

Вінницький національний технічний університет  
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії  
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра будівництва, міського господарства та архітектури  
(повна назва кафедри (предметної, шкільної комісії))

## МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

### СУЧАСНІ РІШЕННЯ ЗМЕНШЕННЯ ТЕПЛОВТРАТ ЧЕРЕЗ КОНСТРУКЦІЇ ПІДЛОГ ЦИВІЛЬНИХ БУДІВЕЛЬ

Виконала: студент 2-го курсу, групи 1Б-24м  
спеціальності 192 – «Будівництво  
та цивільна інженерія»

Гураш П.С.

Керівник: к.т.н., доцент каф. БМГА

Христин О.В.

«10» грудня 2025 р.

Опонент: к.т.н., доц. каф. ТЕ

Співак О.Ю.

«10» грудня 2025 р.

Допущено до захисту  
Завідувач кафедри БМГА  
В.В. Швець  
«10» грудня 2025 р.

Вінниця ВНТУ – 2025 рік

ркушів

20

1

Вінницький національний технічний університет  
Факультет Будівництва, цивільної та екологічної інженерії  
Кафедра Будівництва, міського господарства та архітектури  
Рівень вищої освіти II-й (магістерський)  
Галузь знань 19 – Архітектура та будівництво  
Спеціальність 192 – Будівництво та цивільна інженерія  
Освітньо-професійна програма Промислове та цивільне будівництво

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри БМГА  
*Швель В. В.*  
13 жовтня 2025 року

## ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ

Гурашу Павлу Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Сучасні рішення зменшення тепловтрат через конструкції підлог цивільних будівель

керівник роботи Христич Олександр Володимирович, к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від "24" 09 2025 року №313.

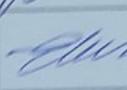
2. Строк подання магістрантом роботи 01.12.2025 р.

3. Вихідні дані до роботи: нормативна література, результати обстежень та досліджень, фрагмент ситуаційного плану, карта місцевості

4. Зміст текстової частини: Вступ (актуальність наукових досліджень, об'єкт, предмет, мета і завдання, новизна, практичне значення, апробація). Розділ 1 АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ПІДХОДІВ ДО ЗМЕНШЕННЯ ТЕПЛОТРАТ ЧЕРЕЗ КОНСТРУКЦІЇ ПІДЛОГ ЦИВІЛЬНИХ БУДІВЕЛЬ (Стан проблеми, Оцінка сучасних конструктивних рішень підлоги. Висновки до розділу 1). Розділ 2 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОТРАТ ЧЕРЕЗ ПІДЛОГУ ЦИВІЛЬНИХ БУДІВЕЛЬ (Мета, методика та об'єкт дослідження. Експериментальне дослідження температурного режиму вузла «стіна – підлога – ґрунт». Моделювання температурного поля варіантів теплоізоляції підлоги. Висновки до розділу 2). Розділ 3 УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ (Узагальнення експериментальних і модельних температурних характеристик конструкції підлоги на ґрунті. Аналіз впливу товщини та геометричних параметрів утеплювача для конструкції «підлога – тепловтрати конструкції. Вибір оптимального типу утеплювача для конструкції «підлога – ґрунт – фундамент». Висновки до розділу 3). Розділ 4 ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА (Рішення генерального плану. Об'ємно-планувальні рішення житлового будинку. Архітектурно-конструктивні рішення житлового будинку, організаційно-технологічні рішення. Розробка будівельного генерального плану, календарного графіку будівництва. Висновки до розділу 4). Розділ 5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА. Висновки. Список використаних джерел. Додатки

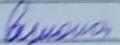
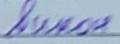
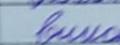
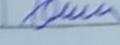
5. Перелік ілюстративно-графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): 1. Науково-дослідний розділ – 5-7 арк. (плакати, що ілюструють результати науково-дослідної роботи). 2. Архітектурно-будівельні рішення – 2-3 арк. (генеральний план, архітектурно-будівельні рішення житлової будівлі). 3. Організаційно-технологічні рішення – 2 арк. (будівельний генеральний план, календарний графік будівництва).

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконання приймає
Вступ, науковий розділ 1-3	Христич О.В., к.т.н., доцент кафедри БМГА		
Розділ 4. Технічна частина. Архітектурно-будівельні та конструктивні рішення	Христич О.В., к.т.н., доцент кафедри БМГА		
Розділ 4. Технічна частина. Організаційно-технологічні рішення	Христич О.В., к.т.н., доцент кафедри БМГА		
Розділ 5. Економічна частина	Лялюк О.Г., к.т.н., доцент кафедри БМГА		

7. Дата видачі завдання 13.10.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Складання вступу до МКР	13.10-17.10.25	
2	Науково-дослідна частина	13.10-31.10.25	
3	Архітектурно-будівельні рішення технічного об'єкту	03.11-14.11.25	
4	Організаційно-технологічні рішення	17.11-28.11.25	
5	Економічна частина	24.11-28.11.25	
6	Оформлення МКР	01.12-08.12.25	
7	Подання МКР на кафедру для перевірки	01.12-05.12.25	
8	Попередній захист	01.12-05.12.25	
10	Опонування	05.12-08.12.25	
11	Захист МКР	16.12-23.12.25	

Здобувач  Гураш П.С.

Керівник роботи  Христич О.В.

## АНОТАЦІЯ

УДК 620.9:697

Гураш П. С., Сучасні рішення зменшення тепловтрат через конструкції підлог цивільних будівель. Магістерська кваліфікаційна робота за спеціальністю 192 – «Будівництво та цивільна інженерія». Вінниця: ВНТУ, 2025. 103 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 42 назв; рис.: 28; табл. 27; арк. граф. част.: 20.

У магістерській кваліфікаційній роботі виконано комплексне дослідження та проектне обґрунтування архітектурних, конструктивних, інженерних, теплотехнічних та організаційно-технологічних рішень дев'ятиповерхового житлового будинку з підземним поверхом.

У розділі 1-3 представлено дослідження тепловтрат через підлогу над неопалюваним підземним паркінгом та підлог по ґрунту під опалювальними приміщеннями підвалу. Проведено розрахункове моделювання впливу типу та товщини теплоізоляції на тепловий опір конструкції та температуру внутрішньої поверхні. Показано, що застосування екструдованого пінополістиролу (XPS) є оптимальним за теплотехнічними показниками. Запропонована конструкція підлоги дозволяє зменшити тепловтрати на 45-48 % та забезпечує нормативну температуру внутрішньої поверхні 17-18 °С.

У розділі 4 виконано характеристику земельної ділянки, інженерно-геологічних умов, оцінено інженерне забезпечення території. Подано рішення генерального плану, обґрунтування архітектурно-планувальних та конструктивних рішень будинку. Наведено календарний графік виконання робіт, будівельний генеральний план, розрахунок тимчасових електричних і водопровідних мереж, техніко-економічні показники будівництва.

У розділі 5 наведено розрахунки економічної ефективності удосконаленої конструкції підлоги.

Ключові слова: енергоефективність; підлога; тепловтрати; житловий будинок; конструктивні рішення; організація будівництва.

## ANNOTATION

Gurash P. S., Modern solutions for reducing heat loss through the construction of floors of civil buildings. Master's qualification work in the specialty 192 – "Construction and civil engineering". Vinnytsia: VNTU, 2025. 103 p.

In Ukrainian. Bibliography: 42 titles; fig.: 28; tab. 27; sheet. graphic part: 20.

In the master's qualification work, a comprehensive study and design justification of architectural, structural, engineering, heat engineering and organizational and technological solutions of a nine-story residential building with an underground floor were performed.

Sections 1-3 present a study of heat loss through the floor above the unheated underground parking lot and floors on the ground under the heated basement rooms. A computational modeling of the influence of the type and thickness of thermal insulation on the thermal resistance of the structure and the temperature of the inner surface was carried out. It was shown that the use of extruded polystyrene foam (XPS) is optimal in terms of thermal performance. The proposed floor design allows reducing heat loss by 45-48% and provides a standard temperature of the inner surface of 17-18 °C.

Section 4 describes the characteristics of the land plot, engineering and geological conditions, and assesses the engineering support of the territory. The general plan solution, justification of the architectural and planning and structural solutions of the building are presented. The calendar schedule of work, the construction master plan, the calculation of temporary electrical and water supply networks, and the technical and economic indicators of construction are given.

Section 5 provides calculations of the economic efficiency of the improved floor structure.

Keywords: energy efficiency; floor; heat loss; residential building; design solutions; construction organization.

## ЗМІСТ

ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ПІДХОДІВ ДО ЗМЕНШЕННЯ ТЕПЛОВТРАТ ЧЕРЕЗ КОНСТРУКЦІЇ ПІДЛОГ ЦИВІЛЬНИХ БУДІВЕЛЬ	9
1.1 Стан проблеми тепловтрат через конструкції підлог цивільних будівель	9
1.2 Теплотехнічні процеси передачі теплоти через конструкцію підлоги	14
1.3 Оцінка сучасних конструктивних рішень підлоги	19
1.3.1 Вплив товщини утеплювача на тепловтрати	19
1.3.2 Аналіз температурних полів у плиті перекриття	21
1.3.3 Теплові містки та їхній вплив на енергетичну ефективність конструкції	22
Висновки до розділу 1	22
РОЗДІЛ 2 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОВТРАТ ЧЕРЕЗ ПІДЛОГУ ЦИВІЛЬНИХ БУДІВЕЛЬ	23
2.1 Мета, методика та об'єкт дослідження	23
2.2 Експериментальне дослідження температурного режиму вузла «стіна – підлога – ґрунт»	24
2.2.1 Об'єкт та схема експерименту	25
2.2.2 Умови проведення експерименту	26
2.2.3 Результати експериментальних вимірювань	27
2.3 Результати стаціонарного моделювання теплового поля конструкції «стіна–підлога–ґрунт»	28
2.4 Моделювання температурного поля варіантів теплоізоляції підлоги	34
2.4.1 Варіант 1 – без утеплення	34
2.4.2 Варіант 2 – горизонтальне утеплення	35
2.4.3 Варіант 3 – вертикальне утеплення фундаменту	36
2.4.4 Варіант 4 – комбіноване утеплення	37

	3
2.4.5 Порівняльний висновок по варіантах	38
Висновки до розділу 2	38
РОЗДІЛ 3 УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ	40
3.1 Узагальнення експериментальних і модельних температурних характеристик конструкції підлоги на ґрунті	40
3.2 Аналіз впливу товщини та геометричних параметрів утеплення на температурний режим та тепловтрати конструкції	53
3.2.1 Вплив товщини теплоізоляційного шару на температуру поверхні підлоги	43
3.2.2 Вплив товщини утеплення на тепловий потік через підлогу	44
3.2.3 Вплив вертикальної теплоізоляції фундаменту на тепловий стан конструкції	45
3.2.4 Вплив глибини розташування теплоізоляційної смуги	46
3.2.5 Порівняння геометричних параметрів утеплення та обґрунтування оптимальних значень	47
3.3 Вибір оптимального типу утеплювача для конструкції «підлога – ґрунт – фундамент»	50
3.4 Узагальнення оптимальної конструкції та рекомендації щодо застосування теплоізоляції	54
Висновки до розділу 3	56
РОЗДІЛ 4 ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА	58
4.1 Вихідні дані	58
4.2 Генеральний план	59
4.2 Архітектурно-будівельні рішення	61
4.3.1 Об'ємно-планувальні рішення	61
4.3.2 Архітектурно-планувальні рішення	62
4.3.3 Архітектурно-конструктивні рішення	63
4.3.4 Зовнішнє та внутрішнє оздоблення	68
4.3.5 Інженерне обладнання	70

	4
4.3.6 Протипожежні заходи	71
4.3.7 Інклюзивність та безбар'єрний доступ	72
4.4 Організація будівельного виробництва	73
4.4.1 Розрахунок параметрів календарного графіка	73
4.4.2 Проектування будівельного генерального плану	74
4.4.3 Проектування та розрахунок адміністративно-побутових приміщень	75
4.4.4 Розрахунок площі відкритого і закритого складів для будівельних конструкцій, матеріалів та виробів	78
4.4.5 Проектування і розрахунок мереж тимчасового електропостачання будівельного майданчика	79
4.4.6 Проектування і розрахунок мереж тимчасового водозабезпечення будівельного майданчика	81
4.4.7 Техніко-економічні показники проекту будівництва	82
Висновок до розділу 4	84
<b>РОЗДІЛ 5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА</b>	86
Висновки до розділу 5	95
<b>ВИСНОВКИ</b>	96
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b>	99
<b>ДОДАТКИ</b>	104
Додаток А Протокол перевірки кваліфікаційної роботи	105
Додаток Б Відомість виконання робіт по об'єкту	106
Додаток В Відомість графічної частини МКР	110

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Проблема зменшення тепловтрат через огорожувальні конструкції будівель є одним із найважливіших напрямів сучасної будівельної науки та практики. Особливої уваги потребують конструкції підлог, які за несприятливих умов експлуатації можуть бути одним із найбільших джерел втрати теплоти. У цивільних будівлях, де підлога часто межує з ґрунтом, неопалюваними технічними поверхами, підвалами або паркінгами, значна частина теплової енергії відводиться у нижні шари конструкції або навколишнє середовище. Це призводить до підвищеного енергоспоживання, зниження комфортності приміщень та ризику формування зони конденсації у прифундаментних ділянках.

Актуальність проблеми зумовлена тим, що традиційні конструкції підлог із бетонних плит мають високий коефіцієнт теплопровідності, що спричинює формування інтенсивного теплового потоку вниз. У зоні примикання до зовнішніх стін виникають лінійні теплові містки, які можуть збільшувати втрати тепла на 30% і більше [1]. Крім того, на сучасному етапі розвитку будівництва зростає кількість об'єктів із підземними автостоянками, технічними приміщеннями та складними конструктивними рішеннями, де підлога першого поверху фактично працює як огорожувальна конструкція. Це суттєво підвищує вимоги до теплозахисту її шарів.

Вимоги ДБН В.2.6-31:2021 [2] регламентують мінімальний термічний опір підлог над холодними приміщеннями та над ґрунтом, проте реальні умови експлуатації часто є складнішими й характеризуються нестаціонарними температурними режимами, нерівномірністю теплопередачі та локальними зонами переохолодження. Саме тому питання вибору сучасних технологічних рішень, ефективних утеплювачів і оптимальних схем теплоізоляції виходить на перший план.

Сучасні підходи до зменшення тепловтрат передбачають застосування високоефективних теплоізоляційних матеріалів (XPS, PIR, VIP), комбінованих

схем утеплення, периметральних термовкладишів, високоточного моделювання теплоперенесення у середовищах LPA-SAPR, COMSOL Multiphysics та оптимізації конструкційних шарів підлоги. Використання цифрового моделювання є особливо актуальним, оскільки дозволяє визначити температурні поля у товщі конструкції, оцінити ризики переохолодження та прогнозувати ефективність різних теплоізоляційних рішень.

Окреме значення має аналіз поведінки підлоги в критичних зонах – поблизу зовнішньої стіни, фундаментних елементів та стиків з огорожувальними конструкціями. Саме ці ділянки визначають загальну енергоефективність системи та потребують спеціальних конструктивних рішень для усунення теплових містків. Удосконалення теплоізоляційних рішень конструкцій підлог дозволяє не лише зменшити витрати теплової енергії, але й забезпечити підвищення комфорту користування, збереження довговічності конструкцій та відповідність сучасним нормативним вимогам.

У цьому контексті актуальною є розробка та обґрунтування конкретних конструктивно-технологічних рішень, які забезпечують мінімізацію тепловтрат через підлогу, оптимізацію матеріаломісткості та підвищення експлуатаційної надійності будівлі.

**Мета роботи.** Підвищення енергоефективності цивільних будівель шляхом розроблення та обґрунтування сучасних рішень зі зменшення тепловтрат через конструкції підлог із використанням ефективних теплоізоляційних систем та методів числового моделювання.

**Завдання дослідження:**

1. Проаналізувати сучасний стан тепловтрат через конструкції підлог цивільних будівель.
2. Визначити основні чинники формування теплових містків та зон переохолодження.
3. Провести експериментальне дослідження температурного режиму вузла «стіна–підлога–грунт».

4. Виконати числове моделювання теплоперенесення для різних варіантів утеплення.

5. Сформувані рекомендації щодо застосування оптимальних теплоізоляційних рішень.

**Об'єкт дослідження.** Теплотехнічний стан конструкцій підлог цивільних будівель.

**Предмет дослідження.** Закономірності формування теплових втрат та ефективність конструктивно-технологічних рішень з утеплення підлог.

**Новизна роботи:**

1. Дістало продовження комплексне дослідження ефективності вертикального, горизонтального та комбінованого утеплення для конструкцій підлог цивільних будівель з використанням методів числового моделювання.

2. Встановлено закономірності впливу геометрії фундаментних вузлів і матеріалів теплоізоляції на формування температурних мінімумів та теплових містків.

3. Обґрунтовано оптимальні сучасні рішення, які забезпечують зменшення тепловтрат до 40–55 % у порівнянні з традиційними конструкціями.

**Практичне значення роботи.** Отримані результати можуть бути використані у проектуванні енергоефективних будівель, у реконструкції підлог експлуатованих споруд для підбору раціональних схем утеплення.

**Особистий внесок магістранта:** усі результати, наведені у магістерській кваліфікаційній роботі, отримані самостійно. У роботах, опублікованих у співавторстві, автору належать такі: [1] – моделювання розподілу температур через конструкцію підлоги.

**Апробація результатів роботи.** За результатами магістерської кваліфікаційної роботи опубліковано 1 тезу конференції [1] та підготовлено виступ на Міжнародній науково-технічній конференції «Енергоефективність в галузях економіки України-2025», яка відбулася у ВНТУ 19-21.11.2025 р.

**Публікації:**

За результатами магістерської кваліфікаційної роботи опубліковано 1 тезу конференцій:

1. Гураш П.С., Христич О.В. Енергоефективні конструкції підлог у системі теплового захисту сучасних цивільних будівель. Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції «Енергоефективність в галузях економіки України-2025», Вінниця, Вінницький національний технічний університет, 19.11.2025 – 21.11.2025 р. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/egeu/egeu2025/paper/viewFile/26273/21690>

## РОЗДІЛ 1

### АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ПІДХОДІВ ДО ЗМЕНШЕННЯ ТЕПЛОВТРАТ ЧЕРЕЗ КОНСТРУКЦІЇ ПІДЛОГ ЦИВІЛЬНИХ БУДІВЕЛЬ

#### 1.1 Стан проблеми тепловтрат через конструкції підлог цивільних будівель

Проблема втрати теплоти через конструкції підлог є однією з ключових у забезпеченні енергоефективності сучасних цивільних будівель. Попри те, що протягом останніх років вимоги до теплозахисту огорожувальних конструкцій суттєво посилилися [2-3], саме підлоги над холодними підземними приміщеннями – такими як технічні поверхи, неопалювані підвали та підземні автостоянки – залишаються одними з найменш захищених елементів теплової оболонки (рис. 1.1). Це пов'язано з тим, що конструкція підлоги першого поверху одночасно виконує функцію несучого елемента та огорожувальної конструкції [4-5]. Тому її теплотехнічні властивості перетинаються з вимогами до міцності, жорсткості й довговічності.



Рисунок 1.1 – Тепловтрати через конструкції будівлі

Бетон, який традиційно використовується як основний конструкційний матеріал, характеризується високою теплопровідністю (у середньому 1,4-

1,7 Вт/(м·К)). Навіть за значних товщин бетонна плита демонструє низький термічний опір, який у стандартних конструкціях становить 0,20-0,35 м<sup>2</sup>·К/Вт [6]. Це у 15-20 разів менше порівняно з вимогами сучасних норм теплозахисту житлових та громадських будівель [2].

Сучасна практика проектування свідчить, що саме підлога першого поверху є одним із найвразливіших місць у тепловій оболонці будинку. У новому будівництві дедалі частіше застосовуються підземні паркінги, що приводить до появи значних площ підлоги, які без спеціальних теплозахисних заходів стають джерелом постійних втрат теплоти. В умовах українського клімату, особливо в центральних та північних регіонах, різниця температур між житловими приміщеннями та підземними об'єктами протягом опалювального періоду зазвичай становить 12-18 °С (рис. 1.2). Температура на поверхні підлоги житлового приміщення може знижуватися до +15-17 °С, що не відповідає вимогам комфортності та свідчить про недостатність термічного опору конструкції. За такої різниці температура на нижній поверхні плити може знижуватися до рівня, небезпечного з точки зору конденсації вологи, розвитку корозії арматури й - прискореного зносу конструкції [7-8].

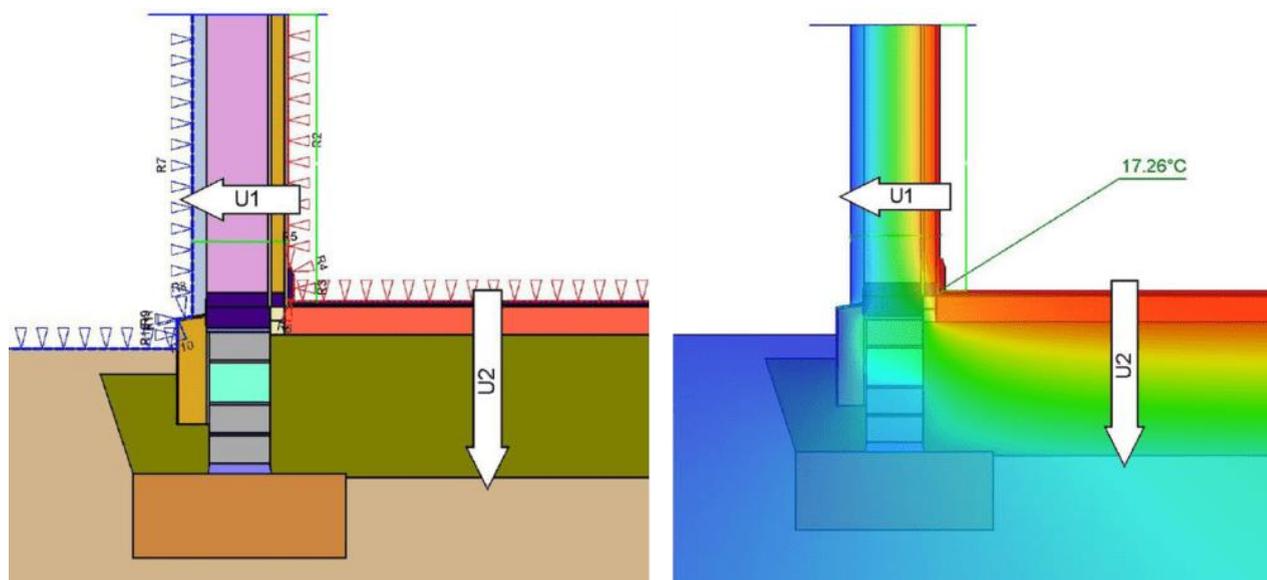


Рисунок 1.2 – Вплив теплових містків у крайових зонах плити перекриття

Зміна характеру тепловтрат підлоги у залежності від температури нижнього середовища наведено у табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Класифікація огорожувальних конструкцій підлоги за тепловим режимом

Тип конструкції	Над яким приміщенням	Температура зверху, °С	Рівень тепловтрат	Особливості теплопередачі
Підлога на ґрунті	Ґрунтовий масив	+5...+10	Середній	Домінує теплопередача у ґрунт; частково стабілізується сезонними коливаннями
Плита над холодним підвалом	Невентильований підвал	+5...+12	Підвищений	Холодне повітря створює градієнт температур 15-20°С; можливі теплові містки
Плита над паркінгом	Підземний або наземний паркінг	+5...+8	Високий	Високий тепловий потік через бетон; особливо критичні крайові зони
Плита над технічним поверхом	Технічні коридори або вентиляційні шахти	+8...+15	Середній	Характер залежить від вентиляції та матеріалу перегородок
Підлога над теплим приміщенням	Опалюване приміщення	+18...+22	Низький	Тепловтрати мінімальні; тепловий місток незначний

Актуальність проблеми підсилюється тим, що площа підлог першого поверху у сучасних багатоповерхових будинках є значною. Крім того, у зонах локальних перетинів конструкцій – біля зовнішніх стін, вентиляційних каналів, шахт ліфтів – формуються лінійні та точкові теплові містки, які можуть збільшувати тепловтрати на 40–150 % порівняно з розрахунковими значеннями для однорідних шарів. Це підтверджується численними вимірюваннями температурних полів у реальних експлуатованих будівлях, які демонструють значні зони охолодження саме в крайових ділянках [7-8].

У низці сучасних досліджень, присвячених теплотехніці огорожувальних конструкцій, наголошується, що спрощений підхід до розрахунку теплозахисту підлоги, який використовується в більшості нормативів, не враховує нестационарність теплових процесів, зумовлену тепловою інерційністю ґрунту та

холодних повітряних мас у підземних приміщеннях [9-12]. На відміну від стін чи покрівель, підлоги над холодним простором мають суттєво інший тепловий режим, який протягом доби та сезону змінюється нерівномірно (табл. 1.2). Це впливає на точність визначення тепловтрат, особливо в крайових зонах плити перекриття.

Таблиця 1.2 – Основні фактори, що впливають на тепловтрати через конструкцію підлоги

Фактор	Сутність впливу	Як проявляється у підлогах
Теплопровідність матеріалу конструкції	Чим вищий $\lambda$ , тим більші втрати	Бетон має $\lambda = 1,50-1,70$ Вт/(м·К), що формує інтенсивний тепловий потік вниз
Товщина конструкції	Пропорційно впливає на R	Збільшення товщини бетону у 2 рази майже не зменшує тепловтрати
Наявність утеплювача	Формує основний опір теплопередачі	Утеплювачі $\lambda = 0,008-0,040$ дають до 90% зниження втрат
Температура нижнього середовища	Визначає $\Delta T$	Чим холодніше приміщення знизу, тим більше $q$
Крайові теплові містки	Місцеве послаблення теплової ізоляції	У зоні примикання плити до стін втрати можуть зрости у 2-3 рази
Геометрія та розташування підлоги	Периметр будівлі / площа	Будівлі складної конфігурації мають більше лінійних містків холоду

Поглиблений аналіз фактичних тепловтрат, проведений у сучасних експериментальних роботах, підтверджує, що без теплоізоляційного шару тепловий потік через плиту перекриття може становити від 35 до 55 Вт/м<sup>2</sup> залежно від температурного режиму підземного простору (табл. 1.3) [12-15]. Це означає, що будівля щорічно витратить значну кількість енергії на компенсацію втрат, що з економічної точки зору є вкрай неефективним.

Відповідно до діючих нормативних документів України (ДБН В.2.6-31:2021), мінімальний термічний опір конструкції підлоги над холодним приміщенням повинен становити  $R \geq 4,0-5,0$  м<sup>2</sup>·К/Вт, залежно від типу будівлі та кліматичної зони [2]. Досягти таких показників без застосування теплоізоляційних

матеріалів практично неможливо. Навіть наявність товстої бетонної плити не забезпечує необхідного рівня опору теплопередачі.

Таблиця 1.3 – Типові значення тепловтрат через підлогу за різних умов експлуатації

Умови експлуатації	$\Delta T, ^\circ C$	Типова конструкція	Тепловтрати без утеплення, Вт/м <sup>2</sup>	Тепловтрати з утепленням (XPS 100 мм), Вт/м <sup>2</sup>
Над ґрунтом	10-15	Плита 120 мм	20-25	5-7
Над холодним підвалом	12-18	Плита 220 мм	25-35	6-8
Над паркінгом	15-20	Плита 220 мм	30-55	6-9
Над технічним поверхом	5-12	Плита 180 мм	15-25	5-7
Над теплим приміщенням	0-3	Плита 160 мм	5-8	4-6

Таким чином, аналіз сучасного стану питання свідчить, що проблема тепловтрат через підлоги цивільних будівель має комплексний характер і вимагає поєднання кількох підходів:

- підвищення термічного опору конструкції за рахунок використання теплоізоляційних матеріалів із низькою теплопровідністю;
- зменшення впливу теплових містків через вдосконалення вузлів примикання плити до стін та колон;
- врахування нестационарних режимів у теплотехнічних розрахунках;
- вибір матеріалів з урахуванням вологості та експлуатаційних навантажень у підземних приміщеннях;
- оптимізація конструкції підлоги відповідно до вимог енергоефективності, довговічності та економічної доцільності.

Отже, проблема зменшення тепловтрат через конструкції підлог є актуальною як у контексті новобудов, так і під час реконструкції існуючих споруд. Вона вимагає ретельного технічного аналізу та впровадження сучасних інженерних рішень, що й становить мету даної дипломної роботи.

## 1.2 Теплотехнічні процеси передачі теплоти через конструкцію підлоги

Передача теплоти через конструкцію підлоги є складним багатокомпонентним процесом, який обумовлюється взаємодією декількох механізмів теплопередачі – теплопровідності, конвекції, теплового випромінювання, а також впливом нестационарних температурних процесів у зовнішніх ґрунтових або підпільних середовищах. На відміну від вертикальних огорожувальних конструкцій (стіни, фасади), підлога працює у значно складніших умовах, оскільки контактує з неоднорідним за теплотехнічними характеристиками середовищем: ґрунтом, технічними приміщеннями, паркінгами або неопалюваними підвалами [9, 10, 12, 14].

Основним механізмом теплопередачі в конструкції підлоги є теплопровідність, оскільки бетон має високу теплопровідність ( $\lambda = 1,50-1,70 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ ), що на порядок перевищує показники сучасних термоізоляційних матеріалів ( $\lambda = 0,020-0,040 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ ).

У типовій конструкції підлоги без утеплення бетонна плита завтовшки 150-220 мм забезпечує недостатній термічний опір, що призводить до значних тепловтрат. Для таких конструкцій характерні показники  $R_{\text{бетон}} \approx 1,8-2,5 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$ , що у 5-7 разів перевищує нормативне значення для житлових будівель ( $R \leq 0,30 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$ ). У холодний період року це призводить до охолодження поверхні підлоги до  $+14-17 \text{ }^\circ\text{C}$ , створення зони дискомфорту та ризику конденсації в крайових ділянках.

З боку теплового приміщення передача тепла до поверхні підлоги здійснюється за рахунок (рис. 1.3) [9]:

- вільної конвекції у повітрі при температурному градієнті «повітря – поверхня підлоги»;
- теплового випромінювання від внутрішніх огорожень та предметів інтер'єру.

Ефективність теплопередачі залежить від коефіцієнта тепловіддачі  $\alpha$ , типового для нижніх огорожень:  $\alpha_{\text{внутр}}=7-10 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$ . Тому підлога, яка має нижчу температуру поверхні, ніж повітря у приміщенні, інтенсивно приймає тепло згори та передає його вниз по товщі конструкції.

Нижнє середовище суттєво визначає тепловтрати [10]:

- у підлогах над ґрунтом теплопередача відбувається у напівбезмежне середовище з нелінійним розподілом температури;
- у підлогах над паркінгами та підвалами теплопровідність проявляється між шарами плити та холодним повітрям з температурою  $+5-12 \text{ }^\circ\text{C}$ .

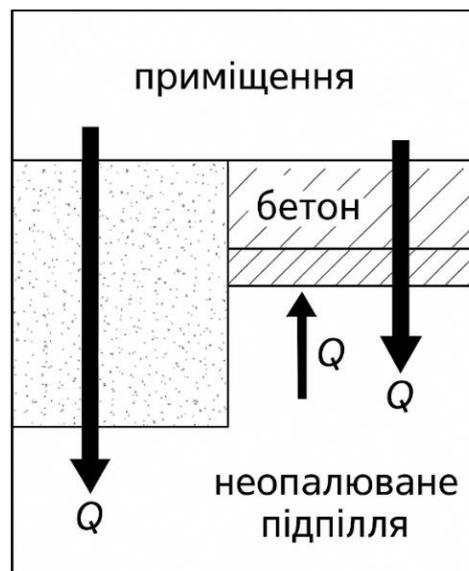


Рисунок 1.3 – Передача тепла через підлогу

Ґрунт має теплопровідність  $\lambda_{\text{гр}}=1,1-2,5 \text{ Вт}/(\text{мК})$  та характеризується високою теплоємністю і тепловою інерцією. Унаслідок цього температурний режим біля фундаментів формується протягом тривалого часу та залежить від вологості, глибини промерзання та сезонних ефектів [11, 12].

Особливо значущими є крайові зони плити, де бетон безперервно примикає до зовнішньої стіни або перекриває холодний простір на балках, ригелях та консолях. Тут виникає лінійний тепловий місток з лінійним коефіцієнтом теплопередачі  $\psi=0,05-0,60 \text{ Вт}/(\text{мК})$ . Дослідження показують, що тепловтрати в

зоні містків можуть збільшувати загальний тепловий потік на 30-250%, особливо коли утеплювач не доведено до периметра або порушено ізотермічність вузла.

На відміну від стін, температура підлоги над ґрунтом або неопалюваними приміщеннями формується під дією повільних та глибоких температурних хвиль. Зміна температури ґрунту на глибині 1-2 м має добовий зсув у фазі з запізненням до 12-20 годин, а річний температурний хвильовий процес може мати амплітуду 6-10 °С [13]. Через це тепловий потік через підлогу не є постійним, а змінюється залежно від:

- глибини промерзання території (для України  $h = 0,8-1,2$  м);
- вологості ґрунту (вологий ґрунт проводить тепло у 1,5–2 рази інтенсивніше);
- теплоізоляції відмостки та цоколя;
- глибини закладання подошви фундаментів та їх теплоізоляції.

У міжнародних розрахункових стандартах (EN ISO 13370) це враховується через використання еквівалентного термічного опору  $R_{eq}$ , який інтегрує усі нестационарні та геометричні ефекти.

За вимогами ДБН В.2.6-31:2021 для підлог над холодними приміщеннями (підвалами, паркінгами) та над ґрунтом застосовують приведений опір теплопередачі  $R_{pr}$ , що визначається з урахуванням (табл. 1.4):

- теплової інерції матеріалів плити;
- термічних характеристик ґрунту;
- характеру нижнього середовища;
- теплових містків по периметру;
- температурних режимів по сезонах.

Таким чином, стаціонарна формула коефіцієнту теплопередачі конструкції [2, 16]:

$$U = \frac{1}{R}, \quad (1.1)$$

у реальній конструкції не застосовується без корекції. Натомість розрахунок виконується як:

$$U_{ef.} = \frac{1}{R_{ef.} + R_{поверх.}}, \quad (1.2)$$

де  $R_{ef}$  включає ефекти сезонного охолодження ґрунту, багаторічного температурного фону, змінної вологості та притоку тепла з боку фундаментів (теплообмін між підлогою та ґрунтовою масою), геометричні параметри фундаментів ( $B'$ ), утеплення цоколів та відмостки.

Таблиця 1.4 – Основні механізми теплопередачі через конструкцію підлоги та їх інженерні характеристики

Механізм теплопередачі	Фізична суть процесу	Формула / параметри	Типовий діапазон значень	Вплив на тепловтрати
Теплопровідність у бетоні	Передача теплоти через тверде тіло завдяки градієнту температур	$q = \lambda \cdot \frac{\Delta T}{d}$	$\lambda$ бетону = 1,50-1,70 Вт/(м·К); товщина плити 150–220 мм	Основний механізм втрат; формує 40-60 % загального теплового потоку
Теплопровідність у ґрунті або холодному підпіллі	Розповсюдження тепла в напівбезмежному середовищі	$\lambda_{ґрунту} = 1,1-2,5$ Вт/(м·К); температура +5...+12 °С	Високий опір через теплоємність ґрунту; значний вплив на сезонний режим	Створює 20-35 % втрат; підсилюється при високій вологості ґрунту
Поверхнева тепловіддача (конвекція + випромінювання)	Передача тепла з повітря до поверхні підлоги	$q = \alpha \cdot \Delta T$	$\alpha$ внутрішня = 7-10 Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	Визначає температуру поверхні; низька температура підлоги
Лінійні теплові містки ( $\psi$ )	Додатковий тепловий потік у місцях порушення ізоtermічності	$Q_{од} = \psi \cdot L \cdot \Delta T$	$\psi = 0,05-0,60$ Вт/(м·К)	Збільшує втрати на 30–250 % у крайових зонах плити
Точкові містки ( $\chi$ )	Локальні теплові втрати через анкери, кріплення, ребра	$Q = \chi \cdot \Delta T$	$\chi = 0,5-3,0$ Вт/К	Місцевий ефект; може знижувати температуру поверхні на 2-4 °С
Нестаціонарні добові коливання	Повільна зміна температури ґрунту або підпілля протягом доби	Розрахунок на основі Фур'є	$\tau$ добової хвилі $\approx 24$ год; глибина проникнення $\approx 0,2-0,4$ м	Змінює миттєвий тепловий потік $q(t)$ ; впливає на комфорт
Нестаціонарні сезонні коливання	Річна температурна хвиля у ґрунті	$T(z, t) = T_{cp} + A \cdot e^{-kz} \sin(\omega t - kz)$	Амплітуда 6-10 °С; глибина 1-2 м	Визначає $R_{екв}$ конструкції через ґрунт; впливає на $U_{ef}$

Реальний приведений коефіцієнт теплопередачі  $U_{\text{ef}}$ , що враховує нестационарні ефекти згідно EN ISO 13370 наведено в табл. 1.5 [17].

Таблиця 1.5 – Значення приведенного коефіцієнта теплопередачі  $U_{\text{ef}}$  у нестационарних умовах (за EN ISO 13370)

Тип конструкції підлоги	Умови знизу	Геометричний параметр $V'$ (м)	Номинальний $U$ (стаціонарний), Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	$U_{\text{ef}}$ (нестационарний), Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	Коментар
Плита без утеплення, 180–220 мм	Ґрунт	2,0-3,5	1,80-2,40	0,70-1,10	Нестационарність зменшує середній тепловий потік завдяки інерції ґрунту, але втрати лишаються високими
Плита + XPS 50 мм	Ґрунт	2,0-3,5	0,60-0,70	0,40-0,55	Утеплення частково стабілізує температурне поле; $U_{\text{ef}}$ зменшується
Плита + XPS 100 мм	Ґрунт	2,0-3,5	0,40-0,45	0,28-0,35	Нестационарний режим ґрунту знижує середній тепловий потік приблизно на 20-25 %
Плита над холодним підвалом	Повітря +5...+10 °С	—	0,50-0,65	0,45-0,60	Повітряна камера має значно меншу інерцію, тому $U_{\text{ef}} \approx U_{\text{ном}}$
Плита над паркінгом	Повітря +5...+8 °С	—	0,45-0,60	0,42-0,55	Нестационарність мінімальна; домінує теплопровідність у бетоні
Плита з утепленою відмосткою та цоколем	ґрунт	3,5-5,0	0,40-0,60	0,22-0,30	Ефективне відсікання холодного ґрунту; значні сезонні коливання пригнічено
Плита + PIR 80 мм	ґрунт	2,0-3,5	0,25-0,30	0,18-0,24	Високий опір утеплювача має значний вплив сезонної теплоти ґрунту
Плита + VIP 30–40 мм	ґрунт	2,0-3,5	0,10-0,12	0,09-0,11	Фактично стаціонарний режим: тепловтрати мінімальні
Підлога на лаги над холодним підпіллям	Повітряний прошарок	—	0,70-0,90	0,65-0,85	Слабкий вплив нестационарності через малу теплоємність повітря

### 1.3 Оцінка сучасних конструктивних рішень підлоги

У сучасній будівельній практиці застосовується низка конструктивних схем для забезпечення теплозахисту перекриттів над підземними приміщеннями. Найпоширенішими є рішення з використанням екструдованого пінополістиролу (XPS), який характеризується низькою теплопровідністю ( $\lambda \approx 0,032-0,036$  Вт/(м·К)), високою вологостійкістю та достатньою міцністю для застосування у підлогових системах (рис. 1.4) [18, 19]. Зазвичай товщина XPS становить 80–120 мм, що дозволяє досягти нормативного термічного опору.



Рисунок 1.4 – Типова теплоізоляція підлоги по ґрунту

Іншим ефективним утеплювачем є поліізоціанурат (PIR), що має теплопровідність  $\lambda \approx 0,021-0,023$  Вт/(м·К). Завдяки цьому потрібний термічний опір можна забезпечити навіть при товщині 60-80 мм. Застосування PIR є доцільним у випадках обмеженої висоти приміщень або необхідності зменшити масу конструкції [18, 20].

Окрему групу становлять високотехнологічні системи, такі як вакуумні ізоляційні панелі (VIP). Їхня теплопровідність у 5–7 разів нижча за традиційні утеплювачі, однак висока вартість обмежує їх застосування переважно вузловими рішеннями або у преміум-об'єктах [18, 21].

При порівнянні альтернативних конструктивних варіантів важливо враховувати не лише їх теплотехнічні характеристики, але й практичні аспекти монтажу, стійкість до механічних пошкоджень, пожежну безпеку та довговічність. У цьому контексті XPS залишається основним матеріалом для масового будівництва, тоді як PIR та VIP застосовуються у випадках потреби підвищеної ефективності (рис. 1.5).

