

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет будівництва та транспорту  
Кафедра Архітектури та інженерних вишукувань**

До захисту  
Допускається  
Завідувач кафедри  
Архітектури та інженерних  
вишукувань  
\_\_\_\_\_ Бородай Д. С.

«\_\_\_»\_\_\_\_\_2025р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**за другим рівнем вищої освіти**

На тему: «Особливості використання альтернативної системи опалення приміщення на прикладі багатоповерхового житлового будинку в м. Черкаси»

Виконав (ла)

В. В. Чумаченко

(підпис)

(Прізвище, ініціали)

Група

БУД 2401-2 м

(Науковий)  
керівник

А. О. Редько

(підпис)

(Прізвище, ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра: Архітектури та інженерних вишукувань  
Спеціальність: 192 "Будівництво та цивільна інженерія"

## ЗАВДАННЯ

### НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

**Чумаченко Віталій Володимирович**

**Тема роботи:** Особливості використання альтернативної системи опалення приміщення на прикладі багатоповерхового житлового будинку в м. Черкаси

Затверджено наказом по університету № 34/ОС від " 07 " 01 2025р.  
Строк здачі студентом закінченої роботи: " 10 " 12 2025 р.

Вихідні дані до роботи:

Дані інженерно-геологічних вишукувань, типові проекти, завдання проектування

4.Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що підлягають розробці)

Розділ 1. Загальна характеристика роботи, Розділ 2. Бібліографічний огляд досліджень, Розділ 3. Особливості альтернативної системи опалення приміщення, 3.1 Опис системи теплої підлоги, 3.2 Влаштування теплої підлоги, Розділ 4. Опис архітектурно-планувального рішення будівлі, 4.1 Ситуаційний план, 4.2 Об'ємно-планувальне рішення, 4.3 Архітектурно-конструктивне рішення, Список використаних джерел

5. Перелік графічного та або мультимедійного матеріалу (з вказівкою обов'язкових креслень)

15 слайдів мультимедійного матеріалу

<b>Керівник :</b>		А. О. Редько
	(підпис)	(Прізвище, ініціали)
<b>Консультант</b>		А. О. Редько
	(підпис)	(Прізвище, ініціали)
<b>Завдання прийняв до виконання:</b>		
<b>Здобувач</b>		В. В. Чумаченко
	(підпис)	(Прізвище, ініціали)

## Анотація

**Чумаченко Віталій Володимирович** «Особливості використання альтернативної системи опалення приміщення на прикладі багатоповерхового житлового будинку в м. Черкаси» – Кваліфікаційна робота магістра на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота магістра за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія». – Сумський національний аграрний університет, Суми, 2025.

Робота складається із змісту, загальної характеристики роботи та її кваліфікаційних ознак, огляду досліджень за обраною темою, розділів основної частини, висновків за результатами МКР (українською та англійською мовами).

Сформульовано мету, задачі, об'єкт та предмет дослідження, методи наукового дослідження.

Дослідження присвячене проектуванню, монтажу та експлуатаційним характеристикам електричних систем теплої підлоги в багатоповерхових житлових будинках під час капітального ремонту. Електричне підлогове опалення – це низькотемпературна система радіаційного опалення, в якій тепло генерується резистивними кабелями або плівками і передається через конструкцію підлоги в приміщення, забезпечуючи рівномірний розподіл температури та підвищений тепловий комфорт. Система працює незалежно від мереж центрального опалення, що дозволяє індивідуально регулювати температуру в приміщеннях і мінімізувати тепловтрати, пов'язані з традиційними конвективними системами опалення.

У роботі досліджуються ключові технічні параметри, включаючи лінійну потужність нагрівальних кабелів, відстань між петлями, товщину стяжки та ізоляційні шари з екструдованого полістиролу або матеріалів з фольгованим покриттям. Процедура монтажу передбачає точну підготовку підлоги, вирівнювання, гідро- та теплоізоляцію, фіксацію кабелю за допомогою монтажних стрічок або армованих сіток, а також розміщення датчиків температури в гофрованих захисних трубах для забезпечення точного контролю та довготривалої надійності системи. Дослідження демонструє вплив

підлогового покриття на теплопередачу, підкреслюючи важливість матеріалів з високою теплопровідністю, таких як керамічна плитка ( $\lambda \approx 1,0\text{--}1,2 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$ ), порівняно з матеріалами з нижчою теплопровідністю, такими як ламінат або лінолеум ( $\lambda \approx 0,15\text{--}0,20 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$ ), які вимагають регулювання відстані між кабелями для досягнення оптимальної ефективності.

Дослідження також включає практичні розрахунки для контролю температури поверхні та вимог до потужності системи, підтверджуючи, що робоча температура підлоги  $26\text{--}28 \text{ }^\circ\text{C}$  забезпечує комфорт при збереженні енергоефективності, із середньою потужністю системи близько  $85\text{--}90 \text{ Вт/м}^2$ . Програмовані термостати та стратегії зонування додатково оптимізують споживання енергії.

**Ключові слова:** тепла підлога, опалення приміщення, житловий будинок.

**Список публікацій та/або виступів на конференціях студента:**

1. Чумаченко В.В. Дослідження удосконалення архітектурно-конструктивних рішень в будівництві// Матеріали 87-ї Міжнародної наукової конференції студентів університету, 7– 11 квіт. 2025 р. Харків, 2025.

2. Чумаченко В.В. ТЕХНІКО- ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ МЕТОДІВ ОПАЛЕННЯ // Матеріали XIX Міжнародної науково-практичної конференції, 26 листопада 2025 р. Харків, 2025. С.40

В додатках наведено тези конференції, альбом слайдів мультимедійної презентації.

Структура роботи.

Робота складається з основного тексту на 43 сторінках, у тому числі 3 таблиці та 6 рисунків. Текст роботи містить загальну характеристику роботи, 4 розділи, висновки і рекомендації за результатами роботи, список з 19 використаного джерела. Графічна частина складається з 15 слайдів мультимедійної презентації.

## Abstracts

**Chumachenko Vitaliy** “Features of using an alternative heating system in a multi-storey residential building in Cherkasy” - Master's thesis in manuscript form.

Master's thesis in the specialty 192 “Construction and Civil Engineering”. – Sumy National Agrarian University, Sumy, 2025.

The thesis consists of a table of contents, a general description of the thesis and its qualification characteristics, a review of research on the chosen topic, sections of the main part, and conclusions based on the results of the MCR (in Ukrainian and English).

The purpose, objectives, object and subject of the research, and methods of scientific research are formulated.

The research is devoted to the design, installation, and operational characteristics of electric underfloor heating systems in multi-story residential buildings during major repairs. Electric floor heating is a low-temperature radiant heating system in which heat is generated by resistive cables or films and transferred through the floor structure into the room, ensuring uniform temperature distribution and increased thermal comfort. The system operates independently of central heating networks, allowing individual temperature control in rooms and minimizing heat loss associated with traditional convective heating systems.

The study examines key technical parameters, including the linear power of heating cables, the distance between loops, the thickness of the screed, and insulation layers made of extruded polystyrene or foil-coated materials. The installation procedure involves precise floor preparation, leveling, hydro and thermal insulation, cable fixation using mounting tapes or reinforced meshes, and the placement of temperature sensors in corrugated protective pipes to ensure accurate control and long-term reliability of the system. The study demonstrates the impact of flooring on heat transfer, highlighting the importance of materials with high thermal conductivity, such as ceramic tiles ( $\lambda \approx 1.0\text{--}1.2 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ ), compared to materials with lower thermal conductivity, such as laminate or linoleum ( $\lambda \approx 0.15\text{--}0.20 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ ), which require

adjustment of the distance between cables to achieve optimal efficiency.

The study also includes practical calculations for surface temperature control and system power requirements, confirming that a floor operating temperature of 26–28 °C provides comfort while maintaining energy efficiency, with an average system power of approximately 85–90 W/m<sup>2</sup>. Programmable thermostats and zoning strategies further optimize energy consumption.

**Keywords:** heated floor, space heating, residential building.

**List of student publications and/or conference presentations:**

1. Chumachenko V. Research on the improvement of architectural and structural solutions in construction// Materials of the 87th International Scientific Conference of University Students, April 7–11, 2025. Kharkiv, 2025.

2. Chumachenko V. Technical and economic justification for the use of energy-efficient heating methods // Proceedings of the XIX International Scientific and Practical Conference, November 26, 2025. Kharkiv, 2025. P. 40

The appendices contain the conference abstracts and a slide album of the multimedia presentation.

Structure of the work.

The work consists of the main text on 43 pages, including 3 tables and 6 figures. The text of the work contains a general description of the work, 4 sections, conclusions and recommendations based on the results of the work, and a list of 19 sources used. The graphic part consists of 15 slides of a multimedia presentation.

## ЗМІСТ

Розділ 1. Загальна характеристика роботи.....	9
Розділ 2. Бібліографічний огляд досліджень.....	12
Розділ 3. Особливості альтернативної системи опалення приміщення.....	20
3.1 Опис системи теплої підлоги.....	20
3.2 Влаштування теплої підлоги.....	25
Розділ 4. Опис архітектурно-планувального рішення будівлі.....	34
4.1 Ситуаційний план.....	34
4.2 Об'ємно-планувальне рішення.....	34
4.3 Архітектурно-конструктивне рішення.....	35
Список використаних джерел.....	42

## РОЗДІЛ 1

### ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми:** Актуальність вивчення систем теплих підлог пов'язана із зростаючою потребою в енергоефективних та екологічно стійких рішеннях для багатоповерхових житлових будинків. Традиційні конвекційні системи опалення часто призводять до нерівномірного розподілу температури, надмірного споживання енергії та локального теплового дискомфорту. Низькотемпературні системи, такі як електрична тепла підлога, забезпечують рівномірний розподіл тепла по всій площі підлоги, зменшують втрати енергії та дозволяють точно регулювати температуру в окремих приміщеннях, що відповідає сучасним стандартам енергоефективності та комфорту в приміщенні.

