

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ**

до проведення практичних занять та організації самостійної роботи  
з навчальної дисципліни

**«ОПАЛЕННЯ»**

*(для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти  
денної форми навчання зі спеціальності 192 – Будівництво і цивільна  
інженерія, освітньо-професійна програма «Теплогазопостачання і вентиляція»)*

**Харків**  
**ХНУМГ ім. О. М. Бекетова**  
**2023**

Методичні рекомендації до проведення практичних занять та організації самостійної роботи з навчальної дисципліни «Опалення» (для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної форми навчання зі спеціальності 192 – Будівництво і цивільна інженерія, освітньо-професійна програма «Теплогазопостачання і вентиляція») / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова; уклад. О. М. Малявіна, В. А. Міланко. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2023. – 62 с.

Укладачі: канд. техн. наук, доц. О. М. Малявіна,  
асист. В. А. Міланко

Рецензент

**Олександр Васильович Ромашко**, доцент, кандидат технічних наук,  
завідувач кафедри нафтогазової інженерії і технологій Харківського  
національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова

*Рекомендовано кафедрою енергоефективних інженерингових систем,  
протокол № 1 від 5 вересня 2023 р.*

## ЗМІСТ

Вступ .....	4
1 Мета навчальної дисципліни, програмні результати навчання .....	5
2 Структура і зміст практичних занять .....	5
Змістовий модуль 1 Тепловий режим будівель .....	6
Практичне заняття 1 Класифікація систем опалення .....	6
Практичне заняття 2 Теплові характеристики будівель .....	20
Змістовий модуль 2 Системи опалення .....	24
Практичне заняття 3 Центральні та місцеві системи опалення .....	24
Практичне заняття 4 Розрахунок теплових втрат у приміщенні .....	27
Практичне заняття 5 Сучасні системи опалення .....	36
Змістовий модуль 3 Енергозбереження в системах опалення .....	42
Практичне заняття 6 Розрахунки систем опалення різного призначення....	42
Практичне заняття 7 Елементи системи опалення, їх ремонт, монтаж, експлуатація .....	49
Практичне заняття 8 Енергозбереження в системах опалення .....	55
3 Структура і зміст самостійної роботи .....	57
Список рекомендованих джерел .....	61

## ВСТУП

Системи опалення є основним інструментом, що дозволяють створювати й підтримувати теплові комфортні умови в будинках і спорудах. Сьогодні до цих функцій додалася функція керування параметрами мікроклімату, що в сукупності із сучасними вимогами з енергозбереження виводить на перший план саме системи опалення, як більш енергоємні.

Однак, зворотною стороною розширення функцій систем опалення є значне ускладнення їх елементної бази. Прикладом може служити еволюція регулюючої арматури на приладових ділянках (стояках) та на підводках до опалювальних приладів. Їх розвиток аналогічний еволюції арифмометра в сучасній ПЕОМ. За великим рахунком, це два зовсім різних об'єкти із значно розширеними функціональними призначеннями. Сучасні системи опалення мають принципово інший підхід до регулювання – це не процес налагодження перед пуском з наступною роботою в постійному гідравлічному режимі, це системи з квазістаціонарним, тобто тепловим і гідравлічним режимами, які постійно змінюються в процесі експлуатації, що відповідно вимагає автоматизації систем для відстеження цих змін і реагування на них. Наприклад, зміна теплового режиму роботи системи при кількісному регулюванні залежить від здатності терморегулятора змінювати витрату теплової енергії на нагрівальні прилади в системі опалення шляхом зміни витрати теплоносія, тобто гідравлічного режиму, що викликає ланцюгову реакцію інших пристроїв системи (терморегуляторів, що може викликати як теплогідравлічне розрегулювання системи, так і вихід з ладу циркуляційного насосу, або перевантаження системи електропостачання).

Тому метою даного курсового проєкту є проєктування системи опалення житлового будинку, що відповідає б усім вимогам ДБН В.2.5-67:2013 і ДБН В.2.6-31:2016 з приділенням при цьому уваги проблемі енергозбереження.

## **1 МЕТА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ, ПРОГРАМНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ**

*Мета дисципліни* – підготовка фахівців, які володітимуть методиками проектування та експлуатації систем опалення з використанням прогресивних методів розрахунку та заходів з підвищення рівня енергоефективності. Основними завданнями вивчення дисципліни «Опалення» є формування у студентів належного рівня знань про основні розрахунки систем опалення та обладнання, формування знань нормативних документів та застосування цих знань на практиці.

*Предмет дисципліни* – процеси і обладнання для вироблення, транспортування, розподілу і використання теплової енергії у житлово-комунальному секторі господарства, система організації, управління експлуатацією основного обладнання системи опалення, економія енергетичних та матеріально-технічних ресурсів.

*Програмні результати навчання:*

1. Використовувати та розробляти технічну документацію, в тому числі з використанням сучасних інформативних технологій (РН 07);

2. Створювати або застосовувати об'ємно-планувальні рішення для подальшого проектування, в тому числі з використанням інформаційних технологій. (РН 09);

3. Розробляти та оцінювати технічні рішення інженерних мереж (РП 13).

