

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет будівництва та транспорту
Кафедра Будівництва та експлуатації будівель, доріг та транспортних споруд

До захисту
Допускається
Завідувач кафедри
Будівництва та експлуатації
будівель, доріг та
транспортних споруд
_____ **Новицький О. П.**

«__» _____ 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за другим рівнем вищої освіти

На тему: «Дослідження та удосконалення альтернативної системи опалення на прикладі загальноосвітньої школи в м. Суми»

Виконав (ла)	_____	О. А. Галушка
	(підпис)	(Прізвище, ініціали)
Група	_____	
(Науковий) керівник	_____	М. В. Нагорний
	(підпис)	(Прізвище, ініціали)

Суми – 2024 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра: Будівництва та експлуатації будівель, доріг та транспортних споруд

Спеціальність: 192 "Будівництво та цивільна інженерія"

ЗАВДАННЯ

НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Галушка Олександр Анатолійович

Тема роботи: Дослідження та удосконалення альтернативної системи опалення на прикладі загальноосвітньої школи в м. Суми

Затверджено наказом по університету № _____ від "___" _____ 2024р.
Строк здачі студентом закінченої роботи: "___" _____ 2024 р.

Вихідні дані до роботи:

Дані інженерно-геологічних вишукувань, типові проекти, завдання на проектування

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

Розділ 1. Загальна характеристика роботи, 1.1. Опис технології теплої підлоги, 1.2. Розрахунок системи «Тепла підлога», 1.3. Кошторис робіт на

влаштування теплої підлоги, Розділ 2. Опис архітектурно-планувального рішення будівлі, 2.1. Ситуаційний план, 2.2. Об'ємно-планувальне рішення, 2.3. Архітектурно-конструктивне рішення, 2.4. Інженерні розрахунки, Список використаних джерел

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

14 слайдів мультимедійного матеріалу

Керівник :

(підпис)

М. В. Нагорний
(Прізвище, ініціали)

Консультант

(підпис)

М. В. Нагорний
(Прізвище, ініціали)

Завдання прийняв до виконання:

Здобувач

(підпис)

О. А. Галушка
(Прізвище, ініціали)

Анотація

Галушка О. А. - Дослідження та удосконалення альтернативної системи опалення на прикладі загальноосвітньої школи в м. Суми – Кваліфікаційна робота магістра на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота магістра за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія». – Сумський національний аграрний університет, Суми, 2023.

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

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

Результати досліджень дозволяють розробити проект загальноосвітньої школи та описати використання теплової підлоги для опалення внутрішніх приміщень.

В основній частині наведено опис конструкцій та наукову частину роботи.

Ключові слова: школа, пальові фундаменти, тепла підлога.

Список публікацій та/або виступів на конференціях студента:

1. Галушка О. А. ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ ТЕПЛОЇ ПІДЛОГИ У ЗАГАЛЬНООСВІТНІЙ ШКОЛІ/ Збірник студентських наукових праць ХНАДУ, – 25 листопада 2023р.: тез доп. – Харків: –2023. –С.118

В додатках наведено; тези конференції, альбом слайдів мультимедійної презентації.

Структура роботи. Робота складається з основного тексту на 53 сторінках, у тому числі 3 таблиць, 10 рисунків. Текст роботи містить загальну характеристику роботи, 2 розділа, висновки і рекомендації за результатами роботи, список з 21 використаних джерел. Графічна частина складається з 14 слайдів мультимедійної презентації.

Abstract

Galushka O. A. - Research and improvement of an alternative heating system on the example of a secondary school in Sumy - Master's thesis in the form of a manuscript.

Master's qualification work in the specialty 192 "Construction and Civil Engineering." - Sumy National Agrarian University, Sumy, 2023.

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

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

The research results allow us to develop a project for a secondary school and describe the use of underfloor heating for heating interior spaces.

The main part of the paper describes the structures and the scientific part of the work.

Keywords: school, pile foundations, underfloor heating.

List of publications and / or presentations at conferences of the student:

1. Galushka O. A. Implementation of the underfloor heating system in a secondary school / Collection of student research papers of KhNADU, - November 25, 2023: abstracts - Kharkiv: -2023.

The appendices contain the abstracts of the conference, an album of slides of the multimedia presentation.

Structure of the work. The work consists of the main text on 53 pages, including 3 tables, 10 figures. The text of the paper contains a general description of the work, 2 chapters, conclusions and recommendations based on the results of the work, a list of 21 references. The graphic part consists of 14 slides of a multimedia presentation.

Зміст

Розділ 1. Загальна характеристика роботи

1.1. Опис технології теплої підлоги

1.2. Розрахунок системи «Тепла підлога»

1.3. Кошторис робіт на влаштування теплої підлоги

Розділ 2. Опис архітектурно-планувального рішення будівлі

2.1. Ситуаційний план

2.2. Об'ємно-планувальне рішення

2.3. Архітектурно-конструктивне рішення

2.4. Інженерні розрахунки

Список використаних джерел

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКИ РОБОТИ

Актуальність теми: Важливість теми підкреслюється кількома ключовими факторами:

Комфорт та енергоефективність: Системи теплої підлоги набувають все більшої популярності завдяки високому рівню комфорту та енергоефективності. Ці системи забезпечують рівномірний розподіл тепла по приміщенню, знижуючи витрати на опалення та створюючи приємний мікроклімат у приміщенні.

Вплив на навколишнє середовище: Впровадження системи тепла підлога може допомогти зменшити викиди вуглекислого газу. Ці системи працюють при нижчих температурах і можуть інтегруватися з альтернативними джерелами енергії, такими як сонячні панелі або теплові насоси, що робить їх екологічно чистим варіантом.

Підвищення вартості нерухомості: Встановлення сучасної енергоефективної системи теплої підлоги може значно підвищити ринкову вартість нерухомості. Ця особливість все частіше стає вирішальним фактором для потенційних покупців.

Технологічний прогрес: Технологічний прогрес уможливив встановлення систем теплої підлоги з різними матеріалами та механізмами керування, що підвищило їхню ефективність та зручність у користуванні.

Зростаючий споживчий попит на покращені житлові умови спричиняє значну зміну підходу забудовників та власників нерухомості до рішень для опалення. Оскільки сучасне суспільство приділяє все більше уваги комфорту та енергоефективності, зростає перевага системам опалення, які пропонують не тільки оптимальний тепловий комфорт, але й зручність і довгострокову стійкість.

Системи теплої підлоги стали провідним претендентом у цьому просторі завдяки своїй здатності забезпечувати рівномірний розподіл тепла в приміщеннях, покращуючи тепловий комфорт шляхом усунення холодних плям, які зазвичай пов'язані з традиційними радіаторами. Такий рівномірний

розподіл тепла досягається за рахунок встановлення нагрівальних елементів або гідронічних труб під підлогою, що дозволяє теплу рівномірно підніматися від поверхні підлоги, створюючи більш природне та комфортне тепло.

Попит на такі системи ще більше підживлюється їх енергоефективністю. Підлогове опалення працює при нижчих температурах порівняно зі звичайними радіаторами, оскільки більша площа поверхні забезпечує ефективне опалення навіть за менших витрат енергії. Така нижча робоча температура не тільки зменшує споживання енергії, але й сприяє зменшенню загальних витрат на опалення, що робить його привабливим варіантом як для житлових, так і для комерційних об'єктів.

Крім того, непомітний характер систем підігріву підлоги відповідає сучасним естетичним уподобанням, оскільки вони усувають потребу у видимих радіаторах і забезпечують більшу гнучкість дизайну внутрішніх приміщень. Інтеграція технологій розумного будинку ще більше підвищує привабливість, дозволяючи користувачам дистанційно керувати налаштуваннями опалення, оптимізувати використання енергії та створювати персоналізовані зони комфорту в своєму житловому середовищі.

Таким чином, актуальність цієї теми очевидна, оскільки вона відповідає сучасним потребам будівельного та енергетичного ринків, підвищує комфорт та енергоефективність будинків, а також підтримує стратегічні цілі екологічної стійкості та технологічного прогресу.

Мета і завдання дослідження: Основна мета цього дослідження полягає в тому, щоб ретельно оцінити ефективність і доцільність впровадження системи теплої підлоги в середній школі. Це дослідження спрямоване на вирішення кількох важливих питань: підвищення рівня комфорту для учнів і персоналу, зниження загальних витрат на опалення та підвищення енергоефективності шкільного приміщення.

Для досягнення цих цілей дослідження окреслило кілька ключових дослідницьких завдань:

Огляд літератури та попередніх досліджень: буде проведено комплексний аналіз існуючої літератури та досліджень, щоб зрозуміти поточний стан знань щодо систем теплої підлоги. Цей огляд буде зосереджений на оцінці ефективності цих систем у різних контекстах, визначенні передового досвіду та розумінні потенційних проблем.

Технічна оцінка: Буде проведено детальне вивчення технічних аспектів теплої підлоги. Це включатиме вивчення вибору матеріалу, принципів розподілу тепла та різноманітних доступних систем контролю. Дослідження оцінить, як ці фактори впливають на загальну продуктивність, довговічність та ефективність системи опалення в шкільному середовищі.

Збір та аналіз даних: Будуть зібрані дані про поточні системи опалення в школі, зосереджуючись на регулюванні температури та споживанні енергії. Ці дані стануть основою для порівняння продуктивності запропонованої системи теплої підлоги. Передові методи аналізу даних будуть використані, щоб отримати уявлення про потенційну економію енергії та покращення комфорту, які може запропонувати підігрів підлоги.

Проектування системи: Дослідження включатиме розробку індивідуальної системи теплої підлоги, адаптованої до конкретних характеристик і вимог шкільної будівлі. На цьому етапі проектування враховуються такі фактори, як архітектура будівлі, рівень ізоляції, структура заселеності та існуюча інфраструктура, щоб забезпечити оптимальну відповідність.

Експериментальне встановлення: Експериментальне встановлення системи теплої підлоги буде проведено в контрольованому середовищі в межах школи. Цей етап включатиме встановлення прототипів із подальшим збором даних про продуктивність протягом певного періоду. Мета полягає в тому, щоб спостерігати за реальною продуктивністю системи з точки зору розподілу тепла, енергоефективності та комфорту користувача.

Аналіз економічної доцільності: Дослідження проведе ретельний економічний аналіз, порівнюючи витрати та переваги теплої підлоги з

іншими звичайними системами опалення. Це включатиме оцінку витрат на встановлення, експлуатаційних витрат, потенційної економії енергії та довгострокового повернення інвестицій.

Оцінка комфорту: Вплив системи теплої підлоги на мікроклімат у приміщенні буде ретельно оцінено. Це включатиме оцінку рівномірності температури, якості повітря та загального теплового комфорту в школі. Також збиратимуться відгуки студентів та персоналу, щоб оцінити їхній рівень комфорту та задоволення від нової системи.

Об'єкт дослідження: У цьому контексті об'єкт дослідження — будівництво загальноосвітньої школи в м. Суми - виступає центром, який визначає масштаб і спрямованість дослідження. Цей фокус дозволяє поглиблено вивчити всі критичні аспекти, пов'язані з процесом будівництва, гарантуючи, що дослідження розглядає конкретні виклики та можливості, які представляє ця конкретна установка.