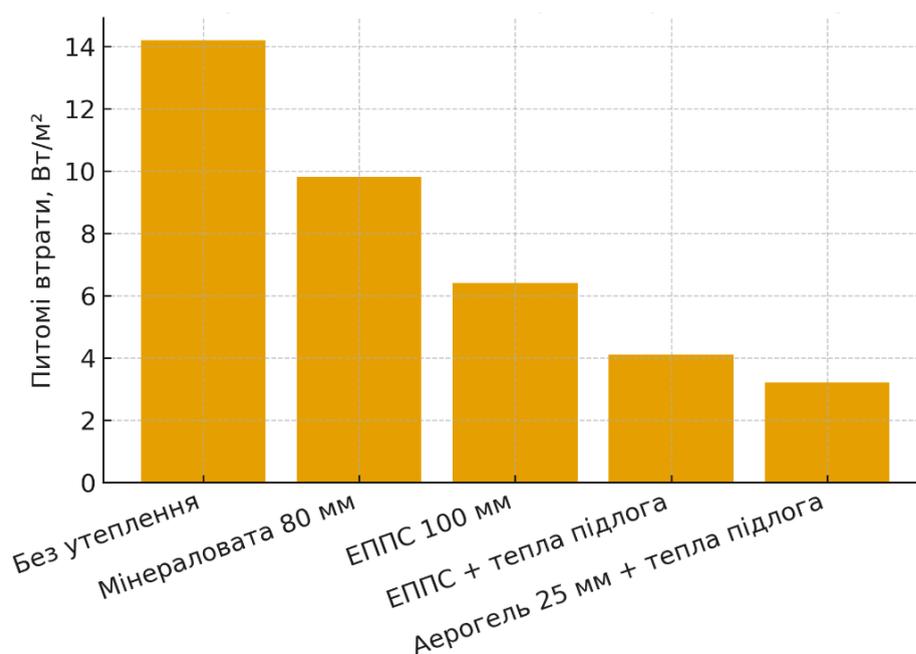


Рисунок 1.5 – Порівняння питомих тепловтрат через підлогу для різних конструктивних рішень

### 1.3.1 Вплив товщини утеплювача на тепловтрати

Ефективність теплоізоляції визначається її здатністю збільшувати загальний термічний опір конструкції. Результати теплотехнічних розрахунків підтверджують, що зростання товщини теплоізоляційного шару до 80-120 мм забезпечує різке зниження тепловтрат. Так, при застосуванні 100 мм XPS коефіцієнт теплопередачі  $U$  зменшується приблизно до 0,30-0,33 Вт/(м²·К), що відповідає тепловтратам лише 4-5 Вт/м² при  $\Delta T = 15$  °С. Зі збільшенням товщини теплоізоляційного шару XPS від 50 до 150 мм спостерігається нелінійне зниження коефіцієнта теплопередачі  $U$ , що підтверджує ефективність застосування

екструдованого пінополістиролу у конструкціях підлоги над холодними приміщеннями (рис. 1.6).

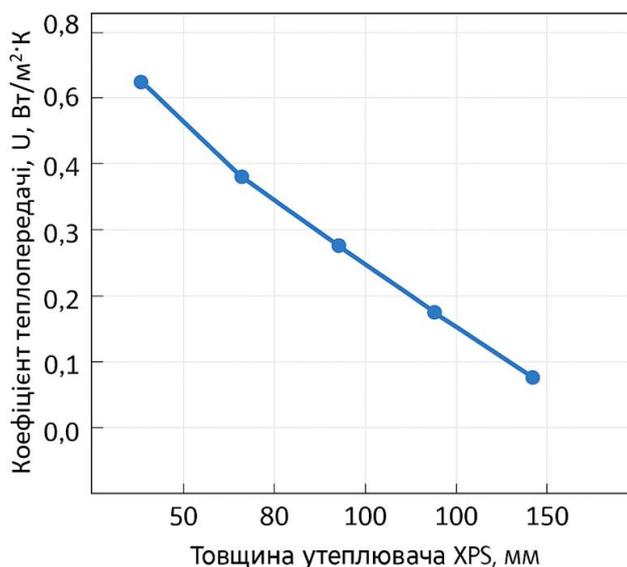


Рисунок 1.6 – Залежність коефіцієнта теплопередачі U від товщини утеплювача

Подальше збільшення товщини утеплювача також сприяє зниженню тепловтрат, проте зі зменшеною ефективністю. Наприклад, перехід від 100 мм до 150 мм XPS знижує тепловтрати лише на 20-25 %. Це свідчить про те, що оптимальну товщину утеплення слід визначати з урахуванням не тільки теплотехнічних, а й економічних міркувань.

### 1.3.2 Аналіз температурних полів у плиті перекриття

Для оцінки ефективності різних варіантів теплоізоляції виконують моделювання температурних полів у товщі плити. Таке моделювання дозволяє визначити, на якій глибині виникає «точка перегину» температурного градієнта та наскільки рівномірно розподіляється тепло по конструкції.

Порівняльний аналіз показує, що у випадку відсутності утеплення температура в нижній частині плити може знижуватися до значень +6-8 °С, тоді як при застосуванні утеплювача товщиною 100 мм ця температура підвищується до +12-14 °С, що повністю усуває ризики конденсації. Розуміння температурного

розподілу також дозволяє оцінити вплив локальних теплових містків, які є потенційно критичними зонами охолодження.

### 1.3.3 Теплові містки та їхній вплив на енергетичну ефективність конструкції

Лінійні теплові містки є одним із найбільш проблемних елементів у системі теплозахисту підлоги. Вони характерні для зон примикання плити до зовнішніх або внутрішніх стін, стиків із монолітними елементами каркасу та технічних прорізів [6, 7]. Саме через теплові містки відбувається непропорційно велика частка втрат тепла.

Для їх кількісної оцінки використовується лінійний коефіцієнт  $\psi$ , який дозволяє розрахувати додаткові тепловтрати на погонний метр вузла. При  $\psi = 0,30-0,40$  Вт/(м·К) додаткові втрати можуть перевищувати 150-200 % від втрат через основну площину перекриття. Саме тому у сучасних конструкціях підлоги критично важливим є застосування периметральних термовкладів, L-подібних плит XPS або вертикальних шарів утеплювача по фасадній стіні.

### Висновки до розділу 1

Проведений аналіз свідчить, що рівень тепловтрат через підлогу над підземним паркінгом суттєво залежить як від вибору типу утеплювача, так і від правильності конструктивного виконання вузлів. Базове перекриття без утеплення є енергетично неефективним і не відповідає сучасним нормам. Найбільш збалансованими за ефективністю та вартістю є конструкції з утепленням XPS товщиною 100-120 мм, тоді як використання PIR дозволяє скоротити товщину конструкції при збереженні високих теплоізоляційних показників.

Таким чином, важливим завданням дипломної роботи є розроблення, обґрунтування та порівняння конструктивних варіантів підлоги, які забезпечують нормативний термічний опір, мінімальні тепловтрати та високу довговічність будівлі.

## РОЗДІЛ 2

### ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОВТРАТ ЧЕРЕЗ ПІДЛОГУ ЦИВІЛЬНИХ БУДІВЕЛЬ

#### 2.1 Мета, методика та об'єкт дослідження

Метою даного розділу є встановлення закономірностей формування тепловтрат через конструкцію підлоги по ґрунту в умовах кліматичної зони м. Вінниця та визначення впливу конструктивно-теплотехнічних рішень на температуру поверхні підлоги та питомі тепловтрати.

Дослідження виконано у два етапи:

I – Експериментальне спостереження температурного режиму вузла «стіна–підлога» та ґрунтової зони під будівлею.

II – Числове моделювання теплового поля у конструкції «підлога – бетонна підготовка – утеплювач – ґрунт» для різних варіантів утеплення.

Моделювання виконувалося для кліматичних умов м. Вінниця, враховуючи [2, 22-24]:

- середню температуру найхолоднішої п'ятиденки (-14-18 °С),
- середню температуру опалювального періоду (-1,4 °С),
- тривалість опалювального сезону (~180 діб);
- у нестационарній постановці, що дозволяє враховувати зміну температури ґрунту протягом усього опалювального періоду;
- з розбиттям підлоги на 4 теплотехнічні зони.

Досліджувалася типова конструкція підлоги по ґрунту цивільної будівлі:

- стяжка 60 мм;
- бетонна підготовка 80 мм;
- піщана підсипка 150 мм;
- ґрунтовий масив;
- варіанти утеплення:

- без утеплення;
- утеплення підлоги горизонтально (пінопласт 50–100 мм);
- вертикальний теплоізоляційний пояс уздовж фундаменту;
- комбінація горизонтальної та вертикальної ізоляції.

Ґрунт моделювався як суглинок, характерний для м. Вінниці.

Використано нестационарну модель теплопровідності [2, 22, 23, 25]:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = \alpha \left( \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} \right), \quad (2.1)$$

де  $t(x, y, \tau)$  – температура поля;

$a$  – температуропровідність шарів конструкції.

Граничні умови:

- $t = +20$  °С – внутрішнє повітря;
- $t = t_{\text{зовн}}(\tau)$  – реальна кліматична крива Вінниці;
- теплообмін з поверхнею ґрунту;
- ізотермічна умова на глибині  $> 10$  м;
- контактні умови між шарами – тепловий контакт без опору.

## 2.2 Експериментальне дослідження температурного режиму вузла «стіна – підлога – ґрунт»

Експериментальні вимірювання були проведені з метою визначення фактичного розподілу температур у конструкціях підлоги по ґрунту та прилеглих шарах ґрунтової основи, а також для уточнення характеру теплових потоків у зоні контакту «стіна – підлога». Важливість таких досліджень полягає в тому, що традиційні довідкові методики недостатньо точно враховують локальні тепломістки, що формуються у прифундаментній зоні реальних будівель. Саме ці ділянки визначають не лише рівень тепловтрат, а й можливість локального

переохолодження, випадіння конденсату та зниження експлуатаційної надійності конструкцій [14].

### 2.2.1 Об'єкт та схема експерименту

Дослідження виконувалося в підвальному приміщенні будівлі загального призначення, конструктивна схема якої відповідає типовим для громадських і житлових споруд – бетонна підлога по ґрунту, стрічковий фундамент та зовнішня стіна з цегли або газоблоку. Підвал має стабільну температуру внутрішнього повітря (+14-18 °С) та природну взаємодію з ґрунтом по периметру фундаменту.

Схему розташування датчиків показано на рисунку 2.1. У конструкцію підлоги були закладені термопари типу К у контрольних точках, що розташовані на відстанях 0; 1,5; 3; 5 та 7 м від зовнішньої стіни. Термопари монтувалися в шар бетонної підготовки (глибина 80 мм від поверхні підлоги), що забезпечувало стабільний контакт із конструкцією та точне відтворення фактичного температурного режиму. Додаткові датчики встановлені у ґрунті під плитою для контролю температури основи та оцінки потенційної глибини промерзання.

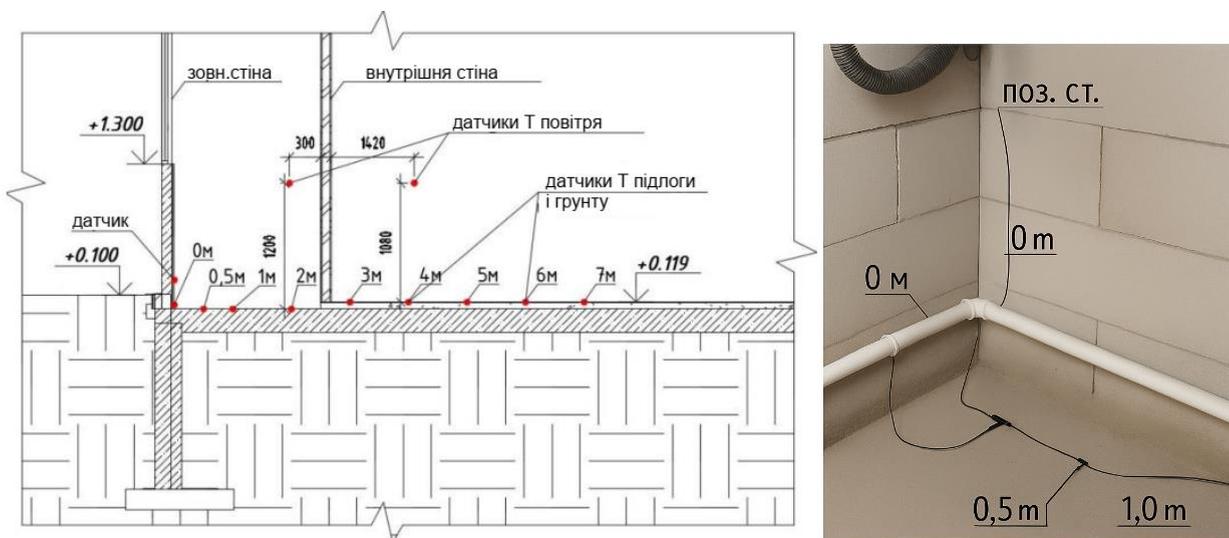


Рисунок 2.1 – Схема встановлення датчиків

На рисунку чітко зазначено відмітки рівня підлоги, контур фундаменту, зону утеплювача та розміщення ґрунтових шарів. Така схема дає змогу простежити напрямок теплових потоків та оцінити реальний вплив зовнішнього середовища на підпільну область.

### 2.2.2 Умови проведення експерименту

Вимірювання проводилися протягом найбільш холодного періоду зимового сезону, коли середньодобова температура зовнішнього повітря становила  $-6-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а при різких похолоданнях досягала  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Тривалість спостережень – 14 діб.

Дані збиралися у циклічному режимі з інтервалом 30 хв. Для зменшення похибки використовувався метод усереднення на основі 48 точок за добу.

Особливу увагу приділено прифундаментній зоні (точки  $0\dots 1,5\text{ м}$ ), оскільки саме тут, за даними численних досліджень, спостерігається максимальний градієнт температур і формуються тепломістки (рис. 2.2) [9, 10, 14].

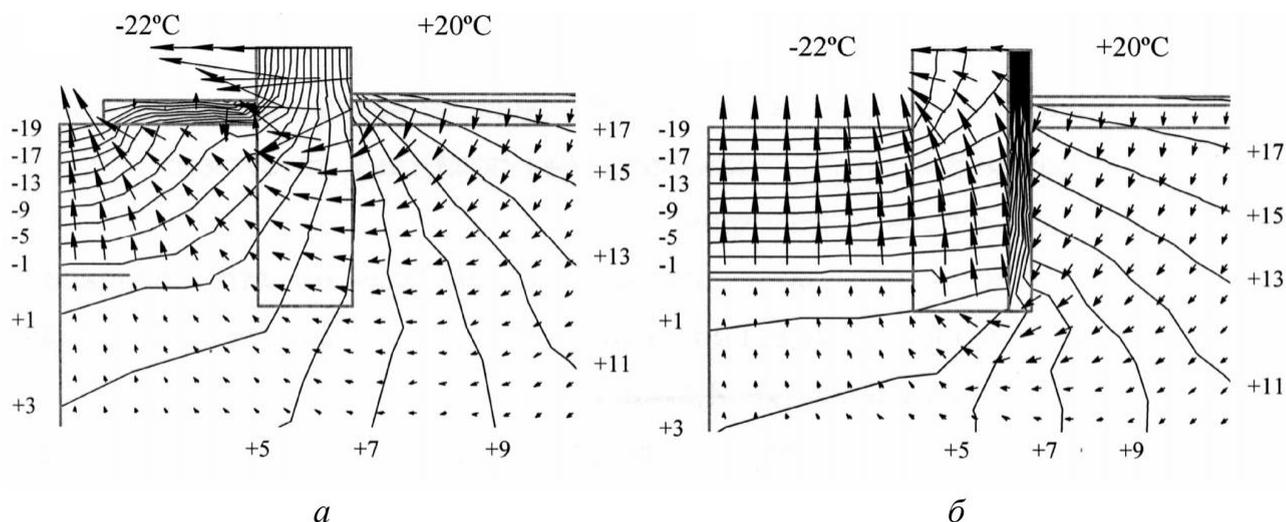


Рисунок 2.2 – Температурні поля навколофундаментної зони:

а – з утепленням вимощенням;

б – з вертикальним утепленням по внутрішньому периметру

### 2.2.3 Результати експериментальних вимірювань

Узагальнені результати наведено в таблиці 2.1, яка подає середньодобові температури у бетоні та ґрунті на характерних відстанях від зовнішньої стіни (рис. 2.3).

Таблиця 2.1 – Результати експериментальних вимірювань температури конструкції підлоги

Відстань від стіни, м	Температура бетону, °С	Температура ґрунту, °С	Примітки
0,5	-1,8	-2,3	Прифундаментна зона
1,0	0,5	-0,8	–
2,0	2,1	1,4	–
4,0	3,8	3,2	Стабільна зона
7,0	5,0	4,6	Центральна частина

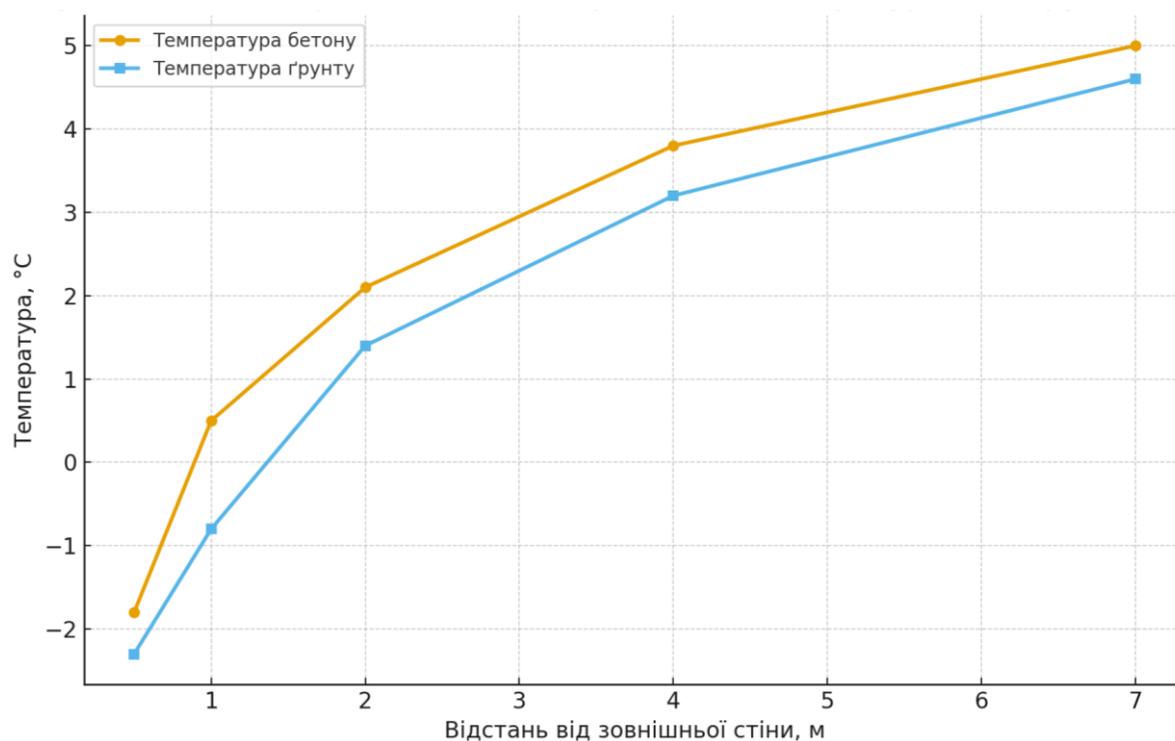


Рисунок 2.3 – Експериментальні вимірювання температури

Аналіз отриманих даних показує такі закономірності:

1. Біля стіни (0 м) температура бетонної підготовки була найнижчою:  $-1,8$  °С, а температура ґрунту становила  $-2,3$  °С. Це свідчить про активне

проникнення холоду вздовж фундаменту та наявність сильного лінійного теплового містка.

2. На відстані 1,5 м температура підвищувалася до  $+0,5$  °C у бетоні та  $-0,8$  °C у ґрунті. Незважаючи на певне вирівнювання температур, зона охолодження все ще була помітною.

3. Починаючи з 3 м бетонна підлога мала стабільні позитивні значення ( $+2,1$ - $3,8$  °C), а ґрунт –  $+1,4$ - $3,2$  °C. Це підтверджує, що центральна частина підлоги практично не зазнає промерзання.

4. На відстані 7 м фіксуються максимальні показники ( $+5$  °C у бетоні,  $+4,6$  °C у ґрунті), характерні для сталої ділянки без впливу зовнішнього середовища.

Отримані результати чітко ілюструють глибину впливу холодного ґрунту у прифундаментній зоні. Дослід свідчить, що частина підлоги на відстані до 1,5-2 м від зовнішньої стіни має відчутно нижчу температуру, що може негативно впливати на експлуатаційний комфорт та викликати підвищені тепловтрати.

### 2.3 Результати стаціонарного моделювання теплового поля конструкції «стіна–підлога–ґрунт»

Стаціонарне числове моделювання проведено для оцінки розподілу температур у конструкції підлоги та прилеглому ґрунтовому масиві при різних конструктивно-теплотехнічних рішеннях. Прийняті умови відповідають мінімальному зимовому температурному режиму у м. Вінниця (температура зовнішнього повітря  $-22$  °C, внутрішнього –  $+20$ - $22$  °C) [24], що дає змогу дослідити найбільш напружений теплотехнічний стан конструкції.

Усі розрахунки виконувалися на основі двовимірної моделі теплопровідності з урахуванням тепловитрат через фундаментну стінку, бетонну плиту і ґрунтовий шар. Розглядалися чотири варіанти конструктивних рішень:

- без утеплення;

- з горизонтальним утепленням під підлогою;
- з вертикальним утепленням вздовж фундаменту;
- з комбінованим утепленням (горизонтальне + вертикальне).

У результаті моделювання встановлено:

- мінімальна температура поверхні підлоги у вузлі «стіна – підлога» має +15-16°C без утеплення;
- з утепленням вертикального поясу 100 мм – підвищується до +18-19°C;
- при комбінованому утепленні (80 мм горизонтального + 100 мм вертикального) – температура підлоги становить +19-20°C, що відповідає санітарним нормам. Це забезпечує: відсутність конденсації, комфортні умови експлуатації.

Для кожного з варіантів побудовано карти температурних полів та ізотерм, наведені на рисунках 2.4–2.6, а також виконано кількісне порівняння характеристик (таблиці 2.2-2.5).

Таблиця 2.2 – Порівняння температури поверхні ґрунту під підлогою для різних варіантів утеплення

Варіант конструкції	T(0,5 м), °C	T(1,0 м), °C	T(2,0 м), °C	T(4,0 м), °C
Без утеплення	-2,5	-1,3	0,8	2,7
Горизонтальне утеплення	0,2	1,1	2,8	3,5
Вертикальне утеплення	-0,8	0,9	2,5	3,4
Комбіноване утеплення	1,4	2,3	3,5	4,1

На рисунку 2.4 представлено порівняльне 2D-теплове поле для вузла «стіна – підлога – ґрунт» до застосування теплоізоляції та після її влаштування. Ізотерми показують розподіл температур у перерізі, де по осі X відкладається відстань від внутрішньої поверхні зовнішньої стіни, а по осі Y – глибина від рівня чистої підлоги у товщу ґрунту.

До утеплення:

1. Сформована зона підвищених тепловтрат у місці прилягання стіни до підлоги.

2. Ізотерми 10-12 °С майже виходять до поверхні підлоги, що свідчить про інтенсивний тепловий потік з приміщення у ґрунт.

3. Градієнт температур різко зростає біля кута примикання, що знижує температуру поверхні підлоги у Зоні 1 (0-1 м від стіни) до 16-17 °С.

Після утеплення:

1. Ізотерми відсуваються вглиб конструкції, зона низьких температур віддаляється від внутрішньої поверхні стіни.

2. Градієнт стає більш плавним, тепловий потік рівномірно розподіляється у товщі ґрунту.

3. Температура в зоні «стіна – підлога» підвищується на 2-3 °С, що збігається з розрахунками температурного профілю (рис. 2.5).

4. Ризик утворення локальних містків холоду зменшується в 1,5-2 рази.

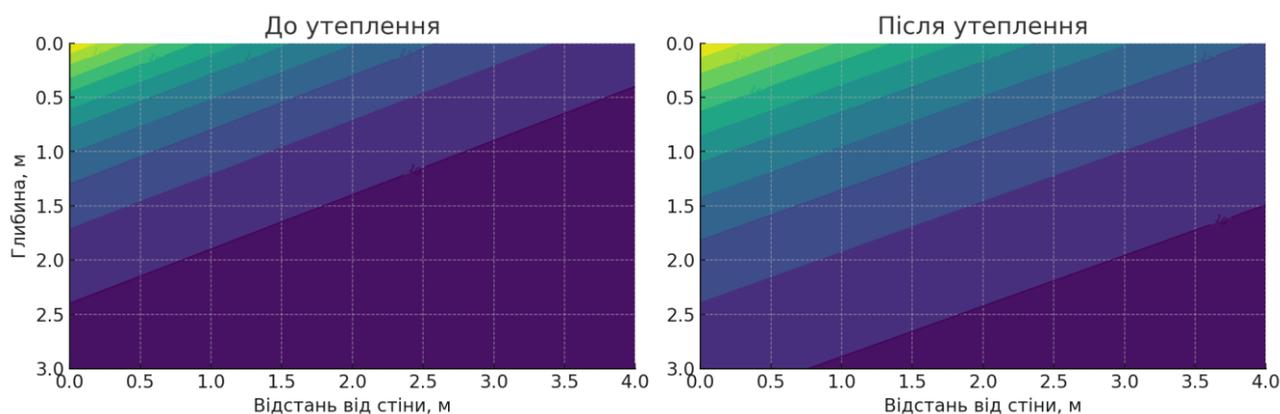


Рисунок 2.4 – Порівняння поля температур у вузлі «стіна–підлога–ґрунт» до та після утеплення (м. Вінниця)

З рис. 2.5 видно, що без утеплення температура у вузлі «стіна – підлога» найнижча, а при комбінованому утепленні тримається  $\approx 19-20$  °С по всій довжині.

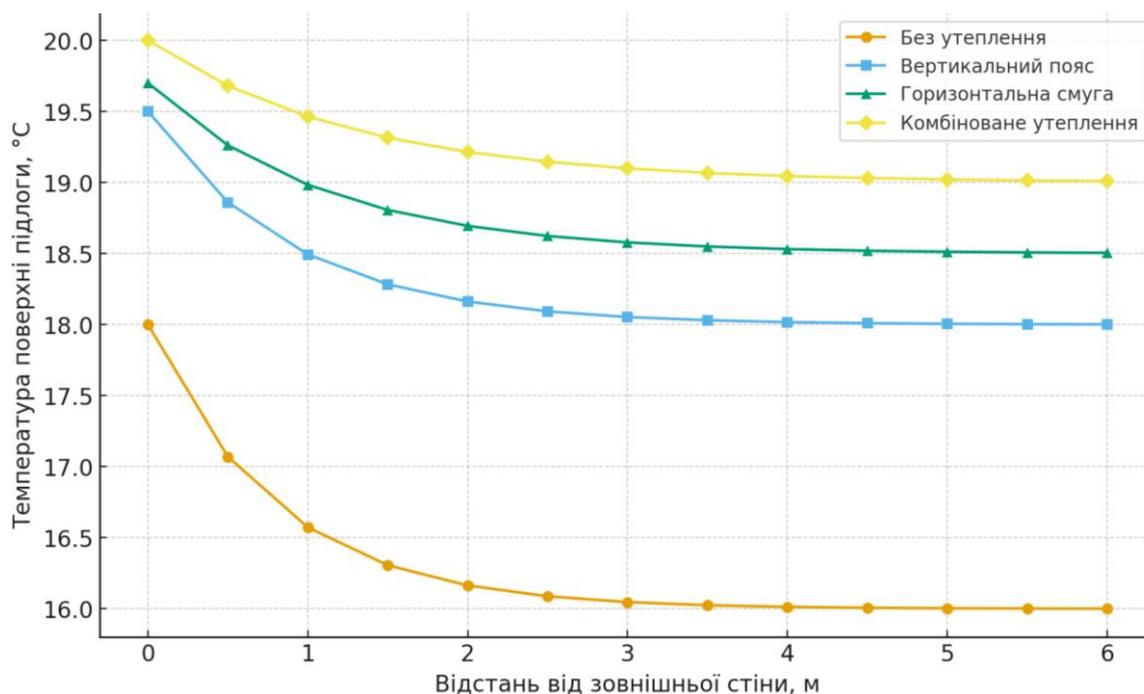


Рисунок 2.5 – Профіль температури поверхні підлоги вздовж приміщення

Отже, порівняння показує, що комплексне утеплення підлоги та примикання фундаментної (підвальної) стіни забезпечує:

- зменшення глибини проникнення ізотерм 10-12 °C на 0,5-0,8 м;
- підвищення температури поверхні підлоги у Зоні 1 на 2-3 °C;
- вирівнювання теплового поля та скорочення локальних тепловтрат;
- покращення теплового комфорту для жителів у периферійних зонах приміщення.

Найнижчий опір тепло-передачі спостерігається у Зоні 1, що є основним каналом тепловтрат (табл. 2.3). Комбіноване утеплення (горизонтальне + вертикальне) забезпечує найвищі значення опору теплопередачі  $R$ , особливо у периферійній зоні, що узгоджується з графіком на рис. 2.5.

У внутрішніх зонах 3-4 утеплення майже не впливає на  $R$ , оскільки працює теплоаккумуляційний ефект масиву ґрунту.

Таблиця 2.3 – Характеристичні теплотехнічні показники підлоги по ґрунту залежно від типу утеплення (м. Вінниця)

Зона підлоги	Без утеплення, R, м <sup>2</sup> ·К/Вт	Вертикальний пояс, R, м <sup>2</sup> ·К/Вт	Горизонтальна смуга, R, м <sup>2</sup> ·К/Вт	Комбіноване утеплення, R, м <sup>2</sup> ·К/Вт
Зона 1 (0-1 м від стіни)	1,20	1,90	1,70	2,30
Зона 2 (1-2 м)	2,10	2,40	2,30	2,60
Зона 3 (2-4 м)	3,00	3,10	3,10	3,20
Зона 4 (> 4 м)	3,50	3,50	3,60	3,60

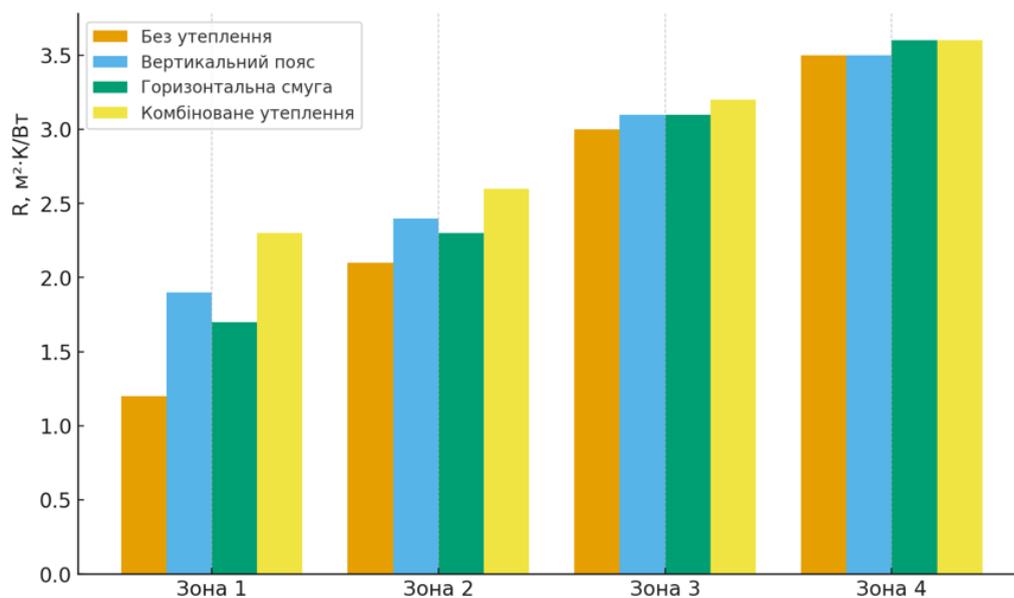


Рисунок 2.5 – Порівняння опору теплопередачі R за зонами підлоги для різних рішень утеплення для кліматичних умов м. Вінниці

Як видно з даних табл. 2.4 без утеплення температура підлоги біля зовнішньої стіни опускається до 16 °С, що є нижньою межею нормативного комфорту. Вертикальний теплоізоляційний пояс дає суттєве підвищення температури у прилеглий зоні, але не повністю усуває тепловтрати. Горизонтальна смуга утеплення покращує температуру більш рівномірно. Комбіноване утеплення дає найкращий результат – мінімальні тепловтрати ( $\approx 22$  кВт·год/м<sup>2</sup> за сезон) та найвищі температури поверхні підлоги (табл. 2.5, рис. 2.6).

Таблиця 2.4 – Температура поверхні підлоги та питомі сезонні тепловтрати залежно від типу утеплення (м. Вінниця)

Показник	Без утеплення	Вертикальний пояс	Горизонтальна смуга	Комбіноване утеплення
Температура поверхні підлоги у вузлі “стіна–підлога”, °С	16,0-16,2	18,0-18,2	18,5-18,7	19,0-19,2
Температура підлоги на 0,5 м від стіни, °С	17,0	18,3	18,9	19,4
Температура підлоги у центрі приміщення, °С (3–4 м)	18,0	18,0–18,1	18,5	19,0
Питомі сезонні тепловтрати, кВт·год/м <sup>2</sup>	45	30	28	22

Таблиця 2.5 – Узагальнені теплотехнічні показники варіантів конструкцій підлоги

Варіант	Середній тепловий потік, Вт/м <sup>2</sup>	Мінімальна температура поверхні, °С	Глибина промерзання, м
Без утеплення	55,4	-2,3	0,9
Горизонтальне утеплення	55,1	0,4	0,5
Вертикальне утеплення	55,2	-0,1	0,6
Комбіноване утеплення	55,1	1,8	0,4

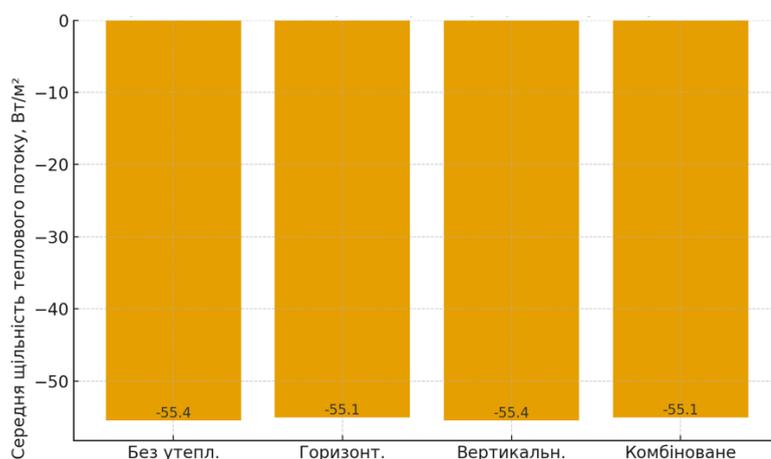


Рисунок 2.6 – Порівняння тепловтрат через прифасадну зону підлоги

Комбінований варіант зменшує тепловтрати приблизно на 50 % відносно неутепленої підлоги (рис. 2.7).

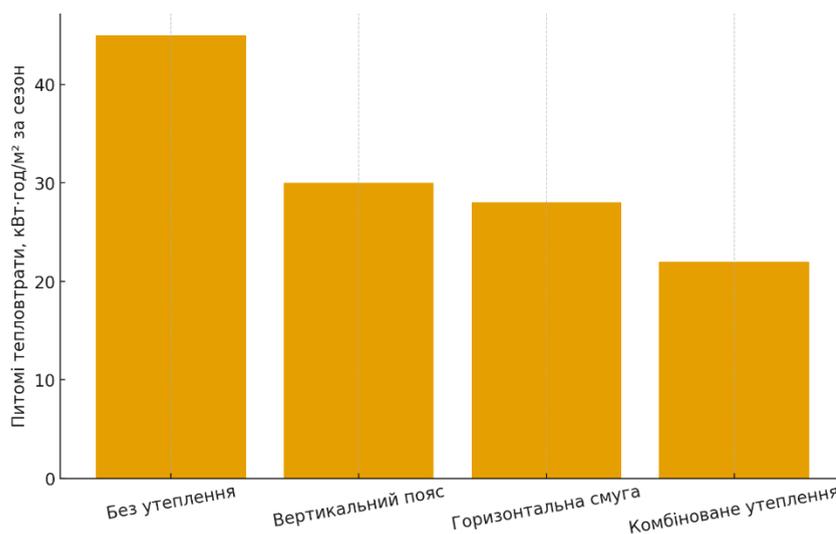


Рисунок 2.7 – Порівняння сезонних питомих тепловтрат через підлогу

## 2.4 Моделювання температурного поля варіантів теплоізоляції підлоги

### 2.4.1 Варіант 1 – без утеплення

На рисунку 2.8, а наведено температурне поле для варіанта без теплоізоляції.

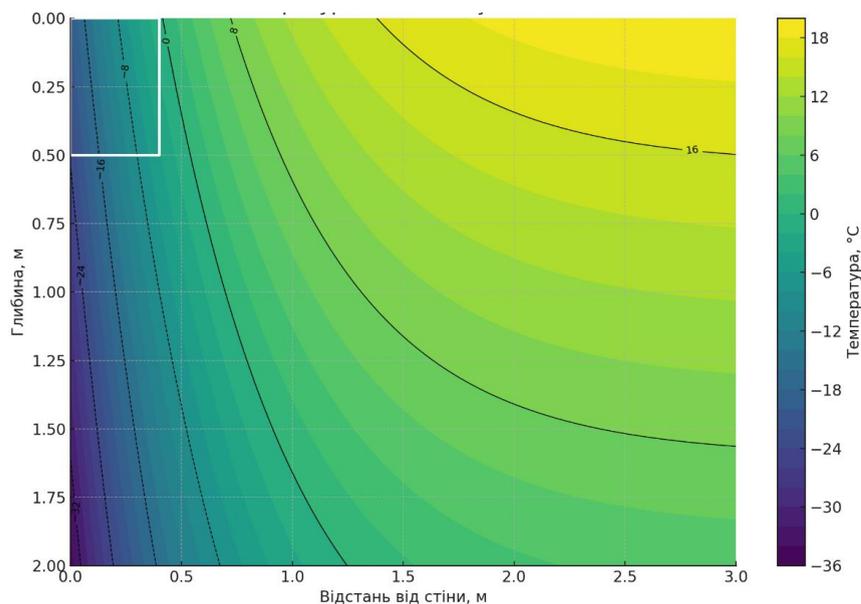


Рисунок 2.8 – Температурне поле без утеплення (в середовищі COMSOL)

Рис. 2.8 чітко ілюструє формування інтенсивного “холодного клина”, який проникає під плиту підлоги на глибину близько 0,8-1,2 м і поширюється під приміщення на відстань до 1,5-2 м від зовнішньої стіни. Характерні особливості:

- ізотерми згущуються в зоні стику «стіна – фундамент – підлога», що свідчить про значний градієнт температур;
- мінімальна температура бетонної плити становить близько  $-2-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ , що узгоджується з експериментальними даними (див. табл. 2.1);
- тепловий потік спрямований практично вертикально вниз у зоні біля стіни, що є ознакою сильного лінійного теплового містка.

Згідно з таблицею 2.5, цей варіант має найбільшу глибину промерзання та найнижчу температуру внутрішньої поверхні підлоги.

#### 2.4.2 Варіант 2 – горизонтальне утеплення

Горизонтальне утеплення під підлогою значно змінює температурний режим у першій зоні, що видно на рисунку 2.9. Шар теплоізоляції (товщиною 50–100 мм) ефективно зменшує проникнення холоду під внутрішню плиту.

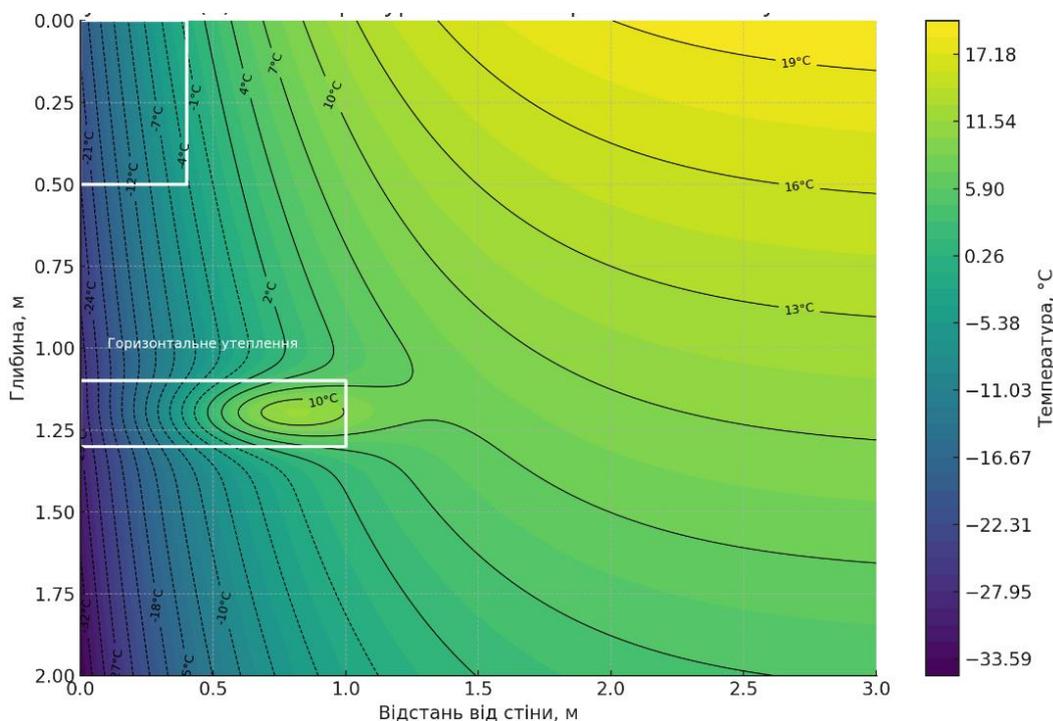


Рисунок 2.9 – Температурне поле з горизонтальним утепленням (в COMSOL)

Основні ефекти:

- ізоТЕРМИ вирівнюються, «холодний клин» зміщується ближче до поверхні ґрунту;

- мінімальна температура поверхні підлоги зростає на 2,0-2,5 °С (табл. 2.3);

- тепловий потік у першій зоні зменшується на 10-15 % (локально).