**Мета і завдання дослідження:** Метою цього дослідження є аналіз конструкції, монтажу та експлуатаційних параметрів електричних систем опалення для забезпечення їх ефективності, надійності та комфорту в багатоповерхових житлових будинках. Основними завданнями дослідження є: дослідити вплив лінійної потужності кабелю та відстані між ним на розподіл тепла; оцінити вплив товщини стяжки та матеріалів для обробки підлоги на теплопередачу; визначити оптимальні методи розміщення та захисту датчиків температури; запропонувати схеми монтажу, що мінімізують споживання енергії та максимізують комфорт користувачів.

**Об'єкт дослідження:** Багатоповерховий житловий будинок в місті Черкаси.

**Предмет дослідження:** Особливості використання теплої підлоги як альтернативної системи опалення.

**Методи дослідження:** У дослідженні використовується поєднання аналітичних, експериментальних та обчислювальних методів. Аналітичні розрахунки включають визначення щільності теплового потоку, відстані між кабелями та розподілу температури на основі теплопровідності матеріалів підлоги. Експериментальні методи передбачають тестування характеристик

нагрівального кабелю, вимірювання температури поверхні та перевірку точності датчиків температури в контрольованих умовах. Обчислювальне моделювання за допомогою програмного забезпечення для теплового моделювання дозволяє оцінити різні схеми монтажу, оптимізувати вимоги до потужності та прогнозувати енергоспоживання для приміщень різного розміру та з різним покриттям підлоги.

**Наукова та технічна новизна одержаних результатів:** Наукова та технічна новизна дослідження полягає у всебічній інтеграції точних параметрів проектування з практичними методами монтажу електричних систем опалення. Дослідження визначає оптимальну лінійну потужність нагрівальних кабелів у діапазоні 10–20 Вт/м, відстань між петлями кабелю від 7,5 до 15 см залежно від теплового навантаження та товщину стяжки 30–50 мм для забезпечення рівномірного розподілу тепла. Воно встановлює точні стратегії розміщення датчиків температури в гофрованих захисних трубах на відстані 20–30 мм від найближчого провідника, забезпечуючи надійне регулювання температури та довготривалу стійкість системи.

**Практичне значення одержаних результатів:** Дослідження кількісно оцінює теплові ефекти різних підлогових покриттів, демонструючи, що матеріали з високою теплопровідністю, такі як керамічна плитка ( $\lambda > 1,0$  Вт/м·К), забезпечують максимальну ефективність, тоді як ламінат ( $\lambda \approx 0,15–0,20$  Вт/м·К) вимагає коригування відстані між кабелями для забезпечення еквівалентного нагрівання. Крім того, в роботі пропонується оптимізація енергоспоживання за допомогою зонування та програмованих термостатів, що дозволяють підтримувати температуру поверхні на рівні 26–29 °С, мінімізуючи споживання електроенергії та уникаючи локального перегріву.

**Апробація та публікація результатів роботи:** 1 . Чумаченко В.В. Дослідження удосконалення архітектурно-конструктивних рішень в будівництві// Матеріали 87-ї Міжнародної наукової конференції студентів університету, 7– 11 квіт. 2025 р. Харків, 2025.

2. Чумаченко В.В. ТЕХНІКО- ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ  
ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ МЕТОДІВ ОПАЛЕННЯ //  
Матеріали ХІХ Міжнародної науково-практичної конференції, 26 листопада 2025  
р. Харків, 2025. С.40

## РОЗДІЛ 2

### БІБЛІОГРАФІЧНИЙ ОГЛЯД ДОСЛІДЖЕНЬ

Система теплої підлоги представляє собою низькотемпературну технологію опалення, в якій тепла енергія передається переважно за допомогою випромінювання та вторинного теплопровідного перенесення всередині конструкції підлоги. Основний нагрівальний елемент повністю інтегрований у конструкцію підлоги, що забезпечує рівномірний розподіл тепла по всій площі приміщення. На відміну від традиційних конвективних систем опалення, які створюють локалізовані схеми циркуляції повітря та шари теплового і холодного повітря, тепла підлога створює стабільний вертикальний температурний градієнт, з найвищою температурою на рівні підлоги і поступовим зниженням до стелі. Цей тепловий профіль зменшує втрати тепла через верхню оболонку будівлі, усуває утворення зон перегріву та значно покращує умови теплового комфорту для мешканців. Даний метод перенесення тепла мінімізує різницю температур між поверхнею підлоги та навколишнім повітрям, тим самим покращуючи енергоефективність за рахунок підтримки комфорту в приміщенні при нижчих середніх температурах повітря[16].

Принцип роботи теплої підлоги залежить від типу системи, яка класифікується як водяна або електрична. Водяна системи використовують циркулюючий теплоносій, воду або суміш води та гліколю, яка протікає через мережу зшитого поліетилену або багатошарових композитних труб, вбудованих у стяжку або інші конструктивні елементи підлоги. Температура подачі теплоносія підтримується в діапазоні 35–45 °С, що є достатнім для забезпечення стабільного тепловиділення без створення надмірної температури поверхні підлоги. Гідравлічний контур вимагає розподільного колектора, оснащеного лічильниками, балансувальними клапанами, термостатичними приводами та запобіжними пристроями. У багатоповерхових житлових будинках система підключається до центрального джерела тепла, такого як конденсаційний газовий котел, підстанція централізованого тепlopостачання або тепловий насос, з

обов'язковою установкою змішувальних модулів і циркуляційних насосів для стабілізації параметрів температури та тиску потоку. Теплова інерція бетонної стяжки, товщиною 50–70 мм, забезпечує рівномірне випромінювання тепла, але також вимагає точного контролю за допомогою програмованих термостатів і кімнатних датчиків для підтримки стабільних умов експлуатації.

На відміну від цього, електричні системи використовують резистивні нагрівальні елементи, які можуть мати вигляд екранованих нагрівальних кабелів, гнучких матів із заводським фіксованим кроком або сучасних нагрівальних плівок на вуглецевій основі. Тепло генерується за рахунок джоулевих втрат, коли струм протікає через провідники з високим питомим електричним опором. Залежно від типу елемента, робоча температура нагрівального кабелю або плівки може досягати 60–70 °С; однак електронні блоки управління, оснащені датчиками підлоги та повітря, обмежують температуру поверхні підлоги до 26–28 °С у стандартних житлових приміщеннях і до 32 °С у приміщеннях з підвищеними тепловтратами, таких як ванні кімнати або кутові кімнати. Система включає пристрої захисного відключення, термостати з програмованими графіками та, в сучасних установках, інтеграцію з протоколами автоматизації будівлі для оптимізації енергоспоживання. На відміну від гідравлічних систем, електрична тепла підлога не залежить від центральної інфраструктури і легше встановлюється в приміщеннях з обмеженою висотою будівлі, але його експлуатаційна ефективність визначається місцевою структурою тарифів на електроенергію[18].

Як водяні, так і електричні системи опалення для багатоповерхових житлових будинків вимагають ретельного проектування теплоізоляційних шарів під нагрівальним елементом, як правило, екструдованих полістирольних плит щільністю 30–35 кг/м<sup>3</sup> і товщиною 30–50 мм, щоб мінімізувати втрати тепла вниз. Загальна висота системи, включаючи ізоляцію, нагрівальний елемент і стяжку, становить від 80 до 120 мм у водяних системах і від 40 до 70 мм в електричних системах, залежно від конструктивних обмежень. Оптимальна ефективність

таких систем залежить не тільки від нагрівального елемента та обладнання для регулювання, але й від інтеграції з характеристиками оболонки будівлі, стратегією вентиляції та розподілом внутрішнього навантаження, які разом визначають фактичну сезонну економію енергії.

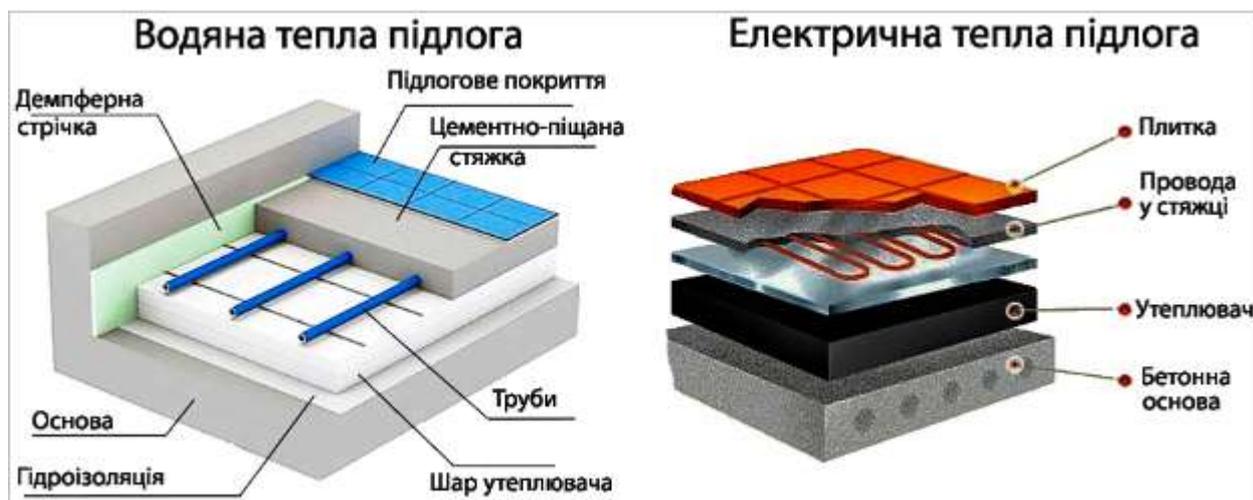


Рис. 2.1 Основні різновиди теплої підлоги

Плівкова система є спеціалізованим типом електричного опалення, яке працює за рахунок генерації довгохвильового інфрачервоного випромінювання в діапазоні 5–20 мкм. Її основний нагрівальний елемент складається з вуглецевих або біметалевих провідних смужок, вбудованих у багат шарову полімерну плівку з типовою товщиною 0,3–0,5 мм. При підключенні до стандартного електроживлення 220 В провідні смужки виробляють тепло за рахунок резистивних втрат, яке потім випромінюється у вигляді інфрачервоного випромінювання, яке безпосередньо нагріває поверхні та предмети в приміщенні, а також навколишнє повітря. Цей механізм випромінювання дозволяє системі досягати швидкого нагрівання, підтримуючи стабільний тепловий баланс у зонах перебування людей.