Зосередивши дослідження на цій школі, дослідження може всебічно вивчити, як унікальні характеристики будівлі, такі як її архітектурний дизайн, розташування та цільове використання, впливають на здійсненність та ефективність запропонованої системи теплої підлоги. Цей цілеспрямований підхід дає змогу дослідженням отримати інформацію, яку можна безпосередньо застосувати до будівництва освітніх закладів у Сумах та подібних середовищах, зрештою надаючи цінні рекомендації щодо оптимізації як комфорту, так і енергоефективності школи.

Предмет дослідження: Предметом дослідження є впровадження системи теплої підлоги в загальноосвітній школі міста Суми. Дослідження спеціально спрямовані на оцінку ефективності системи, її енергоефективності, економічної доцільності, рівня комфорту та технічної придатності саме для даного об'єкта. Зосереджуючись на цих ключових аспектах, дослідження має на меті забезпечити ретельну оцінку того, наскільки добре система теплої підлоги відповідатиме потребам школи,

враховуючи як її експлуатаційні вимоги, так і унікальні екологічні умови місцевості.

Методи дослідження: Щоб ретельно дослідити ефективність впровадження системи теплої підлоги в школі, необхідний науковий підхід. Для проведення детального аналізу та отримання об'єктивних результатів можна використовувати різні методи, що забезпечують повне розуміння впливу системи.

Огляд літератури: Критичний аналіз існуючої літератури та наукових публікацій дає фундаментальне розуміння того, як системи теплої підлоги впливають на комфорт та ефективність опалення. Цей огляд допоможе визначити найкращі практики, попередні висновки та прогалини в поточних дослідженнях, дозволяючи дослідженню базуватися на встановлених знаннях і уникнути надмірностей.

Експериментальні дослідження: Встановлюючи експериментальні зразки системи теплої підлоги у вибраних приміщеннях у межах школи, дослідження може зібрати емпіричні дані щодо ефективності системи, регулювання температури та загального рівня комфорту. Цей практичний підхід дозволяє безпосередньо спостерігати та вимірювати, як система працює в реальних умовах, забезпечуючи матеріальні докази для підтримки або оскарження теоретичних прогнозів.

Вимірювання енергоспоживання: Постійний моніторинг споживання енергії під час роботи системи теплої підлоги, у порівнянні з іншими існуючими системами опалення, дасть точні дані щодо її енергоефективності. Цей метод дозволить дослідити кількісну оцінку енергозбереження та оцінити, чи відповідає система очікуванням енергоефективності, встановленим на початку проекту.

Економічний аналіз: Буде проведено ретельну економічну оцінку, порівнюючи витрати на встановлення та експлуатацію системи теплої підлоги з іншими варіантами опалення. Цей аналіз включатиме оцінку початкових інвестицій, амортизації та поточних операційних витрат,

забезпечуючи чітке уявлення про фінансову здійсненність системи та її довгострокову вартість.

Технічний аналіз: Технічна придатність системи теплої підлоги буде оцінена, зосереджуючись на довговічності її компонентів, надійності її роботи та вимогах до обслуговування. Розуміння довговічності системи та простоти обслуговування має вирішальне значення для визначення її практичності в шкільному середовищі.

Наукова та технічна новизна одержаних результатів: При застосуванні енергозберігаючих методів помітне зниження споживання енергії на 20%, велику 40-річну гарантію, спільну розробку, спрямовану на мінімізацію опору потоку води, гладку внутрішню поверхню для зменшення опору та виняткові теплоізоляційні характеристики. Крім того, вибір полімерних систем для монтажу виявляється значно менш трудомістким порівняно зі сталевими трубами.

Апробація та публікація результатів роботи:

1. Галушка О. А. ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ ТЕПЛОЇ ПІДЛОГИ У ЗАГАЛЬНООСВІТНІЙ ШКОЛІ/ Збірник студентських наукових праць ХНАДУ, – 25 листопада 2023р.: тез доп. – Харків: –2023. –С.118

1.1. Опис технології теплої підлоги

За останні роки технологія, що лежить в основі систем теплої підлоги, зазнала значного прогресу, що призвело до значних покращень як у їх продуктивності, так і в їхньому впливі на середовище в приміщенні. Завдяки декільком ключовим технологічним інноваціям ці модернізовані системи тепер здатні забезпечувати неперевершений рівень комфорту в різних приміщеннях.

Однією з найбільш помітних розробок є здатність сучасних систем теплої підлоги мінімізувати конвективні процеси. Конвективний теплообмін, який відбувається, коли тепле повітря піднімається вгору, а холодніше опускається, може створити нерівномірний розподіл температури та сприяти появі протягів і холодних плям у кімнаті. Зменшуючи ці конвективні потоки,

тепла підлога забезпечує більш рівномірну та стабільну температуру в усьому приміщенні, підвищуючи загальний тепловий комфорт.

Інше важливе покращення – це зменшення переносу забруднюючих речовин у повітрі. Традиційні методи опалення, особливо ті, які покладаються на системи примусової вентиляції, можуть поширювати пил, алергени та інші частки по всій будівлі. Навпаки, системи підігріву підлоги, які переважно покладаються на радіаційне тепло, створюють менший рух повітря, тим самим обмежуючи поширення забруднень. Таке зменшення забруднюючих речовин у повітрі сприяє кращій якості повітря в приміщенні, створюючи більш здорове середовище для мешканців.

Крім того, сучасні системи теплої підлоги удосконалили підхід до теплового впливу на організм людини. Подаючи тепло безпосередньо від підлоги вгору, ці системи створюють більш природне та ніжне тепло, яке відповідає зонам комфорту тіла, зменшуючи ризик перегріву або дискомфорту. Цей спосіб доставки тепла також допомагає підтримувати збалансоване теплове середовище, що особливо корисно в приміщеннях, де очікується тривале перебування, наприклад у школах або житлових будинках.

Іншим важливим досягненням є значне зменшення фізичних розмірів систем теплої підлоги. Сучасні системи розроблені так, щоб бути тоншими та компактнішими, що забезпечує спрощення монтажу та більшу гнучкість щодо проектування та ремонту будівель. Це зменшення розміру не знижує ефективності системи; навпаки, він часто посилює його, дозволяючи точніше контролювати розподіл тепла.

Нарешті, сучасна технологія теплої підлоги досягла успіху в оптимізації рівня відносної вологості в опалювальних приміщеннях. Традиційні системи опалення часто можуть призводити до сухого повітря в приміщенні, що може викликати дискомфорт і проблеми зі здоров'ям. Навпаки, системи теплої підлоги сприяють підтримці оптимального рівня вологості, зберігаючи комфортне та здорове середовище в приміщенні.

Підсумовуючи, модернізація технології теплої підлоги призвела до створення систем, які не тільки забезпечують чудовий комфорт за рахунок зменшення конвективних процесів і забруднюючих речовин у повітрі, але й мінімізують їхній тепловий вплив, покращують рівні відносної вологості та мають більш компактні конструкції. Ці досягнення роблять сучасну теплу підлогу все більш привабливим варіантом для підвищення як комфорту, так і якості повітря в різних типах будівель.



Рис. 1.1. Система «Тепла підлога»

Значний прорив у технології теплої підлоги стався на початку 80-х років, у період, який позначився зміною парадигми в тому, як оцінювалася теплоізоляція будівельних конструкцій. Ця зміна була зосереджена на мінімізації втрат тепла, що призвело до розробки ефективніших і ефективніших систем опалення. Запровадження вдосконалених технологій ізоляції означало, що системи теплої підлоги тепер можуть підтримувати оптимальний рівень тепла без необхідності використання додаткових джерел опалення, таких як радіатори. Цей прогрес гарантував, що навіть за

температури поверхні, необхідної для ефективного обігріву, люди не відчуватимуть дискомфорту.

Сьогодні тепло, що виробляється системами теплої підлоги, точно відкаліброване для забезпечення ефективного обігріву приміщень. Здатність системи доставляти променисте тепло від поверхні підлоги усуває потребу в додаткових радіаторах опалення навіть у холодну погоду. Температура поверхні підлоги ретельно контролюється для забезпечення комфорту, як правило, близько 25°C, чого достатньо, щоб зігріти кімнату, не викликаючи температурного дискомфорту.

Одним із найвизначніших удосконалень, пов'язаних із сучасними системами теплої підлоги, є їх позитивний вплив на рівень вологості в приміщенні. Традиційні методи опалення часто призводять до надмірно сухого повітря в приміщенні в найхолодніші місяці, що може призвести до дискомфорту та проблем зі здоров'ям. Однак системи підігріву підлоги, які використовують випромінюване тепло, досягають тієї самої сприйнятої температури при нижчій фактичній температурі повітря. Це призводить до більш сприятливих рівнів вологості, що робить атмосферу в приміщенні комфортнішою та здоровішою протягом зимових місяців.

Щоб проілюструвати це, розглянемо сценарій, де метою є досягнення активної температури 19°C у кімнаті за допомогою системи теплої підлоги. Температура поверхні підлоги підтримується на рівні 25°C, що дозволяє інфрачервоним променям рівномірно випромінюватися з кожної точки підлоги в усіх напрямках. Ці промені потрапляють на стіни, стелю та інші тверді предмети в кімнаті, які потім поглинають тепло та повторно випромінюють інфрачервону енергію зі своїх поверхонь. Таким чином, внутрішні поверхні будівельних конструкцій підтримують більш високу температуру, ніж навколишнє повітря.

У прикладі, зображеному на малюнку, якщо прийняти, що структурні елементи будівлі є однорідними, їхня середня температура становить приблизно 22°C. Щоб досягти бажаної кінцевої температури в кімнаті 19°C,

самого повітря потрібно нагріти лише до приблизно 18°C , як вимірює екранований термометр. Така нижча температура повітря в поєднанні з постійним рівнем абсолютної вологості призводить до вищої відносної вологості порівняно з приміщенням, що опалюється традиційною системою повітряного опалення. У такій системі, щоб досягти тієї самої кінцевої температури, повітря потрібно буде нагріти до 22°C , враховуючи середню граничну температуру 18°C .