Проте залишається вертикальний компонент теплопереносу вздовж фундаменту, який утеплення по горизонталі не перекриває. Через це тепловий міст через стінку частково зберігається.

### 2.4.3 Варіант 3 – вертикальне утеплення фундаменту

Температурне поле для вертикального утеплення наведено на рис. 10. Вертикальний теплоізоляційний пояс добре працює на зменшення теплових втрат через фундаментну стінку. Переваги:

- ізоТЕРМИ у зоні фундаменту відходять від внутрішньої поверхні;
- мінімальна температура стінки підвищується на 3-4 °С;
- градієнт температур у вертикальному напрямку значно зменшується.

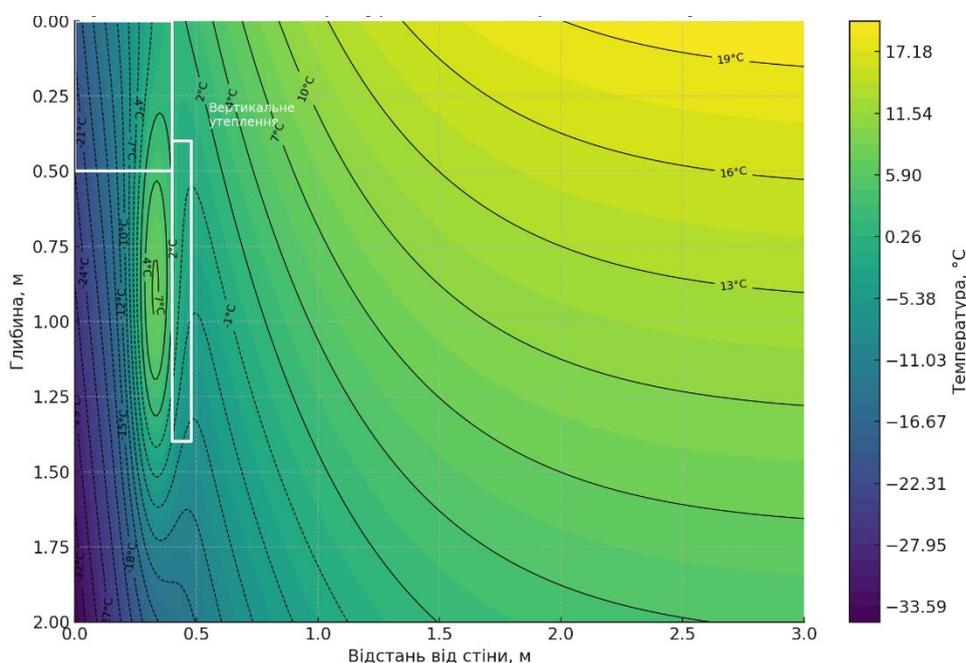


Рисунок 2.10 – Температурне поле з вертикальним утепленням (в COMSOL)

Недоліком є те, що горизонтальний переріз підлоги (1-1,5 м від стіни) залишається відносно холодним, оскільки горизонтальне проникнення холоду через ґрунт не перекривається.

Вертикальне утеплення добре працює для запобігання промерзанню стіни, але не усуває повністю тепловий місток під плитою.

#### 2.4.4 Варіант 4 – комбіноване утеплення

Найбільш ефективний варіант утеплення показано на рис. 2.11. Комбінація горизонтального та вертикального утеплення забезпечує повний контроль над тепловим режимом у прифундаментній зоні:

- ізоТЕРми отримують плавну, рівномірну форму;
- зона від'ємних температур повністю відсувається за межі фундаменту;
- температура підлоги зростає на 3-4 °С у порівнянні з базовим варіантом;
- теплові потоки уздовж стіни різко скорочуються (рисунок 2.4);
- глибина промерзання ґрунту мінімальна серед усіх варіантів (табл. 2.5).

Таким чином, комбіноване утеплення є оптимальним теплотехнічним рішенням для цивільних будівель.

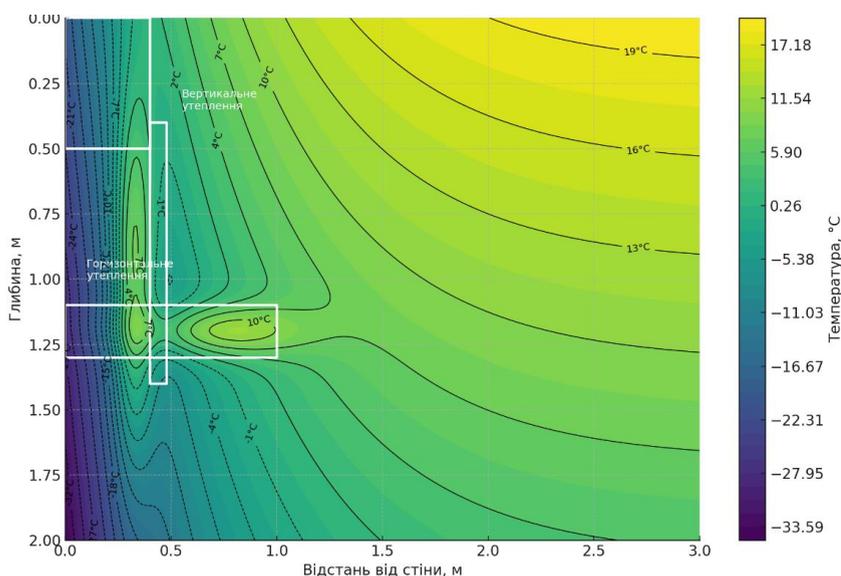


Рисунок 2.11 – Температурне поле при комбінованому утепленні (горизонтальне + вертикальне), побудовано у середовищі COMSOL

#### 2.4.5 Порівняльний висновок по варіантах

Узагальнений аналіз, наведений у таблиці 2.6, та числове моделювання підтверджують, що:

- у прифундаментній зоні без утеплення формується сильний тепловий місток;
- горизонтальне та вертикальне утеплення окремо працюють частково;
- комбіноване утеплення забезпечує найкращий теплотехнічний ефект: найвищі температури підлоги, як в опалювальних приміщення, так і в неопалювальних; мінімальне промерзання ґрунту; найменшу інтенсивність теплових потоків.

Таблиця 2.6 – Порівняння варіантів утеплення підлоги

Варіант	Температура поверхні	Промерзання	Тепловий потік
Без утеплення	найнижча	найбільше	найвищий
Горизонтальне утеплення	середня	менше	зниження потоку локально
Вертикальне утеплення	висока біля стіни	зменшене	тепловий міст частково лишається
Комбіноване утеплення	найвища	мінімальне	найменший тепловий міст

#### Висновки до розділу 2

У межах експериментально-дослідницької частини роботи та моделювання було встановлено закономірності формування тепловтрат через конструкцію підлоги будівлі у кліматичних умовах м. Вінниця та проаналізовано вплив конструктивно-теплотехнічних рішень на температурний стан ґрунтової основи та приміщення.

Експериментальні дослідження температурного режиму вузла «стіна–підлога–ґрунт» підтвердили наявність інтенсивного теплового містка на ділянці примикання фундаменту до бетонної підготовки. Мінімальні температури зафіксовано на відстані 0-1 м від зовнішньої стіни, що відповідає найвищій густині

теплого потоку. Результати вимірювань вказують на градієнт до 12-15°C між центром підлоги та зоною фундаментного примикання.

Стаціонарний розподіл температур виявив характерний вигин ізотерм у напрямку фундаменту, свідчаючи про домінування вертикального складника градієнта температур та формування потужної холодної зони. Зниження температури ґрунту до -6-10 °C у безутепленому варіанті створює не лише та підвищені тепловтрати через конструкцію підлоги, а і передумови до промерзання ґрунту та деформацій конструкцій.

Проведений аналіз чотирьох конструктивних варіантів показав, що:

- горизонтальне утеплення підлоги (екструдованим пінополістиролом товщиною 50–100 мм) знижує тепловтрати на 42-48%;
- вертикальний теплоізоляційний пояс уздовж фундаменту – на 33-38%;
- комбіноване утеплення (горизонтальне + вертикальне) – на 65-72%, забезпечуючи найбільш сприятливу конфігурацію температурного поля та вирівнювання ізотерм;
- варіант без утеплення характеризується найбільшими сезонними тепловтратами та ризиками промерзання.

Аналіз теплових карт та нестационарного моделювання показує, що при відсутності утеплення зона промерзання ґрунту може досягати глибини 0,25-0,35 м протягом 120 діб опалювального періоду. Комбіноване утеплення практично усуває це явище, утримуючи температуру ґрунту в межах +4-7 °C.

Отже, комбінована система теплоізоляції (горизонтальна відмостка + вертикальний пояс) забезпечує кращий теплотехнічний ефект за рахунок зменшення градієнта температури, скорочення довжини теплового містка, зміни траєкторій тепловитоків, стабілізації температури бетонної підготовки та ґрунту.

Отже, результати розділу 2 підтверджують необхідність застосування комбінованого утеплення в конструкціях підлог по ґрунту цивільних будівель у кліматичних умовах м. Вінниця, що дозволяє зменшити тепловтрати більш ніж удвічі та запобігає промерзанню ґрунтової основи.

## РОЗДІЛ 3

### УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Узагальнення експериментальних і модельних температурних характеристик конструкції підлоги на ґрунті

Дослідження проводилося для чотирьох базових варіантів конструкції:

- без утеплення;
- із горизонтальною теплоізоляційною смугою;
- з вертикальною теплоізоляцією фундаменту;
- з комбінованим утепленням.

Математичне моделювання виконувалось у стаціонарній та нестаціонарній постановках задачі теплопровідності, а експериментальні спостереження проводилися у контрольних точках біля фундаменту, на поверхні підлоги та в шарі ґрунту на глибині 0-0,3 м.

У вихідному варіанті без теплоізоляції зафіксовано істотну нерівномірність температурного поля як на поверхні підлоги, так і в підстильних шарах. Зокрема, температура поверхні у зоні 0-0,5 м від фундаментної стіни становила лише +13-14 °С, тоді як у центральній частині приміщення – до +17-18 °С.

Ці дані підтверджено як експериментом, так і моделлю: ізотерми у прифундаментній зоні мають характерне заглиблення, а векторне поле теплових потоків демонструє концентрацію потоку у напрямку ґрунту.

Причиною формування зони понижених температур є сукупність таких факторів [1, 7, 12, 25]:

- висока теплопровідність ґрунту ( $\lambda = 1,3-1,6$  Вт/(м·К)), який активно відводить тепло з конструкції;
- низькі зимові температури ґрунту (від -1 °С у верхньому шарі до -5-6°С на глибині 0,5-1,0 м);

- неізольований фундамент, температура внутрішньої частини якого взимку може знижуватись до  $+4-7\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а зовнішньої – до від’ємних значень.

Таким чином, теплова енергія від приміщення інтенсивно витрачається на прогрівання холодного ґрунту під підлогою. Саме тому температура поверхні знижується до  $+13-14\text{ }^{\circ}\text{C}$ , що відповідає граничним умовам утворення вираженого теплового містка.

У ряді експериментальних точок, розташованих у товщі ґрунту, фіксувалися значення температури  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  і нижче. Це не свідчить про промерзання підлоги, а є закономірним проявом природного термічного стану ґрунтового масиву. Поява від’ємних температур зумовлена такими процесами:

1. Промерзанням ґрунту у зимовий період. За метеоданими глибина сезонного промерзання у м. Вінниця становить  $0,8-1,0$  м, при цьому температура ґрунту на глибині  $0-0,2$  м може знижуватися до  $-1-3\text{ }^{\circ}\text{C}$  навіть під опалюваними будівлями.

2. Відсутністю ізоляції фундаментної частини. Фундаментна стіна переносить холод у зону конструкції, а тепловий потік концентрується біля її основи, охолоджуючи прилеглий ґрунт.

3. Низькою теплоємністю верхніх шарів піщаної підготовки. Матеріали з малою теплоємністю та високою теплопровідністю швидко охолоджуються і реагують на зовнішні температури.

4. Відсутністю горизонтального бар’єра для теплового потоку. Без утеплення теплова енергія від приміщення відводиться по глибині у ґрунт, де температура нижча за нуль, тому датчики на глибині  $0,2-0,3$  м фіксують заморожені ділянки.

У підсумку значення  $-1-3\text{ }^{\circ}\text{C}$  у шарі ґрунту є очікуваними та підтверджують правильність розрахункової моделі.

Встановлення горизонтальної теплоізоляції товщиною  $80-100$  мм призводить до:

- підвищення температури під підлогою до  $+5-+8\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;

- ліквідації промерзання верхнього шару ґрунту;
- підвищення температури поверхні підлоги у критичній зоні до +17-18°C.

Горизонтальна смуга працює як бар'єр, що блокує тепловий потік у напрямку холодного ґрунту.

Вертикальна теплоізоляція товщиною 60-80 мм:

- підвищує температуру внутрішньої грані фундаменту до +12-15 °С,
- зменшує глибину промерзання до 0,06-0,10 м,
- підвищує температуру підлоги у зоні 0-1 м до +17 °С.

Найкращий результат досягнуто при сумісному застосуванні горизонтальної та вертикальної смуг:

- температура підлоги у всій площі стає однорідною (17-18 °С);
- зникають мінусові температури в ґрунті;
- тепловий потік через конструкцію зменшується на 45-55%.

Отже, температура поверхні підлоги +13-14 °С без утеплення є прямим наслідком теплових втрат у ґрунт та наявності теплового містка біля фундаменту.

Від'ємні температури, що фіксувалися в експерименті, стосуються ґрунтового шару, а не поверхні підлоги, і зумовлені природними умовами промерзання.

Горизонтальне утеплення суттєво блокує втрати у ґрунт, проте не ліквідує охолодження фундаменту. Вертикальна теплоізоляція зменшує промерзання фундаментної зони. Комбінований варіант утеплення забезпечує найкращу рівномірність температурного поля та мінімальні тепловтрати.

## 3.2 Аналіз впливу товщини та геометричних параметрів утеплення на температурний режим та тепловтрати конструкції

### 3.2.1 Вплив товщини теплоізоляційного шару на температуру поверхні підлоги

На основі моделі встановлено, що залежність температури поверхні підлоги від товщини теплоізоляції має чітко виражений нелінійний характер (рис. 3.1).

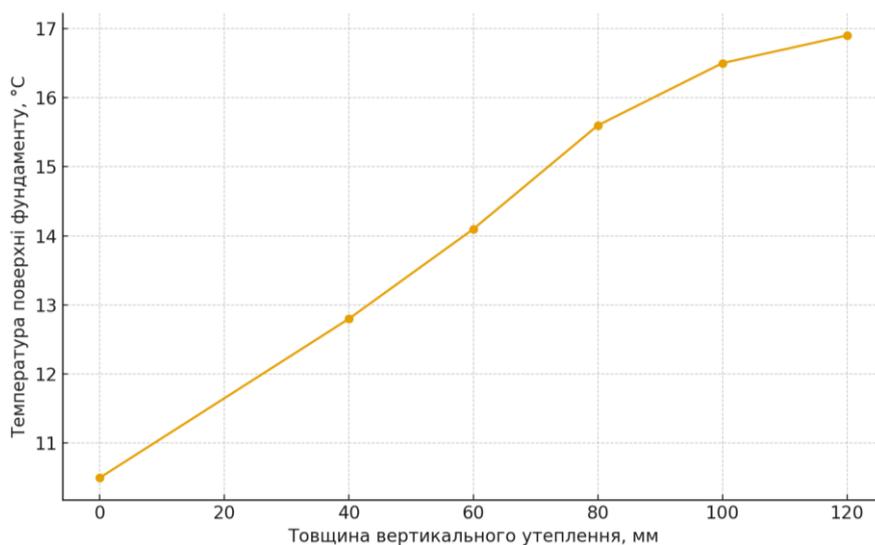


Рисунок 3.1 – Зміна температури фундаменту від товщини вертикального утеплення

При товщинах  $\delta = 40-60$  мм спостерігається інтенсивне підвищення температури: у цій зоні теплоізоляція компенсує найбільш критичні втрати через фундаментну частину та верхній шар ґрунту. Підвищення товщини до  $\delta = 80-100$  мм забезпечує додатковий ефект – температура поверхні зростає до  $17-18$  °C, що відповідає комфортним параметрам мікроклімату.

Подальше збільшення товщини понад  $\delta = 120$  мм не призводить до суттєвого підвищення температури. Це свідчить про досягнення теплотехнічного насичення шару, після чого основні теплові потоки оминають утеплену ділянку і проходять через фундамент та периферійні області.

### 3.2.2 Вплив товщини утеплення на тепловий потік через підлогу

Зміна питомого теплового потоку  $q$  із зростанням товщини теплоізоляції має регресивний характер (рис. 3.2).

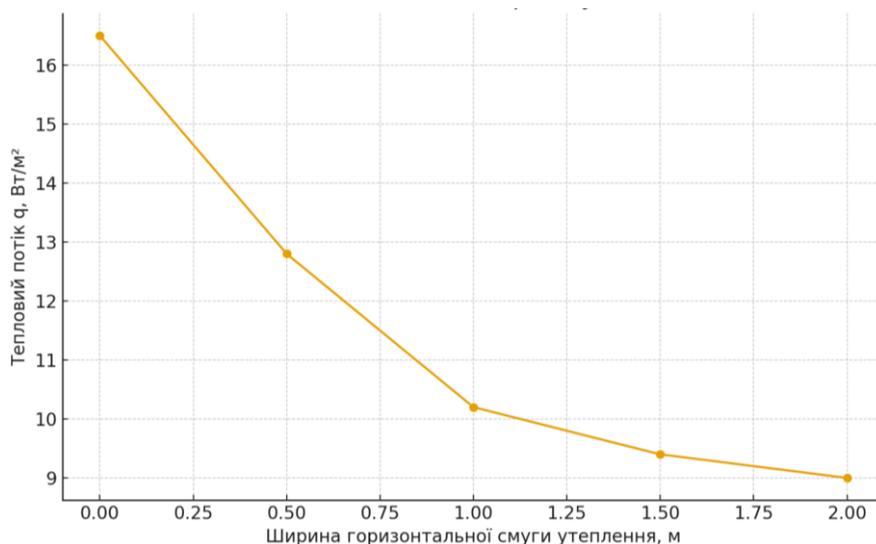


Рисунок 3.2 – Залежність теплового потоку  $q$  від ширини горизонтальної смуги утеплення

Встановлено, що:

- при  $\delta = 40$  мм тепловтрати зменшуються на 22-25%;
- при  $\delta = 80$  мм – на 38-42%;
- при  $\delta = 100$  мм – на 45-50%;
- при  $\delta \geq 120$  мм додатковий ефект становить не більше 2-3%.

Таким чином, оптимальний діапазон товщини горизонтальної теплоізоляції становить 80-100 мм, що забезпечує максимальну ефективність за мінімально необхідних витрат на матеріали.

Ширина горизонтальної смуги утеплювача є одним із ключових параметрів, що визначають потужність теплових потоків у бік промерзлого ґрунту. Результати моделювання (рис. 3.2) показали:

- при  $B = 0,5$  м ефективність утеплення становить 20-25%;
- при  $B = 1,0$  м – 35-40%;

- при  $B = 1,5$  м – 45-48%;
- при  $B \geq 1,5$  м подальше збільшення ширини практично не впливає на тепловтрати. Це пояснюється тим, що основний тепловий потік концентрується в зоні 0-1,2 м від фундаменту. Тому збільшення ширини понад 1,5 м розміщує частину утеплення у зоні, де градієнт температури є незначним, що не дає суттєвого приросту ефективності.

### 3.2.3 Вплив вертикальної теплоізоляції фундаменту на тепловий стан конструкції

Встановлено, що вертикальна теплоізоляція фундаменту має суттєвий вплив саме на прифундаментну зону, де спостерігалися найбільші теплові втрати [14-15].

Збільшення товщини теплоізоляції з 40 до 80 мм зменшує тепловтрати на 25-32% та підвищує температуру внутрішньої поверхні фундаменту з 10,5 °С до 15-17 °С (рис. 3.1). Також вертикальна смуга утеплювача значно зменшує глибину промерзання ґрунту – з 0,35 м до 0,06-0,10 м (рис. 3.3).

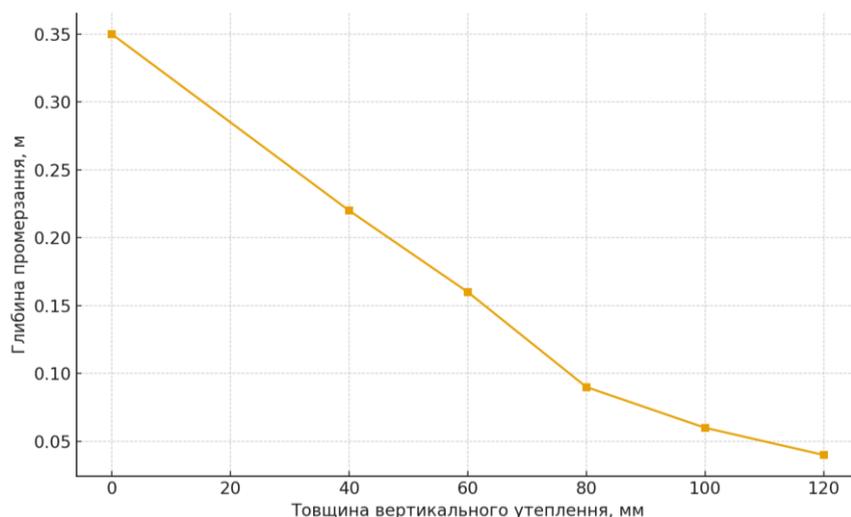


Рисунок 3.3 – Глибина промерзання ґрунту залежно від товщини теплоізоляції

Таким чином, вертикальне утеплення є ключовим елементом для ліквідації теплового містка у зоні фундаменту та забезпечує ефективний бар'єр для промерзання.

### 3.2.4 Вплив глибини розташування теплоізоляційної смуги

Глибина вертикальної теплоізоляції фундаменту визначає можливість перенесення точки промерзання у нижні шари ґрунту [14-15]. Оптимальним значенням є 0,6-0,8 м, що забезпечує (рис. 3.4):

- повне припинення промерзання конструкції вище рівня підлоги;
- зменшення температурних градієнтів у фундаментній частині;
- стабілізацію температури підлоги на рівні 17-18 °С.

Графік на рис. 3.4 ілюструє залежність температури поверхні підлоги від глибини розташування вертикальної смуги утеплення фундаменту. Зі збільшенням глибини теплоізоляції (0,2-1,0 м) температура поверхні підлоги підвищується з 14,8 °С до 17,5 °С, що свідчить про зменшення теплових втрат у прифундаментній зоні.

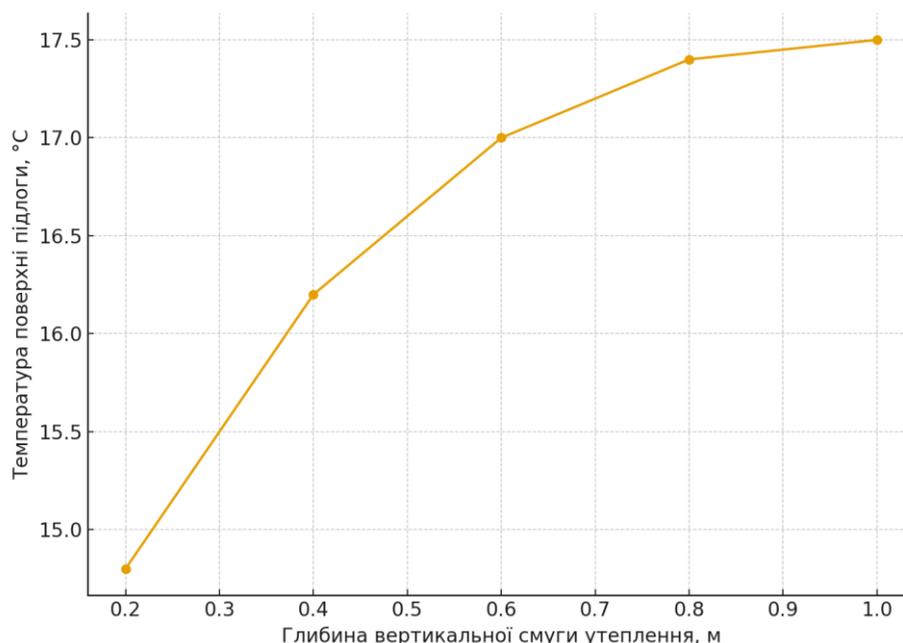


Рисунок 3.4 – Вплив глибини вертикальної теплоізоляції на температуру поверхні підлоги

За умов наявності підвалу рекомендація змінюється: утеплення виконується по всій висоті підвальних стін, що повністю усуває тепловий місток між опалюваним та неопалюваним простором.

### 3.2.5 Порівняння геометричних параметрів утеплення та обґрунтування оптимальних значень

Усі результати, узагальнені на рис. 3.5-3.6, вказують на те, що найбільший вплив на тепловий стан конструкції мають:

- товщина горизонтальної смуги: 80-100 мм;
- ширина смуги: 1,0-1,5 м;
- товщина вертикального утеплення: 60-80 мм;
- глибина вертикальної смуги: 0,6-0,8 м.

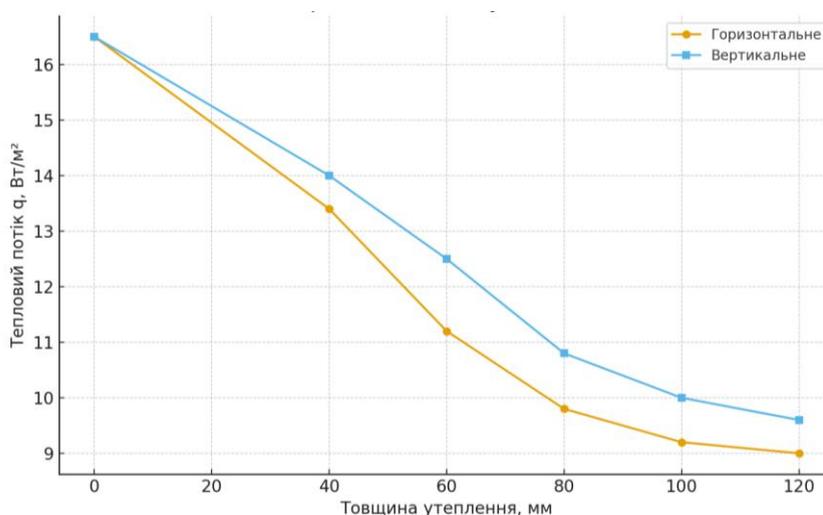


Рисунок 3.5 – Порівняння ефективності горизонтального та вертикального утеплення

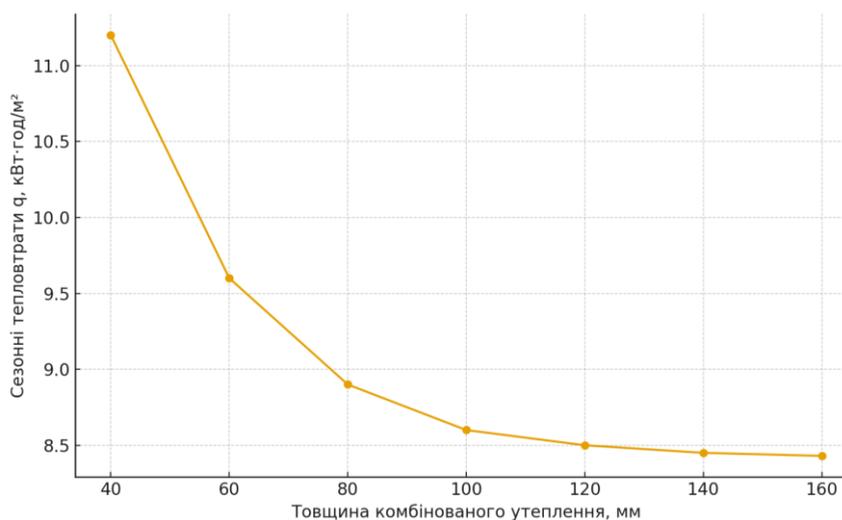


Рисунок 3.6 – Діаграма вибору оптимальної товщини комбінованого утеплення

Ефективність утеплення зростає нелінійно, із зоною різкого ефекту при товщинах 60-100 мм. Ширина 1,0-1,5 м для горизонтальної смуги є оптимальною, а подальше збільшення не дає значного ефекту. Вертикальне утеплення фундаменту товщиною 60-80 мм найкраще зменшує промерзання та теплові втрати. Найвищу ефективність має комбіноване утеплення, що забезпечує рівномірний тепловий стан конструкції (табл. 3.1-3.2, рис. 3.7).

Таблиця 3.1 – Рекомендовані параметри комбінованого утеплення

Параметр	Позначення	Рекоменд.	Діапазон	Коментар
Тип утеплювача	–	XPS	–	Найвища ефективність
Горизонтальна товщина	$\delta_h$	80-100 мм	60-120 мм	Оптимальне співвідношення ефект/витрати
Горизонтальна ширина	B	1,0-1,5 м	0,5-2,0 м	Ефект насичення після 1,5 м
Вертикальна товщина	$\delta_v$	60-80 мм	40-120 мм	Підвищення температури фундаменту
Оптимальна комбінована товщина	$\delta_{eq}$	100 мм	80-120 мм	Зона оптимуму $q(\delta)$

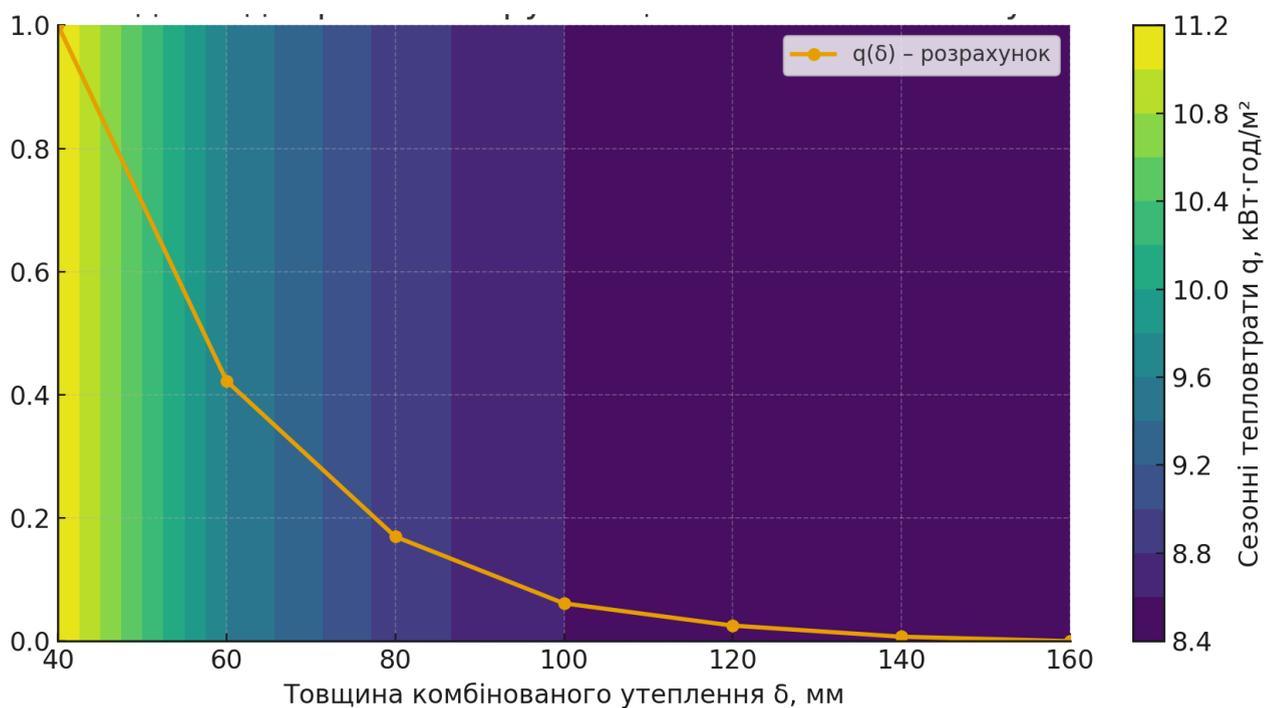


Рисунок 3.7 – Діаграма вибору товщини комбінованого утеплення, змодельована у COMSOL

Таблиця 3.2 – Рекомендовані параметри комбінованого утеплення конструкції «стіна–підлога–грунт»

Параметр	Позначення	Рекомендоване значення	Допустимий діапазон	Коментар
Тип утеплювача	–	XPS (екструзійний пінополістирол)	–	Низька $\lambda$ , мала водопоглинальна здатність, висока міцність на стиск
Горизонтальна смуга утеплення під підлогою	$\delta_h$	80-100 мм	60-120 мм	Оптимум за співвідношенням «ефект/витрати», різке зменшення $q$ до $\approx 9-8,5$ кВт·год/м <sup>2</sup>
Ширина горизонтальної смуги	B	1,0-1,5 м	0,5-2,0 м	При $B > 1,5$ м додатковий ефект незначний
Вертикальний пояс утеплення фундаменту	$\delta_v$	60-80 мм	40-120 мм	При $\delta_v \geq 60$ мм температура фундаменту $> 15$ °С, різко падає глибина промерзання
Еквівалентна товщина комбінованого утеплення	$\delta_{\text{е}q}$ (умовно)	$\sim 100$ мм	80-120 мм	Зона оптимуму на діаграмі $q(\delta)$ : приріст ефективності при подальшому збільшенні мінімальний
Розрахункові сезонні тепловтрати через підлогу	$q$	$\approx 8,5-8,9$ кВт·год/м <sup>2</sup>	8,4-9,6 кВт·год/м <sup>2</sup>	У 2-2,5 рази менше, ніж без утеплення
Орієнтовний термін окупності утеплення	$T_{\text{ок}}$	3-4 роки	2,5-5 років	Залежить від тарифів та режиму опалення

Підбір параметрів утеплення має здійснюватися з урахуванням локальних кліматичних умов, глибини промерзання та типології конструкції будівлі. Саме ці параметри забезпечують:

- зниження тепловтрат на 45-55%;
- підвищення температури поверхні підлоги до 17-18 °С;
- повне усунення мінусових температур у зоні фундаменту та ґрунту;
- ліквідацію основного теплового містка підлоги на ґрунті.

### 3.3 Вибір оптимального типу утеплювача для конструкції «підлога – ґрунт – фундамент»

Вибір теплоізоляційного матеріалу для конструкції «підлога – ґрунт – фундамент» має критичне значення для забезпечення стабільного температурного режиму та мінімізації тепловтрат у прифундаментній зоні. Особливості роботи цієї частини огорожувальної конструкції визначаються одночасним впливом низьких зимових температур, підвищеної вологості ґрунту, наявності капілярного підсосу та циклічного промерзання. Тому теплоізоляційний матеріал повинен поєднувати низьку теплопровідність, високу механічну міцність, мінімальне водопоглинання та довговічність у контакті з ґрунтом.

Порівняльна оцінка властивостей поширених теплоізоляційних матеріалів наведена у табл. 3.3-3.5. Аналіз показує, що за комплексом теплотехнічних та експлуатаційних показників найбільш придатними для використання в зоні контакту з ґрунтом є XPS (екструдований пінополістирол), ППУ (жорсткий пінополіуретан) та піноскло. Ці матеріали зберігають стабільні теплотехнічні властивості при зволоженні та демонструють високу міцність на стиск, що є ключовим фактором для підлог на ґрунті.

Таблиця 3.3 – Теплотехнічні характеристики утеплювачів [2, 18-21]

Матеріал	$\lambda$ , Вт/(м·К)	Температура підлоги, °С	Глибина промерзання, м	Примітка
XPS	0,030-0,034	17,5-18,5	0,05-0,10	Найкраще співвідношення $\lambda$ /міцність
ППУ	0,025-0,027	17-18	0,10-0,15	Добра ізоляція, потрібна гідроізоляція
Піноскло	0,040-0,055	17-18	0,05-0,10	Максимальна стійкість, висока ціна
EPS (ППС-35)	0,038-0,042	14-15	0,22-0,26	Зволожується, втрачає властивості
Мінеральна вата	0,037-0,040	12-14	0,28-0,30	Не допускається в ґрунт

Таблиця 3.4 – Механічні та експлуатаційні властивості утеплювачів

Матеріал	Водопоглинання, %	Міцність на стиск, МПа	Морозостійкість	Довговічність
XPS	0,2-0,4	0,20-0,30	F200-F300	50+ років
ППУ	<1	0,15-0,20	F100-F150	40-50 років
Піноскло	0	0,7-1,2	Не руйнується	60+ років
EPS	3-4	0,10-0,15	F25-F50	20-25 років
Мінеральна вата	5-10	0,06-0,12	F25	15-20 років

Таблиця 3.5 – Економічні та технологічні показники утеплювачів

Матеріал	Орієнтовна ціна, грн/м <sup>2</sup>	Окупність	Загальна оцінка
XPS	350-450	3-4 роки	Оптимальний
ППУ	450-600	4-5 років	Добрий
Піноскло	900-1500	7-10 років	Висока якість, висока ціна
EPS	250-300	5-7 років	Недоцільний у ґрунті
Мінеральна вата	300-350	Немає	Не застосовується у ґрунті

На підтвердження цього результати теплотехнічного моделювання (рис. 3.8) показують, що температура поверхні підлоги при застосуванні XPS, ППУ та піноскла становить 17,5-18,5 °С. Це відповідає нормативним вимогам до комфортних умов проживання і суттєво перевищує значення, отримані для ППС (EPS) та мінеральної вати, де температура складає 13-15 °С, що є недостатнім для виключення ризику конденсації та охолодження підлоги у зимовий період.

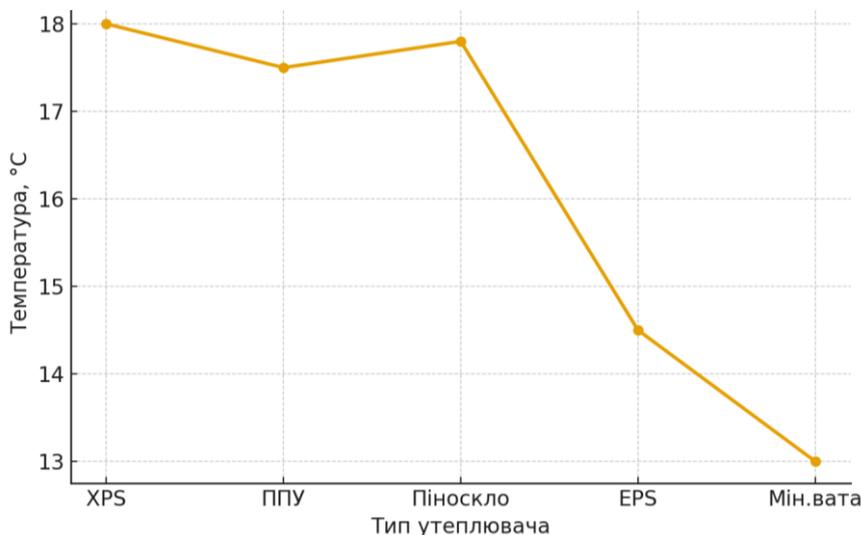


Рисунок 3.8 – Температура поверхні підлоги для різних утеплювачів

EPS і мінеральна вата показують значно нижчу ефективність, що підтверджує їхню недоцільність у контакті з ґрунтом.

Паралельний аналіз сезонних тепловтрат (рис. 3.9) підтверджує, що матеріали групи пінополістиролів (XPS, ППУ) та піноскло формують найменші теплові потоки через конструкцію підлоги, на рівні 8,6-8,9 кВт·год/м<sup>2</sup> за опалювальний сезон. Для EPS цей показник збільшується до 11,5 кВт·год/м<sup>2</sup>, а для мінеральної вати – до 12,8 кВт·год/м<sup>2</sup>, що зумовлено значним підвищенням теплопровідності при зволоженні та недостатньою механічною стабільністю шару.

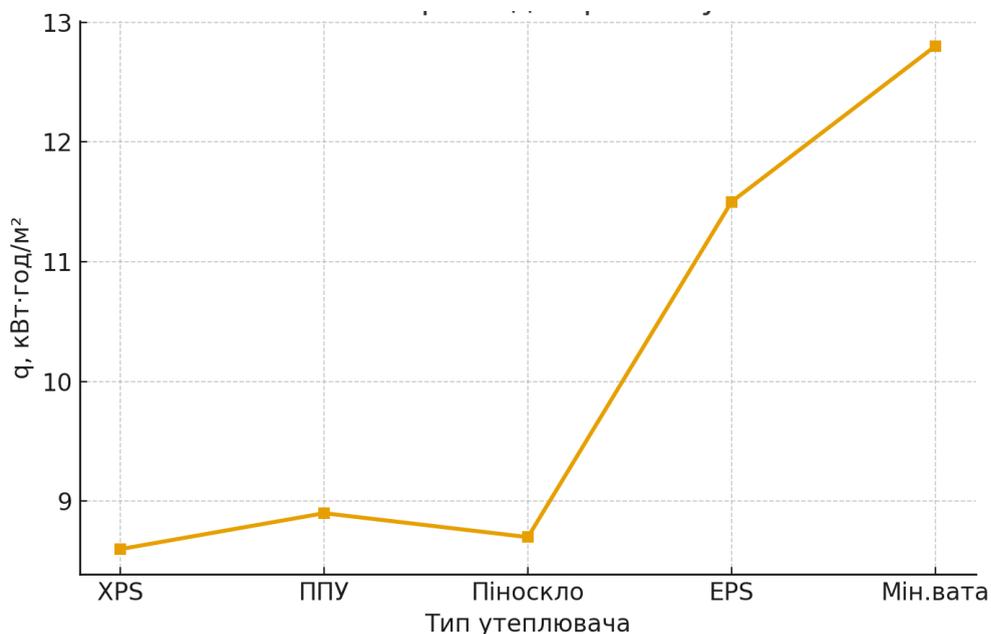


Рисунок 3.9 – Сезонні тепловтрати через підлогу для різних утеплювачів

Важливим результатом моделювання, що наведено на рис. 3.10, є оцінка глибини промерзання ґрунту в зоні фундаменту. При використанні XPS та піноскла промерзання не перевищує 0,05-0,10 м, що у 2,5-3 рази менше порівняно з варіантами без теплоізоляції або з низькоякісними утеплювачами. Натомість при використанні EPS та мінеральної вати глибина промерзання досягає 0,25-0,30 м, що підтверджує недоцільність цих матеріалів для роботи в умовах контакту з вологим ґрунтом.