Встановлена щільність потужності плівкової системи опалення становить від 150 до 250 Вт/м<sup>2</sup>, залежно від виробника та умов експлуатації, що забезпечує достатню потужність як для додаткового, так і для основного опалення в багатоповерхових житлових приміщеннях. Максимальна температура поверхні

може досягати 45–50 °С, хоча точні електронні термостати з вбудованими датчиками підлоги та повітря регулюють систему для підтримки комфортного рівня 25–28 °С у житлових приміщеннях і до 32 °С у приміщеннях з більш високим тепловим навантаженням, таких як ванні кімнати або кутові квартири. Мінімальна товщина плівкового елемента забезпечує дуже низьку теплову інерцію, що призводить до короткого часу відгуку в порівнянні з іншими системами опалення, що робить його особливо придатним для приміщень з періодичним використанням або змінною потребою в теплі.

Основна перевага плівкового опалення полягає в методі монтажу, який усуває необхідність у цементно-піщаних стяжках або бетонних покриттях. Плівкові модулі розміщуються безпосередньо під остаточним покриттям підлоги, найчастіше під ламінатом, лінолеумом або інженерними дерев'яними дошками. У випадках, коли використовуються керамічна плитка або натуральний камінь, система вимагає додаткового захисного шару, наприклад гіпсокартону, для розподілу навантажень і захисту нагрівальної плівки[16].

Опалювальні модулі виготовляються у вигляді рулонів стандартної ширини 500 або 1000 мм і розрізаються на необхідні довжини відповідно до плану монтажу. Електричні з'єднання виконуються за допомогою мідних шин, ламінованих всередині плівкою з клемними з'єднаннями та ущільненими ізоляцією на бітумній основі для забезпечення механічної міцності та діелектричної надійності. Для застосування у вологих зонах, таких як кухні та ванні кімнати, використовуються захищені від вологи плівкові опалювальні модулі з армованою полімерною оболонкою, щоб відповідати стандартам безпеки.

Модульна структура плівкового опалення дозволяє здійснювати часткову установку та зонування, що дає можливість окремо регулювати різні секції підлоги. Ця особливість сприяє зниженню енергоспоживання у великих приміщеннях. У порівнянні з резистивними кабельними системами, які базуються на лінійних провідних елементах, укладених у стяжці, плівкове

опалення розподіляє енергію по більшій поверхні, тим самим мінімізуючи ризик локального перегріву. Проте необхідно дотримуватися певних обмежень щодо установки. Плівка для опалення завжди повинна бути розміщена на теплоізоляційній основі з інтегрованим шаром відбивної фольги, наприклад поліетиленовою піною товщиною 3–5 мм і теплопровідністю 0,035–0,040 Вт/м·К, щоб запобігти втратам тепла вниз. Важкі статичні навантаження не повинні припадати безпосередньо на зони нагрівання без компенсаційних прокладок, оскільки це може обмежити розсіювання тепла, збільшити локальний опір і спричинити термічну деградацію полімерної плівки.

Ефективність плівкового опалення визначається сукупністю взаємопов'язаних параметрів, включаючи теплопровідність підлогового покриття, рівномірність розподілу нагрівальних елементів і регулювання електричного навантаження. Матеріали з високою теплопровідністю, такі як бетонні стяжки з  $\lambda = 1,5\text{--}1,7$  Вт/м·К або цементно-піщані композити з  $\lambda = 1,0\text{--}1,4$  Вт/м·К, забезпечують швидкий теплообмін і стабільну температуру поверхні. І навпаки, підлогові покриття з ламінату або дерева, що мають значно нижчі значення теплопровідності в діапазоні 0,1–0,25 Вт/м·К, уповільнюють передачу тепла в приміщення, що може вимагати коригування режимів роботи або збільшення встановленої потужності для компенсації теплового опору. Крім того, на ефективність теплопередачі впливає рівень вологості в приміщенні, оскільки надмірна вологість може змінити діелектричні властивості матеріалів поверхні та знизити ефективність випромінювання тепла.



Рис. 2.2 Монтаж нагрівальних елементів

Рівномірний розподіл тепла в системах підлогового опалення досягається за рахунок оптимізації геометрії та відстані між нагрівальними елементами відповідно до розрахункового теплового навантаження. У водяних системах зшитий поліетилен або багатoshарові композитні труби із зовнішнім діаметром 16–20 мм і товщиною стінки 2,0–2,2 мм розташовуються у вигляді серпантину або спіралі. Відстань між сусідніми трубами визначається розрахунковим тепловим навантаженням і становить від 100 до 300 мм, причому менша відстань застосовується в зонах з високими втратами, таких як зовнішні стіни та кути, тоді як в центральних частинах приміщення допускаються більші інтервали[16]. Правильно спроектований малюнок усуває холодні смуги і забезпечує підтримку температури поверхні в житлових приміщеннях в межах нормативу 26–28 °С. Температура циркулюючої води підтримується на рівні 35–45 °С за допомогою розподільних колекторів.

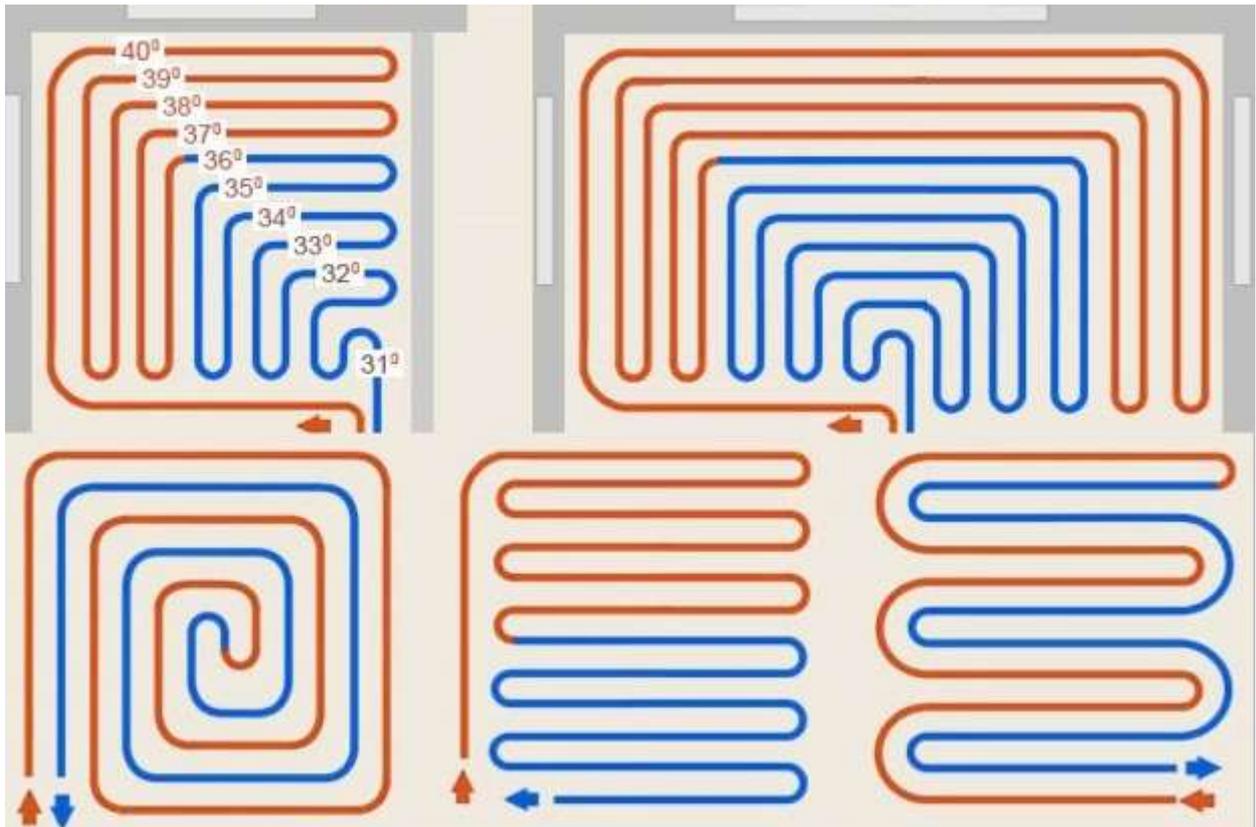


Рис. 2.3 Схема влаштування контурів водяної системи

В електричних кабельних системах нагрівальний елемент складається з екранованого резистивного кабелю з лінійною потужністю 10–20 Вт/м. Кабель прокладається паралельними рядами з інтервалом 80–120 мм, залежно від необхідної щільності нагрівання поверхні. Таке розташування запобігає як локальному перегріванню, так і недостатньо нагрітим зонам, підтримуючи відхилення рівномірності температури поверхні не більше ніж  $\pm 2$  °С. Загальна встановлена потужність розраховується в діапазоні 120–200 Вт/м<sup>2</sup> для додаткового опалення та 180–250 Вт/м<sup>2</sup> для основного опалення в багатоповерхових житлових будинках, де втрати тепла через підлогу є вищими. Регулювання температури здійснюється за допомогою програмованих термостатів з подвійними датчиками, що контролюють температуру повітря і поверхні підлоги[12].

На ефективність систем опалення значний вплив має якість теплоізоляції, встановленої під нагрівальними елементами, оскільки цей шар зменшує втрати

тепла вниз через конструкцію плити перекриття. У водяних системах найчастіше застосовуються теплоізоляційні плити з пінополістиролу товщиною 20–50 мм і коефіцієнтом теплопровідності  $\lambda = 0,032\text{--}0,038$  Вт/м·К. У випадках, коли потрібна вища міцність на стиск і вологостійкість, використовуються екструдовані полістирольні плити, що мають  $\lambda = 0,030\text{--}0,034$  Вт/м·К і міцність на стиск понад 250 кПа, що забезпечує необхідну несучу здатність під стяжками товщиною 50–80 мм.

Ізоляційний шар часто має профіль з монтажними вузликami для полегшення кріплення труб і забезпечення точного інтервалу під час монтажу. В системах електричних кабелів ізоляція підлоги складається з ламінованої фольгою поліетиленового пінопласту товщиною 3–10 мм і теплопровідністю 0,035–0,040 Вт/м·К. Інтегрований алюмінієвий відбивний шар має коефіцієнт випромінювання  $\varepsilon \leq 0,05$  і відбиває до 95% інфрачервоного випромінювання назад у верхню зону нагрівання, тим самим підвищуючи загальну ефективність системи на 10–15%[19].