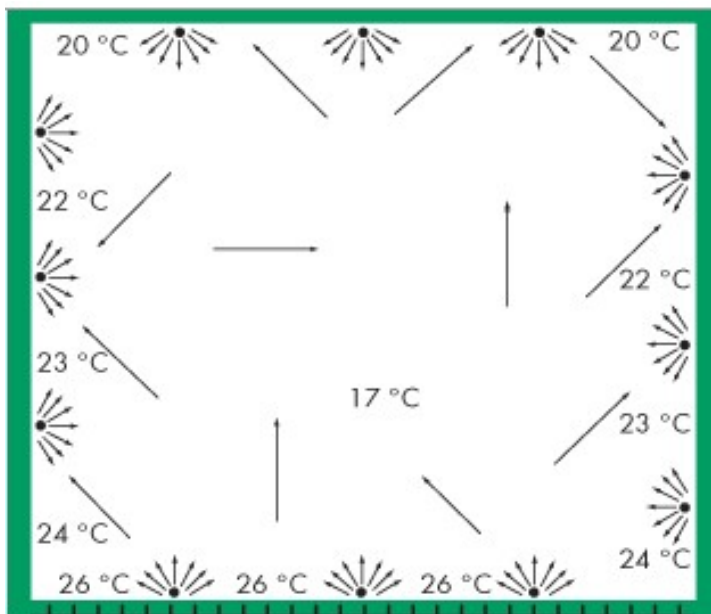


Рис. 1.2. Схема переміщення тепла

Температурний режим в приміщенні, що опалюється системою теплої підлоги, працює за принципами, відмінними від традиційних методів опалення. У такій системі всі предмети та поверхні в нагрітому середовищі, включаючи присутніх людей, сприяють складній взаємодії теплообміну. Цей процес характеризується як поглинанням, так і повторним випромінюванням інфрачервоного випромінювання, що призводить до створення унікального теплового середовища, де температура твердих поверхонь постійно перевищує температуру навколишнього повітря.

Системи теплої підлоги використовують тепло, що випромінюється у вигляді інфрачервоних променів від кожної геометричної точки на поверхні підлоги. Ці промені поширюються у всіх напрямках, взаємодіючи зі стінами, стелею, меблями та іншими предметами в кімнаті. Оскільки ці поверхні

поглинають інфрачервоне випромінювання, вони стають вторинними випромінювачами, випромінюючи тепло назад у космос. Цей ефект створює теплову рівновагу, коли температура твердих конструкцій приміщення вища за температуру навколишнього повітря.

Щоб краще зрозуміти цей температурний режим, розглянемо сценарій, коли поверхні підлоги демонструють однакові теплові властивості. У цьому контексті середня температура цих поверхонь може бути приблизно 22°C. Ця температура поверхні є критичним параметром у процесі радіаційного опалення, оскільки вона безпосередньо впливає на тепловий комфорт, який відчують мешканці.

Температура повітря в приміщенні, однак, залишається нижчою за температуру цих поверхонь через природу променистого опалення. На відміну від звичайних систем опалення, які в основному покладаються на конвективну теплопередачу, коли тепле повітря піднімається та циркулює по всьому простору, радіаційне опалення мінімізує рух повітря, що забезпечує більш стабільний і рівномірний розподіл температури.

У цьому прикладі, щоб досягти бажаної кінцевої температури, або робочої температури, яка є мірою спільного впливу температури повітря та радіаційного тепла на комфорт людини, повітря в кімнаті потрібно нагріти лише до 18°C. Цієї нижчої температури повітря достатньо для підтримки комфорту, оскільки випромінюване тепло від підлоги та інших поверхонь компенсує знижену температуру повітря.

Вимірювання температури повітря здійснюється за допомогою екранованого термометра, який гарантує, що показання відображають справжню температуру повітря без перешкод від радіаційного тепла. Ця різниця між температурою повітря та температурою поверхні має вирішальне значення для розуміння ефективності систем радіаційного опалення. Підвищена температура поверхні 22°C значно сприяє загальному тепловому комфорту, зменшуючи потребу у вищих температурах повітря та, таким чином, підвищуючи енергоефективність.

Підсумовуючи, температурний режим у приміщенні, що опалюється системою теплої підлоги, визначається взаємодією між температурою поверхні та повітря. Здатність системи підтримувати більш високу температуру поверхні порівняно з температурою повітря не тільки забезпечує комфортне середовище в приміщенні, але також дозволяє знизити споживання енергії, оскільки температура повітря може бути нижчою, але при цьому досягаються бажані теплові умови. Це наукове розуміння динаміки радіаційного опалення підкреслює ефективність систем теплої підлоги в забезпеченні ефективного та комфортного опалення приміщень.

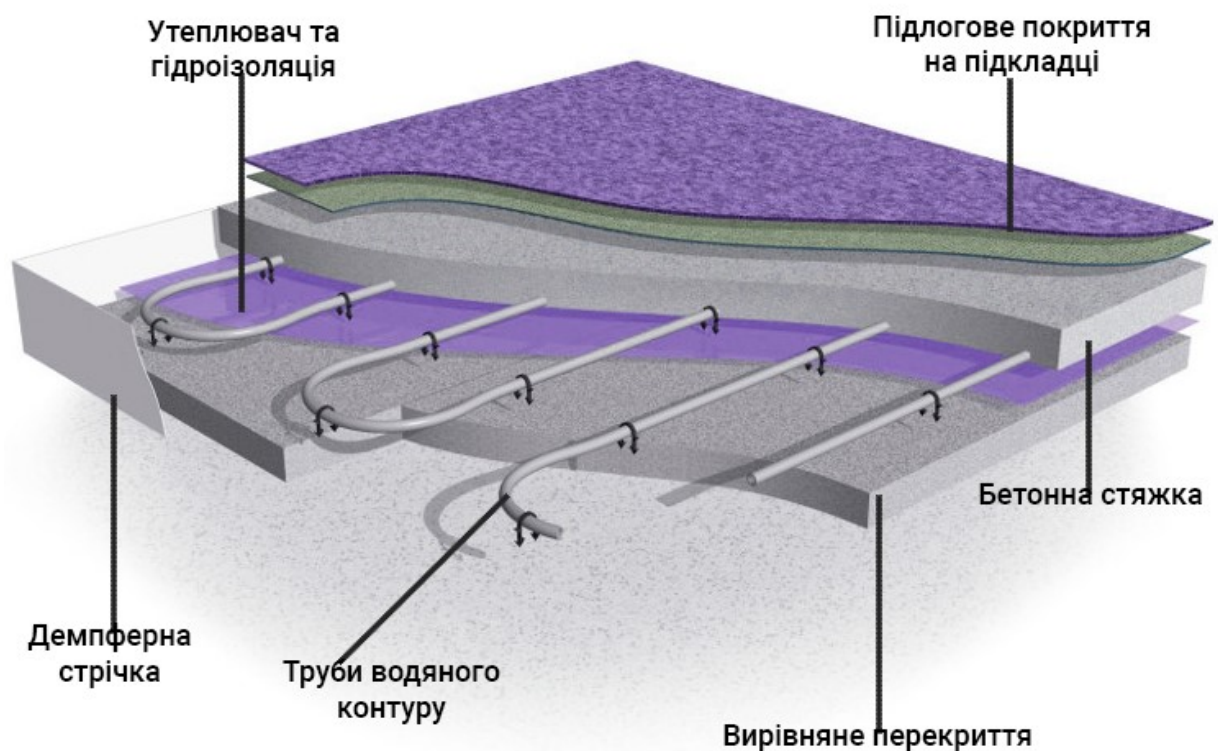


Рис. 1.3. Фрагмент підлоги

Аналіз умов навколишнього середовища в приміщенні, зокрема щодо контролю вологості та температури, можна ефективно візуалізувати за допомогою діаграми. Ця діаграма, яка відображає зв'язок між температурою повітря, вологістю та іншими ключовими параметрами, надає цінну інформацію про оптимізацію рівня комфорту в приміщенні, особливо в середовищах, де використовуються системи підігріву підлоги.

Розглянемо сценарій, коли вміст вологи в повітрі становить приблизно 6 грамів водяної пари на кілограм сухого повітря (г/кг) за температури повітря 18°C. За цих умов відносна вологість стабілізується на оптимальному рівні 50%. Цей баланс вважається ідеальним для підтримки комфорту в приміщенні, оскільки він мінімізує ризик дихального дискомфорту та інших проблем, пов'язаних із надмірно сухим або вологим повітрям.

Однак, якщо температура повітря підвищується до 22°C, зберігаючи ту саму абсолютну вологість 6 г/кг, відносна вологість значно падає приблизно до 30%. Це зниження відносної вологості призводить до сухого повітря, що може спричинити дискомфорт для мешканців, наприклад сухість шкіри, подразнення дихальних шляхів і підвищену ймовірність статичної електрики. Крім того, сухе повітря при вищих температурах може негативно вплинути на якість повітря в приміщенні та сприйнятий рівень комфорту.

Окрім впливу на комфорт, зміни температури та вологості повітря також впливають на енергоефективність будівлі. Зокрема, енергія, необхідна для нагрівання проникаючого повітря — повітря, яке надходить у будівлю ззовні — змінюється залежно від температури. Протягом опалювального сезону підтримка нижчої температури повітря в приміщенні, як це можливо за допомогою теплої підлоги, зменшує потребу в теплі для зігрівання проникаючого повітря. Це зменшення потреби в теплі може призвести до економії енергії, особливо в холодні місяці, коли різниця в тепловій потужності, необхідній для нагріву проникаючого повітря, може коливатися до 5%. За екстремальних зимових умов підвищення ефективності може бути ще більш помітним, потенційно сягаючи до 45%, завдяки здатності системи підтримувати комфорт зі зниженими внутрішніми конвективними потоками.

Однією з ключових переваг систем теплої підлоги є їх здатність забезпечувати рівномірне тепло по всій поверхні підлоги, що допомагає запобігти поширеній проблемі холодних ніг, яка часто виникає в приміщеннях, що обігріваються конвективними системами. Однак важливо

ретельно регулювати температуру поверхні підлоги, щоб уникнути перегріву, що може призвести до дискомфорту або навіть ризику для здоров'я.

Нормативна база, така як стандарт UNI-EN 1265, створений у жовтні 2019 року, містить чіткі вказівки щодо підтримки оптимального комфорту в приміщеннях. Відповідно до цих стандартів температура поверхні теплої підлоги не повинна перевищувати 27°C. Дотримання цього обмеження гарантує ефективну роботу системи опалення без шкоди для комфорту. Цей стандарт також керує точним розрахунком температури теплоносія, конфігурацією нагрівальних батарей і впровадженням надійної та точної системи регулювання тепла.

Дотримуючись цих вказівок, системи теплої підлоги можуть досягти тонкого балансу між забезпеченням постійного тепла та підтриманням оптимального рівня вологості, тим самим підвищуючи як комфорт, так і енергоефективність у будівлях.