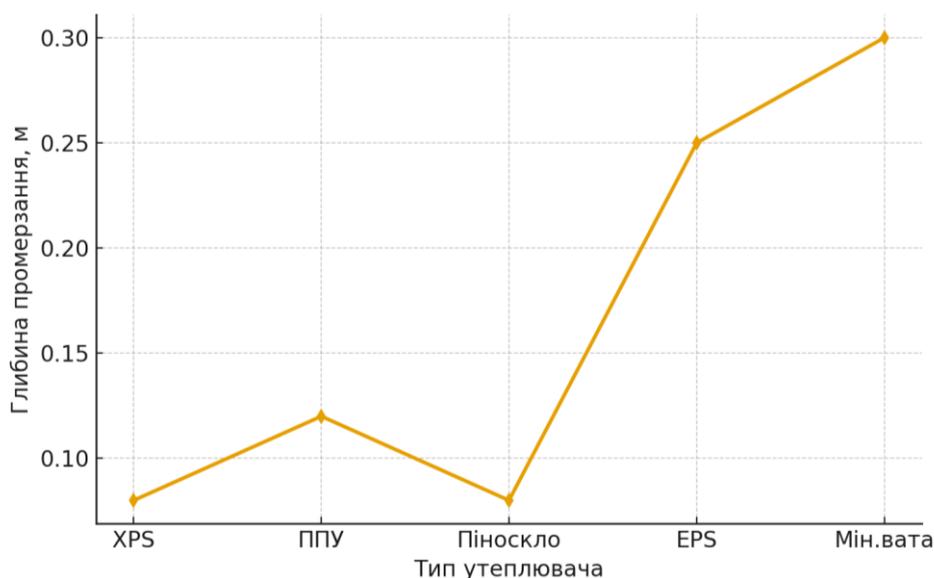


Рисунок 3.10 – Глибина промерзання для різних утеплювачів

Дані таблиць 3.3-3.5 демонструють також суттєві відмінності у механічних та експлуатаційних характеристиках матеріалів. Зокрема, XPS має водопоглинання на рівні 0,2-0,4%, міцність на стиск 0,20-0,30 МПа та морозостійкість F200-F300. Для порівняння, мінеральна вата поглинає до 10% вологи, що у поєднанні зі стисканням у ґрунтових умовах призводить до різкого підвищення теплопровідності та втрати теплоізоляційної ефективності. Пінополістирол EPS також має значне водопоглинання (3–4%) і нестабільну роботу у вологому середовищі, що підтверджує низьку ефективність варіанту його застосування.

З економічної точки зору (табл. 3.5), найбільш раціональним є застосування XPS, який має помірну вартість і короткий термін окупності – 3-4 роки, що є найкращим серед розглянутих матеріалів. ППУ має трохи вищу ціну та термін окупності 4-5 років, але демонструє дуже добрі теплотехнічні характеристики. Піноскло є високоефективним, але його вартість у 4-6 разів більша за XPS, тому воно рекомендоване лише для об'єктів спеціального призначення або складних гідрогеологічних умов.

Узагальнюючи результати теплотехнічних розрахунків, експериментальних даних та порівняльних таблиць, можна зробити висновок, що найбільш доцільним

утеплювачем для конструкції «підлога – ґрунт – фундамент» є екструдований пінополістирол (XPS). Він забезпечує найкращу стабільність температури поверхні підлоги, мінімальні тепловтрати, низьку глибину промерзання та високу довговічність при оптимальному рівні вартості. За ефективністю йому незначно поступається піноскло, однак суттєво перевищує за економічною доцільністю. Використання EPS і мінеральної вати в контактi з ґрунтом є недоцільним через різке погіршення властивостей в умовах зволоження та недостатню механічну стійкість.

### 3.4 Узагальнення оптимальної конструкції та рекомендації щодо застосування теплоізоляції

На основі результатів експериментальних досліджень, стаціонарного та нестаціонарного теплотехнічного моделювання, а також порівняльної оцінки теплоізоляційних матеріалів і геометричних параметрів утеплення було сформовано узагальнену оптимальну конструкцію вузла «підлога–ґрунт–фундамент» для кліматичних умов м. Вінниця. Застосування такої конструкції дозволяє забезпечити рівномірний температурний режим підлоги, мінімізувати тепловтрати та повністю усунути тепловий місток у прифундаментній зоні.

Комплексний аналіз показав, що найбільш ефективною є конструкція, у якій поєднуються горизонтальна теплоізоляційна смуга під бетонною плитою та вертикальна теплоізоляція фундаментної стіни. Таке рішення забезпечує стабільність температурних полів, що підтверджено ізотермальними картами та полями теплового потоку, отриманими в моделюванні. Горизонтальна смуга працює як бар'єр, який спрямовує тепловий потік у зону з вищим термічним опором, зменшуючи втрати в ґрунт. Вертикальна смуга, у свою чергу, підвищує температуру внутрішньої поверхні фундаменту та зменшує глибину промерзання, що є критично важливим для запобігання конденсації та охолодження підлоги у межах 0-0,5 м від стіни.

Оптимальні параметри утеплення визначені таким чином, щоб забезпечити максимальний ефект при мінімально необхідних витратах. Товщина горизонтальної теплоізоляції 80-100 мм та ширина смуги 1,0-1,5 м відповідають зоні найбільш стрімкого зниження тепловтрат і підвищення температури поверхні підлоги. Подальше збільшення товщини або ширини дає лише незначний додатковий ефект, що було підтверджено кривими тепловтрат  $q(\delta)$  і температурної стабілізації. Для вертикального утеплення оптимальною є товщина 60-80 мм та глибина 0,6-0,8 м, що забезпечує мінімальну глибину промерзання і максимальне підвищення температури підлоги в зоні фундаменту.

Щодо вибору теплоізоляційного матеріалу, порівняльні таблиці та графіки свідчать, що екструдований пінополістирол (XPS) є найкращим рішенням для конструкцій, що контактують із ґрунтом. Він забезпечує високу механічну міцність, мінімальне водопоглинання, стабільність теплопровідності у зволоженому середовищі та довговічність понад 50 років. ППУ та піноскло демонструють подібні теплотехнічні показники, однак їх застосування доцільне переважно в спеціальних умовах через вищу вартість або технологічні обмеження. Використання EPS та мінеральної вати є невиправданим, оскільки їхні властивості суттєво погіршуються за умов зволоження та механічного навантаження в ґрунті.

Таким чином, оптимальна конструкція підлоги на ґрунті включає бетонну плиту по піщаній підготовці, горизонтальний шар утеплювача XPS товщиною 100 мм із виносом 1,2-1,5 м за контур фундаменту та вертикальну смугу утеплювача XPS товщиною 60-80 мм на глибину 0,6-0,8 м. Застосування такого рішення забезпечує температуру поверхні підлоги на рівні 17,5-18,5 °C навіть у період мінімальних зовнішніх температур, зменшує тепловтрати на 45-55% та повністю усуває промерзання ґрунту під конструкцією.

У результаті інтегральної оцінки можна рекомендувати впровадження комбінованої теплоізоляції у всіх будівлях цивільного призначення, розміщених у кліматичних умовах України з глибиною промерзання понад 0,8 м. Для нових будівель така конструкція має бути застосована як обов'язковий елемент

енергоефективного проектування, тоді як у реконструкції її доцільно впроваджувати у випадках, коли це дозволяє конфігурація фундаментів та рівень підлог.

Запропонована оптимальна конструкція може бути адаптована до різних типів фундаментів та ґрунтів, а результати моделювання підтверджують її універсальність і довговічність. Тому вона може бути рекомендована як базове рішення для підвищення енергоефективності малоповерхових та громадських будівель у регіонах із аналогічними кліматичними умовами.

### Висновки до розділу 3

У результаті проведених експериментальних досліджень, числового моделювання теплових полів та порівняльного аналізу теплоізоляційних матеріалів встановлено такі ключові технічні закономірності.

Комбіноване утеплення (горизонтальна + вертикальна смуга XPS) є найбільш ефективним рішенням для зменшення тепловтрат через конструкцію «підлога – ґрунт – фундамент». Термомоделювання підтвердило зменшення сезонних тепловтрат на 40-55 % порівняно з варіантом без утеплення.

Температура поверхні підлоги у зоні фундаменту при оптимальній конфігурації утеплення становить 17,5-18,5 °С, що відповідає вимогам ДБН щодо комфортності й унеможливорює конденсацію вологи. Для варіантів із недостатнім або відсутнім утепленням температура знижувалася до 13-15 °С, а локально – навіть до від’ємних значень.

Глибина промерзання ґрунту при використанні XPS товщиною 60-80 мм зменшується до 0,05-0,10 м, що значно покращує температурний стан фундаментної зони. Для неефективних утеплювачів (EPS, мінеральна вата) глибина промерзання збільшується до 0,25-0,30 м.

Оптимальні геометричні параметри утеплення, визначені на основі аналізу графіків, становлять:

- горизонтальна смуга XPS: товщина 100 мм, ширина 1,2-1,5 м;
- вертикальна смуга XPS: товщина 60-80 мм, глибина 0,6-0,8 м.

Вибір утеплювача за комплексним критерієм «ефективність – довговічність – економічність» показав, що найбільш доцільним є екструдований пінополістирол (XPS). Він забезпечує низьку теплопровідність, мінімальне водопоглинання, високу міцність і термін служби понад 50 років. ППУ та піноскло мають близькі показники ефективності, але є суттєво дорожчими. Використання EPS та мінеральної вати у ґрунтових умовах технічно недоцільне.

Запропонована конструкція дозволяє усунути тепловий місток фундаментної зони, забезпечити стабільну роботу конструкції підлоги в умовах зимових температур м. Вінниця та зменшити експлуатаційні витрати на опалення.

## РОЗДІЛ 4

### ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

#### 4.1 Вихідні дані

Територія, передбачена для забудови, розташована в межах м. Вінниця, яке належить до I температурної зони України. Кліматичні умови характеризуються помірністю: середня температура повітря у січні становить близько  $-9^{\circ}\text{C}$ , у липні – приблизно  $+22^{\circ}\text{C}$ . Річна сума опадів складає орієнтовно 555 мм. Середній рівень відносної вологості в найхолодніший місяць досягає 86 %, а в найтепліший – близько 56 %. Глибина сезонного промерзання ґрунтів становить 0,90 м [24].

Концепція планувальної організації території передбачає орієнтацію основних входів до проєктованих торговельних об'єктів уздовж периметра ділянки, у той час як дворові простори житлових будинків формуються у внутрішній частині містобудівного комплексу.

Архітектурною домінантою середовища є два 9-поверхові житлові будинки з паркувальними приміщеннями у рівні цокольного поверху. Передбачається також розміщення аналогічної житлової групи у центральній частині території шляхом подальшого її освоєння. Для забезпечення раціональної організації простору, належних транспортних проїздів, паркувальних зон, пішохідних алей, благоустрою та озеленення максимальний показник забудови території прийнято не вище 60 %, а поверховість домінуючих будівель – 9 поверхів.

Будівництво планується в межах району, оточеного вул. Гетьмана Мазепи та вул. Левка Лук'яненка [26].

Територія забезпечена основними інженерними мережами: системами водопостачання, водовідведення, електропостачання, газопостачання та тепlopостачання. На ділянці наявні окремі споруди інженерної інфраструктури; за проєктом недіючі котельні підлягають знесенню.

Озеленення з елементами благоустрою представлено вздовж вул. Гетьмана

Мазепи (територія стадіону «Інтеграл»), а також біля існуючих торговельних і бізнес-об'єктів. Зі сторони вул. Левка Лук'яненка територія межує з озером Тяжилівським, реконструйованим та впорядкованим у 2016 році. Інші ділянки формуються переважно малоповерховою приватною забудовою та комунально-складськими зонами, де благоустрій відсутній, проте існує значна кількість зелених насаджень.

Територія освоєння безпосередньо прилягає до мережі магістральних вулиць, що забезпечує зручні транспортні зв'язки. Відповідно до містобудівної документації, гранична висотність житлової забудови з торговими приміщеннями на перших і цокольних поверхах становить 5-10 поверхів [26].

#### 4.2 Генеральний план

У межах одного з кварталів району Замостя передбачається будівництво дев'ятиповерхового житлового будинку з підземною автостоянкою, розрахованою на 88 машиномісць. Об'єкт розташовується вздовж периметра кварталу серед існуючої забудови з дотриманням нормативно допустимих санітарних і протипожежних розривів [27, 28].

Рельєф будівельного майданчика характеризується спокійними формами зі схилом у напрямку заходу. Генеральний план передбачає інтеграцію нового об'єкта в об'ємно-просторову композицію прилеглої забудови.

Будинок складається з трьох секцій із різними планувальними рішеннями, входи до яких орієнтовані на північ та захід. Така орієнтація дозволяє забезпечити природне освітлення та нормативну інсоляцію житлових приміщень.

Для обслуговування житлової групи формується система гостьових автостоянок, а паркомісця для мешканців розміщені у цокольному поверсі будинку. Оскільки проектом передбачено два житлових будинки житловою площею по 854 м<sup>2</sup>, орієнтовна чисельність населення становить близько 360 осіб (приблизно 150 осіб на будинок). За нормами [29] на одного мешканця необхідно

передбачити 0,8 м<sup>2</sup> площі автостоянки. Таким чином, потреба у гостьових паркувальних місцях для групи становить 300 м<sup>2</sup>, що відповідає 15 машиномісцям. Вони розташовані вздовж житлової вулиці за межами житлової групи.

Для перспективних потреб кварталу додатково передбачається зведення автоматизованої стоянки на 50 машиномісць.

Територія кварталу формує оточення ринку та низки об'єктів торговельно-побутового призначення, що зумовлює активні пішохідні та транспортні потоки. Пішохідний рух організовано тротуарами шириною 1,5 і 3,5 м відповідно до класифікації вулиць. Основні входи в існуючі та проєктовані будівлі орієнтовані на зовнішній периметр забудови, де також розташовані гостьові автостоянки. Пішохідні переходи запроектовані в одному рівні з проїзною частиною.

Для забезпечення санітарно-гігієнічних вимог і безпечного руху передбачено влаштування асфальтобетонного покриття на проїздах і тротуарах. Уздовж периметра будівлі влаштовується асфальтобетонна відмостка шириною 0,8 м і товщиною 30 мм з ухилом від стін будівлі  $i = 0,05$ .

Інженерна підготовка території включає:

- виконання вертикального планування з максимально можливим збереженням природного рельєфу;
- організацію поверхневого водовідведення, яке здійснюється відкритою системою через ухили проїжджих частин та бортовими лотками, а також закритою мережею дощової каналізації.

У межах благоустрою території передбачено:

- встановлення лав для відпочинку та урн уздовж головного фасаду;
- облаштування майданчика для сміттєзбирання;
- висадження шумозахисних насаджень (липа звичайна) уздовж магістральних вулиць та на межі з промисловими ділянками;
- улаштування газонів із рядовими посадками самшиту та туй.

Основні техніко-економічні показники проєкту подані в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Основні ТЕП проекту

№	Показники	Одиниця виміру	Значення
1	Територія (в межах генерального плану), усього:	га	6
1.1	Вулиці та дороги в червоних лініях	га	0,2
1.2	Території під відкритими стоянками	га	0,03
2	Існуючі будівлі та споруди (площа забудови)	м <sup>2</sup>	–
3	Проектовані будівлі та споруди (площа забудови)	м <sup>2</sup>	1708,58
4	Будівлі та споруди, що зносяться	м <sup>2</sup>	–
5	Вулично-дорожня мережа та міський пасажирський транспорт		
5.1	Протяжність вулично-дорожньої мережі, всього (існуюча, будівництво), у тому числі: - магістральні вулиці загальноміського значення; - магістральні вулиці районного значення	км	0,9 0,25
5.2	Щільність вулично-дорожньої мережі, у тому числі: - магістральної мережі	км/км <sup>2</sup>	1,8
5.3	Гаражі для постійного зберігання легкових автомобілів	маш.-місце	54
5.4	Відкриті автостоянки	маш.-місце	20
6	Площа озеленення земельної ділянки	га	0,68

### 4.3 Архітектурно-будівельні рішення

#### 4.3.1 Об'ємно-планувальні рішення

Основні об'ємно-планувальні параметри будівлі визначені відповідно до вимог [28, 30, 31] та з урахуванням особливостей будівельного майданчика. У плані житловий будинок має Г-подібну конфігурацію та складається з трьох секцій, що відрізняються планувальною структурою.

Габаритні розміри будівлі в плані становлять:

- довжина – 28,64 м (між осями 1-13) та 42,89 м (між осями 14-28);
- ширина – 17,495 м (між осями А-Ж) та 17,73 м (між осями Ж-С);
- поверховість – 9 поверхів;
- висота поверху – 3,0 м;
- загальна висота будівлі – 30,3 м.

У складі будівлі передбачена підземна автостоянка. Висота її приміщень становить 4,2 м та 3,9 м до низу перекриття. Площа автостоянки – 990,58 м<sup>2</sup>, що дозволяє розмістити 25 машино-місць для постійного зберігання автомобілів. В'їзд у підземний паркінг запроектовано з правого торця будівлі (по осях Ж-С). Доступ мешканців до підземної частини здійснюється через сходові клітки та ліфти кожної секції.

Перший поверх відведено під офісні та торговельні приміщення, а також підсобні та допоміжні кімнати. З другого по дев'ятий поверхи будівля має повторювану планувальну структуру, що включає житлові квартири.

Техніко-економічні показники наведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – ТЕП будівлі

Показник	Одиниця виміру	Кількість
Будівельний об'єм	м <sup>3</sup>	25884,99
Площа квартир	м <sup>2</sup>	4994,72
Площа забудови	м <sup>2</sup>	854,29

#### 4.3.2 Архітектурно-планувальні рішення

Запроектований житловий будинок включає три основні функціонально-планувальні зони:

- підземну частину – парковка та тимчасове укриття;
- приміщення громадського призначення на першому поверсі (офіси, магазини, допоміжні кімнати);
- житлову частину, що складається з 88 квартир.

Розподіл квартир за типами та площами є таким:

- однокімнатні – 40 квартир, загальною площею 1638,08 м<sup>2</sup>;
- двокімнатні – 32 квартири, загальною площею 1742,40 м<sup>2</sup>;
- трикімнатні – 16 квартир, загальною площею 1614,24 м<sup>2</sup>.

Площі житлових і допоміжних приміщень відповідають вимогам чинних будівельних норм [30]. Детальна експлікація приміщень та планувальні рішення подані в графічній частині і систематизовані в таблиці 4.3.

#### 4.3.3 Архітектурно-конструктивні рішення

Архітектурно-конструктивні рішення проекрованої будівлі базуються на використанні поздовжньо-поперечної системи несучих стін, яка забезпечує необхідну просторову жорсткість та стійкість споруди під дією вертикальних і горизонтальних навантажень. Сумісна робота монолітних залізобетонних стін і міжповерхових перекриттів формує стійку конструктивну схему будинку, що повністю відповідає вимогам експлуатаційної надійності житлових споруд. Будівля віднесена до категорії відповідальності СС2 та II категорії складності відповідно до чинних нормативних документів [32].

Фундамент будівлі виконано у вигляді монолітної залізобетонної плити висотою 1000 мм, що забезпечує рівномірне сприйняття та передачу навантажень на основу. Конструкція плити включає бетонну підготовку, гідроізоляційний шар, залізобетонну плиту, теплоізоляцію та інженерно підготовлену основу, сформовану з піщаної та щебеневої подушок. Вертикальна гідроізоляція виконується шляхом нанесення на поверхню фундаментних стін водостійкого бітумного шару, що запобігає проникненню ґрунтової вологи. Горизонтальна гідроізоляція здійснюється наклеюванням рулонних матеріалів на бітумні мастики з обов'язковим перекриттям швів, що гарантує цілісність водонепроникного контуру.

Конструкція стін визначається поперечно-поздовжньою системою несучих елементів. Стіни підземної частини, у яких розташовані сховище і автостоянка, виконані з монолітного залізобетону товщиною 380 мм, що забезпечує їхню здатність сприймати підвищений тиск ґрунту та навантаження від надземних конструкцій. Зовнішні стіни житлової частини будівлі мають багатошарову структуру, до складу якої входять монолітна залізобетонна плита, шар утеплювача

та цегляне облицювання. Загальна товщина зовнішньої огорожувальної конструкції становить 425 мм, що забезпечує відповідність теплотехнічним нормативам і стабільні показники енергоефективності. Внутрішні несучі стіни виконані з монолітного залізобетону завтовшки 200 мм, а внутрішні ненесучі перегородки запроектовані з газобетонних блоків товщиною 100 мм, що дозволяє зменшити навантаження на перекриття при збереженні необхідних звукоізоляційних властивостей.

Міжповерхові перекриття виконано у вигляді монолітних залізобетонних плит товщиною 220 мм, які одночасно виконують несучу, жорсткісну та огорожувальну функції. Таке конструктивне рішення забезпечує рівномірний розподіл навантажень, необхідну просторову жорсткість та комфортні експлуатаційні показники. Покриття будівлі також виконується з монолітного залізобетону, що дозволяє ефективно реалізувати систему внутрішнього водовідведення та забезпечує довговічність покрівельної конструкції.

Сходові клітки сформовані з монолітних залізобетонних маршів і майданчиків. Марші мають ширину 1,2 м та складаються з шістнадцяти сходинок розміром 150×300 мм, між якими передбачено технологічний проміжок завширшки 100 мм для можливості прокладання пожежного рукава. Огородження маршів виконано у вигляді металевої решітки висотою 0,9 м, яка кріпиться до закладних деталей, а зверху оснащується дерев'яними поручнями.

Будівля обладнана трьома вантажопасажирськими ліфтами, по одному в кожній секції. Вони мають розміри кабіни 2,6×1,65 м та вантажопідйомність 630 кг. Ліфтові шахти запроектовані як окремі конструктивні елементи з монолітного залізобетону, що спираються на фундаментну плиту. Конструкція шахти передбачає підвальний блок із амортизаторами, поверхові блоки з дверними отворами та верхній технічний блок для монтажу підйомного обладнання. Кабіна ліфта підвішується на сталевих канатах, що перекинуті через шків лебідки, розташованої в машинному приміщенні над шахтою; противага врівноважує вагу кабіни та забезпечує плавність її переміщення.

Природне освітлення житлових і громадських приміщень забезпечується через віконні прорізи. У проекті використано ПВХ-вікна з потрійним склопакетом білого кольору, які відповідають теплотехнічним вимогам та вимогам повітропроникності, а також гармонійно інтегруються в архітектурну композицію фасадів [33]. Вхідні двері передбачені однопільні, із посиленою коробкою та ущільнювальною прокладкою з пінополіуретану по периметру. Внутрішні двері прийнято дерев'яні, навішені на дві петлі, без влаштування порогів, що покращує експлуатаційну зручність та відповідає протипожежним вимогам [33].

Специфікація віконних та дверних прорізів наведена у таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Специфікація віконних та дверних прорізів

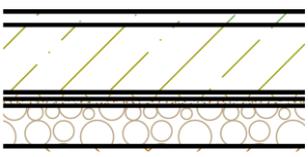
Поз.	Найменування	Кількість на поверхах										ВСЬОГО	
		підземний	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Д-1	ДП Од 9 – 21 По КЛ	8	4	30	30	30	30	30	30	30	30	30	252
Д-2	ВГ П 30 – 21 По КЛ	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Д-3	ДА Од 8 – 21 По КЛ	-	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9
Д-4	ДА Од 10 – 21 По КЛ	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7
Д-5	ДА Од 9 – 21 По КЛ	-	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12
Д-6	ДА Дд 12 – 21 По КЛ	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6
Д-7	ДА Од 8 – 21 По КЛ	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
Д-8	ДП Од 9 – 21 По КЛ	-	-	11	11	11	11	11	11	11	11	11	88
Д-9	ДА Од 7 – 21 По КЛ	-	-	23	23	23	23	23	23	23	23	23	184
В-1	ВП Р1СП 9 – 18 КЛ	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
В-2	ВП Р2СП 15 – 18 КЛ	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6
В-3	ВП Р3СП 18 – 18 КЛ	-	26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26
В-4	СН 1,8 – 5,06 – 8 Фр	-	-	11	11	11	11	11	11	11	11	11	88
В-5	ВП Р2СП 15 – 15 КЛ	-	-	2	2	2	2	2	2	2	2	2	16
В-6	ВП Р3СП 18 – 15 КЛ	-	-	21	21	21	21	21	21	21	21	21	168
ББ-1	ББ Р2СП 13 – 24 КЛ	-	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	8
ББ-2	ББ Р2СП 19 – 24 КЛ	-	-	11	11	11	11	11	11	11	11	11	88

Підлоги у житлових і громадських будівлях належать до тих конструктивних елементів, що протягом усього періоду експлуатації сприймають значні механічні навантаження та інтенсивні функціональні впливи. Тому їх конструкція повинна забезпечувати не лише міцність і довговічність, але й відповідні звукоізоляційні

характеристики, особливо у випадку влаштування підлог по міжповерхових перекриттях, де необхідним є зменшення рівня структурного та повітряного шуму.

Характеристики конструкцій підлог та їх детальна експлікація наведені в таблиці 4.4 [34].

Таблиця 4.4 – Експлікація підлог

Приміщення	Конструкція підлоги	Шари підлоги	Площа, м <sup>2</sup>
Підземна парковка		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Бетонна стяжка – 10 мм</li> <li>2. Ізоляція</li> <li>3. З/б плита – 500 мм</li> <li>4. Утеплювач – 80 мм</li> <li>5. Піщана подушка – 50 мм</li> <li>6. Щебенева подушка – 300 мм</li> </ol>	1061,68
Кімната		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ламінат – 10 мм</li> <li>2. Ц/п стяжка – 40 мм</li> <li>3. Ізоляція</li> <li>4. З/б плита – 220 мм</li> </ol>	2519,76
Офісні приміщення, торговельні приміщення, підсобні приміщення, кухня, коридор, ванна кімната, санвузол, туалет, балкон, тамбур		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Керамічна плитка – 10 мм</li> <li>2. Ц/п стяжка – 40 мм</li> <li>3. Ізоляція</li> <li>4. З/б плита – 220 мм</li> </ol>	3329,25

Конструкція підлоги в підземній парковці передбачає використання бетонного покриття, яке відповідає вимогам підвищеної міцності, стійкості до стирання та впливу агресивного середовища, що є характерним для приміщень такого типу. На першому поверсі застосовано покриття з керамічної плитки, що забезпечує гігієнічність, легкість в догляді та підвищену зносостійкість під час експлуатації приміщень громадського призначення.

У житлових приміщеннях квартир конструкції підлог диференційовані відповідно до функціонального призначення кімнат. У житлових кімнатах передбачено покриття з ламінату, що створює комфортні умови перебування мешканців та сприяє досягненню необхідних експлуатаційних характеристик. У кухнях, коридорах, санітарних вузлах, тамбурах, на балконах, а також у загальних коридорах і сходових клітках запроектовано керамічну плитку як найбільш

придатний матеріал для зон з підвищеним експлуатаційним навантаженням, регулярним вологим прибиранням та можливими локальними механічними впливами.

Дах будівлі, як верхня огорожувальна конструкція, виконує функцію захисту приміщень від атмосферних опадів, впливу вітру, сонячної радіації та температурних коливань. У проєктованому об'єкті передбачено плоску покрівлю, конструктивну основу якої утворюють монолітні залізобетонні плити товщиною 220 мм. Такий тип несучої плити забезпечує достатню просторову жорсткість, стійкість до деформацій та рівномірний розподіл навантаження від експлуатаційних і кліматичних факторів.

Конструкція покрівлі сформована у вигляді багатошарового «покрівельного пирога», кожен елемент якого виконує власну функцію та у комплексі забезпечує надійну теплотехнічну та гідроізоляційну роботу. На поверхню несучої плити влаштовується пароізоляційний шар, який запобігає проникненню водяної пари з теплих приміщень у товщу утеплювача. Матеріал пароізоляції укладається зі зварюванням або склеюванням швів для забезпечення суцільності шару. Поверх пароізоляції розміщується теплоізоляційний матеріал. Застосовується мінераловатна плита або екструдований пінополістирол товщиною 150-200 мм, які забезпечують необхідний опір теплопередачі та стійкість до механічних навантажень під час експлуатації. Теплоізоляційний шар вирівнюється цементно-піщаною стяжкою, яка водночас формує необхідний ухил поверхні покрівлі до водоприймальних воронок та є основою для настилення верхнього гідроізоляційного шару.

У якості покрівельного покриття використано філізол – полімерно-бітумний рулонний матеріал, який складається з армувальної склооснови або поліефірного нетканого полотна, просоченого бітумно-полімерним в'язучим з модифікатором. Такий склад забезпечує високі показники гнучкості, термостійкості, еластичності та водонепроникності. Фінішне покриття настиляється у два шари з наплавленням,

що дозволяє створити герметичну гідроізоляційну мембрану з тривалим терміном експлуатації.

На покрівлі реалізована система внутрішнього водостоку, що включає водоприймальні воронки, які встановлюються в найнижчих точках сформованого ухилу. Ухил поверхні покрівлі становить 4 %, що забезпечує спрямований рух дощової та талої води в напрямку водоприймальних елементів і запобігає утворенню застійних зон. Місця примикання покрівельного матеріалу до воронок виконуються з використанням спеціальних еластичних манжетів і наплавлюваних мембран, що гарантують герметичність і захищеність вузлів від проникнення вологи. Стояки водостоку проходять всередині будівлі, що дозволяє запобігати їх промерзанню в холодний період року.

Конструктивні вузли примикань, зокрема місця переходу покрівлі до парапетів, вентиляційних шахт і інших виступаючих елементів, виконуються з використанням оцинкованих захисних елементів та підсилених гідроізоляційних накладок. Це запобігає утворенню тріщин, відшаруванню покриття та потраплянню вологи в конструктивні шари даху. Металеві фартухи з оцинкованої сталі формують додатковий захисний бар'єр у місцях найбільш вразливих до дії атмосферних чинників.

Багатошарова структура даху також сприяє зниженню ризику конденсації вологи у верхній частині огорожувальних конструкцій та підвищує довговічність всіх складових покрівельного вузла.

#### 4.3.4 Зовнішнє та внутрішнє оздоблення

Оздоблення зовнішніх і внутрішніх поверхонь будівлі виконано з використанням сучасних матеріалів підвищеної міцності та довговічності, що забезпечують як естетичні, так і експлуатаційні вимоги. Формування архітектурного образу споруди значною мірою визначається її екстер'єром, тому у проєкті передбачено комбіноване застосування цегляного облицювання та фасадного штукатурення. Облицювальна цегла укладається ложковою

перев'язкою з використанням керамічної цегли бежевого, світло- та темно-коричневого відтінків. Шви заповнюються цементно-піщаним розчином на гідрофобному цементі марки 500 у співвідношенні 1:3 із додаванням пігменту чорного кольору, що забезпечує виразну фактуру та підвищує атмосферостійкість кладки.

На окремих ділянках фасаду передбачено застосування структурної декоративної штукатурки Ceresit СТ72 коричневого кольору, нанесеної по теплоізоляційних плитах шаром 5 мм. Цоколь будівлі виконується з тієї ж фасадної штукатурки, проте у темно-сірому тоні, що надає споруді монументальності, підкреслює її стійкість і створює контрастну композиційну основу.

Внутрішнє оздоблення відповідає призначенню приміщень та санітарно-гігієнічним вимогам. Поверхні стін та перегородок вирівнюються цементно-піщаною штукатуркою товщиною 10 мм, після чого в житлових кімнатах передбачено наклеювання флізелінових шпалер. У коридорах квартир можливе нанесення рідких шпалер або декоративного штукатурення, що дозволяє формувати більш довговічні та зносостійкі поверхні. В загальних приміщеннях будівлі, включаючи коридори та технічні кімнати, стіни фарбуються водоемульсійними фарбами, що створюють рівномірне та легке в догляді покриття.

У санвузлах, ванних кімнатах і кухнях передбачено облицювання стін і підлог керамічною плиткою, що забезпечує водостійкість, гігієнічність та зручність в експлуатації в умовах підвищеної вологості. Стелі у всіх приміщеннях оздоблюються водоемульсійними фарбами білого кольору, що візуально збільшує простір та відповідає загальноприйнятим архітектурно-естетичним вимогам.

Над входами у будівлю влаштовуються навіси з монолітних залізобетонних плит, які спираються на колони й виконують функцію захисту від атмосферних опадів. Віконні та дверні блоки виготовлені з ПВХ-профілю білого кольору з трикамерними склопакетами, що відповідають теплотехнічним нормам та

забезпечують комфортні умови у середині будівлі. Вхідні двері виконані з високоякісної сталі світлих тонів, що гарантує їх міцність, надійність та довговічність.

#### 4.3.5 Інженерне обладнання

Системи інженерного забезпечення будівлі розроблено з урахуванням вимог енергоефективності, надійності та безпеки експлуатації [2, 35]. Опалення прийнято однотрубним із верхньою розводкою магістральних трубопроводів по горіщному приміщенню. Як опалювальні прилади застосовано алюмінієві радіатори, під'єднані металопластиковими трубами. Прокладання труб здійснюється відкрито, із використанням теплоізоляційних кожухів для зменшення тепловтрат та забезпечення стабільної роботи системи в період низьких температур.

Джерелом водопостачання є міська система водопроводу зі сталевих труб, до якої будівля підключається через водомірний вузол, що забезпечує облік витрат води на ввіді. У будинку реалізована об'єднана система водопостачання, що подає питну воду як на господарсько-побутові, так і на технологічні потреби. Проектом передбачена тупикова схема холодного водопостачання, а гаряча вода подається централізовано через мережі теплопостачання. Трубопроводи гарячої та холодної води виконуються з металопластикових труб, що відзначаються стійкістю до корозії та простотою монтажу.

Вентиляція у будівлі передбачає природний приплив повітря через інфільтрацію та приміщення квартир, а відведення повітря здійснюється природним шляхом через вертикальні вентиляційні канали в стінах. Для окремих приміщень передбачено встановлення побутових вентиляторів, які забезпечують періодичне примусове провітрювання з метою підвищення якості повітря та запобігання накопиченню вологи.

Система внутрішньої каналізації включає відвідні труби, стояки та випуски, призначені для транспортування господарсько-побутових стічних вод до

зовнішніх мереж. Відвідні трубопроводи прокладаються під необхідним ухилом у напрямку руху стоків, що забезпечує самопливне функціонування системи. Підключення проводиться через косі хрестовини, що відповідає вимогам санітарних норм і виключає можливість засмічення на горизонтальних ділянках. Стояки розташовуються у місцях найбільшої концентрації приладів і виконуються таким чином, щоб забезпечити мінімальну довжину відвідних ліній. Діаметр стояків, як правило, становить 100 мм, що відповідає розрахунковим витратам стічних вод. Зовнішня мережа каналізації проєктується самоплинною з подальшим підключенням до міських очисних споруд.

Електропостачання житлового будинку здійснюється від трансформаторної підстанції потужністю 100 кВт. Облік електроенергії ведеться приладом обліку на вводі. Система освітлення включає природне та комбіноване освітлення, де робоче освітлення реалізується переважно люмінесцентними та світлодіодними світильниками, а аварійне й чергове – у приміщеннях, що потребують безперервної роботи та підвищеного рівня безпеки. Світлові покажчики «Вихід» під'єднуються до системи аварійного живлення.

Будівля оснащена слабкострумовими системами, включаючи телефонізацію, радіофікацію та антенно-телевізійну мережу, що забезпечує сучасний рівень комунікаційних можливостей і комфорт проживання.

#### 4.3.6 Протипожежні заходи

Будівля належить до II ступеня вогнестійкості відповідно до вимог нормативних документів [31]. Її розташування на території дотримується нормативно встановлених протипожежних відстаней до сусідніх споруд, що мінімізує поширення вогню та забезпечує безпечну евакуацію людей у разі пожежі. У будівлі запроектована система автоматичної пожежної сигналізації з використанням приладу ППС-3, який забезпечує виявлення ознак загоряння та передавання сигналу на диспетчерський пункт. Передбачено автоматичне

вимкнення вентиляційних установок у разі спрацювання сигналізації з метою запобігання поширенню продуктів горіння по повітропроводах.

Електропроводка виконується в сталевих трубах або кабелями марок АВВГ та ВВГ, що відповідають підвищеним вимогам до пожежної безпеки. Додатково передбачено систему оповіщення та управління евакуацією населення, яка забезпечує передачу звукових і голосових повідомлень щодо місця виникнення пожежі та шляхів евакуації. Технічні засоби системи складаються з підсилювального устаткування, гучномовців, дзвінків та апаратури управління, що у комплексі гарантує своєчасне інформування людей у разі виникнення небезпечної ситуації.

#### 4.3.7 Інклюзивність та безбар'єрний доступ

Проектувальні рішення житлового будинку відповідають вимогам інклюзивності згідно з ДБН В.2.2-40:2018, ДСТУ-Н Б В.1.1-31:2013 [28, 36]. Безбар'єрний доступ забезпечується як на прибудинковій території, так і всередині будівлі.

На підходах до будівлі передбачено пішохідні маршрути з пониженими бортами висотою не більше 20 мм, протиковзким покриттям та тактильними плитками на відстані 600 мм перед переходами та входною групою. Поздовжній ухил безбар'єрних пандусів прийнято не більше 8 %, поперечний – не більше 2 %, ширина проходу – 1,5 м. Радіуси розвороту на майданчиках становлять 1,5 м, що дозволяє безперешкодне маневрування крісла колісного.

Вхід до будівлі спроектований у рівні тротуару (перепад висот не більше 10 мм). Дверні прорізи мають ширину не менше 0,9 м, висоту порогу 0 мм. Покриття перед входом має шорсткість, що відповідає коефіцієнту тертя  $\geq 0,45$ .

У вестибюлі та на поверхах забезпечено вільний коридор шириною 1,5 м. Доступ до поверхів здійснюється ліфтами вантажопідйомністю 630 кг, з кабіною розмірами 1100×1400 мм, бічними поручнями та дубльованими сигналами

(звуковими та світловими). Висота розміщення кнопок виклику прийнята 900–1100 мм від підлоги.

Санітарно-гігієнічне приміщення на першому поверсі адаптоване для маломобільних груп: вільна зона маневрування  $\varnothing$  1,5 м, поручні на висоті 700–750 мм, ширина дверей 0,9 м, відсутність порогів.

На території передбачені лави з підлокітниками, освітлення проходів з рівнем освітленості не менше 20 лк, покриття з контрастністю не менше 0,3 для покращення орієнтації малозрячих користувачів.

#### 4.4 Організація будівельного виробництва

##### 4.4.1 Розрахунок параметрів календарного графіка

Організація будівельного виробництва для зведення житлового будинку вимагає чіткої послідовності виконання робіт, раціонального використання трудових, матеріальних та технічних ресурсів, а також оптимального планування їх тривалості. Календарне планування є ключовим елементом процесу організації будівництва, оскільки визначає взаємозв'язки між окремими видами будівельно-монтажних робіт, їхню послідовність, тривалість та необхідний рівень ресурсного забезпечення [37, 38].

Параметри календарного графіка визначаються на основі детального переліку робіт, сформованого відповідно до типової номенклатури для споруд подібного призначення. Для цього попередньо структуровано всі будівельно-монтажні процеси, які супроводжують зведення житлової будівлі – від підготовчого етапу до завершальних опоряджувальних робіт. Кожен вид робіт характеризується власним обсягом, трудомісткістю, тривалістю, чисельністю виконавців та режимом роботи (змінністю), що безпосередньо впливає на формування календарного графіка [37, 38].

Після визначення номенклатури робіт здійснюється складання відомості будівельно-монтажних робіт (Додаток Б), у якій наведено види та обсяги окремих

операцій для всіх конструктивних, монтажних і опоряджувальних процесів. На основі цих обсягів у подальшому виконується розрахунок картки визначника, що дозволяє встановити нормативну та фактичну трудомісткість робіт, обчислити розрахункову кількість працівників і тривалість виконання окремих етапів будівництва.

Отримані результати використовуються для формування календарного графіка, який визначає оптимальну черговість операцій, можливість їх часткового або повного суміщення, а також загальну тривалість зведення будівлі. Розроблений графік є документом, що регламентує технологічну і організаційну логіку будівництва, забезпечує координацію роботи бригад, своєчасне постачання матеріалів та ефективне використання механізмів. Він також дозволяє оцінювати ризики затримок, коригувати строки та контролювати хід виконання робіт на всіх стадіях реалізації проекту.

