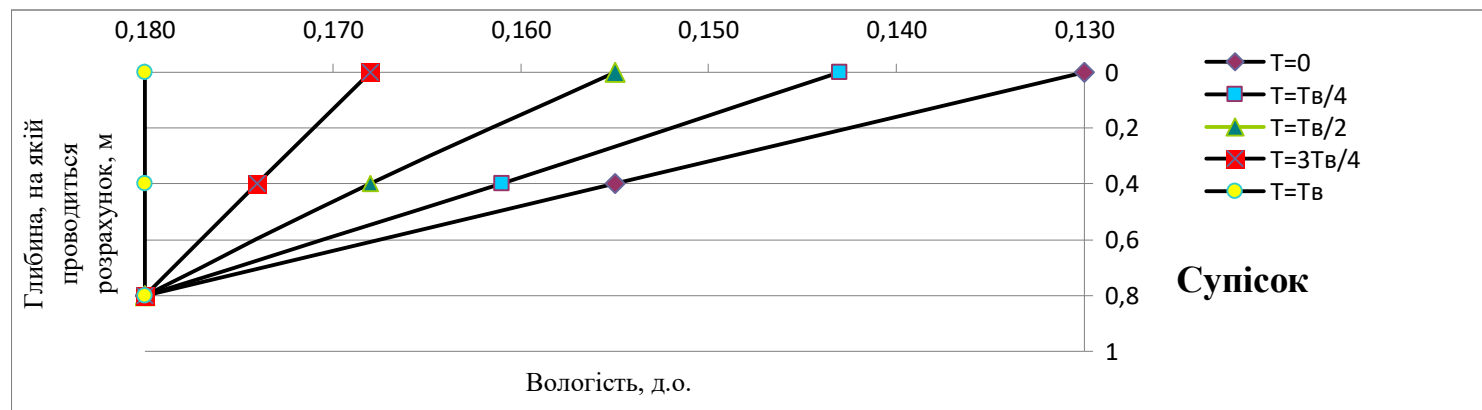


Рисунок 7.16 - Поле вологості для сугіску у III типі місцевості по зволоженню при різному терміні вологонакопичення

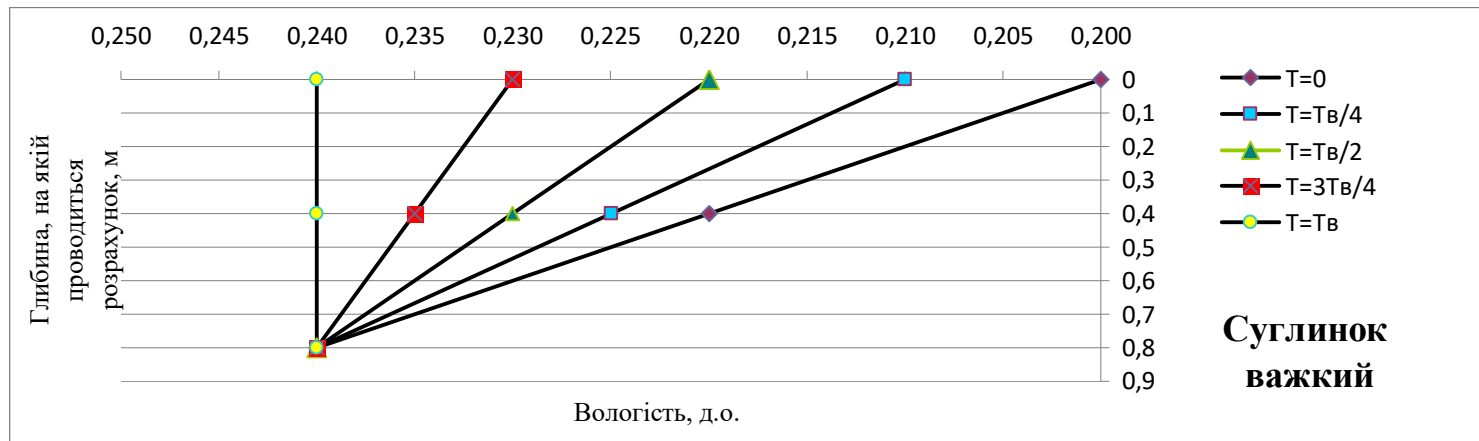


Рисунок 7.17 – Поле вологості для суглинку важкого у III типі місцевості по зволоженню при різному терміні вологонакопичення