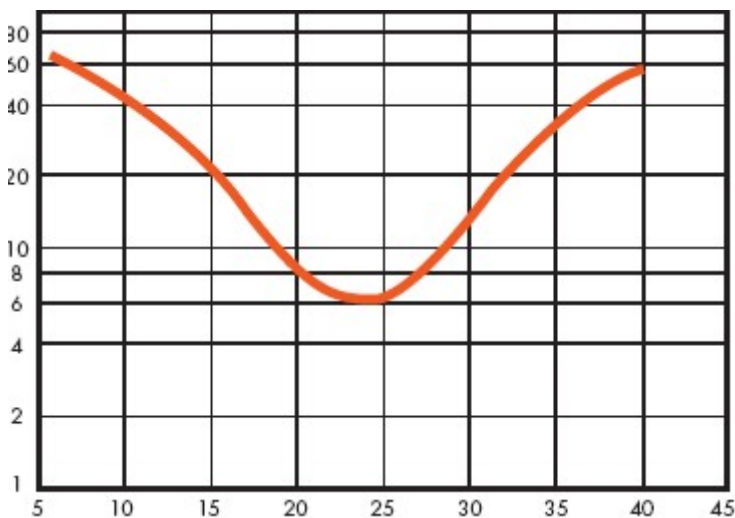


Рис. 1.4. Графік енергоефективності

Таблиця 1.1. Види типів покриття підлоги

№	Опір теплопередачі	Тип покриття підлоги
1	0,02	Кераміка, глазурь, бетон
2	0,075	Синтетичні матеріали
3	0,1	Перкет, ковер середньої товщини
4	0,15	Перкет, ковер високої товщини

1.2. Розрахунок системи «Тепла підлога»

Теоретична ефективність систем теплої підлоги часто наближається до 98%, перш за все тому, що ці системи покладаються на пряму променисту теплопередачу, а не на використання проміжних теплоносіїв, таких як повітря або вода. Цей прямий процес теплообміну дозволяє майже всій тепловій енергії, виробленій системою, передаватися безпосередньо мешканцям та об'єктам у приміщенні, максимізуючи потенційну ефективність системи опалення.

Однак, хоча теоретична ефективність дійсно висока, практичні міркування вводять фактори, які можуть призвести до втрати тепла та зниження загальної ефективності. Одним із найважливіших факторів, що впливають на втрати тепла, є різниця температур між нагрітими внутрішніми поверхнями та зовнішнім середовищем. Зі збільшенням температури стін зростає потенціал для виходу тепла назовні різними шляхами, що знижує ефективність системи.

Наступні фактори сприяють цим тепловтратам:

Конфігурація приміщення та планування будівлі: Архітектурний дизайн опалювального приміщення відіграє вирішальну роль у визначенні тепловтрат. Кімнати з зовнішніми стінами, неопалюваними прилеглими просторами, такими як аркові галереї або нижні поверхи, і складною геометрією більш чутливі до втрат тепла. Зовнішні стіни, зокрема, становлять значну проблему, оскільки вони піддаються безпосередньому впливу зовнішнього середовища, що робить їх основними кандидатами на витоки тепла.

Теплоізоляція огороджувальних конструкцій. Якість і ефективність теплоізоляції огороджувальних конструкцій будівлі, особливо в зонах, що оточують батареї опалення та нижніх частинах стін, мають вирішальне значення для підтримки ефективності системи. Невідповідна ізоляція може створити теплові містки, зони, де тепло відводиться швидше, що призводить до збільшення споживання енергії, оскільки система опалення працює

більше, щоб підтримувати бажану температуру в приміщенні. Це особливо актуально для систем опалення підлоги, де необхідно ефективно утримувати тепло в бажаному просторі.

Теплообмін зі стінами та стелею: взаємодія між системою теплої підлоги та оточуючими поверхнями будівлі, зокрема стінами та стелею, також впливає на ефективність. Температура поверхні системи теплої підлоги зазвичай вища, ніж температура оточуючих поверхонь, що призводить до передачі тепла від підлоги до стін і стелі. Ця передача посилюється зниженням загального поверхневого теплообміну через менші конвективні струми. По суті, в той час як радіаційне опалення мінімізує конвекцію і, отже, теоретично має підвищити ефективність, реальність така, що різниця між поверхневими температурами може призвести до міграції тепла від підлоги до менш ізольованих або неопалюваних частин будівлі, що ще більше знижує ефективність системи.

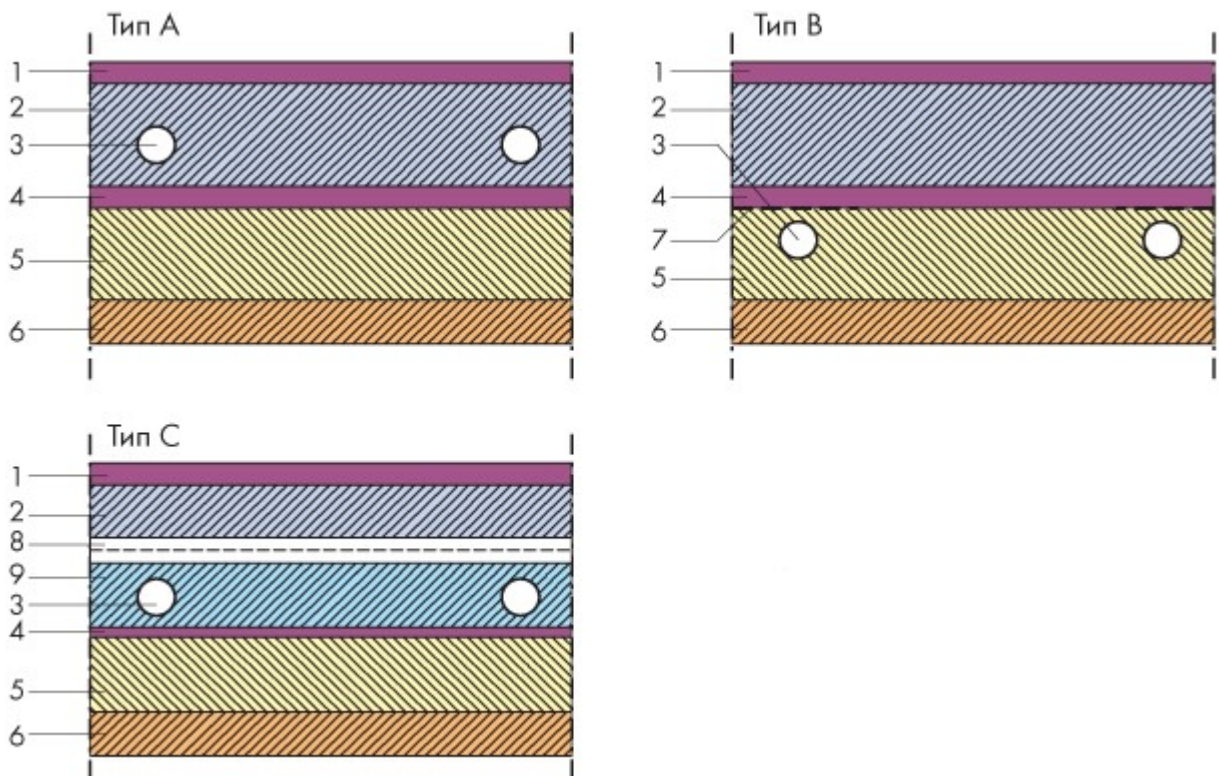


Рис. 1.5. Види підлог

Існують три основні конфігурації систем теплої підлоги, кожна з яких розроблена з урахуванням різних вимог щодо встановлення та критеріїв продуктивності:

Тип А - нагрівальна спіраль в опорному шарі:

У цій конфігурації нагрівальний змієвик вбудовано в опорний шар, який зазвичай є бетонним або стяжним шаром, який утворює основу системи підлоги. Така установка гарантує, що нагрівальні змієвики інтегровані безпосередньо в структурну основу, забезпечуючи ефективну передачу тепла від змієвика до поверхні підлоги. Опорний шар служить для рівномірного розподілу тепла по підлозі, підвищуючи комфорт і мінімізуючи коливання температури.

Тип В - ізоляція під опорним шаром:

Тут теплоізоляційний шар розміщений під опорним шаром, ефективно відокремлюючи нагрівальні батареї від нижніх структурних елементів. Ця конфігурація має на меті зменшити втрати тепла через підлогу та в нижні конструкції будівлі або землю, тим самим покращуючи загальну ефективність системи. Завдяки такому розміщенню ізоляції тепло, що виділяється змієвиками, ефективніше утримується в приміщенні, що сприяє кращим тепловим характеристикам і економії енергії.

Тип С - нагрівальна спіраль у вирівнювальному шарі:

У цьому типі нагрівальна спіраль розташована під базовим шаром у вирівнювальному шарі. Вирівнюючий шар призначений для створення гладкої та рівної поверхні для основного шару, яким часто є фінішне підлогове покриття. Таке розташування дозволяє точно контролювати температуру поверхні підлоги та забезпечує ефективну роботу системи опалення без перешкод через нерівності базового шару.

Розрахунок параметрів теплового поля:

Конструкція та продуктивність системи теплої підлоги визначаються кількома ключовими параметрами, зокрема:

Вихідні панелі: це компоненти, які визначають теплову потужність системи та впливають на загальну теплову потужність.

Діаметр змійовика: розмір змійовика впливає на ефективність теплопередачі та розподіл тепла в системі.

Відстань між обмотками змійовика: Відстань між обмотками змійовика впливає на рівномірність розподілу тепла по поверхні підлоги.

Тип і щільність теплообмінних і теплоізоляційних матеріалів: Ці матеріали впливають на теплопровідність і ізоляційні властивості системи, впливаючи як на ефективність, так і на продуктивність.

Температура води на вході: температура води, що надходить у систему, відіграє вирішальну роль у визначенні теплоємності системи.

Різниця температур між входом і виходом: Ця різниця впливає на ефективність теплопередачі всередині кожного контуру змійовика.

Температура повітря в приміщенні: температура в приміщенні впливає на загальний тепловий баланс і рівень комфорту.

Теплові характеристики:

Ефективність системи підігріву підлоги ілюструється співвідношенням між тепловіддачею підлоги та середньою температурою поверхні, як показано на малюнку. Цей графік відображає щільність теплового потоку (у ватах на квадратний метр, Вт/м²) проти різниці температур між середньою температурою поверхні підлоги та температурою повітря в приміщенні.

Вихідна потужність системи опалення обмежена таким чином, щоб температура поверхні не перевищувала максимально допустиму межу 27–28°C. Це обмеження встановлено, щоб уникнути перегріву та забезпечити комфорт. Однак винятки можуть стосуватися окремих зон, таких як ванні кімнати, коридори, службові кімнати та периферійні зони, де може бути дозволена трохи вища температура поверхні — до 34°C. Незважаючи на ці винятки, зазвичай рекомендується підтримувати температуру нижче цього порогу, щоб запобігти підвищеним втратам тепла на периметральних стиках із зовнішніми стінами.