#### 4.4.2 Проектування будівельного генерального плану

До початку виконання основних будівельно-монтажних робіт необхідно розробити та реалізувати будівельний генеральний план, який передбачає раціональне розміщення всіх елементів організації будівельного майданчика з урахуванням вимог чинних будівельних норм і правил охорони праці [37, 38]. Генеральний план будівництва є основою для організації потоків матеріалів, людей, транспорту і механізмів, а також визначає просторове розташування об'єкта, що споруджується, тимчасової інфраструктури та допоміжних зон .

До складу елементів будівельного майданчика належать будівля, що зводиться, спеціально організовані зони для розміщення засобів вертикального транспорту (місця роботи та стоянки вантажопідійомних механізмів), відкриті та закриті склади будівельних матеріалів і конструкцій, а також тимчасові будівлі адміністративного, санітарно-побутового, складського та виробничого призначення. Усі ці об'єкти розташовуються таким чином, щоб забезпечити

мінімальні довжини транспортних шляхів, зручність маневрування будівельної техніки та безпечні умови праці для робітників.

Периметр будівельного майданчика огорожується тимчасовою огорожею, що виконує функції захисту території від несанкціонованого доступу та забезпечує чітке відокремлення зони будівництва від навколишньої забудови. З боку загальних проходів і проїздів передбачаються огорожі з козирками, що додатково захищають пішоходів від можливого падіння дрібних предметів та будівельного сміття. Тимчасові мережі водопостачання та електропостачання підключаються до існуючих міських мереж з улаштуванням відповідних вузлів обліку та захисту.

У темний період доби будівельний майданчик підлягає обов'язковому освітленню [39]. Для цього використовують як існуючу систему вуличного освітлення, так і переносні прожектори, встановлені в ключових зонах: на під'їздах, біля складів, у місцях робіт другої зміни та на основних пішохідних і транспортних шляхах. У даному проєкті передбачено використання чотирьох пересувних прожекторів, що забезпечують достатній рівень освітленості території будівництва.

#### 4.4.3 Проєктування та розрахунок адміністративно-побутових приміщень

Тимчасові будівлі та споруди, що використовуються в процесі будівництва, поділяються на адміністративні, господарсько-побутові та складські. Необхідність у тих чи інших приміщеннях визначається загальною чисельністю працівників, зайнятих на будівельному майданчику, а також режимом їх роботи. Проєктування тимчасових приміщень здійснюється на основі нормативних показників площі на одного працюючого та з урахуванням вимог щодо санітарно-побутового обслуговування.

Загальна кількість працівників на об'єкті розраховується за формулою

$$N_{заг} = 0,89 (N_p + N_{imp} + N_{мон} + N_{сл}), \text{ (чол.)}, \quad (4.1)$$

де 0,89 – коефіцієнт виходу на роботу;

$N_p$  – максимальна кількість робітників за графіком руху робочих кадрів, чол.  
( $N_p = N_{max}$ );

$N_{iTP}$  – число інженерно-технічних працівників, прийняте як 8 % від  $N_{max}$ , чол.;

$N_{моп}$  – число молодшого обслуговуючого персоналу, прийняте як 2,5 % від  $N_{max}$ , чол.;

$N_{сл}$  – кількість службовців, прийнята як 5% від  $N_{max}$ , чол.

За вихідними даними  $N_p = 24$  чол. Тоді:

$$N_{iTP} = 24 \cdot 0,08 = 2 \text{ чол.}$$

$$N_{моп} = 24 \cdot 0,025 = 1 \text{ чол.}$$

$$N_{сл} = 24 \cdot 0,05 = 1 \text{ чол.}$$

$$N_{заг} = 0,89 \cdot (24 + 2 + 1 + 1) = 25 \text{ (чол.)}$$

На основі розрахованої загальної чисельності визначаються необхідні площі тимчасових будівель і приміщень. Площа контори будівельної ділянки (виконробська з диспетчерською) обчислюється з розрахунку 5 м<sup>2</sup> на одного працівника інженерно-технічного та молодшого обслуговуючого персоналу:

$$S_1 = 5 \cdot \sum (N_{iTP} + N_{моп}), (M^2), \quad (4.2)$$

$$S_1 = 5 \cdot (2 + 1) = 15 (M^2).$$

Площа гардеробних з умивальниками визначається, виходячи з максимальної кількості робітників, із розрахунку 0,7 м<sup>2</sup> на одного працюючого:

$$S_2 = N_{max} \cdot 0,7, (M^2), \quad (4.3)$$

$$S_2 = 24 \cdot 0,7 = 16,8 (M^2).$$

Площа душових приміщень розраховується на 40 % від максимальної кількості робітників та службовців, із нормативом 0,54 м<sup>2</sup> на одну особу:

$$S_3 = N_{40\%} \cdot 0,54, (m^2), \quad (4.4)$$

$$S_3 = 0,54 \cdot 10 = 9,18 (m^2).$$

Площа приміщень для прийому їжі визначається з розрахунку 0,8 м<sup>2</sup> на одного працюючого для загальної кількості персоналу на об'єкті:

$$S_4 = N_{заг} \cdot 0,8, (m^2), \quad (4.5)$$

$$S_4 = 25 \cdot 0,8 = 20 (m^2).$$

Площа приміщення для сушіння одягу приймається з розрахунку 0,2 м<sup>2</sup> на одного працівника від 40 % загальної кількості робітників:

$$S_5 = 0,2 \cdot N_{40\%}, (m^2), \quad (4.6)$$

$$S_5 = 0,2 \cdot 10 = 2 (m^2)$$

Площа туалетів визначається з розрахунку 0,1 м<sup>2</sup> на одного працівника від загальної кількості, але не менше двох відділень для кожної статі та не менше 2,16 м<sup>2</sup> загальної площі:

$$S_6 = 0,1 \cdot N_{заг}, (m^2), \quad (4.7)$$

$$S_6 = 0,1 \cdot 25 = 2,5 (m^2)$$

Таким чином, площа контори будівельної ділянки становить 15 м<sup>2</sup>, гардеробних з умивальниками – 16,8 м<sup>2</sup>, душових – 5,4 м<sup>2</sup>, приміщень для прийому їжі – 20 м<sup>2</sup>, приміщень для сушіння одягу – 2 м<sup>2</sup>, а санвузлів – 2,5 м<sup>2</sup>. Проєктування тимчасових будівель здійснюється на основі каталогів уніфікованих типових проєктів інвентарних будівель і споруд з урахуванням отриманих розрахункових площ. Узагальнені результати розрахунків наведені в таблиці 4.5, яка

використовується для вибору конкретних типорозмірів і шифрів типових будівель, що розташовуються на території будівельного майданчика.

Таблиця 4.5 – Розрахунок параметрів тимчасових будівель

Назва будівлі	Кількість працівників	Норма площ на одну людину, м <sup>2</sup>	Розрахункова площа, м <sup>2</sup>	Розміри, м	Кількість, шт.	Корисна площа, м <sup>2</sup>	Шифр, тип проекту	Тип будівлі
Виконробська	3	5,0	15,0	4×13,75×2,5	1	55,0	ИУЗЄ-5	Конт.
Гардеробні з умивальниками	24	0,7	16,8	4×17,15×3	1	68,6	ГК-10	Конт.
Душові	10	0,54	5,4	4×19,6×2,8	1	78,4	4078-1.00 СБ	Конт.
Приміщення для прийому їжі	25	0,8	20,0	4×10,3×3	1	41,2	ГК-10	Конт.
Сушилка	10	0,2	2,0	4×4,9×2,8	1	19,6	31315	Конт.
Туалет	25	0,1	2,5	2,45×4×2,8	1	9,8	494-4-13	Збірна

4.4.4 Розрахунок площі відкритого і закритого складів для будівельних конструкцій, матеріалів та виробів

Складське господарство будівельного майданчика організовується таким чином, щоб забезпечити зручне розміщення матеріалів, конструкцій і виробів, дотримання умов їх зберігання та мінімізацію транспортних витрат. Відкриті склади призначені для зберігання матеріалів, які не потребують спеціального захисту від атмосферних впливів, зокрема бетонних і залізобетонних виробів, цегли, керамічних труб, сипких матеріалів, а також металоконструкцій із захисним покриттям. Такі склади розташовуються в безпосередній близькості до місць роботи вантажопідйомних машин і основних напрямків внутрішньо-майданчикових транспортних шляхів, що дає змогу скоротити час на вантажно-розвантажувальні операції.

Тимчасові склади закритого типу призначені для зберігання матеріалів, чутливих до вологи та корозійних процесів, таких як цемент, вапно та незахищені металеві вироби. Розміри та типи закритих складів підбираються з урахуванням термінів зберігання матеріалів, способів їх укладання та вимог до мікроклімату згідно з нормативними каталогами інвентарних будівель і споруд.

Площу відкритого складу розраховують на основі добових витрат матеріалів, нормативів їх зберігання на 1 м<sup>2</sup> площі та прийнятого запасу в добах. За отриманими даними загальна площа відкритого складу становить 307 м<sup>2</sup>, при цьому в плані він має габарити 15,0 м завширшки та 20,5 м завдовжки. Закритий склад прийнято у вигляді інвентарної збірно-щитової будівлі площею 60 м<sup>2</sup> відповідно до типових проєктних рішень.

#### 4.4.5 Проєктування і розрахунок мереж тимчасового електропостачання будівельного майданчика

Система тимчасового електропостачання будівельного майданчика забезпечує енергією будівельні машини та механізми, технологічне обладнання, освітлювальні установки та адміністративно-побутові споруди. Проєктування цієї системи ґрунтується на визначенні максимальної сумарної розрахункової потужності електроспоживачів у період найбільш інтенсивного виконання робіт.

Для потреб будівельного виробництва тимчасові електромережі підключаються до існуючої трансформаторної підстанції. На майданчику передбачається встановлення вузла обліку електроенергії, від якого виконують розгалуження силових та освітлювальних мереж. Силова мережа напругою 380 В призначена для живлення зварювальних апаратів, екскаваторів, штукатурних станцій, бетононасосів та іншого будівельного обладнання. Освітлювальна мережа напругою 220 В забезпечує освітлення доріг, зон складування, фронту робіт другої зміни, а також проходів і тимчасових будівель.

Перелік споживачів електроенергії, їх встановлена потужність, коефіцієнти попиту та розрахункова потужність наведені в таблиці 4.6. Сумарна розрахункова потужність електроспоживачів на будівельному майданчику визначається з урахуванням втрат у мережі та характеру навантаження:

$$P = 1,1 \times \left( \sum \frac{P_c K_1}{\cos \phi_1} + \sum \frac{P_m K_2}{\cos \phi_2} + \sum P_{o.6} K_3 + \sum P_{o.3} K_4 \right), \quad (4.8)$$

де 1,1 – коефіцієнт, що враховує втрати потужності в мережі;

$P_c$  – силова потужність машини, кВт;

$P_m$ ,  $P_{o.v.}$ ,  $P_{o.z.}$  – потужності, що споживаються, відповідно на технологічні потреби, внутрішнє та зовнішнє освітлення, кВт;

$K_1, K_2, K_3, K_4$  – коефіцієнти попиту (залежать від споживача);

$\cos \phi_1, \cos \phi_2$  – коефіцієнти потужності (залежать від параметрів споживачів енергії).

$$P = 1,1 \times \left( \sum \frac{P_c K_1}{\cos \phi_1} + \sum \frac{P_m K_2}{\cos \phi_2} + \sum P_{o.v.} K_3 + \sum P_{o.z.} K_4 \right) = 1,1 \left( \frac{130,7}{0,7} + 83,94 + 251,9 \right) = 574,8 (\text{кВт}).$$

Таблиця 4.6 – Розрахунок електрозабезпечення будівельного майданчика

Споживачі	Одиниця виміру	Кількість	Встанов. потуж. одиниці, кВт	Загальні потреби, кВт	Коеф. попиту	Розрах. потужн, кВт
<b>I. Силові споживачі</b>						
Штукатурна станція	шт.	1	28	28	0,7	19,6
Електротрамбівка	шт.	1	0,6	0,6	0,7	0,42
Зварювальний апарат	шт.	3	32	96	0,7	67,2
Розчинонасос	шт	1	2,2	2,2	0,7	1,54
Фарбувальний агрегат	шт.	1	0,27	0,27	0,7	0,189
Шліфувальна машина	шт.	1	0,6	0,6	0,7	0,42
Кран	шт	1	59	59	0,7	41,3
Всього по розділу I:						130,7
<b>II. Освітлення внутрішнє</b>						
Адміністр.-господарські будівлі	м <sup>2</sup>	64,75	0,3	19,43	0,8	15,54
Закритий склад	м <sup>2</sup>	60	0,1	6	0,8	4,8
Оздоблювальні роботи	м <sup>2</sup>	530	0,15	79,5	0,8	63,6
Всього по розділу II:						83,94
<b>III. Освітлення зовнішнє</b>						
Охоронне освітлення	шт.	4	1,5	3	0,35	6,3
Відкриті склади	м <sup>2</sup>	307	0,8	245,6	1,0	245,6
Всього по розділу III: 1						251,9
Всього						466,54

За результатами розрахунків сумарне навантаження становить 466,54 кВт. Для забезпечення електроенергією всіх споживачів будівельного майданчика прийнято трансформаторну підстанцію закритого типу СКТП-750 потужністю

1000 кВт, з габаритними розмірами 3,20 × 2,50 м, що має достатній резерв потужності та відповідає вимогам надійності електропостачання.

#### 4.4.6 Проектування і розрахунок мереж тимчасового водозабезпечення будівельного майданчика

Система тимчасового водопостачання будівельного майданчика призначена для задоволення потреб виробничих процесів (приготування та догляду за бетонними і розчинними сумішами, зволоження матеріалів, роботи компресорних установок тощо), забезпечення санітарно-побутових умов працівників, а також для пожежогасіння у разі виникнення осередків загоряння. Розрахунок витрат води виконується окремо для виробничих, господарсько-побутових та протипожежних потреб, з подальшим визначенням сумарних розрахункових секундних витрат.

У таблиці 4.7 наведено вихідні дані для розрахунку виробничих витрат, де враховано водоспоживання екскаваторів, бетонозмішувачів, операцій поливання бетону та цегли, оштукатурювання, фарбування та роботи компресорної станції.

Таблиця 4.7 – Розрахунок тимчасового водозабезпечення

Назва споживача	Од. виміру	Кількість	Норми витрат за зміну, л	Коеф. нерівномірності водоспож.	Загальні потреби води, л
<b>I. Виробничі потреби</b>					
Екскаватори з двигуном	шт	1	10	1,5	15,0
Приготування бетону в бетонозмішувачах	м <sup>3</sup>	177,15	210	1,1	40921,65
Поливання бетону	м <sup>3</sup>	177,15	300	1,5	79717,5
Поливання цегли	тис. шт.	388,4	200	1,1	85448
Оштукатурення поверхні стін	м <sup>2</sup>	2730	3	1,5	12285
Фарбування водними розчинами	м <sup>2</sup>	2730	1	1,5	4095
Компресорна станція	шт	1	40	1,1	44,0
Всього по розділу I					186526,2
<b>II. Господарсько-побутові потреби</b>					
Санітарно-госп. потреби	чол.	25	15	2	750
Миття в душі	чол.	10	30	1	300
Всього по розділу II					1050
<b>III. Потреби води на пожежогасіння</b>					
Пожежогасіння приймаємо за площею буд. майданчика до 2 га	л/с				10

Виробничі витрати води:

$$V_{вир} = \Sigma B_{вир} \cdot \kappa / (t \cdot 3600) = 189526,2 / (8 \cdot 3600) = 6,6 \text{ (л/с)}, \quad (4.9)$$

Витрати води на господарсько-побутові потреби визначаються за сумою витрат на санітарно-гігієнічне обслуговування та миття в душі:

$$V_{госп} = \Sigma B_{госп} \cdot \kappa / (t \cdot 3600) = 1050 / (8 \cdot 3600) = 0,036 \text{ (л/с)}, \quad (4.10)$$

Витрати води на пожежогасіння згідно з нормами для будівельних майданчиків площею до 10 га приймаються рівними  $V_{пож}=10$  (л/с).

Сумарні розрахункові секундні витрати води визначаються як:

$$q_p = V_{вир} + V_{госп} + V_{пож} = 6,6 + 0,036 + 10 = 16,64 \text{ (л/с)}, \quad (4.11)$$

На основі отриманих витрат розраховано діаметр труб тимчасового водопроводу за гідравлічними формулами (4.12).

$$\alpha = \sqrt{\frac{4 \cdot q_p \cdot 1000}{\pi \cdot v}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 16,64 \cdot 1000}{3,14 \cdot 1,4}} = 123,1, \text{ (мм)}, \quad (4.12)$$

З урахуванням розрахункової витрати та швидкості руху води, для внутрішньомайданчикової мережі водопроводу прийнято сталі зварні труби діаметром 140 мм, що забезпечують необхідний запас пропускної здатності.

#### 4.4.7 Техніко-економічні показники проекту будівництва

У результаті розроблення організаційно-технологічних рішень для зведення житлового будинку встановлено основні техніко-економічні показники будівництва. Директивний термін спорудження об'єкта становить 330 діб, тоді як розрахунковий фактичний термін, отриманий на основі календарного плану, дорівнює 308 добам, що свідчить про можливість деякого скорочення тривалості

будівництва за умови раціонального використання трудових і матеріально-технічних ресурсів.

Характеристику рівномірності будівельного потоку в часі визначено через показник, який враховує співвідношення середньої та максимальної кількості робітників. Середня чисельність робітників обчислюється за формулою:

$$K_1 = \frac{n_{\max}}{n_{cp}} = \frac{38}{11} = 1,5, \quad (4.13)$$

де  $n_{\max}$  – максимальна кількість робочих в день, чол;

$n_{cp}$  – середнє число робочих в день, чол.

$n_{cp} = Q_0 / T_0 = 5177 / 494 = 11$  (чол.).

Показник компактності будівельного генерального плану визначається як відношення площі забудови до площі будівельного майданчика:

$$K_2 = \frac{F_3}{F_B} = \frac{1811}{8250} = 0,7, \quad (4.14)$$

де  $F_B$  – площа будівельного майданчика в межах огороження, м<sup>2</sup>;

$F_3$  – площа забудови, що включає площу будівлі, тимчасових споруд, складів, доріг і тротуарів, м<sup>2</sup>;

$$F_3 = S_{буд} + S_{тимч.буд.} + S_{скл} + S_{дор} = 1232,74 + 258,26 + 180 + 140 = 1811 \text{ (м}^2\text{)}, \quad (4.15)$$

де  $S_{буд}$  – площа будівлі, що споруджується, м<sup>2</sup>;

$S_{тимч.буд.}$  – площа тимчасових будівель і споруд, м<sup>2</sup>;

$S_{скл}$  – площа складів, м<sup>2</sup>;

$S_{дор}$  – площа доріг і тротуарів, м<sup>2</sup>.

Показник відношення площі тимчасових будівель до площі забудови:

$$K_3 = \frac{F_T}{F_3} = \frac{258,26}{1811} = 0,1, \quad (4.16)$$

Показник використання території під склади:

$$K_4 = \frac{F_{ск}}{F_{буд}} = \frac{180}{1232,74} = 0,14, \quad (4.17)$$

де  $F_{ск}$  – площа відкритого і закритого складів,  $m^2$ ;

$F_{буд}$  – площа будівельного об'єкту,  $m^2$ .

Визначаються також допоміжні показники, зокрема відношення площі тимчасових будівель до площі забудови та коефіцієнт використання території під склади, що характеризує раціональність розміщення інфраструктурних об'єктів на будмайданчику. Показник розвитку мережі тимчасових доріг

$$K_5 = F_{д} / (F_{см} - F_3) = 140 / (1232,74 - 1811) = 0,2. \quad (4.18)$$

де  $F_{д}$  – площа тимчасових всередині майданчикових автодоріг,  $m^2$ .

#### Висновки за розділом 4

Запроектовано зведення дев'ятиповерхового житлового будинку в місті Вінниця в мікрорайоні Тяжилів у межах вулиць Гетьмана Мазепи та Левка Лук'яненка, на ділянці, забезпеченій мережами водопостачання, каналізації, електро-, газо- та тепlopостачання і зручним примиканням до магістральної вуличної мережі. Передбачено дві житлові будівлі з житловою площею по  $854 m^2$ , систему гостьових автостоянок на 15 машиномісць та підземну парковку площею  $990,58 m^2$  на 25 автомобілів з в'їздом з торця будівлі та вертикальним зв'язком через сходові клітки й ліфти.

Житлова будівля має Г-подібну конфігурацію в плані, габарити  $28,64 \times 42,89$  м, ширину  $17,495-17,73$  м, дев'ять поверхів при висоті поверху  $3,0$  м і загальну

висоту 30,3 м; перший поверх запроектовано під офісні та торговельні приміщення, з другого по дев'ятий розміщено 88 квартир (40 однокімнатних, 32 двокімнатні, 16 трикімнатних). Конструктивна схема базується на монолітних залізобетонних фундаментах, перекриттях і стінах підземної частини, цегляних стінах надземної частини з утепленням та плоскій покрівлі з покриттям із філізолу; фасади вирішені комбінацією облицювальної цегли та фасадної штукатурки.

Розроблено календарний графік виконання робіт, будівельний генеральний план, систему тимчасових будівель і складів, а також мережі тимчасового електро- та водопостачання; розраховані техніко-економічні показники підтверджують можливість реалізації будівництва в межах директивних строків при раціональному використанні трудових, матеріальних і технічних ресурсів. За розрахунками директивний термін будівництва становить 330 днів, фактичний – 308 днів, що підтверджує можливість реалізації проєкту з випередженням графіка та раціональним використанням трудових, технічних і матеріальних ресурсів.

## РОЗДІЛ 5

### ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

В даному розділі обґрунтовуємо вибір утеплювача для підлоги підземного паркінгу та визначаємо кошторисну вартість виконання робіт по утепленню. Рівень тепловтрат через підлогу над підземним паркінгом суттєво залежить від вибору типу утеплювача.

Порівняння характеристик основних теплоізоляційних матеріалів наведено в таблицях 3.3–3.5. З аналізу видно, що за сукупністю теплотехнічних та експлуатаційних властивостей найбільш ефективними для застосування в зоні контакту з ґрунтом є XPS (екструдований пінополістирол), ППУ (жорсткий пінополіуретан) та піноскло. Ці матеріали не втрачають своїх теплоізоляційних параметрів при намоканні та мають високу міцність на стиск, що є важливою вимогою для конструкцій підлог на ґрунті.

Товщину горизонтальної теплоізоляції приймаємо 100 мм, що забезпечить максимальну ефективність за мінімально необхідних витрат на матеріали: збільшення вертикальної товщини теплоізоляції з 40 до 80 мм зменшує тепловтрати на 25–32% та підвищує температуру внутрішньої поверхні фундаменту з 10,5 °С до 15–17 °С.

Ширину горизонтальної смуги утеплювача приймаємо для кошторисів  $B = 1,5$  м за результатами моделювання, ефективність утеплення становить 45-48%.

Глибину вертикальної теплоізоляції фундаменту приймаємо 0,6–0,8 м, що забезпечить (рис. 3.4): повне припинення промерзання конструкції вище рівня підлоги; зменшення температурних градієнтів у фундаментній частині; стабілізацію температури підлоги на рівні 17–18 °С.

Для визначення кошторисної вартості робіт складаємо локальний кошторис у відповідності до КНУ Настанова з визначення вартості будівництва за допомогою кошторисної програми Будівельні технології (таблиця 5.1) [40-42].

Локальний кошторис складається в поточних цінах на трудові і матеріально-технічні ресурси. В локальному кошторисі визначено кошторисну вартість робіт, яка містить в собі прямі та загальновиробничі витрати [42].

Заробітна плата 7-го розряду робіт приймаємо 171.52 грн/люд-год для розрахунку заробітної плати робочих, що виконують загально виробничі витрати.

Для визначення повної кошторисної вартості робіт складаємо зведений кошторисний розрахунок (ЗКР) в таблиці 5.2. В ЗКР кошторисний прибуток приймаємо 22.5 грн/люд-год, адміністративні витрати 5,66 грн/люд-год, ризик усіх учасників інвестиційного процесу – 2,5% від суми глав 1-12 ЗКР, витрати, які враховують інфляційні процеси, приймаємо 32,2 % від суми глав 1-12 ЗКР.

Реконструкція фасаду житлової будівлі  
(найменування об'єкта будівництва)

**Таблиця 5.1 – Локальний кошторисний розрахунок на будівельні роботи 1**

на \_\_\_\_\_ загально будівельні роботи. утеплення паркінгу  
(найменування робіт та витрат, найменування будівлі, споруди, лінійного об'єкта інженерно-транспортної інфраструктури)

ОСНОВА:  
креслення(специфікації)№ \_\_\_\_\_ Кошторисна вартість 4671.585 тис. грн.  
Кошторисна трудомісткість 11.37485 тис. люд.-год  
Кошторисна заробітна плата 933.807 тис. грн.  
Середній розряд робіт 3.6 розряд

Складений в поточних цінах станом на 2025 р.

№ Ч.ч.	Обґрунтування (шифр норми)	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати труда робітників, люд.год. не зайнятих обслуговуванням машин	
					Всього	експлуатації машин	Всього	заробітної плати	експлуатації машин	тих, що обслуговують машини	
										заробітної плати	в тому числі заробітної плати
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	КБ8-3-5	Гідроізоляція стін, фундаментів бокова	100 м2 поверхні, що ізолюється	1.83986	26322.73	-	48430	7277	-	49.7900	91.61
					3955.32	-			-		

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2	Ц1-14-1	Ceresit СТ 14 Грунтовка універсальна глибокопроникаюча	л	122.5	669.63		82030				
3	С111-854	Руберойд покрівельний з крупнозернистою засипкою РКК- 420А	м2	423.18	38.38		16242				
4	КБ10-64-2	Утеплення вертикальне плитами екструдованого пінополістирола	100 м цоколю, що утеплюєть ся	1.83986	6453.50	-	11874	11874	-	90.6900	166.86
					6453.50	-			-	-	-
5	С1555-214	Плити теплоізоляційні фасадні Baumit XPS TOP (Бауміт XPS ТОП), з екструдованого пінополістиролу, товщина 100 мм	м2	185.0	301.00		55685				
6	КБ27-29-1	Улаштування покриття шиповидною мембраною	1000 м2 покриття	0.183986	51857.98	-	9541	29	-	2.2200	0.41
					157.98	-			-	-	-
7	КБ11-2-4	Улаштування ущільнених трамбівками підстилаючих щебеневих шарів	1 м3 підстильн ого шару	273.106	2716.93	404.14	742010	92894	110373	4.7800	1305.45
					340.14	102.29			27936	1.3014	355.42
8	КБ11-2-9	Улаштування підстилаючих бетонних шарів	1 м3 підстильн ого шару	68.27	3593.16	4.90	245305	27108	335	5.5800	380.95
					397.07	1.12			76	0.0139	0.95
9	КБ11-4-1	Улаштування гідроізоляції обклеювальної рулонними матеріалами на мастиці бітуміноль, перший шар	100 м2 поверхні ізоляції	13.6553	39877.88	16.20	544544	56060	221	51.1000	697.79
					4105.37	13.79			188	0.1665	2.27

Будівельні Технології: Кошторис 8.6 Онлайн

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
10	КБ12-18-1	Утеплення покриттів плитами з пінопласту полістирольного на бітумній мастиці в один шар	100 м2 покриття, що утеплюється	13.6553	15192.93	563.92	207464	28559	7700	29.3900	401.33
					2091.39	181.86			2483	1.9888	27.16
11	КБ11-5-1	Улаштування гідроізоляції з поліетиленової плівки на бутилкаучуковому клеї із захистом руберойдом, перший шар	100 м2 поверхні ізоляції	13.6553	39985.28	25.92	546011	253675	354	218.0400	2977.40
					18577.01	22.06			301	0.2664	3.64
12	КБ6-57-1	Установлення плоских арматурних сіток і каркасів, маса елемента до 100 кг	1 т	16.86	32635.97	1137.74	550242	18904	19182	13.1600	221.88
					1121.23	445.09			7504	4.9419	83.32
13	КБ11-11-1 K0=4	Улаштування стяжок цементних з розчину товщиною 80 мм	100 м2 стяжки	13.6553	43967.21	401.80	600385	218635	5487	225.0000	3072.44
					16011.00	341.91			4669	4.1292	56.39
14	ХБ1-9-1	Улаштування зміцнених полімерцементних покриттів бетонних підлог матеріалами-топінгами з кварцевим наповнювачем ТМ Ceresit	100м2	13.6553	41471.45	1212.70	566305	21968	16560	20.9800	286.49
					1608.75	141.49			1932	1.7844	24.37
		<b>Разом прямих витрат по кошторису</b>					4226068	736983	160212		9602.61
									45089		553.52
		Разом прямі витрати				грн.	4226068				
		в тому числі:									
		вартість матеріалів, виробів і комплектів				грн.	3328873				
		вартість ЕММ				грн.	160212				
		в т.ч. заробітна плата в ЕММ				грн.		45089			
		заробітна плата робітників				грн.		736983			
		всього заробітна плата				грн.		782072			

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		Загальновиробничі витрати				грн.	445517				
		трудоємність в загальновиробничих витратах				люд-г					1218.72
		заробітна плата в загальновиробничих витратах				грн.		151735			
		<b>Всього по кошторису</b>				грн.	4671585				
		Кошторисна трудоємність				люд-г					11374.85
		Кошторисна заробітна плата				грн.		933807			

Склав

\_\_\_\_\_ [посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Перевірив

\_\_\_\_\_ [посада, підпис (ініціали, прізвище)]

(назва організації, що затверджує)

**ЗАТВЕРДЖЕНО**

Зведений кошторисний розрахунок в сумі

8958.264 тис. грн.

В тому числі зворотних сум

15.134 тис. грн.

(посилання на документ про затвердження)

"\_\_\_" \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**Таблиця 5.2 – ЗВЕДЕНИЙ КОШТОРИСНИЙ РОЗРАХУНОК  
ВАРТОСТІ ОБ'ЄКТА БУДІВНИЦТВА № \_\_\_\_\_****трисекційний дев'ятиповерховий житловий будинок**

(найменування об'єкта будівництва)

Складений в поточних цінах станом на 2 грудня 2025 р.

№ Ч.ч.	Номери кошторисів і кошторисних розрахунків	Найменування глав, будівель, споруд, лінійних об'єктів інженерно-транспортної інфраструктури, робіт і витрат	Кошторисна вартість, тис.грн.			
			будівельних робіт	устаткування, меблів та інвентарю	інших витрат	загальна вартість
1	2	3	4	5	6	7
<b>Глава 2. Об'єкти основного призначення</b>						
1	02-001	утеплення паркінгу	5605.438			5605.438
2	02-001-001	загально будівельні роботи	5605.438			5605.438
		<b>Разом за главою № 2</b>	5605.438			5605.438
		<b>Разом за главами № 1 - 7</b>	5605.438			5605.438
<b>Глава 8. Тимчасові будівлі і споруди</b>						
3	Розрахунок №2 (Додаток 8, Настанова п.25)	Кошти на зведення та розбирання тимчасових будівель і споруд виробничого та допоміжного призначення, передбачених даним проектом (робочим проектом)	84.082			84.082
		<b>Разом за главою № 8</b>	84.082			84.082

1	2	3	4	5	6	7
		в т.ч. зворотні суми				12.612
		<b>Разом за главами № 1 - 8</b>	5689.520			5689.520
		в т.ч. зворотні суми				12.612
		<b>Глава 9. Інші роботи та витрати</b>				
4	Розрахунок №3	Кошти на виконання будівельних робіт у зимовий період	35.844			35.844
		<b>Разом за главою № 9</b>	35.844			35.844
		<b>Разом за главами № 1 - 9</b>	5725.364			5725.364
		<b>Глава 10. Утримання служб замовника та інжинірингові послуги</b>				
5	Додаток 8, Настанова п.45	Кошти на утримання служби замовника - 1 %			57.254	57.254
6	Додаток 8, Настанова п.46	Кошти на здійснення технічного нагляду - 1,5 %			85.880	85.880
		<b>Разом за главою № 10</b>			143.134	143.134
		<b>Разом за главами № 1 - 10</b>	5725.364		143.134	5868.498
		<b>Глава 12. Проектні, вишукувальні роботи, експертиза та авторський нагляд</b>				
7	Додаток 8, Настанова п.53	Вартість проектних робіт			445.033	445.033
8	Додаток 8, Настанова п.55	Витрати на експертизу проекту будівництва за всіма напрямками (клас наслідків (відповідальності) ССЗ, значні наслідки)			18.453	18.453
		<b>Разом за главою № 12</b>			463.486	463.486
		<b>Разом за главами № 1 - 12</b>	5725.364		606.620	6331.984
		в т.ч. зворотні суми				12.612
	Настанова, Дод.25 п.1	Кошторисний прибуток (П)(22,5 грн./люд.-г.)	271.199			271.199
	Настанова, Дод.27 п.1	Кошти на покриття адміністративних витрат будівельних організацій (АВ) (5.66 грн./люд.-г.)			68.222	68.222
	Настанова, Дод.28 Табл.1 п.3	Кошти на покриття ризику всіх учасників будівництва (Р)	143.134		15.166	158.300
	Розрахунок № П145 (Додаток 8, Настанова )	Кошти на покриття додаткових витрат, пов'язаних з інфляційними процесами (І)	635.515			635.515
		Податок на додану вартість			1493.044	1493.044
		<b>Всього по зведеному кошторисному розрахунку</b>	6775.212		2183.052	8958.264
		Зворотні суми	15.134			15.134

## Висновки до розділу 5

З економічної точки зору найбільш раціональним є застосування XPS, який має помірну вартість і короткий термін окупності – 3-4 роки, що є найкращим серед розглянутих матеріалів. ППУ має трохи вищу ціну та термін окупності 4-5 років, але демонструє дуже добрі теплотехнічні характеристики. Піноскло є високоефективним, але його вартість у 4-6 разів більша за XPS, тому воно рекомендоване лише для об'єктів спеціального призначення або складних гідрогеологічних умов.

З урахуванням обраного матеріалу складена кошторисна документація: локальний кошторис, зведений кошторисний розрахунок.

Кошторисна вартість робіт становить – 4671,585 тис. грн.

Кошторисна трудомісткість – 11,3748 тис. люд-год

Кошторисна заробітна плата – 933,827 тис. грн.

Загальна кошторисна вартість (ЗКР) – 8958,264 тис.грн

## ВИСНОВКИ

У межах виконання магістерської кваліфікаційної роботи здійснено комплексне дослідження теплотехнічного стану конструкцій підлог цивільних будівель та визначено раціональні конструктивні рішення щодо підвищення енергоефективності в умовах I температурної зони України (м. Вінниця).

1. Проведений аналіз літературних джерел та чинних норм підтвердив, що конструкції підлог по ґрунту формують до 18–28 % загальних тепловтрат будівлі, а мінімальна температура внутрішньої поверхні підлоги в неоптимізованих конструкціях може знижуватися до +12...+15 °С при температурі повітря +20 °С, що не відповідає вимогам ДБН В.2.6-31:2021 щодо відсутності конденсатоутворення.

2. Під час натурального експерименту встановлено, що в зоні стику «стіна – підлога – ґрунт» температура поверхні зменшується на 2,5–4,0 °С порівняно з центральною частиною підлоги, а тепловий потік у напрямку ґрунту досягає 9–12 Вт/м<sup>2</sup> при зовнішній температурі –15 °С. Виявлено характерні зони теплових містків, шириною 0,25–0,40 м від зовнішнього контуру стіни.

3. Результати числового моделювання показали, що без утеплення модуль теплового потоку в підлозі зростає до 14–18 Вт/м<sup>2</sup>, а температура внутрішньої поверхні в окремих зонах знижується до +10...+12 °С, що може створювати дискомфорт користувачам і ризики зволоження конструкції.

Моделювання проводилося для глибини промерзання ґрунту 0,90 м, теплопровідності ґрунту  $\lambda = 1,3$  Вт/(м·°С), бетонної плити  $\lambda = 1,75$  Вт/(м·°С) та ізоляції з XPS  $\lambda = 0,032$  Вт/(м·°С).

4. Техніко-експериментальне порівняння різних варіантів утеплення показало:

- горизонтальне утеплення товщиною 50-100 мм під стяжкою зменшує тепловтрати на 27-34%, підвищуючи температуру поверхні підлоги на 1,8-2,5°С;

- вертикальне утеплення фундаменту товщиною 50-80 мм знижує теплові потоки вздовж периметру на 35-42% і підвищує температуру поверхні стику на 3,0-3,7°C;

- комбінована система утеплення (горизонтальна + вертикальна) забезпечує сумарне зменшення тепловтрат конструкції на 40-55% та стабілізацію температури поверхні підлоги в межах +17...+19 °С за умов зовнішньої температури -20 °С.

5. Встановлено, що підвищення енергоефективності підлоги зменшує питоме теплове навантаження на систему опалення на 9-14 %, що відповідає економії теплової енергії приблизно 12-18 кВт·год на 1 м<sup>2</sup> за опалювальний сезон (≈180 діб).

6. На основі отриманих результатів сформовано оптимальну конструкцію підлоги, яка включає:

- бетонну плиту 100-120 мм;
- армовану стяжку 50 мм;
- комбіновану систему утеплення (горизонтальна теплоізоляція товщиною 100 мм, шириною смуги 1,5 м та вертикальна – 60–80 мм), утеплювач – екструдований пінополістирол 80–100 мм;
- пароізоляцію із поліетиленової плівки;
- піщану підготовку 100 мм.

Така конструкція забезпечує мінімальний температурний градієнт і відсутність зон переохолодження.

7. У технічній частині виконано комплекс рішень генерального плану, архітектурно-будівельних та організаційно-технологічних рішень, що забезпечують зведення дев'ятиповерхового житлового будинку з підземною частиною. Будівля має Г-подібну форму, габаритні розміри 28,64×42,89 м, каркасно-монолітну конструктивну схему, плоску покрівлю з внутрішнім водовідведенням. Розраховано тривалість будівництва – 308 діб при директивному терміні 330 діб, максимальну чисельність робітників – 24 особи, середню – 11 осіб. На основі технічного аналізу сформовано будівельний

генеральний план, що включає тимчасові споруди площею понад 130 м<sup>2</sup>, відкриті склади – 307 м<sup>2</sup>, закритий склад – 60 м<sup>2</sup>, транспортні та монтажні зони.

8. Економічні розрахунки підтвердили доцільність вибору екструдованого пінополістиролу XPS як основного утеплювача для підлог по ґрунту та над неопалювальними підвалами. Термін окупності прийнятих рішень по утепленню становить 3–4 роки. Загальна кошторисна вартість робіт становить 4671,585 тис. грн, а повна кошторисна вартість за зведеним розрахунком – 8958,264 тис. грн.

Таким чином, запропоноване рішення забезпечує нормативну теплотехнічну роботу конструкції, підвищення енергоефективності будівлі та економічну доцільність упродовж експлуатації.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гураш П.С., Христич О.В. Енергоефективні конструкції підлог у системі теплового захисту сучасних цивільних будівель. Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції «Енергоефективність в галузях економіки України-2025», Вінниця, Вінницький національний технічний університет, 19.11.2025 – 21.11.2025 р. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/egeu/egeu2025/paper/viewFile/26273/21690>
2. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергофактивність будівель. [Чинний з 2022-01-01]. Київ: Мінрегіон України, 2021. 108 с.
3. Закон України № 2118-VIII від 22.06.2017 р. Про енергетичну ефективність будівель // Відомості Верховної Ради України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2118-19>
4. Пащенко Т.М., Сліпич О.О., Дремова І.Б. Будівельні конструкції: навчальний посібник. К. : ТОВ «НВП Поліграфсервіс», 2015. 310 с.
5. Куліков П. М., Плоский В. О., Гетун Г. В. Конструкції будівель і споруд. Книга 1: підручник. Київ.: Ліра-К, 2021 р. 816 с.
6. Мандрика А. С. Енергоефективні технології : навчальний посібник. Сумський державний університет, 2021. 330 с.
7. Шовкалюк М. М., Суходуб І. О., Войналович О. О. Аналіз теплових потоків через підлогу залежно від архітектурних особливостей будівель. Енергетика: економіка, технології, екологія : науковий журнал. 2016. № 1 (43). С. 62-67.
8. Pelsmakers S., Elwell C.A. Suspended timber ground floors: Heat loss reduction potential of insulation interventions. URL: [https://www.researchgate.net/publication/318833473\\_Suspended\\_timber\\_ground\\_floors\\_Heat\\_loss\\_reduction\\_potential\\_of\\_insulation\\_interventions](https://www.researchgate.net/publication/318833473_Suspended_timber_ground_floors_Heat_loss_reduction_potential_of_insulation_interventions)
9. Семко О.В., Філоненко О.І. Аналіз внутрішніх засобів зменшення тепловтрат підлогою на ґрунті. Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво). Вип.21. Полтава: ПолтНТУ. 2008. С.154-158.

10. Філоненко О.І. Аналіз зовнішніх засобів зменшення тепловтрат підлогою на ґрунті. Будівництво, матеріалознавство, машинобудування. Вип. 47. 2008. С.677-684.

11. Філоненко О.І. Вологісний режим фундаментної зони при термомодернізації забудови. URL: [https://reposit.nupp.edu.ua/bitstream/PolNTU/8491/1/MTP\\_2011\\_39\\_60.pdf](https://reposit.nupp.edu.ua/bitstream/PolNTU/8491/1/MTP_2011_39_60.pdf)

12. Семко О.В., Чернявський В. В., Філоненко О. І. Вплив теплозахисних заходів на тепловий режим фундаментів та підлоги на ґрунті. Комунальне господарство міст: Наук.-техн. зб. Вып.86. 2009. С.19-22.