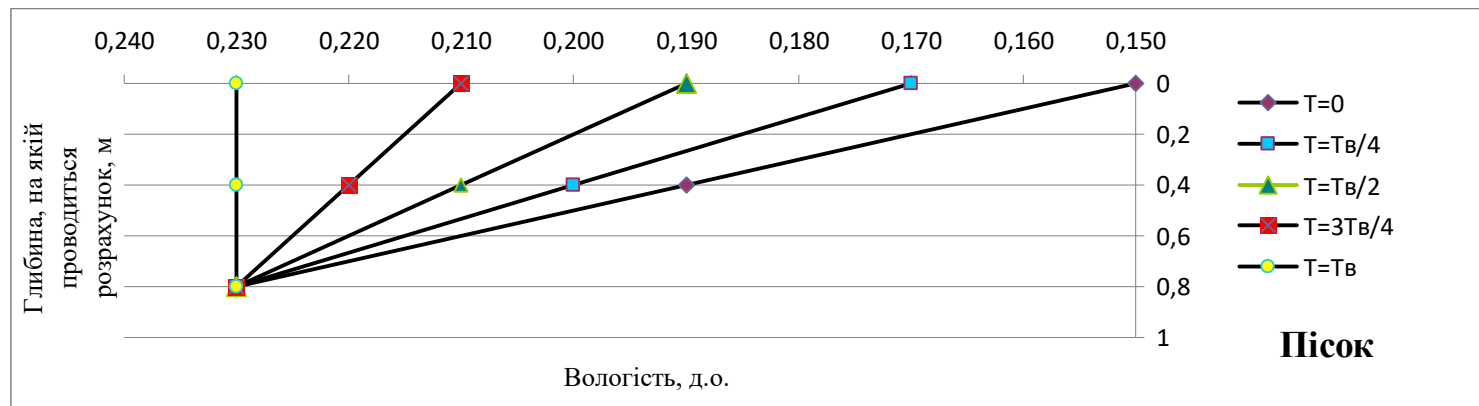


Рисунок 7.18 – Поле вологості для піску у III типі місцевості по зволоженню при різному терміні вологонакопичення

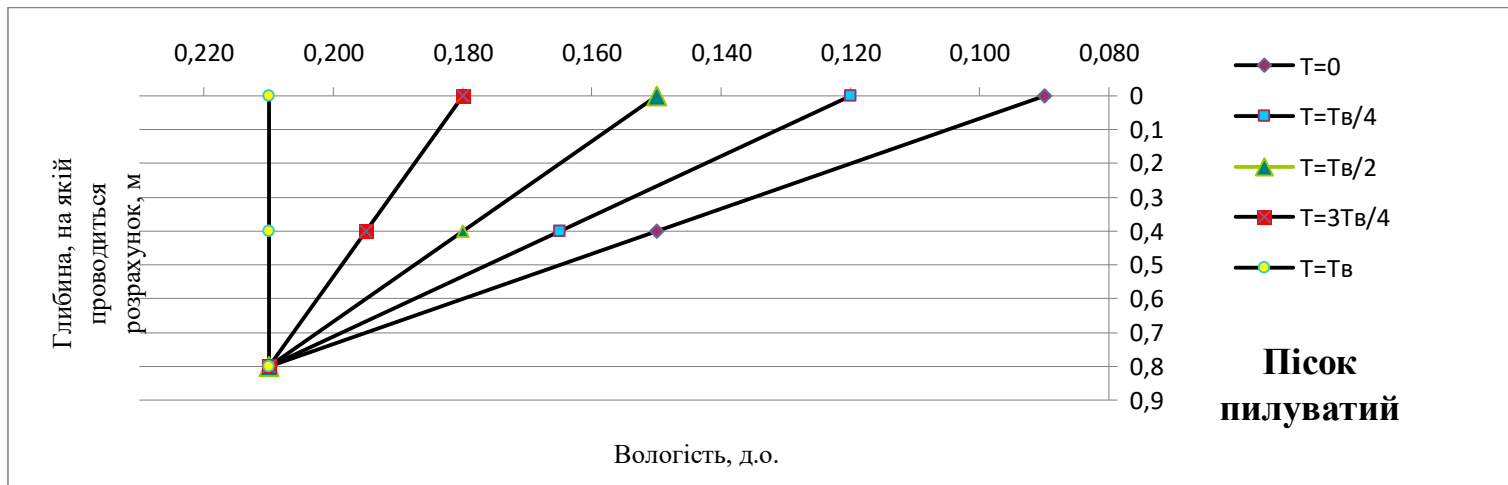


Рисунок 7.19 – Поле вологості для піску пилуватого у III типі місцевості по зволоженню при різному терміні волого накопичення