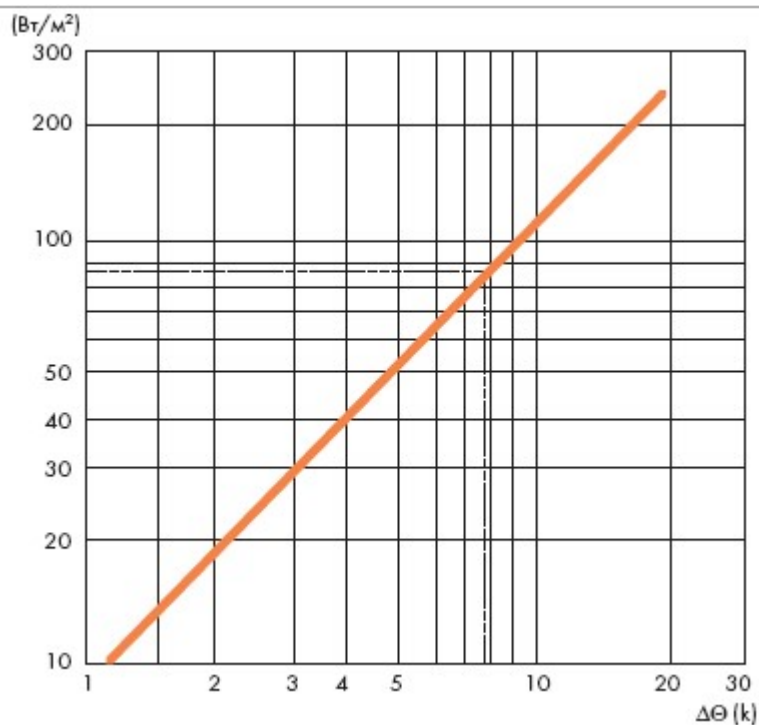


Рис. 1.6. Базова характеристика тепло підлоги

Основні робочі характеристики системи теплої підлоги можна ефективно проілюструвати за допомогою графіка, який відображає ключові параметри, пов'язані з теплопередачею та різницею температур. На цьому графіку зазвичай використовуються дві осі: абсциса (вісь x) і ордината (вісь y), кожна з яких представляє критичні змінні, які впливають на ефективність і рівень комфорту системи.

Абсциса (вісь X): різниця температур

По осі абсцис вказано різницю температур між середньою температурою поверхні підлоги та температурою навколишнього повітря в приміщенні. Ця різниця температур є вирішальним фактором для розуміння того, наскільки ефективно система теплої підлоги підтримує комфорт і сприяє загальному тепловому середовищу.

Середня температура поверхні підлоги є критично важливим чинником розподілу тепла та комфорту. Більша різниця температур вказує на вищу температуру поверхні відносно температури повітря, що, як правило, призводить до збільшення теплового потоку та більшого рівня комфорту. І навпаки, менша різниця температур передбачає більш збалансований

розподіл температури, але може вплинути на ефективність системи та теплові характеристики.

Ордината (вісь Y): густина теплового потоку

По осі ординат вказано щільність теплового потоку, виміряну у ватах на квадратний метр. Щільність теплового потоку кількісно визначає швидкість, з якою тепло передається через поверхню підлоги в приміщення. Він забезпечує пряме вимірювання теплоємності та ефективності системи.

Приклад аналізу:

Щоб проілюструвати практичне застосування цього графіка, розглянемо сценарій, за якого кінцева температура в приміщенні встановлена на 21°C. Якщо середня температура поверхні підлоги становить 29°C, різниця температур між поверхнею підлоги та навколишнім повітрям становить 8°C. Ця різниця температур забезпечує передачу тепла від поверхні до приміщення.

За цієї специфічної різниці температур у 8°C щільність теплового потоку становить приблизно 87 Вт/м². Це значення відображає кількість теплової енергії, що передається від підлоги до навколишнього середовища на одиницю площі. Це означає, що система ефективно підтримує бажану температуру в приміщенні, одночасно забезпечуючи ефективний розподіл тепла.

Інтерпретація та наслідки:

Розуміння зв'язку між різницею температур і щільністю теплового потоку дозволяє краще оптимізувати систему теплої підлоги. На графіку видно, що при більш високій температурі поверхні відносно температури повітря система може досягти більшої щільності теплового потоку, забезпечуючи тим самим більш ефективний обігрів.

І навпаки, керування різницею температур має важливе значення для підтримки комфорту, уникаючи надмірних втрат тепла чи споживання енергії. Конструкція системи повинна збалансувати ці фактори, щоб температура поверхні підлоги не була надто високою, що може призвести до

дискомфорту або збільшення втрати тепла, особливо на стиках по периметру із зовнішніми стінами.

Розвиток технології теплої підлоги тісно пов'язаний із розвитком будівельних матеріалів, зокрема з появою залізобетону. Синергія між цементом і металевою арматурою в бетоні призвела до розробки ефективної та довговічної системи підігріву підлоги.

Концепція систем теплої підлоги з'явилася одночасно з розвитком залізобетону, який містить металеву арматуру всередині цементної матриці. Однією з ключових причин такої інтеграції є відповідність коефіцієнта лінійного теплового розширення між цементом і металом. Ця характеристика гарантує, що зі зміною температури бетону металева арматура розширюється або стискається з однаковою швидкістю, мінімізуючи ризик структурної напруги та пошкодження.

Замінивши традиційну металеву арматуру високоякісними сталевими трубами, вбудованими в бетон, можна створити панель теплої підлоги, яка рівномірно розширюється при нагріванні. Коли гаряча вода циркулює через ці сталеві труби, вся поверхня підлоги нагрівається рівномірно, забезпечуючи послідовне та ефективне рішення для обігріву закритих приміщень.

Для оптимальної роботи система теплої підлоги вимагає рівномірного і постійного прогріву цементної маси. Ця необхідність впливає з того факту, що система призначена для безперервної роботи, а не періодичного використання. Для цього вкрай важливо забезпечити стабільність теплового режиму системи, уникаючи різких коливань температури. Рівномірне нагрівання цементної маси має основне значення для підтримки постійної температури підлоги та досягнення ефективного розподілу тепла по приміщенню.

Процес заливки бетону та закладення металевої арматури необхідно ретельно контролювати, щоб забезпечити формування цілісної та однорідної нагрівальної панелі. Інтеграція цементу з металевою арматурою створює єдиний структурний елемент, який ефективно проводить і розподіляє тепло.

Цей ретельний процес будівництва важливий для тривалої надійності та продуктивності системи опалення.

У 1970-х роках мідні труби були введені в системи теплої підлоги як альтернатива сталевим трубам. Однак мідь має інший коефіцієнт лінійного розширення порівняно з цементом. Ця невідповідність призвела до проблем із тепловим розширенням і звуженням, що призвело до структурних проблем і неефективності. У результаті цих проблем і наступних невдач кількох проектів використання мідних труб у системах теплої підлоги було припинено на користь більш сумісних матеріалів.

У сучасних системах теплої підлоги пластикові труби значною мірою витіснили старі матеріали, такі як метал, пропонуючи численні переваги з точки зору продуктивності та надійності. Ці сучасні труби були розроблені для вирішення кількох проблем, пов'язаних із попередніми матеріалами, і стали критично важливим компонентом у забезпеченні ефективної роботи систем теплої підлоги.

Сучасні системи теплої підлоги використовують передові багат шарові пластикові труби, розроблені для поєднання переваг різних матеріалів:

Внутрішній шар трубки складається з поліетилену середньої щільності, зокрема етилен-октанового сополімеру. Цей матеріал вибрано за його виняткову стійкість до помірних температур, з максимальною робочою температурою до 94°C. Внутрішня труба також має клейове покриття, яке покращує з'єднання з наступними шарами, сприяючи загальній структурній цілісності та продуктивності труби.

Внутрішній пластиковий шар оточує тонка алюмінієва трубка, як правило, товщиною 0,2 мм. Цей проміжний шар забезпечує додаткову жорсткість і структурну підтримку труби. Алюмінієвий шар також покритий адгезивом для забезпечення надійного з'єднання з сусідніми шарами, тим самим підвищуючи загальну довговічність і функціональність трубки.

Зовнішній шар трубки виготовлено з поліетилену високої щільності, який відомий своєю стійкістю до ультрафіолетового випромінювання. Ця

властивість гарантує, що трубка зберігає свою структурну цілісність і продуктивність протягом тривалого часу, навіть якщо піддається впливу сонячного світла або інших факторів навколишнього середовища.

Перед заливкою бетону важливо переконатися, що пластикові труби належним чином перевірені та встановлені, щоб уникнути будь-яких проблем під час експлуатації. Процес встановлення включає наступні основні етапи:

Змійовик перевіряється на герметичність шляхом циркуляції охолоджуючої рідини під робочим тиском, указаним виробником, як правило, близько 5 бар. Ця фаза тестування має вирішальне значення для виявлення та усунення будь-яких витоків або слабких місць у системі перед заливкою бетону.

Під час монтажу змійовик заповнюється охолоджуючою рідиною, що підтримується під тиском 4 бар. Це гарантує належне заповнення трубки та видалення будь-яких повітряних кишень, які інакше можуть вплинути на продуктивність системи опалення.

Розміщення пластикових труб зазвичай виконується на шарі теплоізоляції, який відіграє вирішальну роль в ефективності системи теплої підлоги. Ізоляційний шар запобігає втратам тепла до нижньої конструкції та спрямовує теплову енергію вгору в приміщення.

У багатьох системах разом з теплоізоляцією використовуються тепловідбивні алюмінієві панелі. Ці панелі призначені для рівномірного розподілу тепла, що передається теплоносієм, по всій цементній масі опалювальної панелі. Відбиваючі властивості алюмінію покращують рівномірність розподілу тепла та покращують загальну теплову ефективність системи.

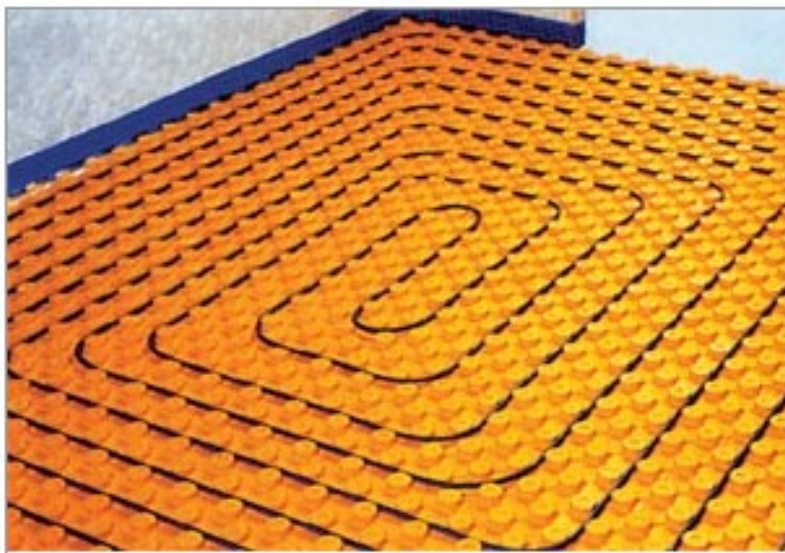


Рис. 1.7. Формування ізоляційного шару

У сучасних системах теплої підлоги сформовані ізоляційні покриття часто використовуються як підкладка для розміщення зміювика, що сприяє спрощеному та ефективному процесу укладання. Ці покриття служать підготовчим шаром, який забезпечує належне вирівнювання та підтримку нагрівальних спіралей, що є важливим для досягнення рівномірного розподілу тепла та продуктивності системи.

Для виробничих приміщень, об'єктів обслуговування або місць з інтенсивним рухом людей рекомендується використовувати зварну арматуру для посилення розподілу постійних вагових навантажень на готову підлогу. Ці фітинги призначені для підтримки структурної цілісності підлоги шляхом рівномірного розподілу ваги, тим самим запобігаючи локалізованим навантаженням, які можуть призвести до пошкодження або нерівномірного нагрівання. Обов'язковою умовою є дотримання мінімальної відстані 15 мм між зміювиками та будь-якою арматурою, щоб запобігти прямому контакту, який інакше може поставити під загрозу ефективність і довговічність системи опалення.