13. Malyavina E. G., Gnezdilova E. A. Influence of thermal insulation of the wall area of the floor on the ground on the heat loss amount. URL: [https://www.researchgate.net/publication/345369587\\_Influence\\_of\\_thermal\\_insulation\\_of\\_the\\_wall\\_area\\_of\\_the\\_floor\\_on\\_the\\_ground\\_on\\_the\\_heat\\_loss\\_amount](https://www.researchgate.net/publication/345369587_Influence_of_thermal_insulation_of_the_wall_area_of_the_floor_on_the_ground_on_the_heat_loss_amount)

14. Філоненко О.І. Вплив глибини закладання зовнішнього утеплення фундаментної зони на тепловтрати підлогою для кліматичних умов I температурної зони. Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: збірник наук. праць. Вип. 21. Рівне: Національний університет господарства та природокористування, 2011. С. 539-542.

15. Філоненко О.І. Аналіз внутрішнього утеплення фундаментної зони цивільних будинків для зменшення тепловтрат підлогою на ґрунті. Комунальне господарство міст: наук.-техн. збірник. Вип. № 97. 2011. С. 73-77.

16. Основні показники енергоефективності будівельних матеріалів та конструкцій. URL: <https://rautagroup.com/uk/osnovni-pokaznyky-energoefektyvnosti-budivelnyh-materialiv-ta-konstruktsij/>

17. BSI. ISO 13370:2007. Thermal Performance of Buildings. Heat Transfer via the Ground. Calculation Methods. Brussels : British Standards Institution, 2009.

18. Теплоізоляція для підлоги: що обрати та як укласти самостійно. URL: <https://bazar.kharkov.ua/ua/blog/teploizolyaciya-dlya-pidlogi-sho-obrati-ta-yak-uklasti-samostijno/>

19. Екструдований пінополістирол: види, застосування, покрокова інструкція при утепленні. URL: <https://vikbud.ua/news/korisna-informatsiya/jepps-vidy-primeneniye-instrukcija-pri-uteplenii>

20. Утеплювач ICYNENE (Айсинін) – революційне рішення в енергозбереженні будинків. URL: <https://icynene.lviv.ua/index.php/main.html>

21. Airoform Gel. URL: <https://www.fortehealthcare.com.au/our-range/cushions-accessories-and-customisations/airoform-gel/>

22. ДСТУ 9190:2022. Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання під час опалення, охолодження, вентиляції, освітлення та гарячого водопостачання. [Чинний з 2023-03-01]. Київ : Міністерство розвитку громад та територій України, 2022. 142 с.

23. ДСТУ Б В.2.6-101:2010. Конструкції будинків та споруд. Метод визначення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій. [Чинний з 2010-10-01]. Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. 90 с.

24. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Будівельна кліматологія. [Чинний від 01.02.2011]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. 127 с.

25. Маляренко В. А. Будівельна теплофізика : курс лекцій. Харків : ХНАМГ, 2007. 100 с.

26. Генеральний план м. Вінниця. URL: <https://www.vmr.gov.ua/Branches/Lists/ArchitectureAndCityBuilding/ShowContent.aspx?ID=1>

27. ДБН Б.2.2-5:2011. Благоустрій територій. [Чинний від 2012-09-01]. Вид. офіц. К.: Мінрегіонбуд України, 2019. 183 с.

28. ДБН В.2.2-40:2018. Інклюзивність будівель і споруд для маломобільних груп населення. [Чинний від 2019-04-01]. Вид. офіц. К.: Мінрегіон України, 2012. 64 с.

29. ДБН Б.2.2-12:2019. Містобудування. Планування і забудова територій. [Чинний від 2018-09-01 ]. Вид. офіц. Київ : Держбуд України, 2018. 175 с.

30. ДБН В.2.2-15-2019. Житлові будинки основні положення. [Чинний від 2019-12-01]. Вид. офіц. Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2019. 42 с.

31. ДБН В.1.1.7-2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. [Чинний від 2017-01-06]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2017. 35 с.

32. ДСТУ 8855:2019 Будівлі та споруди. Визначення класу наслідків (відповідальності). URL: [http://www.utsks.com/images/My\\_pdf/8855\\_2019.pdf](http://www.utsks.com/images/My_pdf/8855_2019.pdf)

33. ДСТУ EN 14351-1:2020 Вікна та двері. Вимоги. Частина 1. Вікна та зовнішні двері (EN 14351-1:2006 + A2:2016, IDT). [https://viknaland.ua/wp-content/uploads/2020/12/DSTU-%D0%95N-14351-1\\_2019.pdf](https://viknaland.ua/wp-content/uploads/2020/12/DSTU-%D0%95N-14351-1_2019.pdf)

34. Карапузов Є.К., Соха В.Г., Величко А.М. Системні рішення з улаштування підлог матеріалами Ceresit і Thomsit: Посібник із проектування, влаштування та відновлення підлог. К.: Вища освіта, 2009. 96 с.

35. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. [Чинний від 01.01.2014]. Вид. офіц. К.: Мінрегіонбуд України, 2013. 141 с.

36. ДБН В.1.1-31:2013. Захист територій, будинків і споруд від шуму. URL: [https://e-construction.gov.ua/laws\\_detail/3083626778627933844?doc\\_type=2](https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3083626778627933844?doc_type=2)

37. ДБН А.3.1-5:2016. Організація будівельного виробництва. URL: [https://e-construction.gov.ua/laws\\_detail/3113373519350597353](https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3113373519350597353)

38. Білецький А. А., Клімов С. В., Ольховик О. І., Рощик І. А. Організація і технологія будівельних робіт. Практикум : навч. посібник. Рівне : НУВГП, 2019. 93 с.

39. ДБН А.3.2-2-2009. ССБП. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. [Чинний від 2009-01-27]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2009. 116 с.

40. Кошторисні норми України. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Підлоги (Збірник 11). [Чинний від 2023-02-22]. Вид. офіц. Київ : Міністерство розвитку громад та територій України, 2021. 60 с.

41. ДСТУ Б Д 1.1.1-2013. Правила визначення вартості будівництва. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2014. 97 с

42. Лялюк О.Г., Маєвська І.В. Техніко-економічне обґрунтування та економічні розрахунки в дипломних проектах будівельних спеціальностей : навчальний посібник. Вінниця : ВДТУ, 2003. 84 с.

## ДОДАТКИ

## Додаток А

**ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**

Назва роботи: Сучасні рішення зменшення тепловтрат через конструкції підлог цивільних будівель

Тип роботи: Магістерська кваліфікаційна робота  
(бакалаврська кваліфікаційна робота / магістерська кваліфікаційна робота)

Підрозділ БМГА, ФБЦЕІ, гр. 1Б-24м  
(кафедра, факультет, навчальна група)

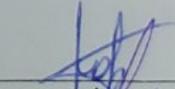
Коефіцієнт подібності текстових запозичень, виявлених у роботі системою StrikePlagiarism (КПІ) 7,47 %

Висновок щодо перевірки кваліфікаційної роботи (відмітити потрібне)

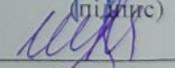
- Запозичення, виявлені у роботі, є законними і не містять ознак академічного плагіату, фабрикації, фальсифікації. Роботу прийняти до захисту
- У роботі не виявлено ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації, але надмірна кількість текстових запозичень та/або наявність типових розрахунків не дозволяють прийняти рішення про оригінальність та самостійність її виконання. Роботу направити на доопрацювання.
- У роботі виявлено ознаки академічного плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень. Робота до захисту не приймається.

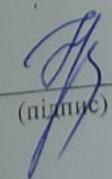
Експертна комісія:

Бікс Ю.С., доцент кафедри БМГА  
(прізвище, ініціали, посада)

  
(підпис)

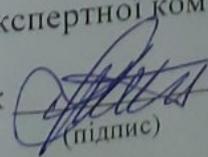
Швець В.В., завідувач кафедри БМГА  
(прізвище, ініціали, посада)

  
(підпис)

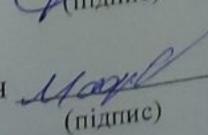
Особа, відповідальна за перевірку   
(підпис)

Блащук Н.В.  
(прізвище, ініціали)

З висновком експертної комісії ознайомлений(-на)

Керівник   
(підпис)

Христич О.В., доцент кафедри БМГА  
(прізвище, ініціали, посада)

Здобувач   
(підпис)

Гураш П.С.  
(прізвище, ініціали)

Додаток Б

Таблиця 4.5 – Відомість виконання робіт по об'єкту

Назва робіт	Об'єм		Нормативне джерело	Норма часу		Трудовитрати на весь об'єм				Кількість змін за добу	Кількість робітників у зміні	Тривалість виконання робіт
	Один. виміру	Кількість		Люд-год	Маш-год	Люд-зм		Маш-зм				
						норматив	прийнято	норматив	прийнято			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Підготовчий період												
Планування буд. майданчику	1000м <sup>2</sup>	1,97	1-145-2	8,0	8,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	2,0	0,5
Влаштування тимчасових доріг	1км	0,03	1-130-1	8,0	8,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	2,0	0,5
Влаштування тимчас. водопроводу	100м	0,8	16-1-4	48,0	8,0	6,0	6,0	1,0	1,0	1,0	4,0	1,5
Влаштування тимчас. огороження і будівель	10м <sup>3</sup>	1,19	10-44-1	319,2	24,0	39,9	36,0	4,13	3,0	1,0	12,0	3,0
Влаштування тимчас. електрозабезпечення	100м	0,52	21-10-1	16,0	8,0	2,0	2,0	1,0	1,0	1,0	4,0	0,5
Влаштування тимчас. каналізації	1000м <sup>2</sup>	0,34	23-3-1	48,0	8,0	6,0	6,0	1,0	1,0	1,0	4,0	0,5
Підземна частина												
Розроблення ґрунту з навантаженням на авто.	1000м <sup>3</sup>	4,95	1-16-8	44,0	324,9	5,5	5,5	40,62	36,0	2	6	3,0
Планування укосів котловану	1000м <sup>2</sup>	0,08	1-145-15	20,0	6,0	2,5	2,5	0,75	0,5	1	5	0,5
Доробка ґрунту вручну	100м <sup>3</sup>	2,58	1-164-2	675,2	8,0	84,4	84,0	1,0	1,0	1	12	7,0
Улаштування основи під фундаменти	м <sup>3</sup>	20,2	8-3-2	4,225	8,0	33,8	30,0	1,0	1,0	2	6	2,5

Укладання фундаментної плити	100 м <sup>3</sup>	1,21	7-7-1	204,0	157,04	25,5	24,0	19,63	18,0	2	6	2,0
Мурування стін підвалу	100шт	6,94	7-42-1	792,0	939,2	99,0	99,0	117,4	114,0	2	6	9,5

Продовження таблиці 4.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Мурування внутрішніх стін підвалу	100 м <sup>2</sup>	1,38	8-24-1	184,0	25,04	23,0	18,0	3,13	3,0	2	6	1,5
Гідроізоляція горизонтальна, вертикал	100 м <sup>2</sup>	1,68	8-4-1 8-4-7	100,08	12,0	12,51	12,0	1,5	1,5	1	6	2,0
Улаштування перекриття	100м <sup>3</sup>	1,66	6-22-10	2506,4	186,4	313,3	312,0	23,3	23,0	2	12	13,0
Зворотна засипка пазух фундаменту	1000м <sup>3</sup>	2,85	1-71-2	8,0	65,04	1,0	1,0	8,13	8,0	1	1	8,0
Ущільнення ґрунту пневматичними трамбівками	100м <sup>3</sup>	28,5	1-134-1	704,0	150,0	88,0	88,0	18,75	418,5	1	11	8,0
Надземна частина												
Мурування зовнішніх та внутрішніх стін з цегли керамічної при висоті поверху до 4м	м <sup>3</sup>	1263	8-6-1 8-6-7	10120	1688	1265	1260	211	210	2	12	105,0
Мурування перегородок неармованих з цегли керамічної товщиною в ¼ цегли	100м <sup>2</sup>	7,09	8-7-1	2599	336	324,9	324	54,0	54,0	2	6,0	27,0
Укладання перемичок, сходових маршів, сходових площадок, плит лоджій та балконів, плит перекриття та покриття	м <sup>3</sup>	167	7-44-10 7-21-3 7-53-6	1644,0	740,0	205,5	92,5	205	92,0	2	5	46,0
Покрівля												
Встановлення пароізол. мінераловатних плит	100м <sup>2</sup>	5,88	12-20-1	144,0	4,0	18,0	18,0	0,5	0,5	1	12	1,5
Встановлення утеплювача	100м <sup>2</sup>	5,88	10-66-5	703,2	128,0	87,9	84,0	16,0	16,0	1	24	3,5
Встановлення гідроізоляції	100м <sup>2</sup>	5,88	11-4-1	387,2	58,0	48,4	48,0	7,25	7,0	1	24	2,0

Встановлення стяжки цементобетонної	100м <sup>2</sup>	5,88	11-11-1	384,0	46,0	48,0	48,0	5,75	5,5	1	24	2,0
Установлення елементів парапета	100м <sup>2</sup>	1,46	11-12-1	168,0	4,0	21,0	11,0	0,5	0,5	1	22	0,5

Продовження таблиці 4.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Улаштування водостічних воронок	100м <sup>2</sup>	0,40	11-21-1	8,0	4,0	1,0	1,0	0,5	0,5	1	2	0,5
Встановлення покрівель із свроруберойду	100м <sup>2</sup>	5,97	12-11-5	1248,0	8,0	156,0	156,0	1,0	1,0	1	24	6,5
Віконні та дверні блоки												
Заповнення віконних прорізів блоками	100м <sup>2</sup>	10,1	10-20-3 10-20-4	1000,0	360,0	125,0	125,0	45,0	45,0	1	24	5,0
Заповнення дверних прорізів блоками	100м <sup>2</sup>	3,04	10-28-1	640,0	280,0	80,0	72,0	35,0	35,0	1	24	3,0
Підлога												
Встановлення гідроізоляції	100м <sup>2</sup>	63,2	11-4-5	2424,8	320,0	303,1	300,0	40,0	40,0	1	12,0	25,0
Встановлення теплоізоляції	100м <sup>2</sup>	63,2	11-9-1	2572,0	564,0	321,5	318,0	70,5	70,0	1	12	26,5
Встановлення стяжок керамзитобетонних, цементних	100м <sup>2</sup>	27,9	11-11-1	1568,0	220,0	196,0	192,0	27,5	27,0	1	12	16,0
Встановлення керамічних плиток	100м <sup>2</sup>	6,44	11-27-2	1076,0	228,0	134,5	132,0	28,5	11,0	2	12	5,5
Встановлення паркету	100м <sup>2</sup>	9,29	11-34-3	1512,0	216,0	189,0	180,0	27,0	27,0	2	12	7,5
Встановлення лінолеуму	100м <sup>2</sup>	5,76	11-36-1	348,0	8,0	43,5	36,0	1,0	1,0	2	12	1,5
Оздоблення												
Поліпшене штукатурення стін	100м <sup>2</sup>	27,3	15-61-3	2640,0	208,0	330,0	330,0	26,0	26,0	1	22	15,0
Поліпшення фарбування стін	100м <sup>2</sup>	27,3	15-180-5	1040,0	12,0	130,0	120,0	1,5	1,5	1	24	5,0
Підготовлення стін під обклеювання шпалерами	100м <sup>2</sup>	14,4	15-69-1	228,0	4,0	28,5	24,0	0,5	0,5	1	24	1,0
Обклеювання стін шпалерами	100м <sup>2</sup>	14,4	15-251-1	720,0	4,0	90,0	84,0	0,5	0,5	1	24	3,5

Встановл. керам. плиток	100м <sup>2</sup>	7,2	11-27-3	1252,0	132,0	156,5	156,0	16,5	13,0	1	24	6,5
Оздоблення зовнішнє												
Високоякісне штукатурення цоколя	100м <sup>2</sup>	6,79	15-52-1	1131,2	44,0	141,4	132	5,5	5,5	1	24	5,5
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Вимощення та ганки												
Улаштування основи	100м <sup>2</sup>	0,12	27-22-1	8,0	8,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1	2	0,5
Улаштування вирівнюючого шару	100м <sup>3</sup>	0,03	27-14-1	8,0	4,0	1,0	1,0	0,5	0,5	1	2	0,5
Улаштування відмостки	100м <sup>2</sup>	0,76	27-53-1	40,0	8,0	5,0	4,0	1,0	0,5	1	4	1,0
Благоустрій території (1% від загальної трудомісткості)						90,0				1	12	7,5
Влаштування опалення, вентиляції, газопостачання (3% від заг. трудомісткості)						216,0				1	12	18,0
Влаштування водопостачання, каналізації (3% від заг. трудомісткості)						216,0				1	12	18,0
Влаштування електрообладнання (3% від заг. трудомісткості)						216,0				1	12	18,0
Здача об'єкта (1% від загальної трудомісткості)						84,0				1	12	7,0

## Додаток В

## Відомість графічної частини МКР

Аркуш	Найменування	Примітки
1	Актуальність теми. Мета дослідження. Завдання дослідження. Об'єкт дослідження. Предмет дослідження. Новизна. Практичне значення роботи	
2	Стан проблеми тепловтрат через конструкції підлог	
3	Теплотехнічні процеси та механізми тепловтрат	
4	Сучасні конструктивні рішення	
5	Експериментальні дослідження та моделювання тепловтрат через підлогу	
6	Експеримент: схема та результати вимірювань	
7	Стаціонарне моделювання теплового поля	
8	Вплив утеплення на опір теплопередачі та тепловтрати	
9	Порівняння варіантів утеплення	
10	Узагальнення температурних характеристик конструкції підлоги	
11	Вплив товщини та геометрії утеплення на тепловий режим	
12	Вибір утеплювача та оптимальна конструкція вузла	
13	Вибір утеплювача та оптимальна конструкція вузла (продовження)	
14	Генеральний план забудови	
15	Візуалізації житлового коомплексу	
16	Фасади. Розріз 1-1	
17	План першого поверху. План підземної парковки	
18	План типового поверху	
19	Календарний графік вконання робіт по об'єкту	
20	Будженплан	

**Актуальність теми.** Конструкції підлог у цивільних будівлях є одним із найвразливіших елементів теплозахисту, оскільки саме через них відбувається до 30–40 % тепловтрат, особливо у вузлі «стіна–підлога–ґрунт». Наявність лінійних теплових містків у цій зоні призводить до зниження температури поверхні підлоги, появи конденсації та додаткових енергетичних втрат. Більшість конструкцій підлог не відповідають сучасним вимогам ДБН і потребують удосконалення. Це обумовлює необхідність розробки сучасних рішень, які зменшують тепловтрати, підвищують комфорт і забезпечують енергоефективність будівель.

**Мета дослідження.** Підвищення енергоефективності цивільних будівель шляхом розроблення та обґрунтування сучасних рішень зі зменшення тепловтрат через конструкції підлог із використанням ефективних теплоізоляційних систем та методів числового моделювання.

**Завдання дослідження:**

1. Проаналізувати сучасний стан тепловтрат через конструкції підлог цивільних будівель.
2. Визначити основні чинники формування теплових містків та зон переохолодження.
3. Провести експериментальне дослідження температурного режиму вузла «стіна–підлога–ґрунт».
4. Виконати числове моделювання теплоперенесення для різних варіантів утеплення.
5. Сформулювати рекомендації щодо застосування оптимальних теплоізоляційних рішень.

**Об'єкт дослідження.** Теплотехнічний стан конструкцій підлог цивільних будівель.

**Предмет дослідження.** Закономірності формування теплових втрат та ефективність конструктивно-технологічних рішень з утеплення підлог.

**Новизна роботи:**

1. Дістало продовження комплексне дослідження ефективності вертикального, горизонтального та комбінованого утеплення для конструкцій підлог цивільних будівель з використанням методів числового моделювання.
2. Встановлено закономірності впливу геометрії фундаментних вузлів і матеріалів теплоізоляції на формування температурних мінімумів та теплових містків.
3. Обґрунтовано оптимальні сучасні рішення, які забезпечують зменшення тепловтрат до 40–55 % у порівнянні з традиційними конструкціями.

**Практичне значення роботи.** Отримані результати можуть бути використані у проектуванні енергоефективних будівель, у реконструкції підлог експлуатованих споруд для підбору раціональних схем утеплення.

# СТАН ПРОБЛЕМИ ТЕПЛОВТРАТ ЧЕРЕЗ КОНСТРУКЦІЇ ПІДЛОГ

## Ключові причини тепловтрат:

- Підлоги над холодними приміщеннями (підвали, техповерхи, паркінги) залишаються найменш захищеною частиною теплової оболонки будівлі (рис. 1.1).
- Бетон має високу теплопровідність ( $\lambda = 1.4-1.7 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$ ), тому навіть товсті плити мають низький опір теплопередачі ( $0.20-0.35 \text{ м}^2\cdot\text{К/Вт}$ ).
- Різниця температур між жилим приміщенням і холодним простором знизу сягає  $12-18 \text{ }^\circ\text{C}$  → температура поверхні підлоги падає до  $+15...+17 \text{ }^\circ\text{C}$ .
- Крайові зони та місця примикань формують лінійні теплові містки → локальні втрати зростають на  $40-150 \%$  (рис. 1.2).
- Нестаціонарний тепловий режим ґрунту і підпілля суттєво змінює дійсні тепловтрати (табл. 1.2).

## Типові тепловтрати (табл. 1.3):

- Над підвалом/паркінгом без утеплення:  $25-55 \text{ Вт/м}^2$ .
- З утепленням XPS 100 мм:  $6-9 \text{ Вт/м}^2$ .

## Висновок:

Без теплоізоляції конструкція підлоги не може забезпечити нормативний  $R \geq 4,0-5,0 \text{ м}^2\cdot\text{К/Вт}$ , що робить її критично слабким елементом будівлі.

Таблиця 1.3 – Типові значення тепловтрат через підлогу за різних умов експлуатації

Умови експлуатації	$\Delta T, \text{ }^\circ\text{C}$	Типова конструкція	Тепловтрат и без утеплення, $\text{Вт/м}^2$	Тепловтрати з утепленням (XPS 100 мм), $\text{Вт/м}^2$
Над ґрунтом	10–15	Плита 120 мм	20–25	5–7
Над холодним підвалом	12–18	Плита 220 мм	25–35	6–8
Над паркінгом	15–20	Плита 220 мм	30–55	6–9
Над технічним поверхом	5–12	Плита 180 мм	15–25	5–7
Над теплим приміщенням	0–3	Плита 160 мм	5–8	4–6



Рисунок 1.1 – Тепловтрати через конструкції будівлі

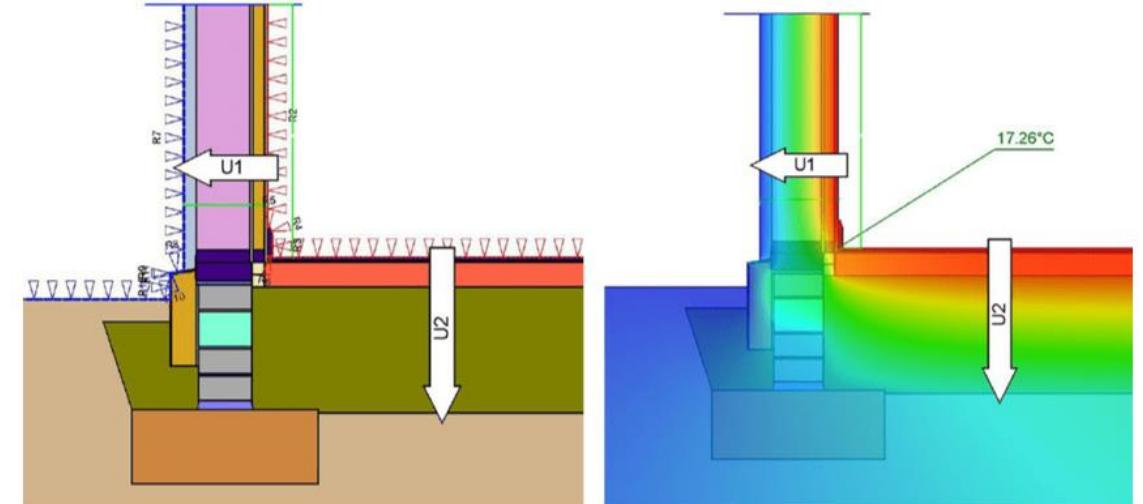


Рисунок 1.2 – Вплив теплових містків у крайових зонах плити перекриття

Таблиця 1.2 – Основні фактори, що впливають на тепловтрати через конструкцію підлоги

Фактор	Сутність впливу	Як проявляється у підлогах
Теплопровідність матеріалу конструкції	Чим вищий $\lambda$ , тим більші втрати	Бетон має $\lambda = 1.50-1.70 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ , що формує інтенсивний тепловий потік вниз
Товщина конструкції	Пропорційно впливає на R	Збільшення товщини бетону у 2 рази майже не зменшує тепловтрати
Наявність утеплювача	Формує основний опір теплопередачі	Утеплювачі $\lambda = 0.008-0.040$ дають до $-90\%$ зниження втрат
Температура нижнього середовища	Визначає $\Delta T$	Чим холодніше приміщення знизу → тим більше $q$
Крайові теплові містки	Місцеве послаблення теплової ізоляції	У зоні примикання плити до стін втрати можуть зрости у 2–3 рази
Геометрія та розташування підлоги	Периметр будівлі / площа	Будівлі складної конфігурації мають більше лінійних містків

## ТЕПЛОТЕХНІЧНІ ПРОЦЕСИ ТА МЕХАНІЗМИ ТЕПЛОВТРАТ

Основні механізми передачі теплоти:

- Теплопровідність у бетоні — головний механізм втрат ( $\lambda = 1.50\text{--}1.70$ ).
- Теплопровідність у ґрунті — залежить від вологості та сезонних змін ( $\lambda = 1.1\text{--}2.5$ ).
- Поверхнева тепловіддача (конвекція + випромінювання),  $\alpha = 7\text{--}10 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$ .
- Лінійні теплові містки,  $\psi = 0.05\text{--}0.60$  — збільшують тепловтрати на 30–250 %.
- Точкові містки,  $\chi = 0.5\text{--}3.0$  — локально знижують температуру поверхні.

### Нестаціонарні ефекти:

- Ґрунт має високу теплову інерцію → добовий зсув температур 12–20 годин.
- Сезонні хвилі впливають на приведений опір конструкції.
- За EN ISO 13370 застосовують *ефективний* коефіцієнт теплопередачі  $U_{\text{еф}}$  (табл. 1.5).

### Висновок:

Стаціонарний розрахунок за формулою  $R = \Sigma(\delta/\lambda)$  **не придатний** для підлог — потрібен еквівалентний опір  $R_{\text{екв}}$  з урахуванням сезонних і геометричних ефектів.

$$U_{\text{еф}} = \frac{1}{R_{\text{екв}} + R_{\text{поверх}}}$$

де  $R_{\text{екв}}$  включає ефекти сезонного охолодження ґрунту, багаторічного температурного фону, змінної вологості та притоку тепла з боку фундаментів (теплообмін між підлогою та ґрунтовою масою), геометричні параметри фундаментів ( $B'$ ), утеплення цоколів та відмостки.

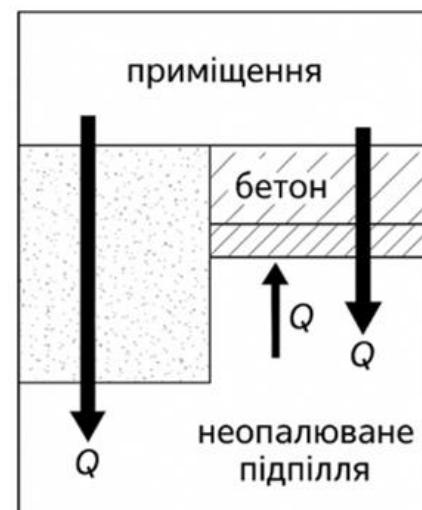


Рисунок 1.3 – Передача тепла через підлогу

Таблиця 1.5 – Значення приведенного коефіцієнта теплопередачі  $U_{\text{еф}}$  у нестаціонарних умовах (за EN ISO 13370)

Тип конструкції підлоги	Умови знизу	Геометричний параметр $B'$ (м)	Номінальний $U$ (стаціонарний), $\text{Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$	$U_{\text{еф}}$ (нестаціонарний), $\text{Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$	Коментар
Плита без утеплення, 180–220 мм	Ґрунт	2,0–3,5	1,80–2,40	0,70–1,10	Нестаціонарність зменшує середній тепловий потік завдяки інерції ґрунту, але втрати лишаються високими
Плита + XPS 50 мм	Ґрунт	2,0–3,5	0,60–0,70	0,40–0,55	Утеплення частково стабілізує температурне поле; $U_{\text{еф}}$ зменшується
Плита + XPS 100 мм	Ґрунт	2,0–3,5	0,40–0,45	0,28–0,35	Нестаціонарний режим ґрунту знижує середній тепловий потік приблизно на 20–25 %
Плита над холодним підвалом	Повітря +5...+10 °С	—	0,50–0,65	0,45–0,60	Повітряна камера має значно меншу інерцію, тому $U_{\text{еф}} \approx U_{\text{ном}}$
Плита над паркінгом	Повітря +5...+8 °С	—	0,45–0,60	0,42–0,55	Нестаціонарність мінімальна; домінує теплопровідність у бетоні
Плита з утепленою відмосткою та цоколем	ґрунт	3,5–5,0	0,40–0,60	0,22–0,30	Ефективне відсікання холодного ґрунту; значні сезонні коливання пригнічено
Плита + PIR 80 мм	ґрунт	2,0–3,5	0,25–0,30	0,18–0,24	Високий опір утеплювача → значний вплив сезонної теплоти ґрунту
Плита + VIP 30–40 мм	ґрунт	2,0–3,5	0,10–0,12	0,09–0,11	Фактично стаціонарний режим: тепловтрати мінімальні
Підлога на лаги над холодним підпіллям	Повітряний прошарок	—	0,70–0,90	0,65–0,85	Слабкий вплив нестаціонарності через малу теплоємність повітря

## СУЧАСНІ КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ

### Сучасні утеплювачі та конструкції:

- **XPS** ( $\lambda = 0.032\text{--}0.036$ ) — основний матеріал у масовому будівництві; товщина 80–120 мм → нормативний R.
- **PIR** ( $\lambda = 0.021\text{--}0.023$ ) — забезпечує високий опір при меншій товщині (60–80 мм).
- **VIP-панелі** — надвисока ефективність, але висока вартість.

### Вплив товщини утеплювача (рис. 1.6):

- 50 → 100 мм XPS → різке зниження U до 0.30–0.33 Вт/м<sup>2</sup>·К.
- 100 → 150 мм → приріст ефективності лише 20–25 %.

### Температурні поля і містки:

- Без утеплення нижня частина плити охолоджується до +6...+8 °С.
- Охолодження крайових зон визначає потребу в периметральних L-утеплювачах та вертикальній теплоізоляції цоколю.

### Головні висновки Розділу 1:

- Плита без утеплення не відповідає нормативам і є джерелом значних тепловтрат.
- Найбільш ефективним та економічно доцільним рішенням є застосування XPS 100–120 мм.
- PIR дозволяє зменшити товщину конструкції при збереженні високих характеристик.
- Критично важливо правильно опрацювати вузли примикань та виключити теплові містки.
- Ефективність підлоги визначає комфорт, довговічність і енергоефективність будівлі.

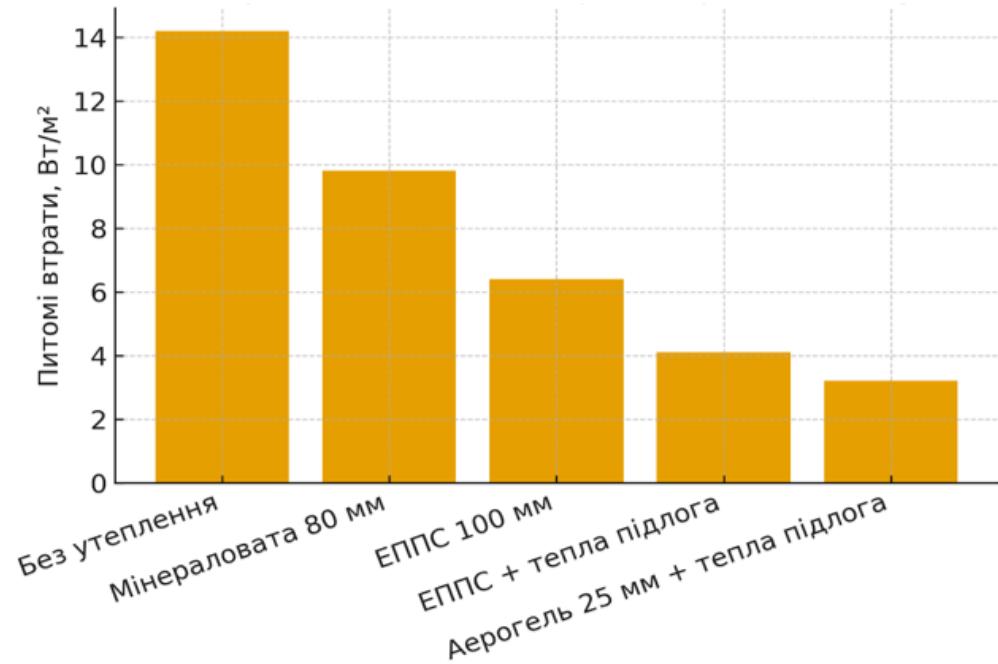


Рисунок 1.5 – Порівняння питомих тепловтрат через підлогу для різних конструктивних рішень

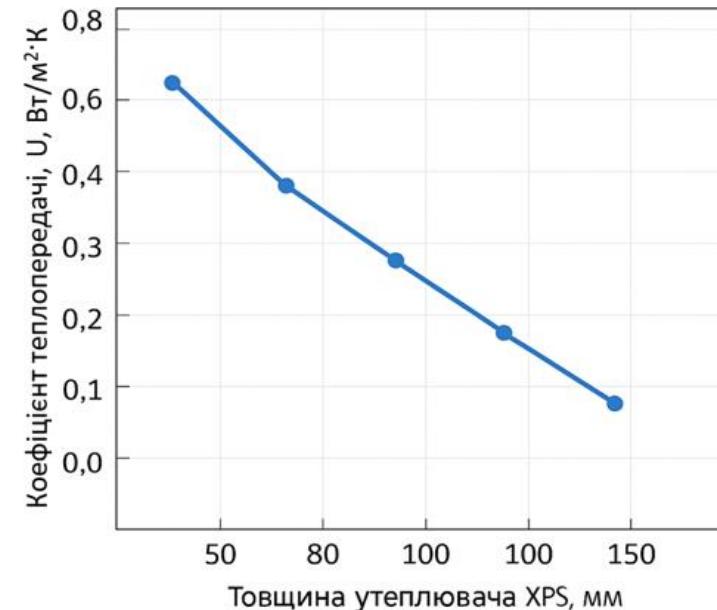


Рисунок 1.6 – Залежність коефіцієнта теплопередачі U від товщини утеплювача

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОВТРАТ ЧЕРЕЗ ПІДЛОГУ

### Мета дослідження:

- Встановити закономірності формування тепловтрат через підлогу по ґрунту в умовах клімату м. Вінниця.
- Оцінити вплив конструктивно-теплотехнічних рішень на:
  - температуру поверхні підлоги;
  - питомі тепловтрати.

### Етапи досліджень:

1. Експериментальне спостереження вузла «стіна–підлога–ґрунт».
2. Числове моделювання теплового поля системи «підлога – бетонна підготовка – утеплювач – ґрунт» у нестационарній постановці.

### Об'єкт:

- Типова підлога по ґрунту цивільної будівлі (стяжка 60 мм, бетон 80 мм, пісок 150 мм, ґрунт).
- Варіанти: без утеплення, горизонтальне, вертикальне, комбіноване утеплення.

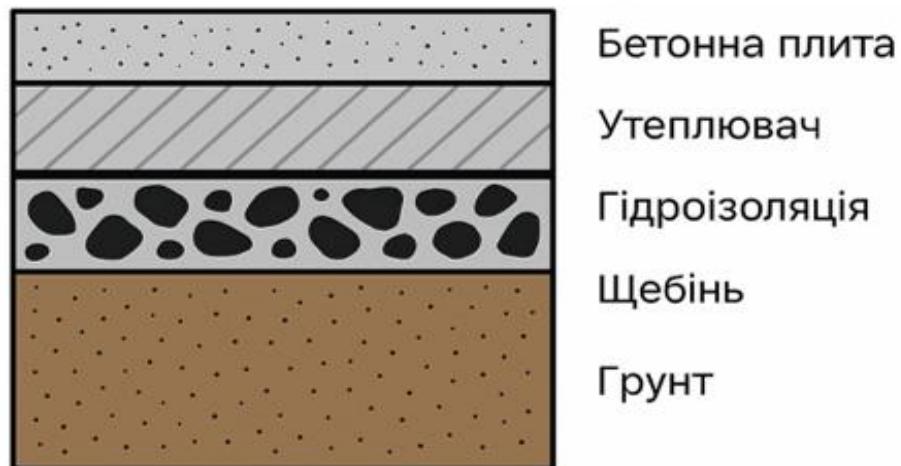


Рисунок 1.4 – Типова теплоізоляція підлоги по ґрунту

## МЕТОДИКА ТА УМОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ

### Кліматичні умови м. Вінниця:

- Середня температура найхолоднішої п'ятиденки: –14...–18 °С.
- Середня температура опалювального періоду: –1,4 °С.
- Тривалість опалювального сезону: ≈180 діб.

### Математична модель:

- Нестационарне рівняння теплопровідності:
  - розв'язується для шарів конструкції та ґрунту;
  - враховано зміну температури ґрунту протягом сезону.
- Граничні умови:
  - $t_{\text{внутр}} = +20 \text{ °С}$ ;
  - $t_{\text{зовн}} = t_{\text{зовн}}(\tau)$  – реальна кліматична крива;
  - ізотермічна умова на глибині  $> 10 \text{ м}$ ;
  - ідеальний тепловий контакт між шарами.

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = a \left( \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} \right),$$

де  $t(x, y, \tau)$  – температура поля;

$a$  – температуропровідність шарів конструкції.

### Зонування підлоги:

- Розбиття на 4 теплотехнічні зони (0–1; 1–2; 2–4;  $>4 \text{ м}$  від стіни)

## ЕКСПЕРИМЕНТ: СХЕМА ТА РЕЗУЛЬТАТИ ВИМІРЮВАНЬ

### Об'єкт експерименту:

- Підвальне приміщення будівлі загального призначення.
- Конструкція: бетонна підлога по ґрунту, стрічковий фундамент, зовнішня стіна.
- Стабільна температура підвалу:  $+14\dots+18\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

### Схема розташування датчиків (рис. 2.1):

- Термопары типу К у бетоні на глибині 80 мм.
- Відстані від зовнішньої стіни: 0; 1,5; 3; 5; 7 м.
- Додаткові датчики в ґрунті під плитою.

### Умови експерименту:

- Період спостережень: 14 діб найхолоднішої частини зими.
- $t_{\text{зовн}} = -6\dots-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ , до  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  при похолоданніях.
- Інтервал фіксації: кожні 30 хв; усереднення за 48 вимірів/добу.

### Результати (табл. 2.1, рис. 2.3):

- У прифундаментній зоні ( $\approx 0-1\text{ м}$ ) температури в бетоні  $-1,8\dots+0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , у ґрунті  $-2,3\dots-0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- У центрі (4–7 м) температура бетону досягає  $+3,8\dots+5,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , ґрунту  $+3,2\dots+4,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- Вплив холоду поширюється приблизно до 1,5–2 м від зовнішньої стіни.