Окрім теплових характеристик, відносна вологість повітря в приміщенні має прямий вплив на відчуття теплового комфорту. Традиційні конвекційні системи опалення часто спричиняють зниження вологості повітря в приміщенні через прискорену циркуляцію повітря і може знизити відносну вологість нижче 30%. На відміну від цього, системи опалення, які працюють при нижчих температурах поверхні і базуються переважно на випромінюванні, забезпечують мінімальний рух повітря і сприяють більш стабільному балансу вологості в приміщенні. Оптимальні значення відносної вологості в діапазоні 40–60% підтримуються без додаткового зволоження, що створює сприятливі мікрокліматичні умови, зменшує ризик пересихання слизових оболонок мешканців і допомагає зберегти стабільність розмірів дерев'яних підлогових матеріалів.

## РОЗДІЛ 3

### ОСОБЛИВОСТІ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ ПРИМІЩЕННЯ

#### 3.1 Опис системи теплої підлоги

Під час капітального ремонту багатоповерхових житлових будинків установка електричного опалення вважається технічно ефективним рішенням для забезпечення рівномірного розподілу тепла та стабільної роботи у всіх житлових приміщеннях. Система базується на принципі резистивного нагрівання, коли електричний струм, що протікає через провідник, генерує теплову енергію, яка потім передається до верхніх шарів підлоги шляхом теплопровідності та випромінювання. Завдяки точному електронному регулюванню кожна кімната може підтримувати свою власну задану температуру, що дозволяє зменшити загальну потребу в опаленні та істотно знизити споживання електроенергії.

Важливою перевагою такого опалення в багатоповерхових будівлях є його повна незалежність від центральних гідравлічних мереж. Це усуває втрати при передачі тепла, пов'язані з теплоносіями у водяних системах, і забезпечує мешканцям автономне управління графіком опалення. У квартирах, розташованих на верхніх поверхах або відкритих фасадах, де тепловтрати можуть перевищувати  $100 \text{ Вт/м}^2$ , правильно розраховані кабельні опалювальні контури можуть повністю компенсувати їх без перевантаження електророзподільної мережі, за умови, що в проекті передбачені спеціальні відгалуження та пристрої захисного відключення[18].

Кабель опалення вбудовується під цементно-піщану стяжку, яка виконує функцію теплового накопичувача та вирівнювача. Товщина стяжки безпосередньо впливає на динамічну реакцію системи: шари товщиною 30–40 мм забезпечують швидке нагрівання і підходять для допоміжного опалення, а шари товщиною 45–50 мм забезпечують вищу теплову інерцію і використовуються в випадках, коли система працює як основне джерело тепла.

Для запобігання витоку тепла вниз на нижчі поверхи під стяжкою встановлюються екструдовані пінополістирольні ізоляційні плити товщиною 20–50 мм і  $\lambda = 0,030\text{--}0,034$  Вт/м·К.

Регулювання температури здійснюється за допомогою програмованих цифрових термостатів, підключених до датчиків підлоги, розміщених у гофрованих захисних кабелепроводах, що забезпечує як точне регулювання, так і безпечний доступ для технічного обслуговування. Зниження навантаження на існуючу систему радіаторів є додатковою перевагою, особливо актуальною в старих будівлях з недостатньою ізоляцією стін або застарілими конструкціями вікон, де загальна потреба в опаленні на квартиру може досягати 60–90 Вт/м<sup>2</sup>.

Вибір кабелю відіграє вирішальну роль як в продуктивності, так і в складності монтажу. Одножильні нагрівальні кабелі з лінійною потужністю 15–20 Вт/м вимагають подвійного електричного підключення, тоді як двожильні кабелі спрощують монтаж, оскільки вимагають підключення лише з одного боку, зменшуючи випромінювання електромагнітного поля та забезпечуючи вищу надійність. Необхідно уникати встановлення стаціонарних меблів та приладів над контурами опалення, оскільки статичне навантаження, що перевищує 200–300 кг/м<sup>2</sup>, може обмежувати відведення тепла, створюючи локальне перегрівання та передчасний вихід системи з ладу[16].

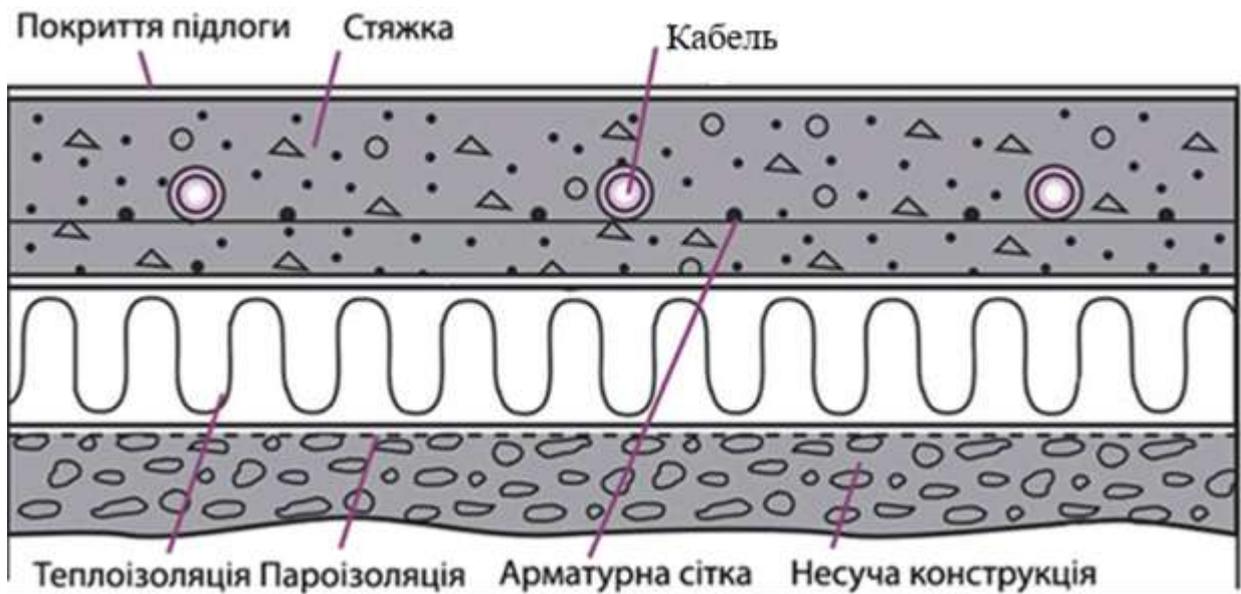


Рис. 3.1 Схема влаштування електричної системи опалення

Для точного розрахунку необхідно встановити відстань між кабелем:

$$A = Q_K / Q_n, \text{ м}$$

$$A = E_{\text{під}} / L_{\text{каб}}, \text{ м}$$

де:  $Q_K$  – потужність на 1 погонний метр кабелю, Вт/м;

$Q_n$  – необхідна потужність на 1 м<sup>2</sup> вільної площі;

$E_{\text{під}}$  - площа опалювального приміщення, незахарашена розміщенням обладнанням або меблями, м<sup>2</sup>

$L_{\text{каб}}$  - довжина кабелів, що укладається в підлогу, м

Коефіцієнт безпеки системи:

$$Q_{\text{ч}} = \frac{Q * T_{\text{в}} * K}{T_{\text{н}}}$$

де:

$T_{\text{в}}$  – час використання, 24 год.

$Q$  – тепловтрати;

$Q_{\text{ч}}$  – необхідна годинна потужність;

$K$  – коефіцієнт запасу, 1,2;

$T_{\text{н}}$  – час виробництва тепла, година.

Коефіцієнт теплопередачі:

$$R_o = \frac{1}{a} + RK + \frac{1}{a_n}$$

де:  $a_n$  - 8,7 - для стін та підлог, гладких стель;

$a_n$  - 23 для зовнішніх стін, покриттів, перекриттів над проїздами;

$R_k$  - термічний опір огорожувальної конструкції,  $m^2 \cdot ^\circ C / Wt$ :

$$R_k = \sum TR_i$$

де:  $R_i$  - термічний опір і шару огорожувальної конструкції,  $m^2 \cdot ^\circ C / Wt$ , що визначається за формулою:

$$R_i = \delta / \lambda$$

де:  $\delta$  – товщина шару, м;

$\lambda$  - теплопровідність матеріалу

Розрахунковий коефіцієнт втрати тепла:

$$Q = V * g \text{ (Вт)}$$

де:  $V$  – кубатура приміщень,  $m^3$ ;  $g$  – оцінні втрати тепла.

$$61 * 24 * 195 * (18 + 2,5) / (18 + 24) = 185 \text{ Квт/год}$$

де: 24 x 195 - тривалість опалювального періоду в градусо - годинах;

20,5 - середній температурний перепад за опалювальний період,  $^\circ C$ ;

42 – максимальний температурний перепад за опалювальний період  $^\circ C$

Для досягнення комфортного рівня опалення близько  $85 \text{ Вт}/m^2$  при використанні кабелю з питомою потужністю  $15 \text{ Вт}/m$  оптимальний крок монтажу становить приблизно 175–180 мм. Це забезпечує рівномірний розподіл тепла без утворення холодних зон. Менший крок збільшує швидкість нагрівання поверхні, але вимагає нижчої робочої температури, щоб уникнути перегріву, тоді як більший крок зменшує теплову потужність і вимагає кабелів з вищою лінійною потужністю.

Система живиться від стандартної мережі 220–230 В, при цьому максимальна потужність одного контуру обмежується захисним вимикачем і перерізом кабелю живлення. Для лінії з вимикачем 16 А допустиме навантаження становить близько 3,5 кВт, що відповідає максимальній довжині кабелю 230–250 м для елементів з потужністю 15 Вт/м. Для більших площ система розділена на окремі зони з індивідуальними термостатами, що запобігає перевантаженням і забезпечує незалежне регулювання температури в кожній кімнаті.