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Постанови Кабінету Міністрів України №865 від 24 червня 2006 року «Про затвердження переліку автомобільних доріг загального користування державного значення».
2. ДБН В.2.3.-4:2015 Споруди транспорту. Автомобільні дороги. – К.: Мінрегіонбуд України, 2015. – 112 с.
3. ДБН Б.2.2-12:2018 Планування та забудова територій. – К.: Мінрегіонбуд України, 2019. – 179 с.
4. ДБН В.2.3-5:2018 Вулиці та дороги населених пунктів. – К.: Мінрегіонбуд України, 2018. – 55 с.
5. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 123 с.
6. ДБН В.2.3-22:2009 Мости та труби. Основні вимоги проектування. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 46 с.
7. ГБН В.2.3-37641918-559:2019 Автомобільні дороги. Дорожній одяг нежорсткий. Проектування. К.: Міністерство інфраструктури України, 2018. – 58с.
8. ДСТУ 9177-2:2022 Матеріали щебеневі та гравійні для дорожнього будівництва. Технічні умови. Частина 2. Матеріали неукріплені – К.: Мінрегіонбуд України, 2022. – 19 с.
9. ДСТУ 9177-3:2022 Матеріали щебеневі та гравійні для дорожнього будівництва технічні умови. Частина 3. Матеріали, укріплені мінеральними в'язучими. – К.: Мінрегіонбуд України, 2022. – 22 с.
10. ДСТУ Б В.2.7-119:2011 Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон дорожній та аеродромний. Технічні умови. – К.: Мінрегіонбуд України, 2012. – 63с.
11. ДСТУ Б В.2.7-127:2015 Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон щебенево-мастикові. Технічні умови. – К.: Мінрегіонбуд України, 2015. – 26 с.
12. ДБН В.2.2-40:2018 Інклюзивність будівель і споруд. Основні положення. – К.: Мінрегіонбуд України, 2022. – 67с.

13. ДСТУ-Н Б В.2.2-31:2011 Настанова з облаштування будинків і споруд елементами доступності для осіб з вадами зору та слуху. – К.: Мінрегіонбуд України, 2012. – 67 с.
14. ДБН А.3.1-5:2016 Організація будівельного виробництва. К. : Мінрегіонбуд України, 2016. – 46 с.
15. СОУ 45.2-00018112-006:2006 Безпека дорожнього руху. Порядок огороження та організація дорожнього руху в місцях проведення дорожніх робіт з будівництва, реконструкції, ремонту та утримання автомобільних доріг. – К: «Укравтодор», 2017. – 22 с.
16. ДБН А.3.2-2-2009 Охорона праці і промислова безпека в будівництві. Основні положення. – К: Мінрегіонбуд України, 2009 – 48 с.
17. НПАОП 63.21-1.01-09 Правила охорони праці під час будівництва, ремонту та утримання автомобільних доріг. – К: «Укравтодор», 2010. – 34 с.
18. ДСТУ Б А.3.1-22:2013 Визначення тривалості будівництва об'єктів. – К.: Мінрегіон України, 2014. – 32 с.
19. ДСТУ 4100:2021 Безпека дорожнього руху. Знаки дорожні. Загальні технічні умови. Правила застосування. – К.: Мінрегіонбуд України, 2021. – 140с.
20. СОУ 45.2-00018112-011:2006 Опори дорожніх знаків. – К.: Укравтодор, 2006. – 36 с.
21. ДСТУ 2587:2021 Безпека дорожнього руху. Розмітка дорожня. Загальні технічні умови. – К.: Мінрегіонбуд України, 2021. – 102 с.
22. ДСТУ Б В.2.3-28:2011 Огороджування дорожні металеві бар'єрного типу. Технічні умови. – К.: Мінрегіонбуд України, 2012. – 35 с.
23. ДСТУ Б В.2.3-11-2004 Споруди транспорту. Огородження дорожнє перильного типу. Загальні технічні умови. – К.: Мінрегіонбуд України, 2012. – 35с.
24. Сіденко В.М., Фомін В.О. Водно-тепловий режим міських доріг: Навч. посібник. – Харків.: Видавництво ХНАДУ, 1971.