Цементна стяжка, яка є невід'ємною частиною системи теплої підлоги, виконується методом монолітної заливки. Цей метод передбачає безперервне

нанесення бетону для створення рівномірного безшовного шару поверх нагрівальних батарей. Перевагами цього підходу є:

Підвищена механічна стійкість: монолітність стяжки сприяє підвищенню міцності конструкції, здатної витримувати значні навантаження та навантаження.

Покращена теплопровідність: Коефіцієнт теплопровідності стяжки зазвичай становить приблизно 1,4 Вт/м·К, що сприяє ефективній передачі тепла від змійовиків до приміщення.

Текучість і покриття: текучість бетонної суміші забезпечує ретельне заповнення всіх кутів основи, в тому числі навколо змійовиків, таким чином забезпечуючи повний і рівномірний розподіл тепла.

Щоб оптимізувати експлуатаційні характеристики цементної стяжки, в бетонну суміш часто вводять запальні добавки. Ці добавки підвищують текучість суміші під час заливки та покращують її міцність на стиск після затвердіння. Отримана стяжка характеризується високою міцністю і стійкістю до зношування.

Цемент: використовуваний цемент повинен бути сертифікований для забезпечення якості та консистенції. Він повинен мати низький коефіцієнт гідрометричного налаштування, щоб полегшити плавне нанесення та зменшити ризик розтріскування або нерівномірного затвердіння.

Інертні наповнювачі: цемент змішують з інертним наповнювачем, що складається із суміші піску та гравію 1:1. Пісок має зернистість 0–3 мм, гравій – 5–7 мм. Ця комбінація забезпечує збалансовану суміш, яка сприяє міцності та довговічності стяжки.

Детальна таблиця класів стійкості для цементної стяжки містить конкретні показники ефективності, що дозволяє зробити точний вибір на основі вимог системи опалення та очікуваних умов навантаження. Це гарантує, що стяжка відповідає необхідним нормам щодо механічної міцності та термічної ефективності.

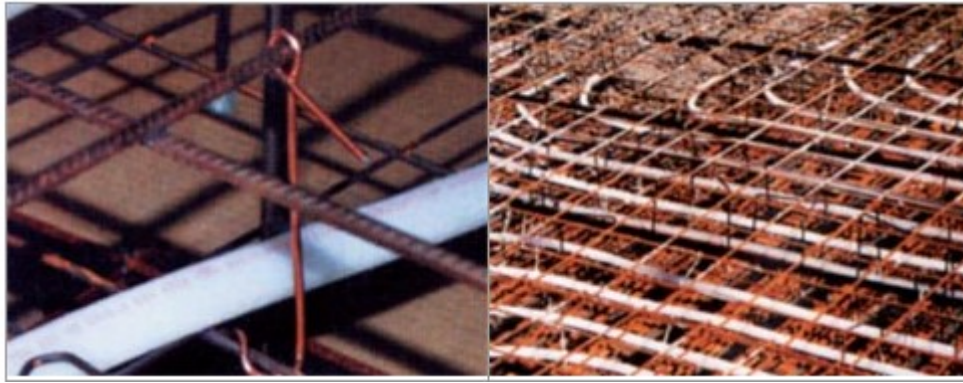


Рис. 1.8. Кріплення труб

Для оптимальної роботи системи теплої підлоги дуже важливо використовувати для замішування бетону чисту питну воду. Вода з високим вмістом хлору або інших забруднень може негативно вплинути як на цілісність цементної стяжки, так і на загальну ефективність системи опалення. Забезпечення використання чистої води допоможе зберегти бажані властивості стяжки та запобігти потенційному пошкодженню нагрівальних компонентів.

При приготуванні цементної суміші слід ретельно задокументувати детальні записи про марку цементу, теплопровідність і склад інертних наповнювачів, а також про будь-які запалювальні та посилюючі добавки. Ця інформація є важливою для контролю якості та забезпечення відповідності стяжки необхідним стандартам експлуатації.

Товщина цементної стяжки повинна постійно підтримуватися на рівні мінімум 40 мм у кожній точці, виміряної від верхньої поверхні труби теплогенератора. Ця товщина має вирішальне значення для забезпечення належної теплоізоляції та структурної цілості нагрівальної панелі.

Перед заливкою бетону по периметру стяжки необхідно встановити теплоізоляційну стрічку. Ця стрічка виконує кілька функцій:

Компенсація теплового розширення: враховує розширення та звуження стяжки через зміни температури, запобігаючи напрузі та потенційному пошкодженню на стиках між нагрівальною панеллю та стіновими перегородками.

Тепло- та звукоізоляція: діє як буфер, зменшуючи втрати тепла та передачу звуку між нагрівальною панеллю та навколишньою конструкцією.

Альтернативний спосіб укладання теплої підлоги передбачає використання збірних елементів із попередньо напруженого бетону та пластикових волокон. Цей метод усуває необхідність у традиційній цементній стяжці. Збірні елементи містять канавки, спеціально розроблені для розміщення нагрівальних спіралей. Ці канавки полегшують розміщення багатошарової труби, яка розроблена для використання в системі цього типу. До переваг цього методу можна віднести:

Таблиця 1.2. Класи стійкості цементної стяжки в залежності від навантаження, що рухається

Значення рухомої навантаження (кН/м ²)	Стійкість цементної стяжки до компресії (Не раніше, ніж через 28 днів після заливання)	
	мінімальна	середня
(МПа)		
2	20	25
3	30	35
4	35	40

Таблиця 1.3. Максимально допустимі значення температури поверхні підлоги в залежності від типу приміщення

Тип приміщення	Максимальна температура поверхні підлоги, °С	Примітки
Приміщення, де люди велику частину часу знаходяться в сидячому положенні	29	Безпосередньо зайнята зона
Приміщення, де люди велику частину часу стоять або ходять	28	Безпосередньо зайнята зона
Ванна кімната, туалет або басейн	33	
Ділянки приміщення поза безпосередньо зайнятої зони	35	

Для впровадження ефективної системи теплої підлоги необхідно точно розрахувати та оптимізувати кілька основних параметрів. Ці параметри є вирішальними для забезпечення ефективної теплової ефективності та комфорту в просторі. Основними параметрами, які необхідно визначити, є:

Температура поверхні підлоги відносно температури повітря ($^{\circ}\text{C}$)

Відстань між змійовиками (см)

Випромінювальна потужність ($\text{Вт}/\text{м}^2$)

Різниця в температурі між середньою температурою теплоносія та температурою повітря (К)

Номограма є корисним інструментом для аналізу цих параметрів для конкретної системи теплої підлоги. Розглянута номограма для системи, яка має шар алюмінію з полістирольною ізоляцією товщиною 35 мм і бетонну стяжку з теплопровідністю $1,4 \text{ Вт}/\text{м}\cdot\text{К}$ товщиною 50 мм над нагрівальним змійовиком.

Припустімо, що системі потрібна потужність випромінювання $85 \text{ Вт}/\text{м}^2$. Провівши вертикальну лінію від значення $85 \text{ Вт}/\text{м}^2$ на горизонтальній осі (щільність теплового потоку) до верхньої частини номограми, де температура повітря становить $21 \text{ }^{\circ}\text{C}$, ми знаходимо, що допустима температура поверхні підлоги становить $27 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Різниця температур між середньою температурою води в змійовику та температурою повітря. Якщо середня температура змійовика становить $32 \text{ }^{\circ}\text{C}$, а температура повітря $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$, то значення становить 12 К.

Знайдіть на номограмі точку, де перетинаються лінії випромінювальної здатності та різниці температур. Ця точка вказує на те, що відстань між трубками змійовика має бути від 17 до 21 см.

Якщо відстань між трубами змійовика збільшити до 24 см, а середня температура води в змійовику становитиме $40 \text{ }^{\circ}\text{C}$, різниця температур між температурою води та повітря становитиме 21 К. Це може відповідати температурі води на вході $42 \text{ }^{\circ}\text{C}$ і температура на виході $37 \text{ }^{\circ}\text{C}$, з різницею температур циркулюючої води 5 К.

У цьому сценарії температура поверхні підлоги залишається в допустимих межах на рівні 28 °С з потужністю випромінювання 100 Вт/м².

Відповідно до номограми, зменшення відстані між трубами зміювика підвищує температуру поверхні підлоги. Щоб підтримувати комфорт при зменшеній відстані, температура теплоносія повинна бути нижчою, що може призвести до збільшення вартості системи, збільшення споживання енергії та більших втрат тепла.

Для оптимальної роботи рекомендується підтримувати середню робочу температуру теплоносія на рівні 38 °С з відстанню між трубами зміювика 25-30 см. У певних приміщеннях, таких як ванні кімнати, де може знадобитися менша відстань, допустима трохи вища температура поверхні підлоги.

Загальну потужність випромінювання системи опалення слід регулювати, виходячи з остаточного оздоблення підлоги та товщини бетонної стяжки:

Теплопровідність фінішної обробки підлоги впливає на тепловіддачу. Такі матеріали, як мармур, мають високу теплопровідність, за ними йдуть плитка, теракота, дерев'яний паркет, лінолеум і килими, у порядку зменшення ефективності.

Рекомендована товщина бетонної стяжки 40 мм, коефіцієнт теплопровідності 1. Залежно від конкретних умов можуть знадобитися коригування.

Уніфікована довжина котушок у всій системі допомагає досягти збалансованої мережі та зменшує потребу в локальній компенсації навантаження, яка може бути шумною та дорогою.

Використання труб різного діаметру дозволяє підтримувати гідравлічний баланс. Втрати навантаження слід розраховувати на основі даних виробника, оскільки варіації шорсткості та падіння тиску можуть мати місце серед різних продуктів від різних виробників.

Більші відстані між змійовиками в 25-30 см зменшують вартість труб і монтажу, знижують втрати тиску та знижують витрати на експлуатацію насоса. Цей підхід також мінімізує системний шум і експлуатаційні витрати.