Монтаж здійснюється під цементно-піщаною стяжкою товщиною 30–50 мм, яка виконує функцію теплової маси і рівномірно розподіляє тепло по поверхні. Оптимальна товщина 45 мм забезпечує достатню теплову інерцію, зберігаючи при цьому прийнятний час відгуку опалення. Температура підлоги контролюється вбудованими датчиками, розміщеними всередині гофрованої трубки на відстані 20–30 мм від найближчого провідника, що забезпечує точні вимірювання та захист від локального перегріву[13].

Ефективність системи значною мірою залежить від остаточного покриття підлоги. Керамічна плитка або камінь з теплопровідністю вище 1,0 Вт/м·К забезпечують максимальну тепловіддачу, що дозволяє обмежити щільність теплового потоку до 80–90 Вт/м<sup>2</sup>. При використанні дерев'яних покриттів або ламінату з теплопровідністю близько 0,15–0,20 Вт/м·К необхідно враховувати додатковий тепловий опір, і для забезпечення рівномірного нагрівання може знадобитися зменшення відстані між елементами системи. У приміщеннях з підвищеними вимогами до комфорту допустима щільність теплового потоку може бути збільшена до 100 Вт/м<sup>2</sup>, при цьому максимальна температура поверхні не повинна перевищувати 29 °С.

Електрична тепла підлога повинна бути підключена через пристрої захисного відключення з номінальним струмом витoku не більше 30 мА, що забезпечує безпечну експлуатацію. Програмовані термостати дозволяють використовувати різні режими опалення протягом дня, що підвищує енергоефективність і знижує експлуатаційні витрати.

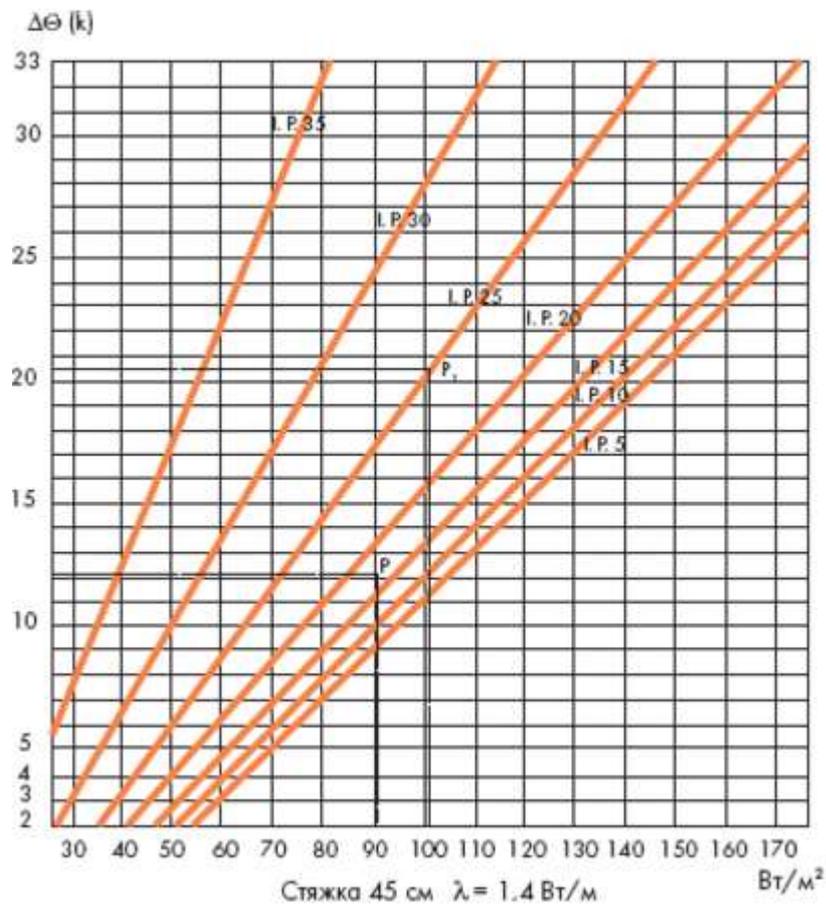


Рис. 3.2 Графік залежність значення теплопровідності від потужності

### 3.2 Влаштування теплої підлоги

Під час капітального ремонту багатоповерхового житлового будинку установка теплої підлоги починається з повного видалення старого покриття підлоги та ретельної оцінки існуючої основи. Демонтаж передбачає зняття дерев'яних дощок, паркету, ламінату, керамічної плитки або лінолеуму, залежно від початкового покриття. Якщо присутня цементно-піщана стяжка, необхідно оцінити її стан: при виявленні дефектів, таких як тріщини шириною більше 1 мм, відшарування поверхні або нерівності рівня, що перевищують 10 мм, стяжка видаляється до конструктивної основи за допомогою перфораторів або шліфувальних машин. Після видалення дефектного шару поверхня очищається від сміття, пилу та залишків клею для забезпечення надійного зчеплення наступних шарів.

Наступний крок передбачає вирівнювання підлоги з дотриманням суворих допусків. Відхилення, що перевищують 5 мм на квадратний метр, виправляють або шляхом нанесення нової цементно-піщаної стяжки з міцністю на стиск не менше 15 МПа, або за допомогою самовирівнюючої полімермодифікованої суміші, здатної забезпечити рівність поверхні  $\leq 2$  мм на 2 м лінійки. Місцеві порожнини ремонтуються за допомогою шпаклівки, а тріщини розкриваються, очищаються і герметизуються за допомогою полімерно-цементних композитів або еластичних герметиків, щоб запобігти їх подальшому поширенню.

Гідроізоляція є обов'язковою, особливо в приміщеннях з підвищеною вологістю, таких як ванні кімнати, кухні або пральні. Рулонні мембрани, такі як полімерно-бітумні листи товщиною 3–4 мм, наносяться з нахлестом не менше 100 мм і подовжуються вертикально на стіни на 100–120 мм. Як альтернатива, рідкі гідроізоляційні покриття, як правило, на основі цементно-полімерних сполук або поліуретанових дисперсій, наносяться двома послідовними шарами з мінімальним інтервалом затвердіння 6–8 годин, з армуванням на стиках стін і підлоги та проходах труб для забезпечення безперервного захисту[16].

Після затвердіння гідроізоляційного шару встановлюється теплоізоляційний і відбиваючий шар, щоб мінімізувати втрати тепла вниз. Для цього в сухих зонах використовують екструдовані полістирольні плити товщиною 20–50 мм і теплопровідністю  $\lambda = 0,030\text{--}0,034$  Вт/м·К, а у вологих зонах — поліетиленову піну із закритими порами, ламіновану фольгою, товщиною 5–10 мм і відбивною емісійною здатністю  $\varepsilon \leq 0,05$ . Всі стики герметизуються алюмінієвою клейкою стрічкою для забезпечення суцільності відбивного бар'єру та запобігання проникненню вологи.

Після укладання теплоізоляційного шару ретельно розмічають схему прокладки нагрівального кабелю. Чітко позначають ділянки, де кабель не слід прокладати, наприклад, місця для важких меблів, сантехнічних приладів або вбудованих шаф. На верхній частині ізоляції розміщують кріпильну стрічку або армовану сітку для фіксації кабелю. Якщо використовується кріпильна стрічка, її

фіксують до основи за допомогою дюбелів з інтервалом 30–50 см, забезпечуючи рівномірний розподіл петель нагрівального кабелю відповідно до вимог проекту.

Після підготовки основи нагрівальний кабель прокладають відповідно до технічних специфікацій проекту, дотримуючись рекомендованого кроку, який становить від 7,5 до 15 см залежно від необхідної потужності нагрівання. Кінці кабелю не повинні перетинатися або стикатися один з одним, а мінімальна відстань від стін повинна становити 5–10 см. Кабель кріпиться до монтажної стрічки або сітки за допомогою спеціальних затискачів або пластикових стяжок, що забезпечує стабільність під час подальших будівельних робіт.

Наступним кроком є встановлення датчика температури, який розміщується всередині гофрованого захисного кабелепроводу для захисту від механічних пошкоджень і впливу цементної стяжки. Труба розміщується між прокладками кабелю, а частина з термометром розташовується в центрі обігріваної зони для отримання точних показань температури. Інша частина труби прокладається до стіни, де пізніше буде встановлено термостат.

Після прокладки кабелю система підключається до електричної мережі і проводиться попереднє тестування. Перед заливкою стяжки вимірюється опір ізоляції кабелю та його провідність і порівнюються з технічними характеристиками виробника[17].

Таблиця 3.1 Технічні характеристики кабелю

ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ	
Тип кабелю	двожильний з екраном
Номінальна напруга	~ 230 В
Потужність кабелю	16,5 Вт/м при 220 В, 18 Вт/м при 230 В
Розміри кабелю	3,5 x 4,2 мм
Мінімальний діаметр вигину	3 см
Холодний кінець	3 м, 3 x 1,0 мм <sup>2</sup>
Внутрішня ізоляція	Arnitel® C
Екран	100% (алюмінієва фольга)
Жила заземлення	мідь 0,5 мм <sup>2</sup>
Зовнішня ізоляція (оболонка)	PVC без свинцю, помаранчева
Теплостійкість оболонки	125°C (клас E)
Міцність кабелю	>600 Н / >120 Н стиснення/розтяг
Клас захисту від впливу води	IPX7
Мін. температура монтажу	- 5 °C
Допустиме відхилення опору	+10% ... - 5%
Допустиме відхилення довжини	+2% + 10 см ... -2% - 10 см
Гарантія	20 років

Останній етап монтажу передбачає заливку цементно-піщаної стяжки або нанесення відповідного клею для плитки, якщо нагрівальний кабель встановлюється під керамічною плиткою. Для підвищення механічної міцності та запобігання утворенню тріщин до суміші додають армуючі мікрволокна або пластифікатори. Конструкція повинна повністю затвердіти, що за стандартних умов займає 21–28 днів для досягнення достатньої механічної міцності[2].

Після повного затвердіння встановлюється остаточне покриття підлоги. Для оптимального теплообміну перевагу надають матеріалам з високою теплопровідністю, таким як керамічна плитка, керамограніт або натуральний камінь. При використанні ламінату або лінолеуму матеріал повинен бути перевірений на термостійкість, щоб витримувати робочу температуру системи. Останнім кроком є підключення термостата і введення системи в експлуатацію. Перше ввімкнення повинно відбуватися тільки після повного затвердіння стяжки, щоб запобігти мікротріщинам або пошкодженню нагрівального кабелю.