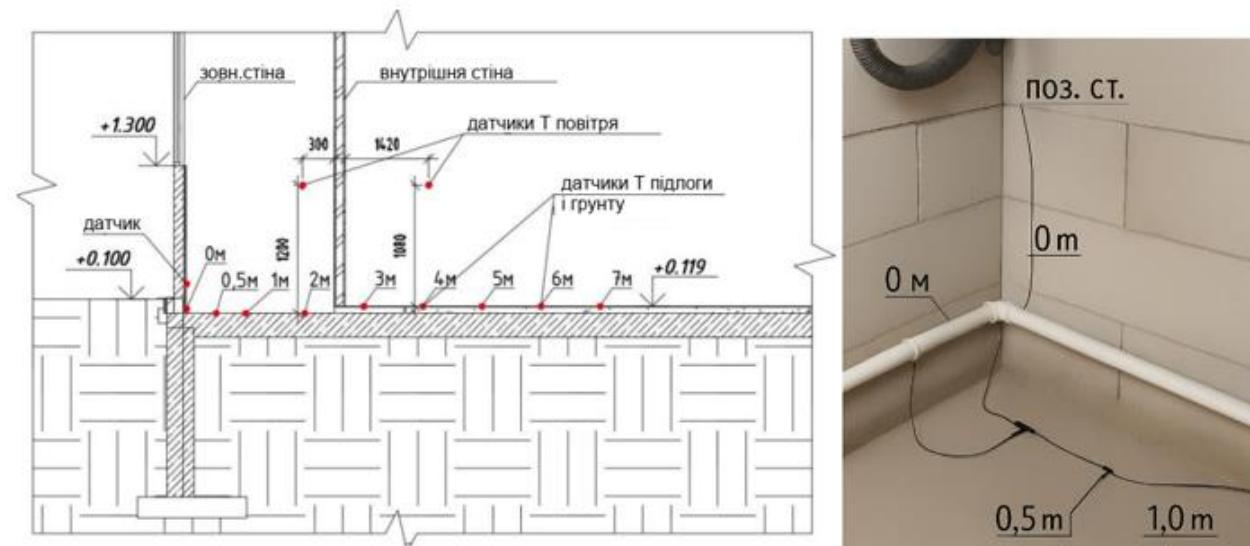


Рисунок 2.1 – Схема встановлення датчиків

Таблиця 2.1 – Результати експериментальних вимірювань температури конструкції підлоги

Відстань від стіни, м	Температура бетону, $^{\circ}\text{C}$	Температура ґрунту, $^{\circ}\text{C}$	Примітки
0.5	-1.8	-2.3	Прифундаментна зона
1.0	0.5	-0.8	
2.0	2.1	1.4	
4.0	3.8	3.2	Стабільна зона
7.0	5.0	4.6	Центральна частина

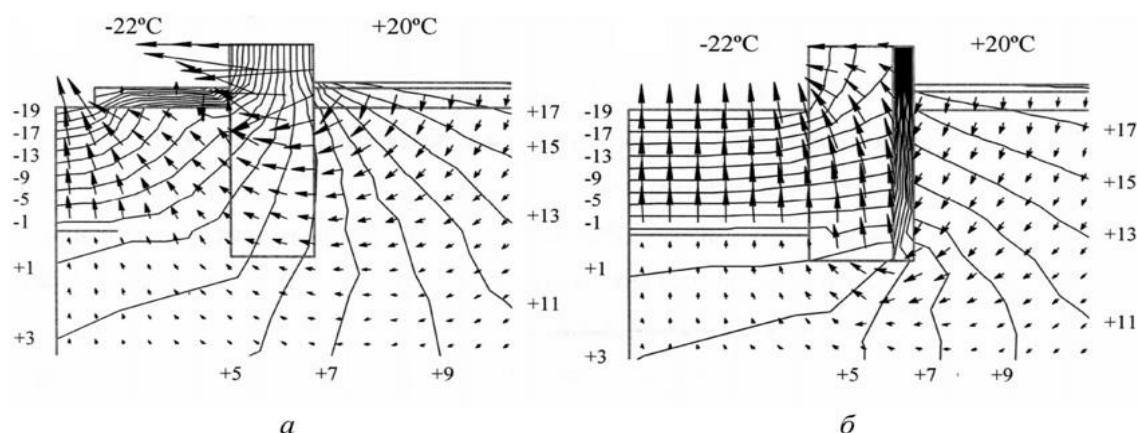


Рисунок 2.2 – Температурні поля навколофундаментної зони: а – з утепленням вимощенням; б – з вертикальним утепленням по внутрішньому периметру

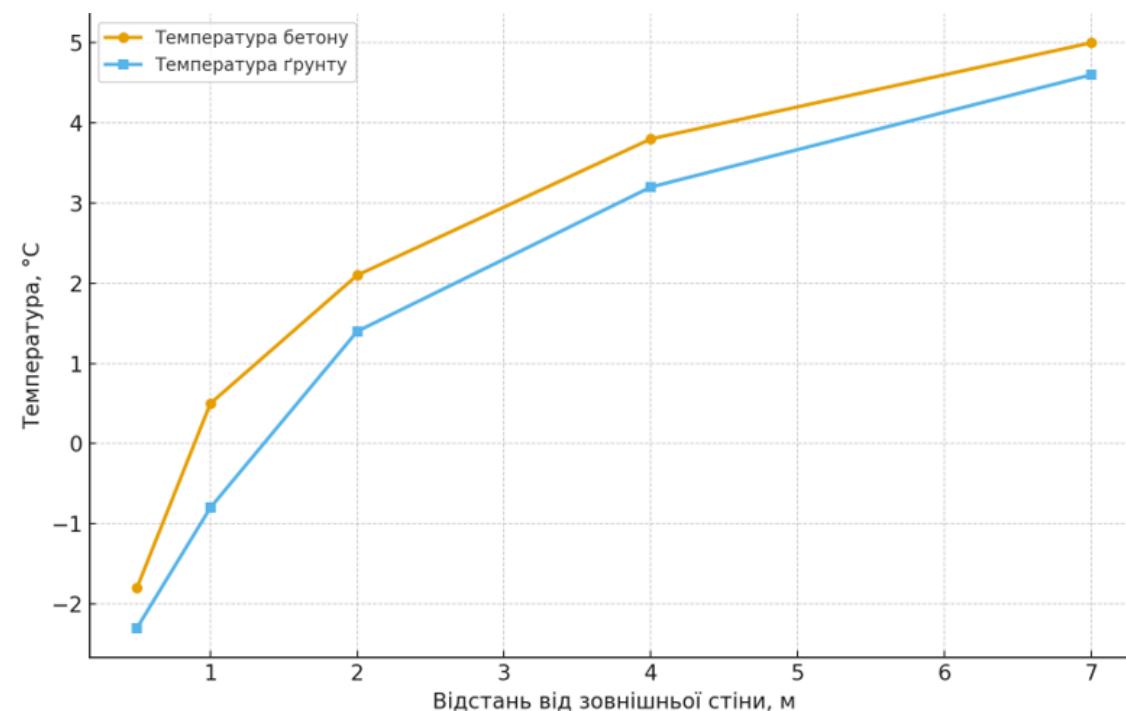


Рисунок 2.3 – Експериментальні вимірювання температури

## СТАЦІОНАРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОВОГО ПОЛЯ

### Мета моделювання:

- Оцінити розподіл температур у вузлі «стіна–підлога–ґрунт».
- Порівняти ефективність різних варіантів утеплення.

### Розглянуті варіанти:

1. Без утеплення.
2. Горизонтальне утеплення під підлогою.
3. Вертикальний теплоізоляційний пояс вздовж фундаменту.
4. Комбіноване утеплення (горизонтальне + вертикальне).

### Основні результати (табл. 2.2, рис. 2.4–2.5):

- Без утеплення: мінімальна температура поверхні підлоги у вузлі «стіна–підлога»  $\approx +15...+16$  °С.
- При вертикальному поясі 100 мм:  $+18...+19$  °С.
- При комбінованому утепленні:  $+19...+20$  °С по Зоні 1 — виконання санітарних норм.
- Ізотерми у комбінованому варіанті відсуваються в ґрунт, градієнт температур вирівнюється.

## Таблиця 2.2 – Порівняння температури поверхні ґрунту під підлогою для різних варіантів утеплення

Варіант конструкції	T(0.5 м), °С	T(1.0 м), °С	T(2.0 м), °С	T(4.0 м), °С
Без утеплення	-2.5	-1.3	0.8	2.7
Горизонтальне утеплення	0.2	1.1	2.8	3.5
Вертикальне утеплення	-0.8	0.9	2.5	3.4
Комбіноване утеплення	1.4	2.3	3.5	4.1

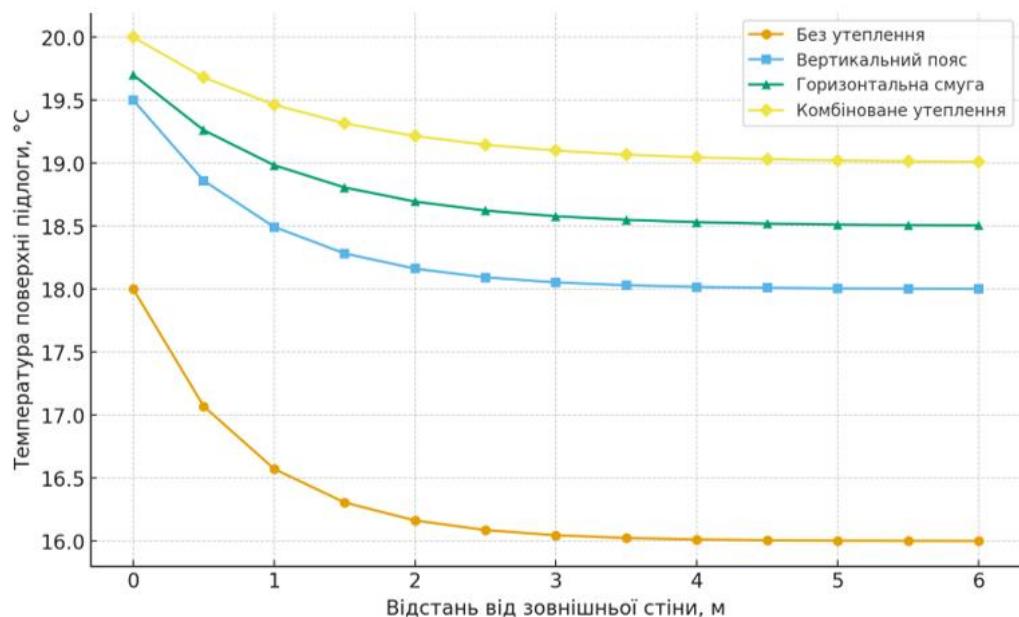
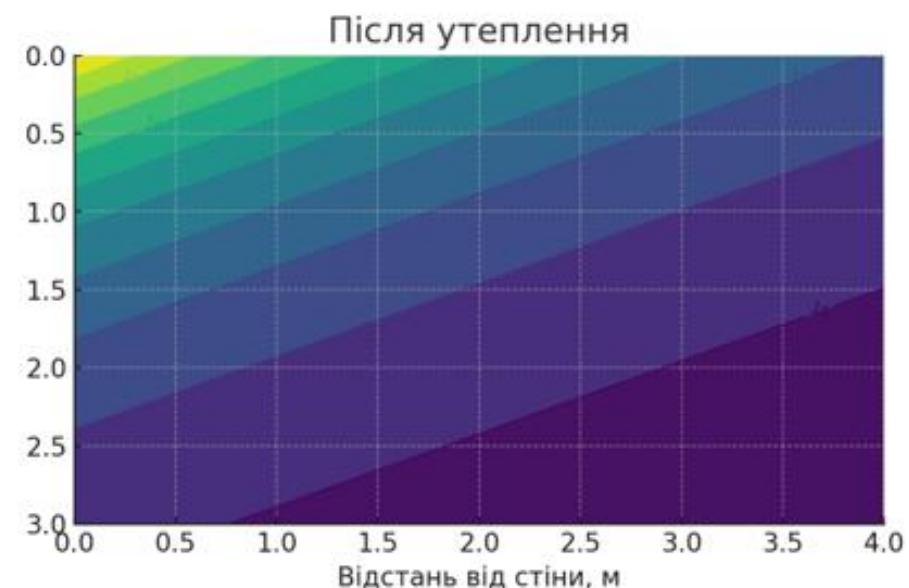
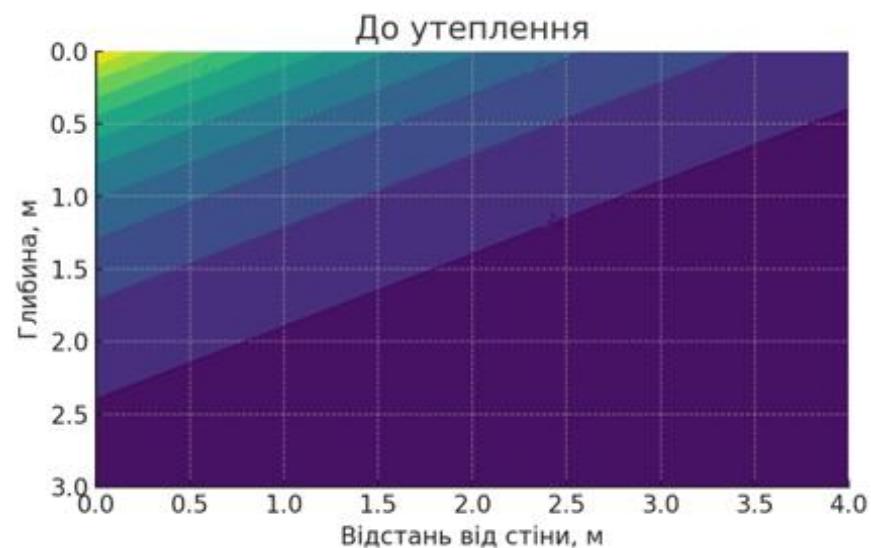


Рисунок 2.5 – Профіль температури поверхні підлоги вздовж приміщення

Рисунок 2.4 – Порівняння поля температур у вузлі «стіна–підлога–ґрунт» до та після утеплення (м. Вінниця)

## ВПЛИВ УТЕПЛЕННЯ НА ОПІР ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ ТА ТЕПЛОВТРАТИ

Опір теплопередачі  $R$  за зонами (табл. 2.3):

• Зона 1 (0–1 м від стіни):

- без утеплення:  $R \approx 1.20 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ ;
- комбіноване утеплення:  $R \approx 2.30 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ .

• У внутрішніх зонах (3–4 м та >4 м) різниця між варіантами значно менша

→ працює теплоаккумуляція ґрунту.

Температура поверхні та сезонні тепловтрати (табл. 2.4, 2.5):

• Без утеплення:

- $t_{\text{поверхні}}$  у вузлі «стіна–підлога»  $\approx 16 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
- питомі тепловтрати  $\approx 45 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^2$  за сезон.

• Комбіноване утеплення:

- $t_{\text{поверхні}} \approx 19\text{--}19,2 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
- тепловтрати  $\approx 22 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^2$  → зниження ~на 50 %.

• Глибина промерзання ґрунту:

- без утеплення: до 0,9 м;
- комбіноване утеплення:  $\approx 0,4 \text{ м}$ .

Таблиця 2.3 – Характеристичні теплотехнічні показники підлоги по ґрунту залежно від типу утеплення (м. Вінниця)

Зона підлоги	Без утеплення, $R, \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$	Вертикальний пояс, $R, \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$	Горизонтальна смуга, $R, \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$	Комбіноване утеплення, $R, \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$
Зона 1 (0–1 м від стіни)	1.20	1.90	1.70	2.30
Зона 2 (1–2 м)	2.10	2.40	2.30	2.60
Зона 3 (2–4 м)	3.00	3.10	3.10	3.20
Зона 4 (> 4 м)	3.50	3.50	3.60	3.60

Таблиця 2.4 – Температура поверхні підлоги та питомі сезонні тепловтрати залежно від типу утеплення

Показник	Без утеплення	Вертикальний пояс	Горизонтальна смуга	Комбіноване утеплення
Температура поверхні підлоги у вузлі «стіна–підлога», $^\circ\text{C}$	16.0–16.2	18.0–18.2	18.5–18.7	19.0–19.2
Температура підлоги на 0,5 м від стіни, $^\circ\text{C}$	17.0	18.3	18.9	19.4
Температура підлоги у центрі приміщення, $^\circ\text{C}$ (3–4 м)	18.0	18.0–18.1	18.5	19.0
Питомі сезонні тепловтрати, $\text{кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^2$	45	30	28	22

Таблиця 2.5 – Узагальнені теплотехнічні показники варіантів конструкцій підлоги

Варіант	Середній тепловий потік, $\text{Вт}/\text{м}^2$	Мінімальна температура поверхні, $^\circ\text{C}$	Глибина промерзання, м
Без утеплення	55.4	-2.3	0.9
Горизонтальне утеплення	55.1	0.4	0.5
Вертикальне утеплення	55.2	-0.1	0.6
Комбіноване утеплення	55.1	1.8	0.4

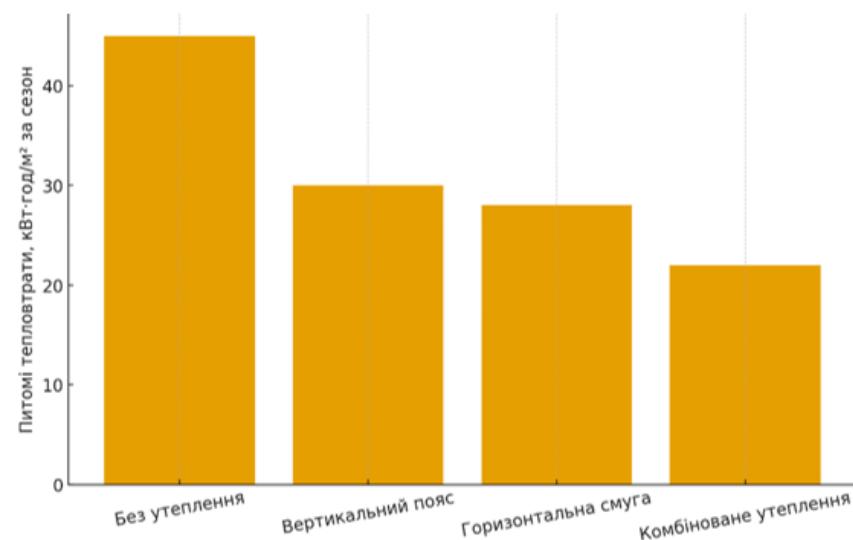


Рисунок 2.7 – Порівняння сезонних питомих тепловтрат через підлогу

## ПОРІВНЯННЯ ВАРІАНТІВ УТЕПЛЕННЯ

### Порівняння варіантів (табл. 2.6):

#### •Без утеплення:

- найнижча температура поверхні;
- найбільші тепловтрати;
- максимальне промерзання та сильний тепловий міст.

#### •Горизонтальне утеплення:

- зменшує тепловтрати на 42–48 %;
- вирівнює температурне поле, але тепловий міст частково зберігається.

#### •Вертикальний пояс:

- знижує втрати на 33–38 %;
- добре працює по стінці, але не перекриває горизонтальний потік під плитою.

#### •Комбіноване утеплення:

- зменшує втрати на 65–72 %;
- мінімізує глибину промерзання;
- формує найкраще температурне поле у прифундаментній зоні.

### Узагальнений висновок Розділу 2:

•Комбінована система теплоізоляції (горизонтальна + вертикальна) є оптимальним рішенням для підлог по ґрунту в умовах м. Вінниця:

- зменшує тепловтрати більш ніж удвічі;
- запобігає промерзанню ґрунтової основи;
- підвищує комфорт і довговічність конструкції.

Таблиця 2.6 – Порівняння варіантів утеплення підлоги

Варіант	Температура поверхні	Промерзання	Тепловий потік
Без утеплення	найнижча	найбільше	найвищий
Горизонтальне утеплення	середня	менше	зниження потоку локально
Вертикальне утеплення	висока біля стіни	зменшене	тепловий міст частково лишається
Комбіноване утеплення	найвища	мінімальне	найменший тепловий міст

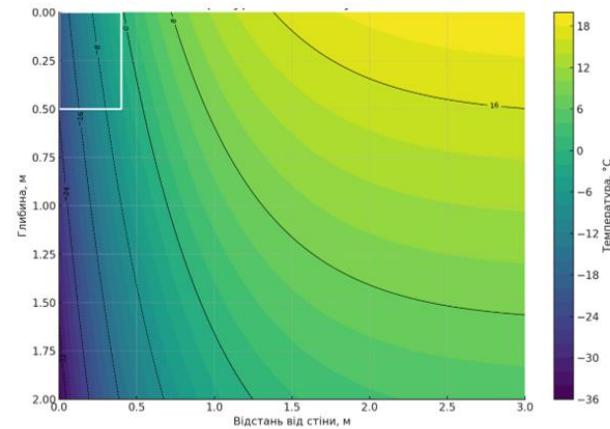


Рисунок 2.8 – Температурне поле без утеплення (в середовищі COMSOL)

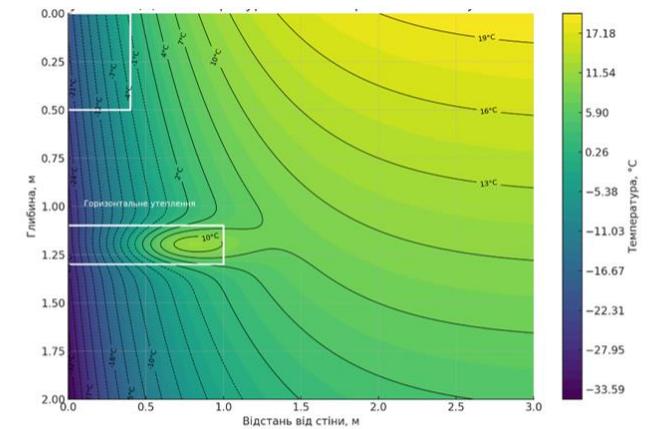


Рисунок 2.9 – Температурне поле з горизонтальним утепленням (в COMSOL)

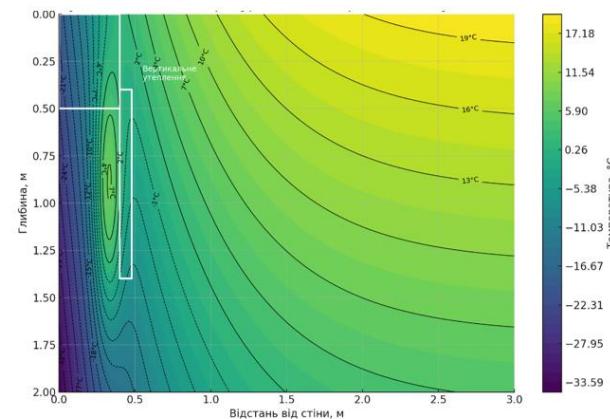


Рисунок 2.10 – Температурне поле з вертикальним утепленням (в COMSOL)

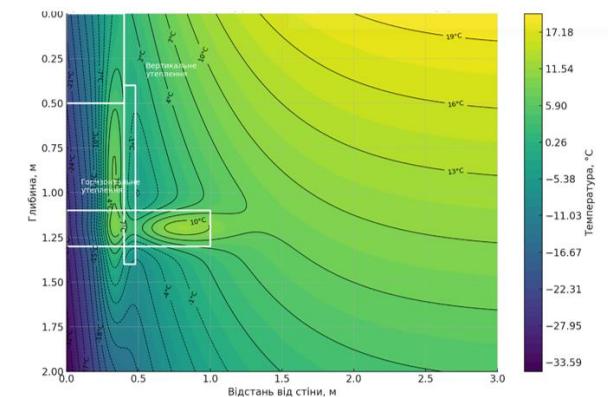


Рисунок 2.11 – Температурне поле при комбінованому утепленні (горизонтальне + вертикальне), побудовано у середовищі COMSOL

## Узагальнення температурних характеристик конструкції підлоги

### Розглянуті варіанти конструкції:

- без утеплення;
- горизонтальна теплоізоляційна смуга;
- вертикальна теплоізоляція фундаменту;
- комбіноване утеплення (горизонтальна + вертикальна).

### Без утеплення:

- $t_{\text{поверхні}}$  у зоні 0–0,5 м від фундаменту:  $+13...+14\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- у центрі приміщення:  $+17...+18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- сформований виражений тепловий місток у прифундаментній зоні;
- ізотерми «провалюються» до ґрунту, тепловий потік концентрується біля фундаменту.

### Причини понижених температур:

- висока теплопровідність суглинку ( $\lambda = 1,3\text{--}1,6\text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ );
- сезонне промерзання ґрунту до 0,8–1,0 м;
- неізольований фундамент ( $t_{\text{внутр. грані взимку}} +4...+7\text{ }^{\circ}\text{C}$ );
- відсутність горизонтального бар'єра для тепла  $\rightarrow$  енергія приміщення йде на прогрів ґрунту.

### Ефект утеплення:

- горизонтальна ізоляція 80–100 мм  $\rightarrow t_{\text{під підлогою}} +5...+8\text{ }^{\circ}\text{C}$ , немає промерзання верхнього шару ґрунту,  $t_{\text{поверхні}}$  у критичній зоні  $+17...+18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- вертикальне утеплення 60–80 мм  $\rightarrow t_{\text{внутр. грані фундаменту}} +12...15\text{ }^{\circ}\text{C}$ , глибина промерзання 0,06–0,10 м,  $t_{\text{підлоги}}$  в зоні 0–1 м  $\approx +17\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- комбінований варіант  $\rightarrow$  однорідна  $t_{\text{поверхні}} 17\text{--}18\text{ }^{\circ}\text{C}$ , відсутні мінусові температури в ґрунті, тепловий потік зменшується на 45–55 %.

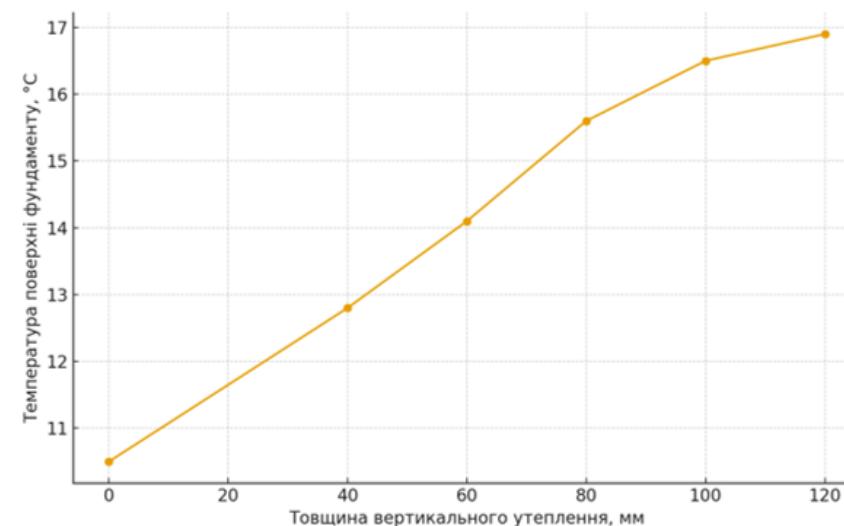


Рисунок 3.1 – Зміна температури фундаменту від товщини вертикального утеплення

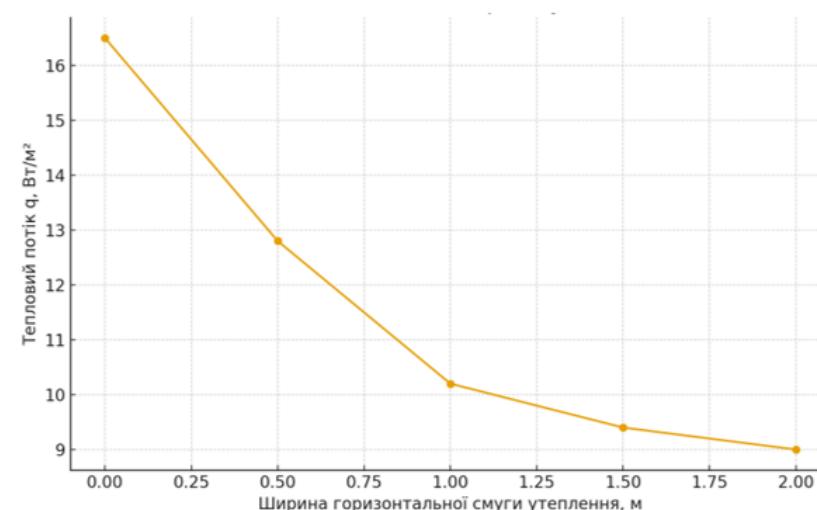


Рисунок 3.2 – Залежність теплового потоку q від ширини горизонтальної смуги утеплення

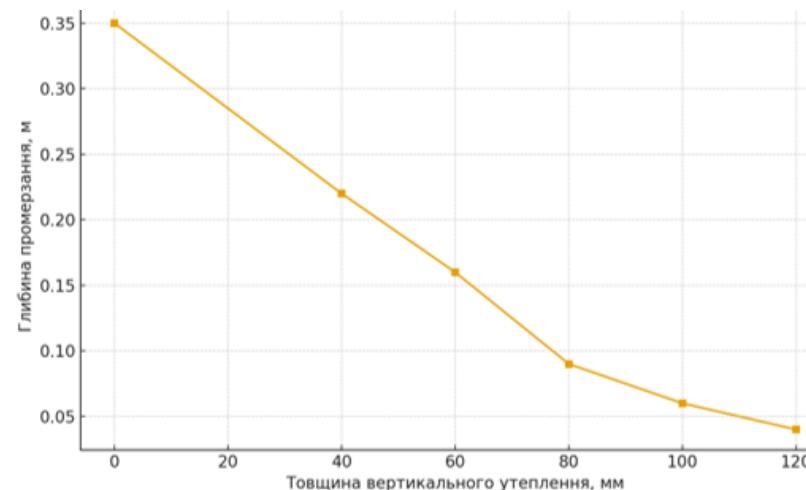


Рисунок 3.3 – Глибина промерзання ґрунту залежно від товщини теплоізоляції

**Вплив товщини та геометрії утеплення на тепловий режим 1. Товщина утеплювача → температура поверхні (рис. 3.1, 3.4):**

- $\delta = 40\text{--}60$  мм → інтенсивне зростання  $t$ , компенсація найкритичніших втрат;
- $\delta = 80\text{--}100$  мм →  $t_{\text{поверхні}} 17\text{--}18$  °С (комфортні умови);
- $\delta > 120$  мм → ефект «насичення», приріст  $t$  мінімальний.

**2. Товщина/ширина горизонтальної смуги → тепловий потік  $q$  (рис. 3.2):**

- $\delta = 40$  мм → зменшення втрат на 22–25 %;
- $\delta = 80$  мм → 38–42 %;
- $\delta = 100$  мм → 45–50 %;
- $\delta \geq 120$  мм → додатково лише +2–3 % ефекту.

**Ширина  $B$ :**

- $B = 0,5$  м → ефект 20–25 %;
- $B = 1,0$  м → 35–40 %;
- $B = 1,5$  м → 45–48 %;
- $B > 1,5$  м → приріст майже відсутній (зона малих градієнтів).

**3. Вертикальне утеплення фундаменту (рис. 3.3, 3.4):**

- $\delta_v = 40\text{--}80$  мм → зниження тепловтрат на 25–32 %,  $t_{\text{внутр. фундаменту}} \uparrow$  з 10,5 до 15–17 °С;
- глибина промерзання зменшується з 0,35 м до 0,06–0,10 м;
- оптимальна глибина утеплення: 0,6–0,8 м.

**4. Узагальнені оптимальні параметри (табл. 3.1–3.2):**

- $\delta_h$  (горизонтальна) = 80–100 мм,  $B = 1,0\text{--}1,5$  м;
- $\delta_v$  (вертикальна) = 60–80 мм,  $h_{\text{утеплення}} = 0,6\text{--}0,8$  м;
- $q_{\text{сезонне}} \approx 8,5\text{--}8,9$  кВт·год/м<sup>2</sup> (у 2–2,5 раза менше, ніж без утеплення).

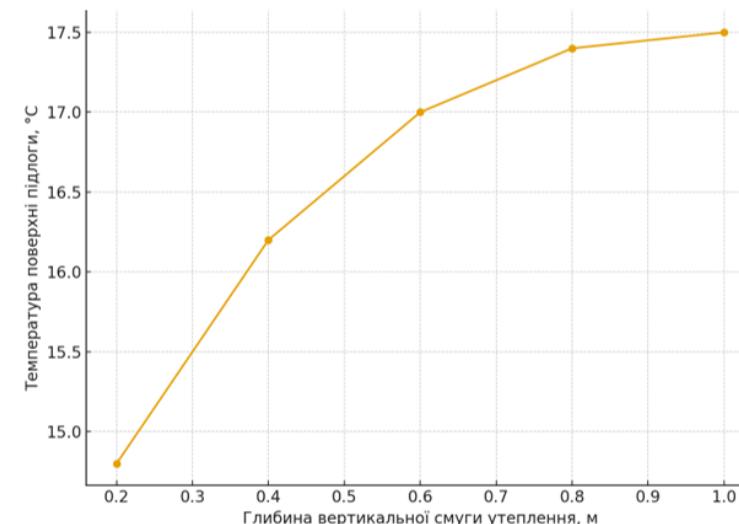


Рисунок 3.4 – Вплив глибини вертикальної теплоізоляції на температуру

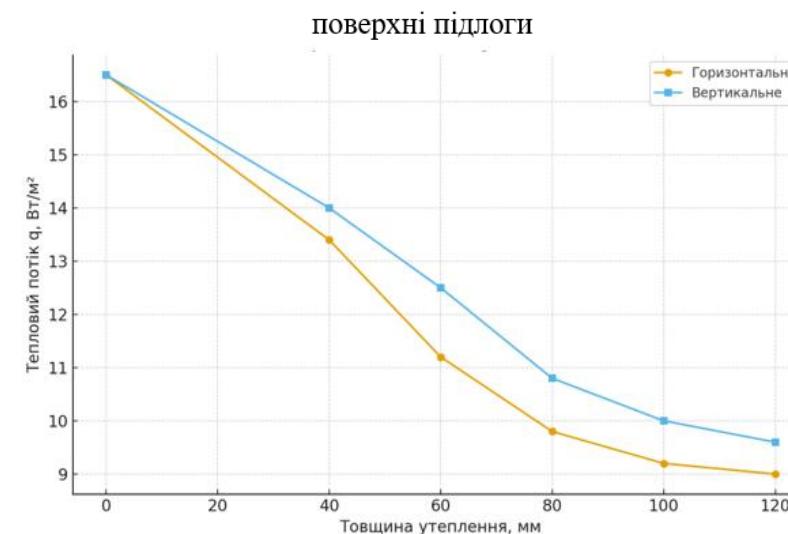


Рисунок 3.5 – Порівняння ефективності горизонтального та вертикального утеплення

**Таблиця 3.1 – Рекомендовані параметри комбінованого утеплення**

Параметр	Позначення	Рекоменд.	Діапазон	Коментар
Тип утеплювача	–	XPS	–	Найвища ефективність
Горизонтальна товщина	$\delta_h$	80–100 мм	60–120 мм	Оптимальне співвідношення ефект/витрати
Горизонтальна ширина	$B$	1,0–1,5 м	0,5–2,0 м	Ефект насичення після 1,5 м
Вертикальна товщина	$\delta_v$	60–80 мм	40–120 мм	Підвищення температури фундаменту
Оптимальна комбінована товщина	$\delta_{eq}$	100 мм	80–120 мм	Зона оптимуму $q(\delta)$

## Вибір утеплювача та оптимальна конструкція вузла

### Порівняння утеплювачів (табл. 3.3–3.5, рис. 3.8–3.10):

• Найкращі за комплексом « $\lambda$  + міцність + водостійкість»:  
**XPS, ППУ, піноскло.**

• Температура поверхні підлоги:

- XPS / ППУ / піноскло  $\rightarrow 17,5\text{--}18,5\text{ }^\circ\text{C}$ ;
- EPS  $\rightarrow 14\text{--}15\text{ }^\circ\text{C}$ ;
- мінеральна вата  $\rightarrow 12\text{--}14\text{ }^\circ\text{C}$ .

• Сезонні тепловтрати:

- XPS–ППУ–піноскло  $\rightarrow 8,6\text{--}8,9\text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$ ;
- EPS  $\rightarrow \approx 11,5$ ;
- мінеральна вата  $\rightarrow \approx 12,8\text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$ .

• Глибина промерзання:

- XPS / піноскло  $\rightarrow 0,05\text{--}0,10\text{ м}$ ;
- EPS / мінеральна вата  $\rightarrow 0,25\text{--}0,30\text{ м}$ .

### Найбільш доцільний матеріал:

• **XPS** – оптимальний баланс:

- низька  $\lambda$ , мала водопоглинальність (0,2–0,4 %),
- міцність 0,20–0,30 МПа, морозостійкість F200–F300,
- термін служби > 50 років, окупність 3–4 роки.

### Оптимальна конструкція вузла «підлога–ґрунт–фундамент»:

• Бетонна підлога по піщаній підготовці.

• Горизонтальна смуга XPS:  $\delta_h = 100\text{ мм}$ ,  $B = 1,2\text{--}1,5\text{ м}$  за контур фундаменту.

• Вертикальна смуга XPS:  $\delta_v = 60\text{--}80\text{ мм}$ , глибина 0,6–0,8 м.

• Результат:

- $t_{\text{поверхні підлоги}} 17,5\text{--}18,5\text{ }^\circ\text{C}$  навіть при мінімальних  $t_{\text{зовн}}$ ;
- тепловтрати  $\downarrow$  на 45–55 %;
- промерзання ґрунту практично усунуто;
- ліквідовано тепловий місток у прифундаментній зоні.

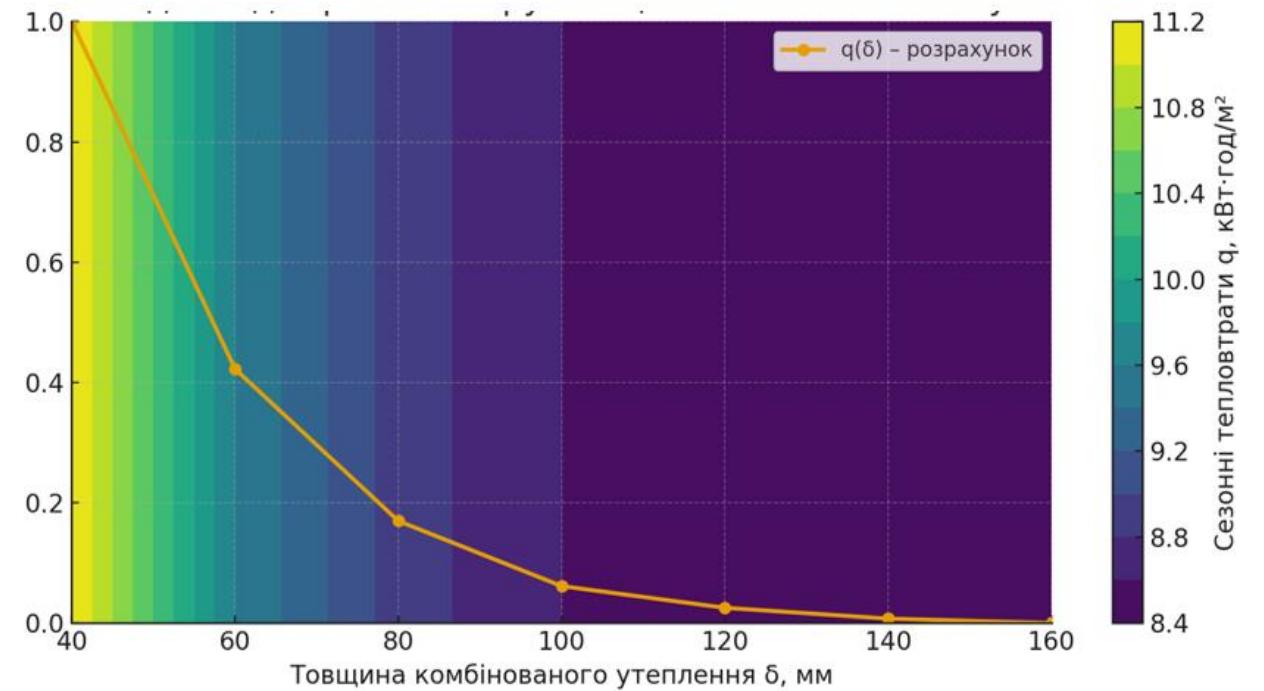


Рисунок 3.7 – Діаграма вибору товщини комбінованого утеплення, змодельована у COMSOL

Таблиця 3.2 – Рекомендовані параметри комбінованого утеплення конструкції «стіна–підлога–ґрунт»

Параметр	Позначення	Рекомендоване значення	Допустимий діапазон	Коментар
Тип утеплювача	–	XPS (екструзійний пінополістирол)	–	Низька $\lambda$ , мала водопоглинальна здатність, висока міцність на стиск
Горизонтальна смуга утеплення під підлогою	$\delta_h$	80–100 мм	60–120 мм	Оптимум за співвідношенням «ефект/витрати», різке зменшення $q$ до $\approx 9\text{--}8,5\text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$
Ширина горизонтальної смуги	$B$	1,0–1,5 м	0,5–2,0 м	При $B > 1,5\text{ м}$ додатковий ефект незначний
Вертикальний пояс утеплення фундаменту	$\delta_v$	60–80 мм	40–120 мм	При $\delta_v \geq 60\text{ мм}$ температура фундаменту $> 15\text{ }^\circ\text{C}$ , різко падає глибина промерзання
Еквівалентна товщина комбінованого утеплення	$\delta_{\text{е}q}$ (умовно)	$\sim 100\text{ мм}$	80–120 мм	Зона оптимуму на діаграмі $q(\delta)$ : приріст ефективності при подальшому збільшенні мінімальний
Розрахункові сезонні тепловтрати через підлогу	$q$	$\approx 8,5\text{--}8,9\text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$	8,4–9,6 $\text{kWh}/\text{m}^2$	У 2–2,5 рази менше, ніж без утеплення
Орієнтовний термін окупності утеплення	$T_{\text{о}к}$	3–4 роки	2,5–5 років	Залежить від тарифів та режиму опалення

Таблиця 3.3 – Теплотехнічні характеристики утеплювачів

Матеріал	$\lambda$ , Вт/(м·К)	Температура підлоги, °С	Глибина промерзання, м	Примітка
XPS	0,030–0,034	17,5–18,5	0,05–0,10	Найкраще співвідношення $\lambda$ /міцність
ППУ	0,025–0,027	17–18	0,10–0,15	Добра ізоляція, потрібна гідроізоляція
Піноскло	0,040–0,055	17–18	0,05–0,10	Максимальна стійкість, висока ціна
EPS (ППС-35)	0,038–0,042	14–15	0,22–0,26	Зволожується, втрачає властивості
Мінеральна вата	0,037–0,040	12–14	0,28–0,30	Не допускається в ґрунт

Таблиця 3.4 – Механічні та експлуатаційні властивості утеплювачів

Матеріал	Водопоглинання, %	Міцність на стиск, МПа	Морозостійкість	Довговічність
XPS	0,2–0,4	0,20–0,30	F200–F300	50+ років
ППУ	<1	0,15–0,20	F100–F150	40–50 років
Піноскло	0	0,7–1,2	Не руйнується	60+ років
EPS	3–4	0,10–0,15	F25–F50	20–25 років
Мінеральна вата	5–10	0,06–0,12	F25	15–20 років

Таблиця 3.5 – Економічні та технологічні показники утеплювачів

Матеріал	Орієнтовна ціна, грн/м <sup>2</sup>	Окупність	Загальна оцінка
XPS	350–450	3–4 роки	Оптимальний
ППУ	450–600	4–5 років	Добрий
Піноскло	900–1500	7–10 років	Висока якість, висока ціна
EPS	250–300	5–7 років	Недоцільний у ґрунті
Мінеральна вата	300–350	Немає	Не застосовується у ґрунті

## Висновки до розділу 3

### ✓ 1. Комбіноване утеплення

Горизонтальна + вертикальна смуга XPS забезпечують **найбільше зниження тепловтрат — 45–55 %**.