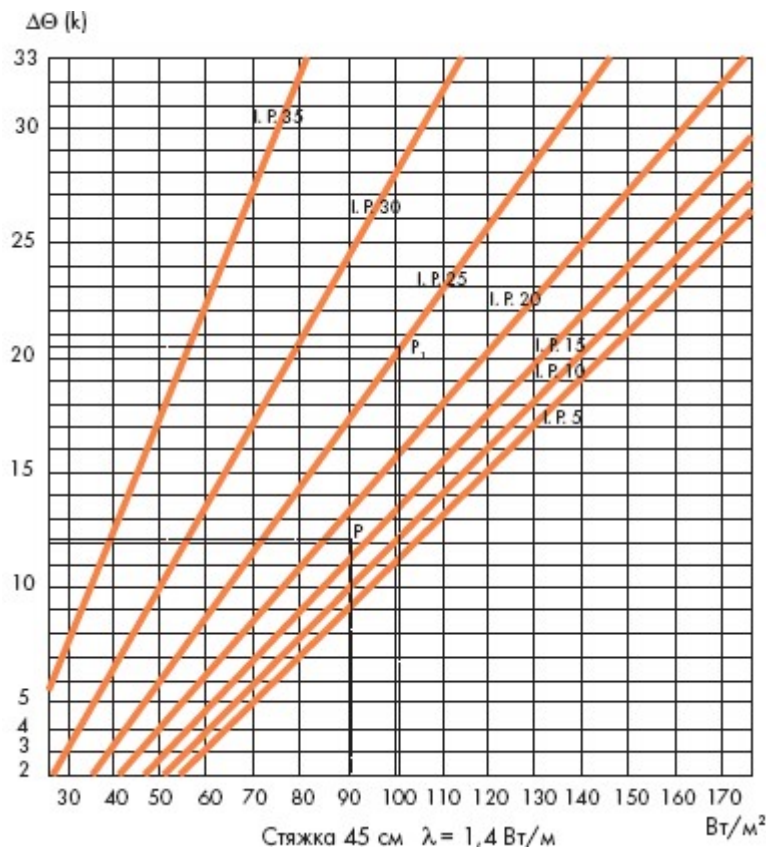


Рис. 1.9. Значення теплопровідності

Номограма, яка використовується для розрахунку параметрів системи теплої підлоги, є життєво важливим інструментом для оптимізації її роботи. Це графічне зображення допомагає визначити коефіцієнт випромінювання системи на основі таких ключових факторів, як температура повітря, температура поверхні підлоги та середня температура води, що циркулює в батареях опалення. У розрахунках також враховується осьова відстань між витками котушки.

Щоб проілюструвати, як працює номограма, розглянемо приклад системи опалення, розрахованої на кімнату площею 17 кв. У цьому випадку відстань між витками котушки становить 24 сантиметрів. Кожна нагрівальна спіраль у цій установці має довжину приблизно 60 метрів, а використовувана трубка має внутрішній діаметр 15 міліметрів. За цих умов втрата тиску в

кожній змійовику становить приблизно 8400 Па, а вода рухається зі швидкістю 0,35 метра в секунду. Щільність теплового потоку становить 100 Вт на квадратний метр, в результаті чого загальна теплова потужність становить 1650 Вт на квадратний метр.

У цій системі середня температура циркулюючої води становить 40 °С. Різниця температур між середньою температурою води в змійовику і температурою повітря становить 20 К. Зокрема, температура води на вході становить 42 °С, а на виході – 37 °С. Це налаштування призводить до розрахункової температури поверхні підлоги 28 °С.

Щоб детальніше дослідити вплив різних параметрів, розгляньте можливість зміни відстані між витками котушки до 10 сантиметрів замість початкових 25 сантиметрів. Ця зміна призведе до температури води на вході 34 °С і температури на виході 30 °С, з однаковою різницею температур п'ять Кельвінів. Незважаючи на те, що температура поверхні підлоги залишається 28 °С, довжина змійовика значно збільшується до 145 метрів, що призводить до значного підвищення втрати тиску з 8400 Паскалів до 18700 Паскалів.

У цьому випадку, щоб впоратися зі збільшеною втратою тиску, розробнику потрібно буде підвищити різницю температур циркулюючої води до 7 Кельвінів або більше. Однак, якщо різниця температур збільшиться занадто сильно, наприклад, до 9 Кельвінів, температура на виході може впасти надмірно, потенційно досягнувши 28 °С. Ця ситуація наближається до порогу, за яким ефективний теплообмін стає проблематичним.

1.3. Кошторис робіт на влаштування теплої підлоги

Локальний кошторис на будівельні роботи
на будівельні роботи
Тепла підлога

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

№ Ч.ч.	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 тих, що обслуговують машини	
										заробітної плати	з тому числі заробітної плати
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		<i>Підготовчі роботи</i>									
1	KP7-16-2	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	KP20-14-3	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	Щок 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-ИН	Улаштування цементної стяжки товщиною 20 мм по бетонній основі прибищення 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	KP7-17-9K=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 "ЕКСТРУДЕР"	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 пінополістирол 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	<u>1.26</u>	=	10 773	-	=	=	=

	2				-	-			-	-	-
13	C153-1-ИНБ1	Нагрівальний кабель DEVI (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	Пісок 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 м ²	100 м ²	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 м ² до 7 шт	100 м ²	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	C111-287-1-4-ИН-Б	Плитка для підлоги	м ²	290,2	<u>610.98</u> -	= -	177 612	-	= -	= -	= -

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

Висновок

Оцінювана система електричного опалення відповідає високим галузевим стандартам і суворим технічним специфікаціям, представляючи собою життєздатну альтернативу традиційним рішенням електричної теплої підлоги. Ця система вирізняється здатністю ефективно розподіляти тепло між різними матеріалами підлогового покриття, що підвищує її універсальність і робить її придатною для різноманітних застосувань.

Успішна інтеграція систем електричного опалення вимагає комплексного підходу до точного налаштування як окремих компонентів, так і загальної конструкції системи. Важливим аспектом цього процесу є вибір матеріалів, які забезпечують оптимальний баланс між економічною ефективністю та тепловими характеристиками. Документація пропонує детальну інформацію про теплопровідність, довговічність та економічну ефективність різних матеріалів, що допомагає зробити обґрунтований вибір на етапах проектування та монтажу системи.

Електричні кабельні системи обігріву за своєю природою вимагають значного споживання енергії, що вимагає передових стратегій управління енергоспоживанням для забезпечення експлуатаційної ефективності. Ефективні методи управління включають складне енергетичне моделювання та динамічне профілювання навантаження. Ці підходи мають важливе значення для зменшення втрат енергії, підвищення продуктивності системи та зниження експлуатаційних витрат.

Для стимулювання прогресу в технологіях електрокабельного нагріву вкрай важлива співпраця між дослідниками, виробниками та регуляторними органами. Таке партнерство є ключем до розробки інноваційних рішень, які підвищують енергоефективність і підтримують стійкість систем електрообігріву.

РОЗДІЛ 2. ОПИС АРХІТЕКТУРНО-ПЛАНУВАЛЬНОГО РІШЕННЯ БУДІВЛІ

2.1. Ситуаційний план



Рис. 2.1. Ситуаційний план

Спеціально відведений майданчик для будівництва загальноосвітньої школи в Сумах стратегічно розташований на вулиці Шкільній, в межах житлового району переважно з малоповерховими будинками. Це місце є дуже вигідним, пропонуючи як доступність, так і близькість до основних послуг, а також маючи потенціал для значного покращення освітніх можливостей у громаді.

Безпосередня близькість ділянки характеризується малоповерховими житловими будинками, які відображають характер району та підкреслюють важливість місцевого освітнього розвитку. Запланована загальноосвітня школа покликана органічно інтегруватися в цю міську обстановку, створюючи центральний навчальний центр для громади. Поруч, присутність Головного управління Пенсійного фонду підкреслює відданість області обслуговуванню різних вікових груп у громаді. Нова школа буде виступати в якості моста між поколіннями, пропонуючи якісну освіту для молодших і

старших студентів. Близькість офісу Укрпошти додає елементу зручності, вирішуючи поштові та комунікаційні потреби мешканців району. Крім того, наявність невеликих магазинів в районі вказує на самодостатність району.

2.2. Об'ємно-планувальне рішення

Конструктивний каркас має збірні колони та балки, що забезпечує швидкий монтаж та надійну підтримку для забезпечення цілісності конструкції. Міжповерхове покриття складається з монолітної плити товщиною 250 мм з використанням незнімної технології опалубки, що гарантує як довговічність, так і несучу здатність. Стіни побудовані з сендвіч-панелей товщиною 150 мм з ізолюючим сердечником, що забезпечує високу енергоефективність і прискорює процес монтажу.

Будівля має висоту 21,1 метра, вона складається з трьох надземних поверхів, присвячених навчальній діяльності та підвалу для технічних цілей. Цей дизайн ефективно максимізує використання простору, забезпечуючи безпечні та функціональні області навчання.

Школа розроблена в квадратній формі, з кожної сторони розміром 44,8 метрів, оптимізуючи використання внутрішнього простору та включаючи сучасний архітектурний дизайн. Центральний двір служить універсальною зоною для різних заходів, сприяючи навчанню на відкритому повітрі та залученню.

2.3. Архітектурно-конструктивне рішення

Фундаменти

Фундаменти будуються з використанням залізобетонних паль, кожна довжиною 9 метрів і товщиною 300 міліметрів. Палі розташовані один метр один від одного, забезпечуючи рівномірний розподіл навантаження. Монолітний залізобетонний ростверк висотою 450 міліметрів і шириною 700 міліметрів переносить навантаження від конструкцій будівлі на палі. Ростверк додатково зміцнюють за допомогою арматурного каркаса.

Обрана система фундаменту, адаптована до характеристик ґрунту, може похвалитися високою несучою здатністю. Глибина залягання ґрунтових

вод становить 13,56 метра, що значно перевищує рівень води, запобігаючи потенційному пошкодженню води та підтримуючи стабільність будівлі.

Зовнішні, внутрішні стіни та перегородки

Зовнішні стіни виконані із застосуванням сендвіч-панелей, які мають товщину 150 мм і пінополістирольний сердечник. Ці панелі забезпечують високий рівень теплоізоляції, що забезпечує енергоефективність будівлі. Завдяки такій конструкції стіни ефективно знижують втрати тепла, що сприяє оптимальному використанню енергетичних ресурсів і зменшує витрати на опалення.

Внутрішні стіни, товщиною 100 мм, також виготовляються з сендвіч-панелей, при цьому гіпсокартон використовується для невеликих перегородок, забезпечуючи гнучкість і ефективність при оформленні. Цей вибір матеріалів відповідає модульним принципам будівництва, полегшуючи точні та ефективні будівельні процеси.

Пінополістирол у зовнішніх стінах відіграє вирішальну роль у регулюванні температури всередині приміщень, зменшуючи потребу в широкому нагріванні та охолодженні та сприяючи економії енергії.

Покрівля

Дах має шатрову конструкцію, яка відома своєю довговічністю та ефективністю в управлінні атмосферними опадами. Така форма покрівлі забезпечує надійне відведення снігу і дощу, що знижує ризик накопичення вологи і подальших проблем, таких як протікання.

Дерев'яний каркас даху, виготовлений зі збірних елементів, був обраний завдяки поєднанню міцності та легкості. Такий підхід відповідає сучасним методам модульного будівництва, що дозволяє швидко та ефективно реалізувати конструкцію з високими експлуатаційними характеристиками. Використання таких елементів сприяє підвищенню загальної якості конструкції даху та забезпечує її довготривалу і надійну експлуатацію.

Покрівельним матеріалом для загальноосвітньої школи в Сумах обрано гнучку черепицю, яка поєднує в собі традиційний вигляд глиняної або сланцевої черепиці з сучасними технічними перевагами. Цей матеріал значно підвищує довговічність покрівлі, оскільки гнучка черепиця має здатність рівномірно розподіляти навантаження, що особливо важливо для дерев'яного каркасу в складній вальмовій конструкції даху. Вона також зменшує вагу покрівлі, що сприяє зниженню навантаження на каркас і продовжує термін його служби.