Таблиця 3.2 Кошторис робіт

**Локальний кошторис на будівельні роботи**  
на будівельні роботи  
Тепла підлога

Кошторисна вартість	2 089,38	тис. грн
Кошторисна трудомісткість	06	
Кошторисна заробітна плата	3,343962	тис. люд.год
Середній розряд робіт	253,21	тис. грн
	1 054,5	розряд

№	Обґрунтування (шифр норми)	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн		Загальна вартість, грн			Витрати труда робітників, люд.год.	
					Всього	експлуатації машин	Всього	заробітної плати	експлуатації машин	не зайнятих обслуговуванням машин	
										заробітної плати	в тому числі заробітної плати
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		<i>Підготовчі роботи</i>									
1	КР7-16-2	Улаштування підстильного шару піщаного	1 м3	14,25	<u>1584,75</u> 302,01	<u>173,56</u> 41,38	22583,4	4 303,5	<u>2 473,8</u> 589,95	<u>4,5800</u> 0,5537	<u>65,265</u> 7,8945
2	КР20-14-3	Готування цементного розчину вручну	100 м3	0,14	<u>27570,16</u> 27570,16	= -	4007,1	4 007,1	= -	<u>459,120</u> 0	<u>66,747</u> -

3	C1421-10634	Пісок природний, рядовий (1т-0,7м3)	м3	10,9	<u>1165.59</u> -	-	12705,3	-	-	-	-
4	C111-1305	Портландцемент загальнобудівельного призначення бездобавковий, марка 400 (1т-1,3м3)	т	2,85	<u>6631.45</u> -	-	18898,35	-	-	-	-
5	KP7-17-1-ИИ	Улаштування цементної стяжки товщиною 20 мм по бетонній основі приміщення площею до 20 м2	100 м2	2,85	<u>4839.09</u> 4704,16	<u>109.34</u> 91,13	13791,15	13 406,4	<u>310.65</u> 259,35	<u>71.3400</u> 1,1877	<u>203.319</u> 3,3915
6	KP7-17-9К=6	На кожні 5 мм зміни товщини шару цементної стяжки додавати або виключати	100 м2	2,85	<u>1026.26</u> 854,58	<u>171.68</u> 143,09	2924,1	2 436,75	<u>490.2</u> 407,55	<u>12.9600</u> 1,8648	<u>36.936</u> 5,301
7	C111-1844-1	Маяки для стяжки	м	570	<u>27.24</u> -	-	15526,8	-	-	-	-
8	C111-1844-1	Фібра	пачка	285	<u>199.53</u> -	-	56866,05	-	-	-	-
9	KP7-20-1	Улаштування суцільної теплоізоляції з плит	100 м2	2,85	<u>2637.34</u> 2613,74	<u>23.60</u> 19,59	7515,45	7 449,9	<u>68.4</u> 57	<u>37.7000</u> 0,2553	<u>107.445</u> 0,741
10	C114-4-У-1-ИНБ1	Плита дінополістирол екструдована	м2	290,2	<u>234.64</u> -	-	68209,05	-	-	-	-
<i>Прокладання кабель</i>											
11	KP17-9-2	Прокладання кабелю на скобах	100 м	25,65	<u>7542.54</u> 5268,27	<u>45.99</u> 38,33	193 466,5 5	135 129, 9	<u>1 179.9</u> 983,25	<u>71.5700</u> 0,4995	<u>1 835.77</u> 05 12,825
12	C1512-	Кліпса для кріплення	шт	8550	1 76	-	10 773	-	-	-	-

	2				-	-			-	-	-
13	C153-1- ИНБ1	Нагрівальний кабель (Формула: 9+1)	м	2850	<u>439.13</u> -	= -	1 251 520 ,5	-	= -	= -	= -
<i>Опорядження</i>											
14	KP20- 14-3	Готування цементного розчину вручну	100 м3	0,058	<u>27570.16</u> 27570,16	= -	1 601,7	1 601,7	= -	<u>459.120</u> 0	<u>26.7045</u> -
15	C1421- 10634	Цісок природний, рядовий (1т-0,7м3)	м3	4,36	<u>1165.59</u> -	= -	5 081,55	-	= -	= -	= -
16	C111- 1305	Портландцемент загальнобудівельного призначення бездобавковий, марка 400 (1т-1,3м3)	т	11,4	<u>6631.45</u> -	= -	7 561,05	-	= -	= -	= -
17	KP7-17- 1	Улаштування цементної стяжки товщиною 20 мм по бетонній основі приміщення площею до 20 м2	100 м2	2,85	<u>10837.42</u> 4704,16	<u>109.34</u> 91,13	30 885,45	13 406,4	<u>310.65</u> 259,35	<u>71.3400</u> 1,1877	<u>203.319</u> 3,3915
18	KB11- 29-1	Улаштування покриттів з керамічних плиток на розчині із сухої клеючої суміші, кількість плиток в 1 м2 до 7 шт	100 м2	2,85	<u>12234.11</u> 11186,08	<u>36.79</u> 30,66	34 866,9	31 880,1	<u>105.45</u> 88,35	<u>155.600</u> 0 0,3996	<u>443.46</u> 1,14
19	C111- 327-5- ИНБ	Клей для плитки Ceresit CM-11	кг	1852,5	<u>12.24</u> -	= -	22 674,6	-	= -	= -	= -
20	C111- 283-1- 1-ИН-Б	Система вирівнювання плитки	1 шт	1425	<u>0.61</u> -	= -	869,25	-	= -	= -	= -
21	C111- 287-1-	Плитка для підлоги	м2	290,2	<u>610.98</u> -	= -	177 612	-	= -	= -	= -

22	C111-330-2-1Д-ИН-Б	Сузішш для швів	кг	114	<u>91.80</u> -	= -	10 465,2	-	= -	= -	= -
		<b>Разом прямі витрати</b>					<b>1 970 404,5</b>	<b>213 621,75</b>	<b><u>4 939,05</u> 2 644,8</b>		<b><u>2 988,96</u> 6 34,6845</b>
		<b>у тому числі:</b>									
		вартість матеріалів, виробів і комплектів					1 751 843,7				
		всього заробітна плата						216 266,55			
		<b>Загальновиробничі витрати</b>					<b>118 976,1</b>				
		трудомісткість в загальновиробничих витратах									320,3115
		заробітна плата в загальновиробничих витратах						36 953,1			
		<b>Всього по кошторису</b>					<b>2 089 380,6</b>				
		<b>Кошторисна трудомісткість</b>									<b>3 343,96 2</b>
		<b>Кошторисна заробітна плата</b>						<b>253 219,65</b>			

## **Висновок**

Встановлення електричної системи теплої підлоги під час капітального ремонту багатоповерхового житлового будинку є ефективним та енергоефективним рішенням для підтримання стабільного та рівномірного мікроклімату в приміщенні. Конструкція системи, заснована на нагрівальних кабелях з розрахованою лінійною потужністю та інтервалом, забезпечує рівномірний розподіл тепла по всій площі, запобігаючи локальному перегріванню або утворенню холодних зон. Правильно виконана установка, включаючи підготовку підлоги, укладання ізоляції, фіксацію кабелів, інтеграцію датчиків температури та заливку стяжки, гарантує довгострокову надійність і безпеку системи.

Використання високопровідних оздоблювальних матеріалів у поєднанні з точним регулюванням за допомогою термостатів дозволяє оптимізувати енергоспоживання та підвищити тепловий комфорт. Електрична тепла підлога працює незалежно від мереж центрального опалення, забезпечуючи індивідуальне регулювання температури для кожної кімнати та зменшуючи тепловтрати. Завдяки ретельному підбору характеристик кабелю, параметрів монтажу та пристроїв електрозахисту система досягає балансу між продуктивністю, енергоефективністю та комфортом користувачів, що робить її практичним і сучасним рішенням для житлових приміщень.