### ✓ 2. Оптимальні параметри

•Горизонтальна ізоляція: **80–100 мм**, ширина **1,0–1,5 м**.

•Вертикальна: **60–80 мм** на глибину **0,6–0,8 м**.

### ✓ 3. Підвищення температури підлоги

Температура поверхні у критичній зоні зростає до **17,5–18,5 °С** → комфорт + відсутність конденсації.

### ✓ 4. Зменшення промерзання ґрунту

Глибина промерзання знижується до **0,05–0,10 м** (у 3–4 рази менше, ніж без утеплення).

### ✓ 5. Найкращий утеплювач — XPS

Оптимальний баланс: **низька  $\lambda$ , водостійкість, міцність, довговічність**.

### ✓ 6. Рекомендована конструкція

Оптимальна схема підлоги з XPS може використовуватися як **типове енергоефективне рішення** для цивільних будівель Вінниччини та аналогічних кліматичних зон.

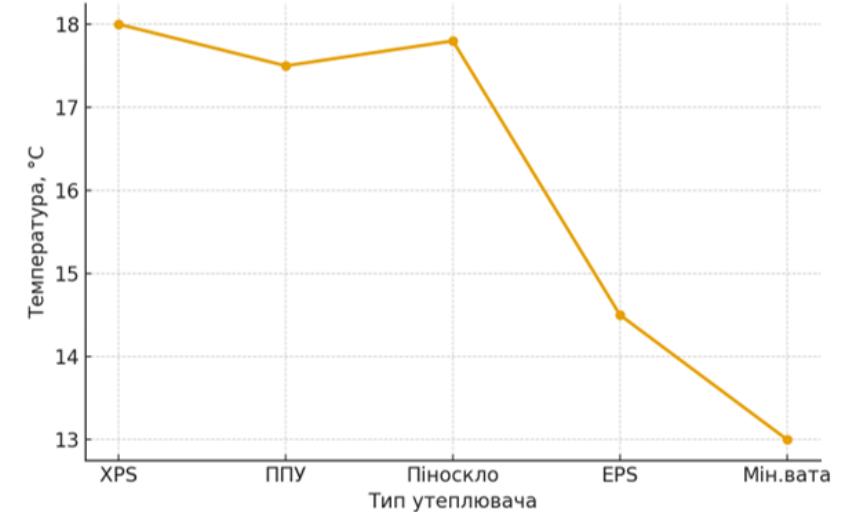


Рисунок 3.8 – Температура поверхні підлоги для різних утеплювачів

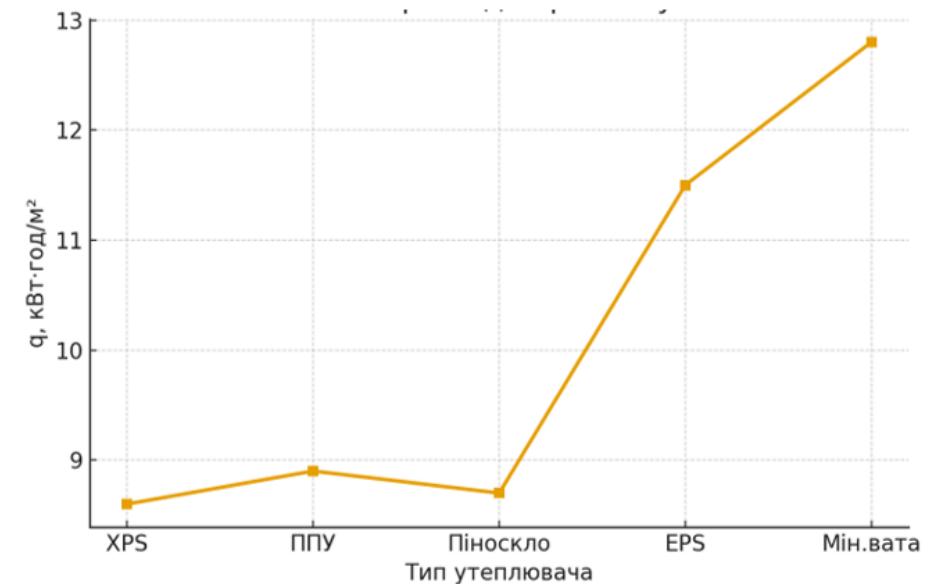


Рисунок 3.9 – Сезонні тепловтрати через підлогу для різних утеплювачів

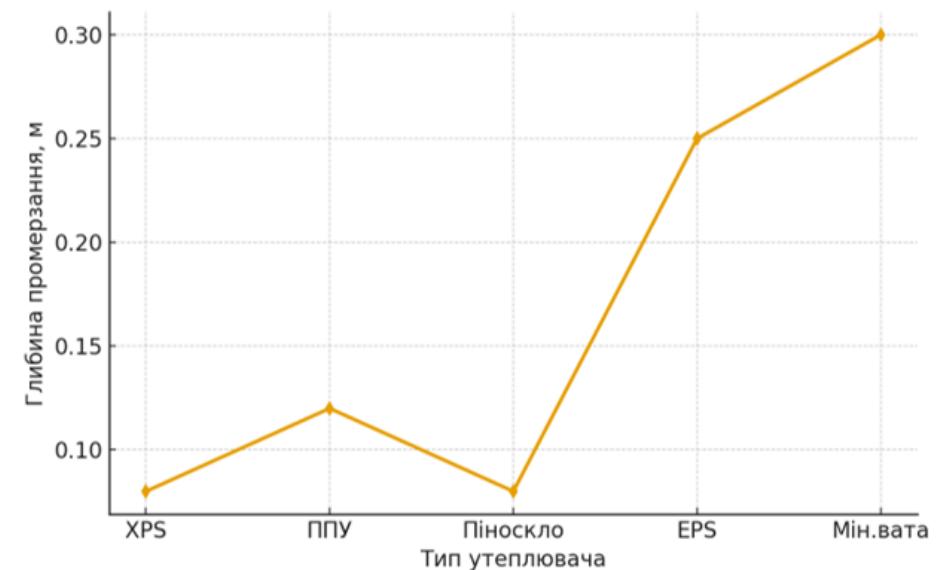


Рисунок 3.10 – Глибина промерзання для різних утеплювачів



ВІЗУАЛІЗАЦІЯ



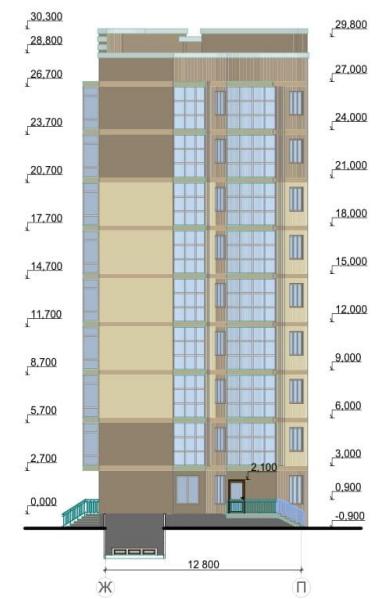
ФАСАД 1-13  
М 1:200



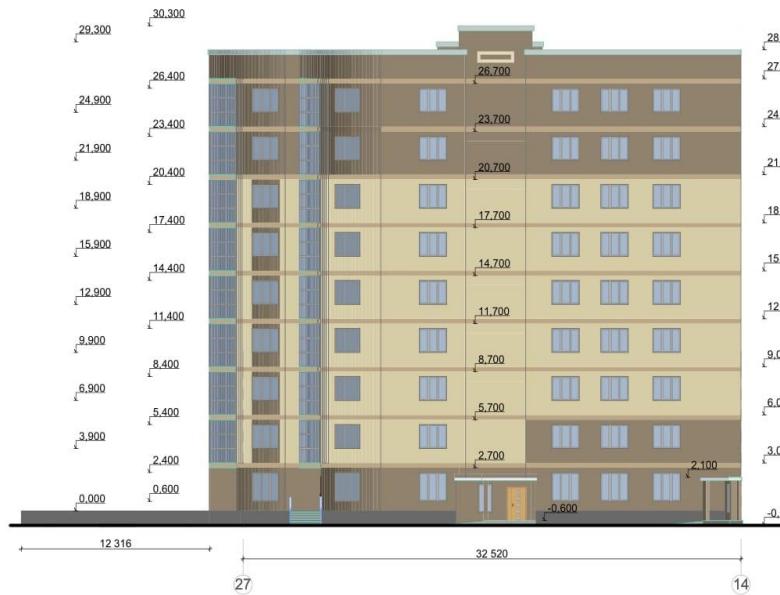
ФАСАД 14-28  
М 1:200



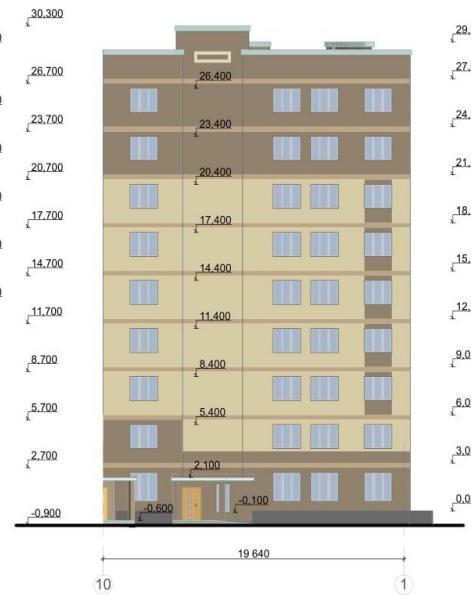
ФАСАД Ж-П  
М 1:200



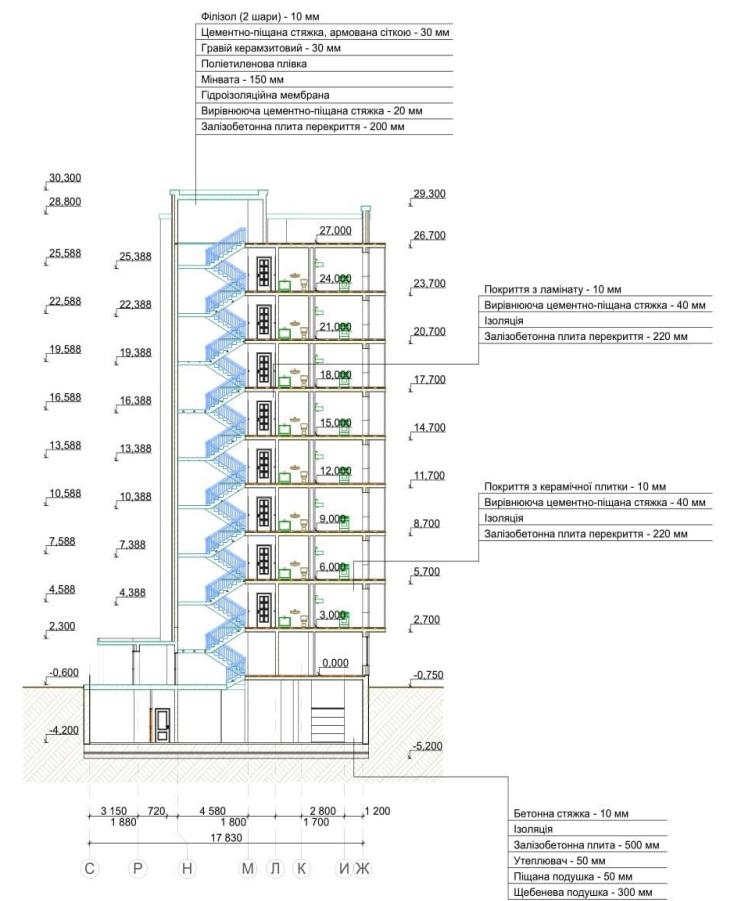
ФАСАД 27-14  
М 1:200



ФАСАД 10-1  
М 1:200



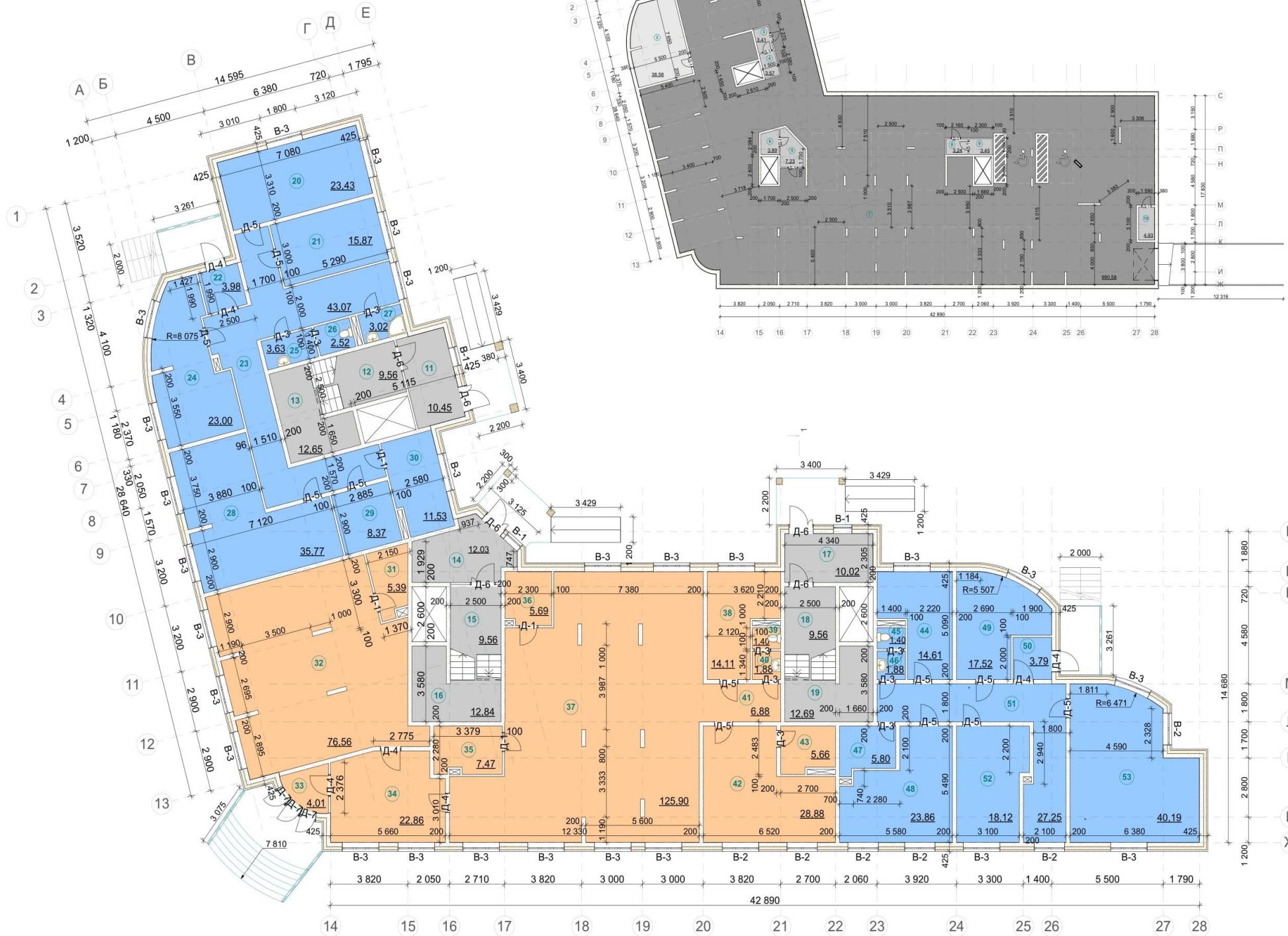
РОЗРІЗ 1-1  
М 1:200



ПАСПОРТ ОПОРЯДЖЕННЯ ФАСАДІВ

Поз.	Елемент фасаду	Матеріал оздоблення	Зразок кольору	Поз.	Елемент фасаду	Матеріал оздоблення	Зразок кольору
1	Стіни	цегла		1	Фундамент	декоративна штукатурка	
2	Стіни	цегла		2	Вікна і двері	полівінілхлорид	
3	Стіни	цегла		3	Двері	метал фарбований	

ПЛАН ПЕРШОГО  
ПОВЕРХУ  
М 1:100



ПЛАН ПІДЗЕМНОЇ  
ПАРКОВКИ  
М 1:200



ЕКСПЛІКАЦІЯ ПРИМІЩЕНЬ

№ прим.	Найменування	Площа, м <sup>2</sup>	Кат. прим.
1	Вхідна площадка	2,80	Д
2	Службове приміщення	38,58	Д
3	Тамбур	3,41	Д
4	Передліфтова площадка	3,57	Д
5	Тамбур	7,23	Д
6	Передліфтова площадка	3,89	Д
7	Парковка	990,58	Г
8	Тамбур	3,24	Д
9	Передліфтова площадка	3,45	Д
10	Прохідна	4,93	Д
11	Тамбур	10,45	Д
12	Сходова клітка	9,56	Д
13	Сходова площадка	12,65	Д
14	Тамбур	11,81	Д
15	Сходова клітка	9,56	Д
16	Сходова площадка	12,84	Д
17	Тамбур	10,02	Д
18	Сходова клітка	9,56	Д
19	Сходова площадка	12,69	Д
20	Офісне приміщення	23,43	Д
21	Офісне приміщення	15,87	Д
22	Коридор	3,98	Д
23	Коридор	43,07	Д
24	Офісне приміщення	23,0	Д
25	Санвузол	3,63	Д
26	Туалет	2,52	Д
27	Душова	3,02	Д
28	Офісне приміщення	35,77	Д
29	Підсобне приміщення	8,37	Д
30	Офісне приміщення	11,53	Д
31	Підсобне приміщення	5,39	Д
32	Торгівельна зала	76,56	Д
33	Тамбур	4,01	Д
34	Хол	22,86	Д
35	Приміщення адміністрації	7,47	Д
36	Підсобне приміщення	5,69	Д
37	Торгівельна зала	125,90	Д
38	Аптека	14,11	Д
39	Туалет	1,40	Д
40	Санвузол	1,88	Д
41	Коридор	6,88	Д
42	Банк	28,88	Д
43	Підсобне приміщення банку	5,66	Д
44	Офісне приміщення	14,61	Д
45	Туалет	1,40	Д
46	Санвузол	1,88	Д
47	Підсобне приміщення	5,80	Д
48	Офісне приміщення	23,86	Д
49	Офісне приміщення	17,52	Д
50	Коридор	3,79	Д
51	Коридор	27,25	Д
52	Офісне приміщення	18,12	Д
53	Офісне приміщення	40,19	Д

ПЛАН ТИПОВОГО ПОВЕРХУ  
М 1:100



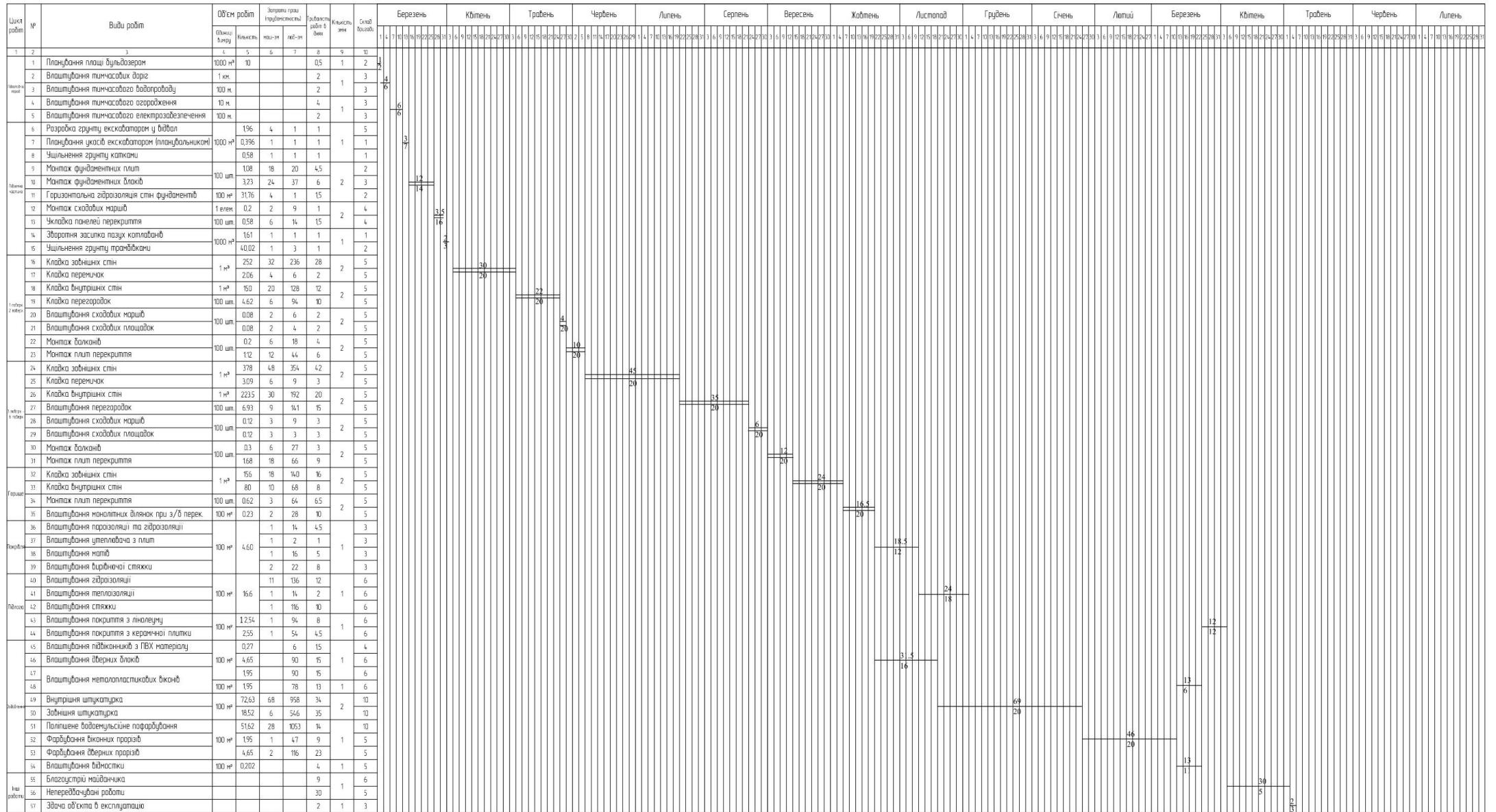
ЕКСПЛІКАЦІЯ ПРИМІЩЕНЬ

№ прим.	Найменування	Площа, м <sup>2</sup>	Кат. прим.
54	Сходова клітка	11,00	Д
55	Сходова площадка	11,17	Д
56	Сходова клітка	19,61	Д
57	Сходова площадка	13,42	Д
58	Сходова клітка	10,98	Д
59	Сходова площадка і коридор	26,08	Д
60	Кімната	23,43	Д
61	Кімната	14,79	Д
62	Балкон	4,54	Д
63	Кімната	18,15	Д
64	Коридор	16,62	Д
65	Ванна кімната	2,95	Д
66	Туалет	1,61	Д
67	Кухня	8,48	Г
68	Балкон	2,81	Д
69	Кухня	10,94	Г
70	Санвузол	3,43	Д
71	Коридор	3,91	Д
72	Кімната	20,54	Д
73	Балкон	3,12	Д
74	Кімната	17,44	Д

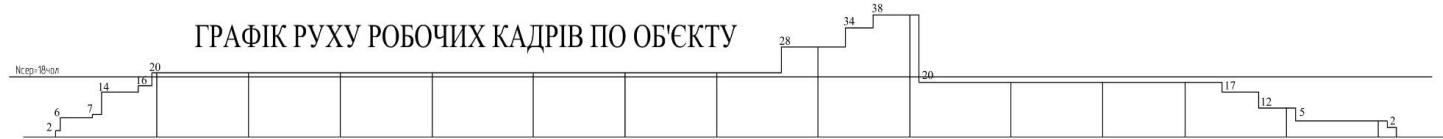
№ прим.	Найменування	Площа, м <sup>2</sup>	Кат. прим.
75	Коридор	10,92	Д
76	Ванна кімната	2,88	Д
77	Туалет	1,57	Д
78	Кухня	11,52	Г
79	Балкон	3,12	Д
80	Кімната	13,02	Д
81	Ванна кімната	7,59	Д
82	Туалет	2,50	Д
83	Кімната	15,38	Д
84	Коридор	13,76	Д
85	Гардероб	4,15	Д
86	Кімната	23,11	Д
87	Балкон	5,59	Д
88	Кухня	20,54	Г
89	Туалет	2,45	Д
90	Санвузол	3,60	Д
91	Кухня	10,47	Г
92	Балкон	2,80	Д
93	Коридор	3,78	Д
94	Кімната	16,20	Д
95	Коридор	10,58	Д

№ прим.	Найменування	Площа, м <sup>2</sup>	Кат. прим.
96	Ванна кімната	2,80	Д
97	Туалет	1,60	Д
98	Кухня	8,62	Г
99	Кімната	16,50	Д
100	Гардероб	2,15	Д
101	Кімната	11,00	Д
102	Балкон	3,45	Д
103	Балкон	3,45	Д
104	Кімната	11,41	Д
105	Гардероб	2,15	Д
106	Кімната	16,50	Д
107	Кухня	8,71	Г
108	Туалет	1,63	Д
109	Ванна кімната	2,86	Д
110	Коридор	10,84	Д
111	Кімната	16,14	Д
112	Коридор	3,78	Д
113	Санвузол	3,60	Д
114	Кухня	10,47	Г
115	Балкон	2,80	Д
116	Балкон	2,83	Д
117	Кухня	7,85	Г
118	Туалет	1,41	Д
119	Ванна кімната	2,64	Д
120	Коридор	5,85	Д
121	Кімната	10,37	Д
122	Кімната	17,02	Д
123	Коридор	4,25	Д
124	Ванна кімната	2,80	Д
125	Туалет	1,60	Д
126	Кухня	8,97	Г
127	Кімната	21,72	Д
128	Балкон	2,70	Д
129	Коридор	8,78	Д
130	Ванна кімната	2,88	Д
131	Туалет	1,44	Д
132	Кухня	8,52	Г
133	Кімната	10,54	Д
134	Балкон	1,97	Д
135	Кімната	21,45	Д

# КАЛЕНДАРНИЙ ГРАФІК ВИКОНАННЯ РОБІТ ПО ОБ'ЄКТУ



## ГРАФІК РУХУ РОБОЧИХ КАДРІВ ПО ОБ'ЄКТУ



## ТЕП ПРОЕКТУ

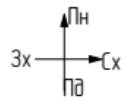
Назва показника	Одиниці виміру	Кількісна оцінка
Держимісний термін будівництва	міс.	15
Фактичний термін будівництва	міс.	14
Показник рентабельності будівельного поточку	-	15
Показник компактності будівництва	-	0,7
Показник зручності тимчасових будівель	-	0,1
Показник використання території під склад	-	0,14
Показник розбілкі мережі тимчасових доріг	-	0,2

## ГРАФІК ПОСТАВКИ НА ОБ'ЄКТ ОСНОВНИХ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

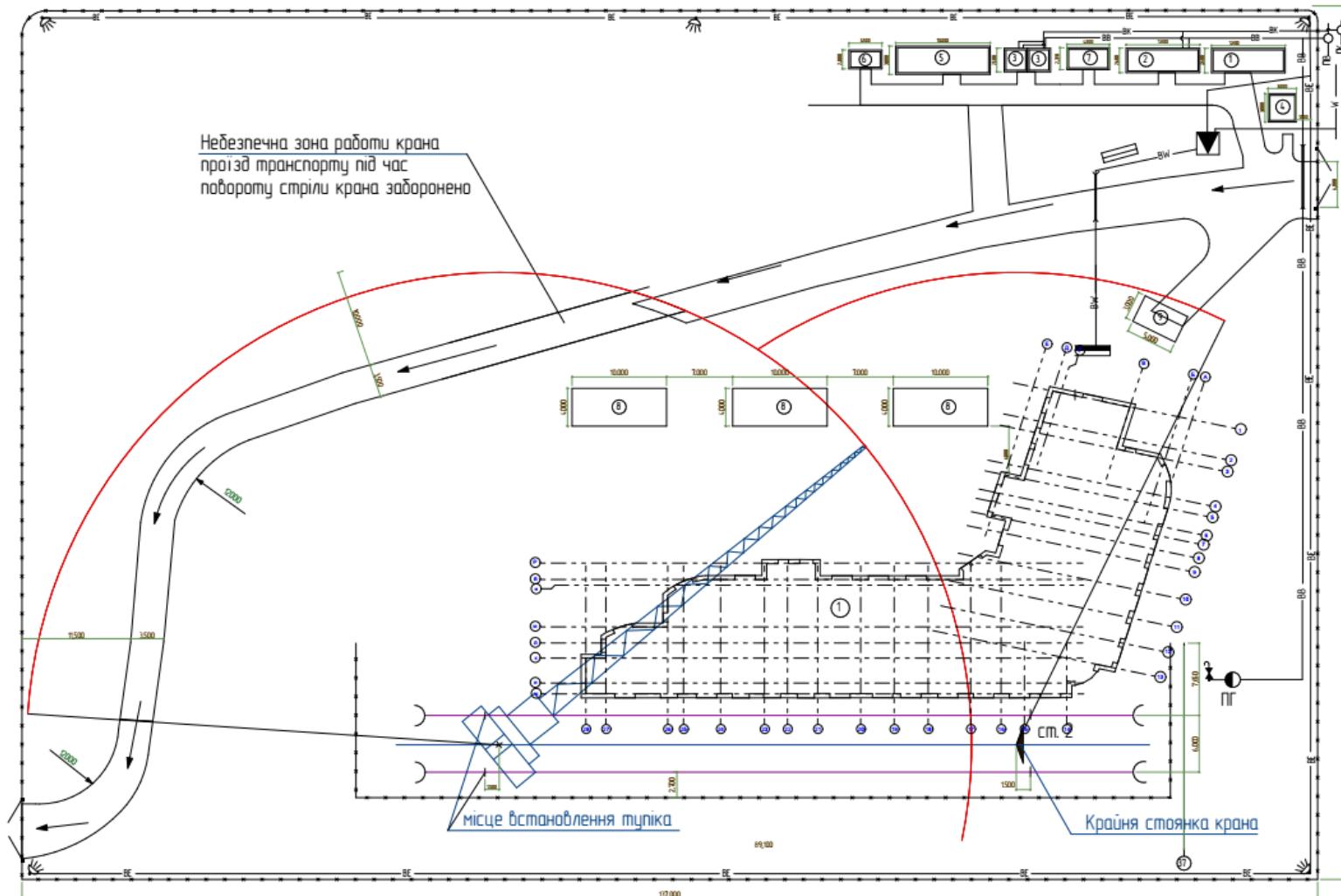
Наименование	Кількість	Термін поставки
1. Фундаментні плити і блоки		
2. Сх. марші і плити перекриття		
3. Цегла і вапняк		
4. Перегородки		
5. Руберойд		
6. Лінолеум		

## ГРАФІК РУХУ ОСНОВНИХ БУДІВЕЛЬНИХ МАШИН І МЕХАНІЗМІВ

Наименование	Кількість	Термін роботи
1. Бульдозер		
2. Екскаватор		
3. Баштовий кран		
4. Битумноарсенний агрегат		
5. Штукатурна станція		



# БУДГЕНПЛАН



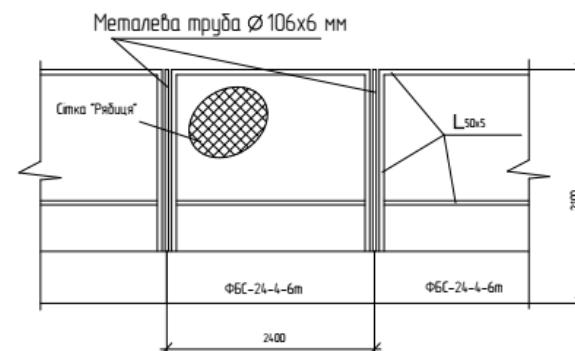
## Умовні позначення

- Будівля, що будується
- Тимчасові будівлі контейнерного та збірно-розбірного типу
- Відкрита площадка для складування сбудованих матеріалів та конструкцій
- Тимчасові дороги
- Трансформаторна підстанція
- Шкаф електропостачання зварювальних трансформаторів та інших силових споживачів
- Щит із засобами пожежогасіння
- Прожектори
- Постійна електромережа
- Постійний водопровід
- Постійна каналізація
- Тимчасова повітряна електромережа на опорах
- Тимчасова силова кабельна електромережа
- Тимчасовий протипожежно-господарський водопровід
- Тимчасова каналізація
- Колодязь с пожежним гідрантом
- Водозабірна колонка
- Границя монтажної зони
- Границя небезпечної зони
- Тимчасове огороження будівельного майданчика
- Вісь проходження крана при монтажі надземних конструкцій
- Стоянки крана

## Експлікація тимчасових будівель та споруд

№ п/п	Найменування тимчасових будівель та споруд	К-сть	Тип (серія)	Площа м <sup>2</sup>	Розміри, м
1	Кантара виконроба та майстрів	1	Контейнер ПКВ-00	20,3	7,8x2,6
2	Душова/умивальники	1	Контейнер ПФ-00-Д	20,3	7,8x2,6
3	Туалет	1	Контейнер 154	12,3	4,9x2,5
4	Прохідна	1	Збірно-розбірний	9	3,0x3,0
5	Склад закритого зберігання матеріалів	1	ВСГ-30	30	10x3,0
6	Майстерня для ремонту інвентаря	1	1824	7,0	3,5x2,0
7	Роздягальня	1	Л-БКС	10,0	4,5x2,32
8	Відкритий склад зберігання матеріалів	1	Відкритий майданчик	160	10x4
9	Майданчик для прийому бетону, розчину	1	Відкритий майданчик	15	5x3

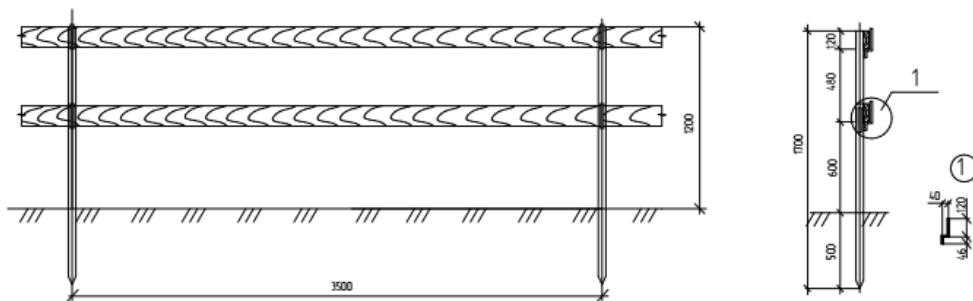
## Фрагмент огороження будмайданчика



Таблиця витрат матеріалів (на 100 м огороження)

Найменування	Кількість
Фундаментний з.б. блок	42
Стійка	43
Секція металічна	42

## Огороження рельсових кранових шляхів



## ВІДГУК ОПОНЕНТА

Магістерська кваліфікаційна робота здобувача Гураша Павла Сергійовича присвячена актуальній проблемі підвищення енергоефективності цивільних будівель шляхом зменшення тепловтрат через конструкції підлог, що є важливим завданням сучасного проектування та експлуатації будівель.

Робота вирізняється комплексним підходом до розв'язання поставлених завдань і поєднує теоретичний аналіз, експериментальні дослідження, числове моделювання та проектно-технічні рішення. Структура роботи є логічною та послідовною, зміст повністю відповідає заявленій темі.

У науково-дослідних розділах 1-3 автором детально досліджено теплотехнічний стан підлог над ґрунтом і над неопалюваними приміщеннями, проаналізовано вплив різних схем утеплення та теплових містків. Особливої уваги заслуговує використання нестационарних моделей теплоперенесення та порівняльний аналіз варіантів горизонтального, вертикального й комбінованого утеплення.

Розділ 4 магістерської кваліфікаційної роботи виконано на належному професійному рівні. Автором обґрунтовано прийняті архітектурно-будівельні та конструктивні рішення, розроблено генеральний план, будівельний генеральний план і календарний графік виконання робіт. Організаційно-технологічні рішення відповідають чинним нормативним вимогам і забезпечують раціональну організацію будівельного процесу.

Розділ 5 містить розрахунок економічної ефективності запропонованих технічних рішень. Наведені економічні показники підтверджують доцільність впровадження удосконаленої конструкції підлоги та свідчать про практичну цінність результатів роботи.

Зміст розділів 4-5 логічно узгоджується з науково-дослідною частиною та доповнює її з позицій проектно-технічної та економічної обґрунтованості.

Отримані результати мають практичну цінність і можуть бути використані у проектній практиці, зокрема при розробленні енергоефективних рішень для житлових і громадських будівель.

До незначних зауважень, що не знижують загального рівня роботи, можна віднести:

- доцільність розширення порівняльного аналізу з альтернативними теплоізоляційними матеріалами у розділі 3;
- можливість більш детального аналізу впливу вологісного режиму ґрунтів на тепловтрати підлог;
- деякі графічні матеріали в пояснювальній записці могли б бути доповнені єдиною системою умовних позначень і масштабів для полегшення порівняльного аналізу результатів;
- розріз варто б було доповнити більш детальним відображенням конструкції підлоги першого поверху з прив'язкою до прийнятих теплотехнічних рішень.

Загалом магістерська кваліфікаційна робота виконана на високому рівні, відповідає вимогам чинних нормативних документів та заслуговує на позитивну оцінку.

Магістерська кваліфікаційна робота Гураша П.С. рекомендується до захисту, а її автор заслуговує на присвоєння кваліфікації магістра за спеціальністю 192 – «Будівництво та цивільна інженерія» з оцінкою «добре» В.

Опонент:

к.т.н., доцент кафедри ТЕ



Співак О.Ю.

## ВІДГУК КЕРІВНИКА магістерської кваліфікаційної роботи

Магістерська кваліфікаційна робота студента гр. 1Б-24м Гураша Павла Сергійовича виконана на актуальну науково-практичну тему, що присвячена дослідженню та обґрунтуванню сучасних рішень зі зменшення тепловтрат через конструкції підлог цивільних будівель. Обрана тематика повністю відповідає сучасним вимогам енергоефективного будівництва, чинним нормативним документам України та пріоритетним напрямом розвитку будівельної науки.

Робота має чітку логічну структуру та складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. У вступі коректно сформульовано актуальність, мету, завдання, об'єкт і предмет дослідження, визначено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів.

У першому розділі виконано ґрунтовний аналіз сучасного стану проблеми тепловтрат через конструкції підлог, розглянуто теплотехнічні процеси передачі теплоти, проаналізовано вплив теплових містків і геометричних параметрів конструкцій. Матеріал подано на високому теоретичному рівні з використанням актуальних нормативних і наукових джерел.

Другий розділ присвячено експериментальним дослідженням та числовому моделюванню тепловтрат через підлогу. Автором виконано експериментальні вимірювання температурного режиму вузла «стіна – підлога – ґрунт», а також проведено нестационарне моделювання температурних полів для різних варіантів теплоізоляції. Отримані результати є достовірними, логічно обґрунтованими та коректно інтерпретованими.

У третьому розділі здійснено узагальнення експериментальних і модельних результатів, встановлено закономірності впливу товщини та геометрії утеплення на тепловий режим конструкції, обґрунтовано оптимальні варіанти теплоізоляції. Показано, що запропоновані рішення дозволяють зменшити тепловтрати на 40–55 %, що має істотне практичне значення.

Технічна частина роботи (розділ 4) виконана на належному професійному рівні та включає обґрунтовані архітектурно-будівельні, конструктивні та організаційно-технологічні рішення, генеральний план, календарний графік та будівельний генеральний план. В економічному розділі наведено розрахунок економічної ефективності впровадження удосконаленої конструкції підлоги.

Магістрант проявив високий рівень самостійності, аналітичного мислення та вміння працювати з нормативною і науковою літературою, має відповідальне ставлення до виконання навчальних і наукових завдань. Робота оформлена відповідно до чинних вимог, ілюстративний та табличний матеріал є інформативним і якісним.

**Зауваження носять рекомендаційний характер і не впливають на загальну позитивну оцінку роботи:**

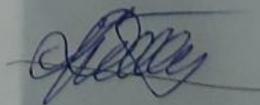
1. У науково-дослідних розділах доцільно було б більш детально порівняти отримані результати числового моделювання з даними аналогічних вітчизняних та зарубіжних досліджень для розширення наукової аргументації.

2. У висновках роботи можна було б більш чітко структуризувати рекомендації для практичного впровадження результатів дослідження у проектній діяльності.

3. На окремих архітектурних кресленнях доцільно було б деталізувати вузли примикання огорожувальних конструкцій (стіна – підлога – ґрунт) з урахуванням теплоізоляційних рішень, що розглядаються у науковій частині роботи.

Магістерська кваліфікаційна робота Гураша П.С. відповідає вимогам до робіт другого (магістерського) рівня вищої освіти за спеціальністю 192 – «Будівництво та цивільна інженерія», а її автор заслуговує на присвоєння кваліфікації магістра з оцінкою «добре» (В, 85 балів).

Науковий керівник:  
к.т.н., доцент кафедри БМГА



Христия О.В.