Для забезпечення максимальної ефективності гідро- і пароізоляції під дахом були використані спеціальні матеріали, що захищають будівлю від негативного впливу вологи і температурних коливань. Це не тільки підвищує енергоефективність будівлі, але й запобігає утворенню конденсату всередині школи, що, в свою чергу, забезпечує оптимальний мікроклімат в приміщеннях і знижує ризики, пов'язані з вологістю.

Покриття підлог

Матеріали для покриття підлоги в загальноосвітній школі м. Суми підбираються ретельно, щоб забезпечити баланс функціональності, естетики та довговічності в різних частинах приміщення.

Аудиторії та лекційні кімнати обладнані професійним килимовим покриттям, яке відоме своєю звукоізоляцією та комфортом, створюючи теплу та привабливу атмосферу, сприятливу для навчання. Спортивні та актові зали оснащені гумовими спортивними підлогами, відібраними за еластичністю та міцністю, що ідеально підходить для інтенсивних видів діяльності.

В обідній зоні та на кухні вінілова композитна плитка використовується завдяки її вологостійкості та здатності витримувати високу прохідність, забезпечуючи довговічність та простоту догляду. Роздягальні та ванні кімнати облицьовані керамічною плиткою, вибраною через її водонепроникність та гігієнічні властивості.

Для підвищення комфорту та енергоефективності по всій будівлі встановлено систему теплої підлоги. Ця система забезпечує послідовне та

рівномірно розподілене тепло, забезпечуючи комфортне середовище в усіх приміщеннях школи. Інтеграція підігріву підлоги доповнює обрані матеріали для підлоги, покращуючи їх ефективність і сприяючи загальному добробуту мешканців школи.

Двері та вікна

В середній школі міста Суми, проектування вікон і дверей було здійснено з особливою увагою до технічних характеристик і вимог безпеки. Вікна виготовлені з ПВХ-профілю, що включає трикамерні склопакети. Товщина віконних рам складає 70 мм, а склопакетів — 36 мм. Для панорамних вікон, що слугують частиною дизайнерської концепції, застосовані спеціальні теплі профілі, які забезпечують високий рівень теплоізоляції. Вікна характеризуються коефіцієнтом теплопередачі $U = 1,0$ Вт/м²К, що відповідає сучасним вимогам енергозбереження і дозволяє знижувати витрати на опалення та охолодження.

Двері школи виготовлені з металу з теплоізоляційними вставками, мають товщину 50 мм. Ці двері не тільки забезпечують високу звукоізоляцію, але й сприяють збереженню тепла завдяки герметичним ущільнювачам, що надають коефіцієнт теплопередачі $U = 1,2$ Вт/м²К. Вони оснащені антипанічними замками і ударостійким склом, що підвищує рівень безпеки та допомагає у випадку евакуації. Вхідні двері також мають протипожежні замки та дверні фрамуги, що сприяють покращенню протипожежного захисту.

Цей підхід до вибору і встановлення вікон і дверей забезпечує не лише енергоефективність будівлі, але й безпеку і комфорт для учнів та персоналу.

Зовнішнє і внутрішнє опорядження

Фасад загальноосвітньої школи у Сумах вирізняється сучасним та енергоефективним дизайном, завдяки використанню передових матеріалів. Будівля оздоблена металевими панелями, що мають товщину 0,8 мм і вагу 4,5 кг/м². Ці панелі забезпечують високу міцність та стійкість до атмосферних впливів, що робить фасад довговічним і легким у догляді. Металеві панелі

поєднуються з трискладовим енергоефективним склом, товщина якого становить 32 мм, що включає два шари скла з тепловідбивними покриттями та один шар з інертним газом між ними. Це скло забезпечує відмінну теплоізоляцію та знижує витрати на опалення та кондиціонування, зберігаючи оптимальну температуру в приміщеннях.

Архітектурний дизайн фасаду включає горизонтальні та вертикальні акценти, що надають будівлі сучасного вигляду і створюють візуальну динаміку. Для підвищення енергоефективності і забезпечення стійкості конструкції віконні рами виготовлені з алюмінію з термомостом, що має товщину 70 мм і сприяє покращенню теплоізоляційних характеристик.

Внутрішнє оздоблення класів і офісів включає миттєву фарбу з низьким вмістом летких органічних сполук, яка має середню товщину 0,15 мм і забезпечує чистоту повітря. Ця фарба не тільки надає стінам стійкий колір, але й сприяє створенню спокійної та зосередженої атмосфери.

У спортивних залах застосовуються ударостійкі акустичні панелі з товщиною 12 мм, які забезпечують захист стін і підвищують звукопоглинання, що є важливим для спортивних і культурних заходів. Акустичні панелі виготовлені з волоконного матеріалу на основі переробленого волокна, що має термін служби до 20 років.

Їдальня та кухня оздоблені вологостійкою фарбою, що забезпечує легкість догляду і витримує часте очищення. Вона має середню товщину 0,2 мм і високу стійкість до впливу вологи і жиру. Роздягальні та ванні кімнати оброблені керамічною плиткою з товщиною 8 мм, що забезпечує водостійкість та легкість в обслуговуванні, а також додаткову естетичність інтер'єру.

Підвісні стелі в класах і офісах, виготовлені з акустичних плит товщиною 15 мм, забезпечують контроль над звуком і зручність у розміщенні освітлювальних та інженерних систем. В спортивних і актових залах високі відкриті стелі створюють відчуття величі і сприяють естетичній

привабливості, завдяки використанню стельових конструкцій з металевих панелей з терміном служби до 30 років.

Стелі в роздягальнях і ванних кімнатах виконані з вологостійких натяжних матеріалів, що гарантує зручність обслуговування та захист інженерних комунікацій. Натяжні стелі мають товщину 0,3 мм і відзначаються тривалим терміном служби до 15 років, що робить їх ідеальним вибором для вологих приміщень.

Ці технологічні та матеріальні рішення забезпечують не лише сучасний вигляд та функціональність будівлі, але й сприяють енергоефективності та довговічності загальноосвітньої школи у Сумах.

2.4. Інженерні розрахунки

1. Штукатурне покриття фарбоване: $\gamma=8050\text{кг/м}^3$, $\delta=14\text{ мм}$;
2. Утеплювач : $\delta=105\text{ мм}$, $\lambda=40\text{ Вт/м}^3$;
3. Стіна: $\delta=150\text{ мм}$, $\lambda=7050\text{ Вт/м}^3$;
4. Штукатурне покриття фарбоване: $\gamma=8050\text{кг/м}^3$, $\delta=18\text{ мм}$.

Нижче наведено перелік основних параметрів, які були визначені з урахуванням кліматичних умов:

- Відносна вологість: $\varphi=50\%$
- Температура: $t_{\text{вн}} = +20^\circ\text{C}$
- Значення теплопередачі: $\alpha_{\text{вн}} = 8.7\text{ Вт/(м}^2\cdot\text{C)}$
- Значення тепловіддачі: $\alpha_{\text{вн}} = 23\text{ Вт/(м}^2\cdot\text{C)}$.
- Температура на дворі: $t_{\text{дв}} = -28^\circ\text{C}$
- Мінімальний опір стіни: $R_{\text{q min}} = 4.0\text{ м}^2\text{ K/Вт}$

Обчислюється ефективність стін у запобіганні теплопередачі:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} = \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{i\text{п}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}}$$

$$R_{\text{K}} = R_{\text{q min}} - (1/\alpha_{\text{вн}} - 1/\alpha_{\text{вн}}) = 4.0 - (1/8.7 - 1/23) = 3.9\text{ м}^2\cdot\text{C/Вт}$$

Обчислюється ефективність перегородок у запобіганні теплопередачі:

$$R_{\Sigma} = R_k - R_{o.c.} - R_{кп} = 3.9 - 0,0247 - 0,0215 - 0.5 - 0,72 = 2.7 \text{ м}^2 \cdot ^\circ \text{C/Вт.}$$

Найменші допустимі розміри панелі складають:

$$\delta_{ут.} = \lambda_{ут.} \cdot R_{ут.} = 0.025 \times 2.7 = 0.067 \text{ м}$$

Приймаємо розмір в п'ятнадцять сантиметрів.

$$R_o^\phi = 1/8.7 + 1/23 + 0.5/0.64 + 0.02/0.64 + 0.02/0.93 + 0.2 / 0.053 = 4.6 \text{ м}^2 \cdot ^\circ \text{C/Вт.}$$

$$R_o^\phi = 4.6 \text{ м}^2 \text{ К/ Вт} > R_q \text{ min} = 4 \text{ м}^2 \text{ К/ Вт}$$

Стіни забезпечені ізоляцією, яка цілком відповідає необхідним стандартам.

Список використаних джерел

1. Пожежна безпека об'єктів будівництва: ДБН В.1.1.7-2016 [Чинний від 2017-06-01]. -К: Держбуд України, 2017. – 84 с. (Національні стандарти України).
2. Благоустрій територій (зі Змінами): ДБН Б.2.2-5:2011 [Чинний від 2012-09-01]. -К: Мінрегіонбуд України, 2019. – 44 с. (Національні стандарти України).
3. Природне і штучне освітлення: ДБН В.2.5-28:2018 [Чинний від 2019-02-28]. -К: Мінрегіонбуд України, 2018. – 7 с. (Національні стандарти України).
4. 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).
5. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6-31:2016 [Чинний від 2016-10-01]. -К: Мінрегіонбуд України, 2017. – 15 с. (Національні стандарти України).
6. 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).
7. Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення: ДБН В.2.1-10:2018.
8. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією: ДБН В.2.6-33:2018.
9. Кам'яні та армокам'яні конструкції: ДБН В.2.6-162:2010.
10. Покриття будівель і споруд: ДБН В.2.6-220:2017
11. Кошторисні норми України. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Підлоги.
12. Вікна та двері: ДСТУ EN 14351-1:2020.
13. Кошторисні норми України. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Оздоблювальні роботи

14. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування: ДБН В.2.5-75:2013.
15. Охорона праці і промислова безпека в будівництві ДБН А.3.2-2-2009: [Чинний від 2012-04-01]. -К: Мінрегіонбуд України, 2012. – 53-54 с. (Національні стандарти України).
16. Організація будівельного виробництва: ДБН А.3.1-5:2016 [Чинний від 2016-01-01]. -К: Мінрегіонбуд України, 2016. – 44-46 с. (Національні стандарти України).
17. Кошторисні норми України «Настанова з визначення вартості будівництва»: [Чинний від 2021-11-09]. -К: Мінрегіонбуд України, 2021. – 44-46 с. (Національні стандарти України).
18. 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).
19. Довідково-інформаційний збірник ресурсів та одиничних розцінок на будівельно-монтажні роботи, Суми, СНАУ – 2011 р.
20. Нормування праці та кошториси в будівництві. Суми -«Мрія – 1», 2010 , 452 с.
21. Організація будівельного виробництва (посібник для розробки курсових та дипломних проектів). Суми, СНАУ, 2011, 125 с.