**РОЗДІЛ 4**  
**ОПИС АРХІТЕКТУРНО-ПЛАНУВАЛЬНОГО РІШЕННЯ БУДІВЛІ**  
**4.1 Ситуаційний план**

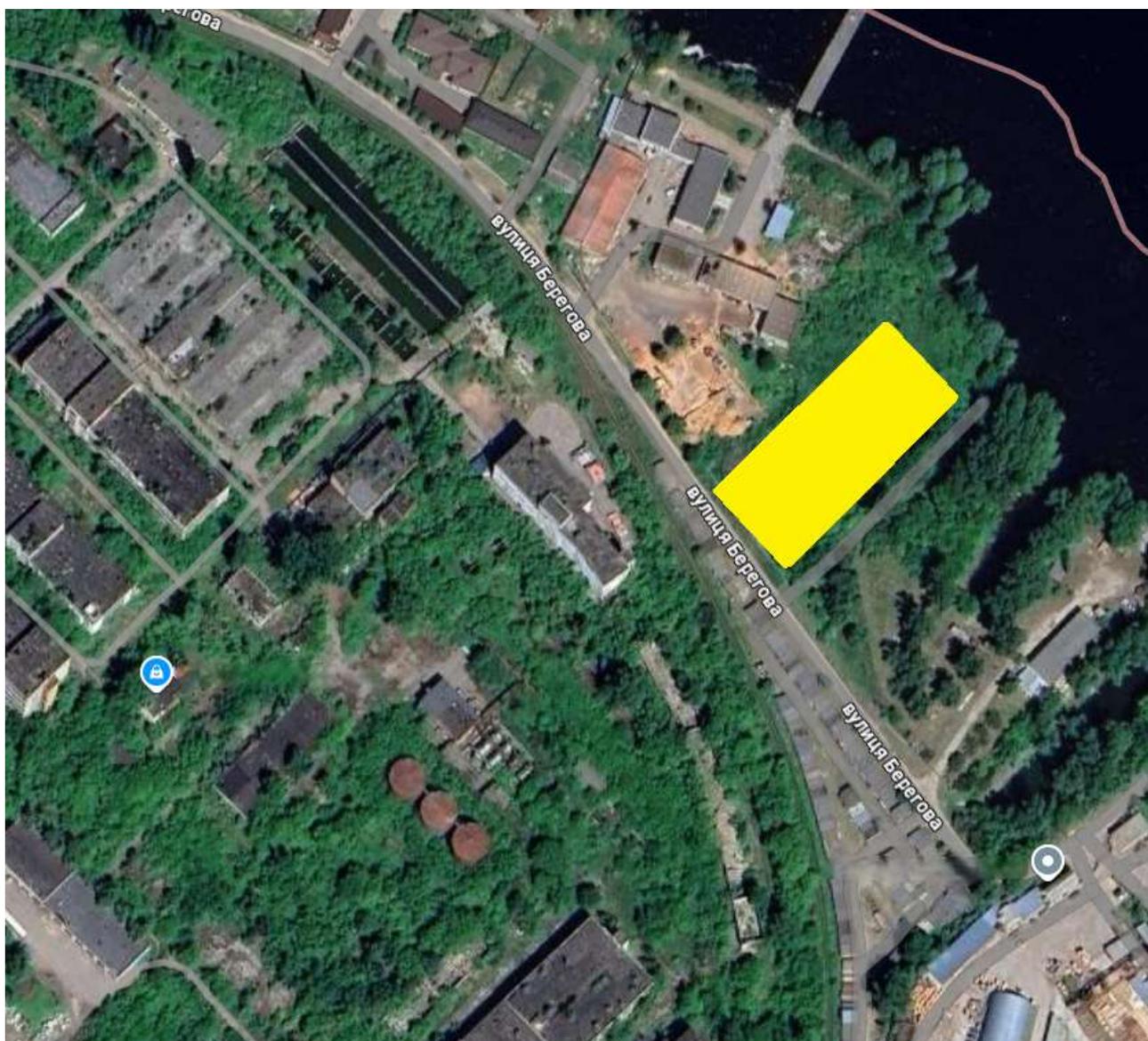


Рис. 4.1 Ситуаційний план

Багатоповерховий житловий будинок розташовано на вулиці Береговій в місті Черкаси.

**4.2 Об'ємно-планувальне рішення**

Дана будівля це 5-ти поверхова будівля з загальною висотою 17,0 м. Кожен житловий поверх має висоту 2,8 м, а висота підвального поверху становить 2,1 м.

У плані розміри будівлі становлять 34 000 мм уздовж поздовжніх осей 1–17 і 23 400 мм уздовж поперечних осей А–М, утворюючи площу забудови 795 м<sup>2</sup>[1].

Конструктивна система базується на несучих цегляних стінах товщиною 510 мм та монолітних залізобетонних плитах перекриття товщиною 200 мм. Плити перекриття розраховані на розподілене навантаження 6,0 кН/м<sup>2</sup>, що включає постійні та тимчасові навантаження[5].

Підвал призначений для технічних і господарських потреб, розміщення інженерного обладнання та допоміжних складських приміщень. На першому поверсі розташовані комерційні приміщення. До них відносяться торгові приміщення, кафе та кімната консьєржа. Поверхи з 2 по 4 є житловими, на кожному поверсі розташовано шість квартир. П'ятий поверх, частково інтегрований з мансардним дахом, містить лише три квартири, що призводить до меншої площі порівняно з нижніми поверхами.

Вертикальна циркуляція забезпечується двома залізобетонними сходовими клітками з шириною прольоту 1,20 м і розмірами підступенка/сходинок 150/300 мм. Один пасажирський ліфт вантажопідйомністю 630 кг (8 осіб) і розмірами кабіни 1,1 × 1,4 м забезпечує доступність до всіх поверхів, включаючи підвал.

### **4.3 Архітектурно-конструктивне рішення**

#### **Фундамент**

Будівля спирається на пальовий фундамент, що складається з збірних залізобетонних паль довжиною до 10,0 м і діаметром поперечного перерізу 300 мм. Палі забиваються в ґрунт до стабільного несучого шару, забезпечуючи надійну передачу вертикальних і горизонтальних навантажень. Кожна паля розрахована на характерну несучу здатність 400–450 кН, що є достатнім для загального навантаження п'ятиповерхової будівлі. Палі з'єднані між собою ростверком товщиною 700 мм, утворюючи жорсткий каркас для надбудови[11].

Стіни підвалу також побудовані з монолітного залізобетону товщиною 700 мм і маркою бетону С25/30 (міцність на стиск 30 МПа). Армування виконано ребристими сталевими стержнями, розташованими у вигляді подвійної сітки з

кроком  $200 \times 200$  мм. Стіни розраховані на гідростатичний тиск до  $60 \text{ кН/м}^2$  і навантаження ґрунту, що відповідає глибині закладення фундаменту[2].

Під час капітального ремонту передбачено додаткові заходи гідро- та теплозахисту. Зовнішні бічні поверхні будуть покриті двошаровою бітумною гідроізоляційною системою, нанесеною в гарячому рідкому вигляді загальною товщиною  $4,0$  мм, що забезпечує повне зчеплення з бетонною основою. Поверх гідроізоляції буде механічно закріплено суцільний шар мінераловатних утеплювальних плит товщиною  $100$  мм і щільністю  $140 \text{ кг/м}^3$  ( $\lambda = 0,036 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$ ) за допомогою пластикових дюбелів зі сталевими штифтами, встановлених з розрахунку  $6$  кріплень на  $\text{м}^2$ .

Після завершення утеплення зовнішні вертикальні поверхні будуть захищені профільованою дренажною мембраною товщиною  $8$  мм, з пропускною здатністю  $2,5 \text{ л/(м}\cdot\text{с)}$ , що забезпечить надійний відвід ґрунтової вологи та захистить утеплювач від механічних пошкоджень під час засипки. По периметру будівлі буде споруджено нове вимощення з монолітного залізобетону (шириною  $1,2$  м, товщиною  $120$  мм), покриту морозостійкими керамічними тротуарними плитами з коефіцієнтом водопоглинання  $\leq 3\%$ . Вимощення забезпечує відведення дощової та талої води від стін будівлі[12].

Нарешті, цоколь будівлі буде оздоблений клінкерною плиткою товщиною  $12$  мм, морозостійкістю класу F100 і водопоглинанням  $\leq 2\%$ , що забезпечить як естетичний вигляд, так і додатковий захист поверхні.

### **Зовнішні, внутрішні стіни та перегородки**

Зовнішні та внутрішні несучі стіни будівлі побудовані з суцільної керамічної цегли товщиною  $510$  мм, що забезпечує основну несучу функцію. Внутрішні перегородки виконані з цегли товщиною  $120$  мм і  $250$  мм, що забезпечує належне зонування та акустичне розділення житлових і комерційних приміщень. У комерційних приміщеннях на першому поверсі під час капітального ремонту були створені додаткові перегородки з гіпсокартонних систем на оцинкованих сталевих профілях товщиною  $100$  мм, заповнених

плитами мінеральної вати товщиною 50 мм (щільність  $40 \text{ кг/м}^3$ ,  $\lambda = 0,038 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$ ), а також засклені перегородки з загартованого безпечного скла товщиною 10 мм, встановлені в алюмінієвих рамах[10].

В рамках капітального ремонту фасад був утеплений плитами з пінополістиролу. Система утеплення складається з плит товщиною 120 мм, щільністю  $15 \text{ кг/м}^3$  і заявленим коефіцієнтом теплопровідності  $\lambda = 0,037 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$ , що забезпечує додатковий тепловий опір  $R \approx 3,2 \text{ м}^2\cdot\text{К/Вт}$  для системи зовнішніх стін. Плити механічно кріпляться до цегляної основи за допомогою поліпропіленових дюбелів зі сталевими штифтами, що наносяться з щільністю 6–8 кріплень на  $\text{м}^2$ [6].

Плити додатково приклеюються до цегляної основи за допомогою цементно-полімерного клею, що наноситься суцільною смугою по периметру та в центральних точках, забезпечуючи принаймні 40% адгезії до поверхні. Поверх утеплювача наноситься армуючий шар, що складається з цементно-полімерного базового покриття з вбудованою скловолокнистою сіткою (лугостійкою, щільність сітки  $160 \text{ г/м}^2$ , розмір комірки  $4\times 4 \text{ мм}$ ), що забезпечує стійкість до тріщин і механічну міцність.

Впроваджена система забезпечує зниження тепловтрат через зовнішні стіни більш ніж на 50%, що дає розрахункову питому теплопровідність  $U \approx 0,28 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$  для утепленої стінової конструкції[4].

### **Перекриття та покрівля**

Міжповерхові конструкції будівлі виконані у вигляді монолітних залізобетонних плит товщиною 200 мм. Ці плити забезпечують достатню несучу здатність для житлових і комерційних функцій, гарантуючи рівномірний розподіл навантаження і жорсткість конструкції[8]. Бетон, використаний у плитах, відповідає класу C25/30 з міцністю на стиск 30 МПа, а арматура складається з ребристих сталевих стрижнів класу A500C із середнім коефіцієнтом армування 1,2%, що забезпечує необхідну несучу здатність і стійкість до тріщин[2].

Дах будівлі являє собою багатосхилу систему складної геометрії, що покриває частини 4-го і 5-го поверхів і включає в себе вбудовані вікна мансардного типу для квартир на п'ятому поверсі. Основний несучий каркас даху складається з дерев'яних балок і крокв з перетином 150×200 мм і 100×150 мм, виготовлених з хвойної деревини з вологістю менше 18%, попередньо оброблених проти біологічних пошкоджень[14].

Під час капітального ремонту було демонтовано існуючий покрівельний шар і пошкоджені листи фанерної обшивки (вологостійка фанера, товщиною 18 мм), а дерев'яна конструкція каркаса була збережена завдяки задовільному технічному стану. Всі збережені дерев'яні елементи були просочені антисептичними та вогнезахисними сумішами, що забезпечило біологічну стійкість (до грибків та комах) та вогнестійкість.

Покрівля була оновлена шляхом встановлення нових вологостійких фанерних листів товщиною 18 мм, закріплених на кроквах оцинкованими саморізними гвинтами з кроком 150 мм. Поверх обрешітки було нанесено нову гнучку бітумну покрівельну систему, що складається з багатошарової бітумно-полімерної черепиці товщиною 3,5 мм, армованої скловолокном і покритої базальтовою крихтою. Вага покрівельного матеріалу становить 10–12 кг/м<sup>2</sup>, заявлений термін експлуатації — не менше 25 років, стійкість до УФ-випромінювання та водопоглинання  $\leq 1\%$ . Матеріал уклали на суцільний шар бітумної ґрунтовки, що забезпечило повну водонепроникність покрівельної оболонки.

Покрівельна конструкція була додатково утеплена. Порожнини між дерев'яними елементами заповнили піноізолом щільністю 10–12 кг/м<sup>3</sup> і коефіцієнтом теплопровідності  $\lambda = 0,032$  Вт/м·К. Ця ізоляція була нанесена за допомогою технології інжекції за допомогою спеціалізованих компресорів і змішувального обладнання, що вимагало залучення бригади з трьох робітників, навчених роботі з рідкими ізоляційними системами. Застосування піноізоли

забезпечило усунення теплових мостів і забезпечило суцільну ізоляцію по всій конструкції даху[19].

З внутрішньої сторони житлових приміщень на оцинкований металевий профільний каркас були встановлені гіпсокартонні панелі товщиною 12,5 мм, які закривали утеплені порожнини і забезпечували рівну поверхню для внутрішньої обробки. Використаний гіпсокартон вогнестійкий, що забезпечувало додаткову пожежну безпеку квартир на мансардному рівні.

В результаті робіт оновлений дах зберіг свій архітектурний вигляд, але набув значно поліпшених теплових характеристик. Загальний тепловий опір дахової конструкції оцінюється в  $R \approx 6,0 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ , що відповідає значенню  $U$  приблизно  $0,17 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$ , що повністю відповідає сучасним стандартам енергоефективності для житлових будівель[7].

### **Зовнішнє та внутрішнє опорядження**

Процес фарбування фасаду проводиться після завершення монтажу системи теплоізоляції та нанесення армованого шару скловолокнистою сіткою. Поверхня фасаду очищається від пилу і ґрунтується акриловою ґрунтовкою глибокого проникнення з витратою 150–200 г/м<sup>2</sup>. Після висихання ґрунтовки наноситься акрилова фасадна фарба з добавками, стійкими до атмосферних впливів, у два шари товщиною 100–120 мкм кожен. Нанесення виконується валиком або механізованим безповітряним розпилювачем при температурі від +5 до +25 °С. Загальна витрата фарби становить 0,25–0,35 л/м<sup>2</sup>. Це забезпечує рівномірне декоративне покриття та додатковий захист фасаду від вологи та ультрафіолетового випромінювання[6].

Під час капітального ремонту багатопверхового житлового будинку було встановлено високоефективну електричну систему підігріву підлоги як центральний компонент нової енергоефективної інфраструктури. Система базується на двожильному резистивному нагрівальному кабелі з питомою потужністю 18 Вт/м. Кабель прокладено з кроком 100 мм, закріпивши його на оцинкованих сталевих монтажних рейках товщиною 0,5 мм, що дало загальну

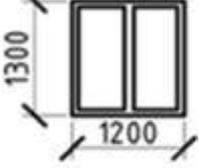
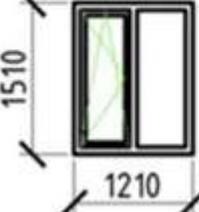
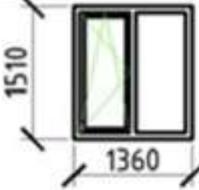
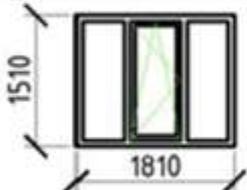
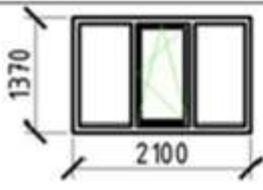
встановлену щільність опалення приблизно 100 м кабелю на 10 м<sup>2</sup> опалювальної поверхні. Загальна встановлена потужність на квартиру в середньому становила 1,4–1,6 кВт, залежно від площі приміщення[9].

Під нагрівальним елементом було встановлено ізоляційний шар з екструдованого пінополістиролу товщиною 30 мм, щільністю 35 кг/м<sup>3</sup> і міцністю на стиск 300 кПа при 10% деформації. Ізоляція була доповнена фольговою відбивною підкладкою товщиною 0,2 мм, що забезпечувала коефіцієнт відбиття понад 95%, ефективно зменшуючи тепловтрати вниз. Система опалення була вбудована в цементно-піщану стяжку товщиною 45 мм, армовану поліпропіленовими мікрОВОлокнами довжиною 12 мм, доданими у пропорції 0,9 кг/м<sup>3</sup>, що зменшило усадкові тріщини та збільшило міцність стяжки на розрив приблизно на 15%. Міцність стяжки на стиск після затвердіння досягла 20 МПа.

Цифровий термостат з електронною точністю  $\pm 0,5$  °С був підключений до датчика підлоги, розміщеного в гофрованому пластиковому каналі з внутрішнім діаметром 16 мм, розташованому на 20 мм нижче поверхні і між контурами опалення. Система була розроблена для підтримки стабільної температури поверхні 26–28 °С, забезпечуючи щільність теплового потоку 90–95 Вт/м<sup>2</sup>, що гарантувало як комфорт, так і ефективність.

Додаткові внутрішні роботи включали повний косметичний ремонт комерційних приміщень на першому поверсі. Підлоги в комерційних приміщеннях були оброблені гранітною плиткою товщиною 12 мм, з коефіцієнтом ковзання R11 і міцністю на стиск понад 120 МПа. Стіни були оштукатурені цементно-вапняним розчином товщиною 15 мм і пофарбовані акриловими фарбами з коефіцієнтом паропроникності  $\mu \leq 200$ . Підвісні стелі були встановлені з оцинкованих сталевих профілів товщиною 0,6 мм і перерізом 60×27 мм, з обшивкою гіпсокартоном товщиною 12,5 мм і вбудованими світлодіодними світильниками, що забезпечують освітленість 400 лк[15]. Було встановлено нові вікна[3].

Таблиця 4.1 Експлікація вікон

Марка по проекту	Позначення, ескіз	Найменування елемента	Площа, м <sup>2</sup>	Кількість, шт.	Примітка
1	2	3	4	5	6
ВК-1		Металопластикове вікно фірми REHAU з подвійним склопакетом	1,56	12	
ВК-2		Металопластикове вікно фірми REHAU з подвійним склопакетом	1,83	40	
ВК-3		Металопластикове вікно фірми REHAU з подвійним склопакетом	2,05	80	
ВК-4		Металопластикове вікно фірми REHAU з подвійним склопакетом	2,73	40	
ВК-5		Металопластикове вікно фірми REHAU з подвійним склопакетом	2,877	20	

Житлові квартири були оброблені ламінованими панелями для підлоги товщиною 8 мм, щільністю 880 кг/м<sup>3</sup> і тепловим опором 0,06 м<sup>2</sup>·К/Вт, що забезпечує сумісність з системою теплої підлоги. Кухні та ванні кімнати були облицьовані керамічною плиткою товщиною 9 мм і водопоглинанням ≤ 0,5%. Внутрішні стіни пофарбовані латексними мийними фарбами, стійкими до 10 000 циклів очищення. Сходи та коридори оздоблені гранітними плитами товщиною 20 мм, міцністю на згин 15 МПа та коефіцієнтом ковзання R10.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Благоустрій територій (зі Змінами): ДБН Б.2.2-5:2011 [Чинний від 2012-09-01]. – К: Мінрегіонбуд України, 2019. – 44 с. (Національні стандарти України).
2. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення: ДБН В.2.6-98:2009 [Чинний від 2011-01-01]. – К: Мінрегіонбуд України, 2011. – 45 с. (Національні стандарти України).
3. Вікна та двері: ДСТУ EN 14351-1:2020.
4. Довідково-інформаційний збірник ресурсів та одиничних розцінок на будівельно-монтажні роботи, Суми, СНАУ – 2011 р.
5. Житлові будинки. Основні положення: ДБН В.2.2-15:2019 [Чинний від 2019-12-01]. – К: Мінрегіонбуд України, 2019. – 54 с. (Національні стандарти України).
6. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією: ДБН В.2.6-33:2018.
7. Кошторисні норми України «Настанова з визначення вартості будівництва»: [Чинний від 2021-11-09]. – К: Мінрегіонбуд України, 2021. – 44–46 с. (Національні стандарти України).
8. Кошторисні норми України. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Оздоблювальні роботи.
9. Кошторисні норми України. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Підлоги.
10. Навантаження і впливи. Норми проектування: ДБН В.1.2-2:2016 [Чинний від 2017-10-01]. – К: Мінрегіонбуд України, 2016. – 13–16 с. (Національні стандарти України).
11. Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення: ДБН В.2.1-10:2018.

12. Організація будівельного виробництва: ДБН А.3.1-5:2016 [Чинний від 2016-01-01]. – К: Мінрегіонбуд України, 2016. – 44–46 с. (Національні стандарти України).

13. Організація будівельного виробництва (посібник для розробки курсових та дипломних проектів). Суми, СНАУ, 2011, 125 с.

14. Покриття будівель і споруд: ДБН В.2.6-220:2017.

15. Природне і штучне освітлення: ДБН В.2.5-28:2018 [Чинний від 2019-02-28]. – К: Мінрегіонбуд України, 2018. – 7 с. (Національні стандарти України).

16. Романченко М. А., Слесаренко А. П. Теоретичні дослідження спеціалізованої системи автоматичного контролю та керування електричною теплою підлогою / М. А. Романченко, А. П. Слесаренко // Східно-європейський журнал передових технологій. – 2013. – № 6 (62). – С. 56–60.

17. Склад та зміст проектної документації на будівництво: ДБН А.2.2-3-2014 [Чинний від 2014-10-01]. – К: Мінрегіонбуд України, 2014. – 10 с. (Національні стандарти України).

18. Слесаренко А. П., Романченко М. А., Сорока О. С. Теоретичне обґрунтування оптимізації режимів керування енергетичними потоками живлення нагрівачів електричних теплих підлог / А. П. Слесаренко, М. А. Романченко, О. С. Сорока // Технологічний аудит та резерви виробництва. – 2013. – № 6 (19). – С. 45–49.

19. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6-31:2016 [Чинний від 2016-10-01]. – К: Мінрегіонбуд України, 2017. – 15 с. (Національні стандарти України).