В результаті вивчення навчальної дисципліни здобувач повинен *знати і вміти:*

– будувати аксонометричні схеми системи теплопостачання (ПР07.1);

– складати креслення, щодо системи теплопостачання на будівельно-архітектурних планах (ПР09.1);

– обґрунтовувати схеми системи теплопостачання відповідно до призначення та будівель (ПР13.1);

– обирати обладнання відповідно до технологічних схем та умов експлуатації (ПР13.2.);

– впроваджувати енергоефективні системи теплопостачання (ПР13.3).

## **2 СТРУКТУРА І ЗМІСТ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ**

*Практичне заняття* – форма навчального заняття, спрямованого на формування вмінь та навичок виконання певних видів роботи. Тобто, це форма навчального заняття, за якої викладач організує детальний розгляд здобувачами окремих теоретичних положень навчальної дисципліни та формує вміння і навички їх практичного застосування через індивідуальне виконання відповідно до сформульованих завдань. Практичні заняття значною мірою забезпечують відпрацювання умінь і навичок прийняття практичних рішень в реальних умовах виробництва, що ґрунтуються на теоретичній основі, розвивають логічне

мислення, вміння аналізувати явища, узагальнювати факти, сприяють регулярній і планомірній самостійній роботі у процесі вивчення навчальної дисципліни.

За кожною темою викладач проводить практичні заняття, на яких формує у здобувачів вищої освіти уміння та навички практичного застосування окремих теоретичних положень навчальної дисципліни шляхом індивідуального виконання графічно-аналітичних завдань.

Структура і зміст самостійних занять мають відповідати робочій програмі навчальної дисципліни. Згідно з робочою програмою, дисципліна «Опалення» складається з трьох змістових модулів:

ЗМ 1 Тепловий режим будівель (12 годин).

ЗМ 2 Системи опалення (10 годин).

ЗМ 3 Енергозбереження в системах опалення (10 годин).

В межах кожного із змістових модулів виділяються окремі теми, пов'язані з інформаційним наповненням і спрямовані на виконання конкретного завдання (усного або письмового). Тематика практичних занять зумовлює структуру і змістове наповнення самостійної роботи здобувачів.

Практичні заняття за змістовим модулем 1:

1. Класифікація систем опалення;
2. Теплові характеристики будівель.

Практичні заняття за змістовим модулем 2:

1. Центральні та місцеві системи опалення;
2. Розрахунок теплових витрат в приміщенні;
3. Сучасні системи опалення.

Практичні заняття за змістовим модулем 3:

1. Розрахунки систем опалення різного призначення;
2. Елементи системи опалення їх ремонт, монтаж, експлуатація;
3. Енергозбереження в системах опалення.

## **ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1 ТЕПЛОВИЙ РЕЖИМ БУДІВЕЛЬ**

### **ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 1 КЛАСИФІКАЦІЯ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ**

Система опалення будівлі призначена для підтримання необхідної (розрахункової) температури повітря в приміщенні незалежно від коливань температури зовнішнього повітря при виконанні санітарно-гігієнічних вимог.

*Класифікація систем опалення.*

Розрізняють *місцеві* й *центральні* системи опалення.

До *місцевих* відносять системи, в яких всі елементи об'єднані в одному пристрої і які призначені для обігріву одного приміщення. До місцевих систем відносять пічне опалення, газове (при згорянні палива в місцевому пристрої) і електричне.

*Центральні* системи обігрівають ряд приміщень із центра (котельня, ТЕЦ), у якому виробляють теплоту, яка передається теплоносієм до

нагрівальних приладів приміщень, що опалюються.

За видом теплоносія системи опалення поділяють на системи *водяного, газового, парового, електричного і повітряного* опалення.

У *водяних і парових* системах теплоносій – вода або пара – нагрівається в генераторі теплоти і передається трубопроводами до нагрівальних приладів.

У *повітряних* системах нагріте повітря надходить безпосередньо до приміщення із розподільних каналів або опалювальних агрегатів, розташованих у самому приміщенні.

За способом пересування теплоносія до центральної системи опалення поділяють на системи з *природною циркуляцією* і системи з *механічним збудженням* (примусова циркуляція).

*Основні характеристики теплоносіїв.*

При виборі теплоносія необхідно враховувати санітарно-гігієнічні, техніко-економічні й експлуатаційні показники.

*Гази* утворюються при згорянні палива, вони мають високі температури і ентальпію. Однак транспортування газів ускладнює систему опалення і приводить до значних теплових втрат. З санітарно-гігієнічного погляду застосовувати гази як теплоносій не дуже добре, так як важко забезпечувати допустимі температури нагрівальних приладів. Впуск газів безпосередньо в приміщення погіршує стан повітряного середовища.

*Вода* має велику теплоємність й щільність, що дозволяє передавати велику кількість теплоти при малому об'ємі теплоносія. Це забезпечує малі розміри трубопроводів й відносно невисокі втрати теплоти. Допустима за санітарно-гігієнічними нормами температура нагрівальних приладів легко досягається, однак на пересування води потрібні витрати енергії.

*Пара* при конденсації в нагрівальних приладах віддає значну кількість теплоти за рахунок прихованої теплоти пароутворення. Внаслідок цього маса пари при певному тепловому навантаженні зменшується порівняно з іншими теплоносійми. Однак пара як теплоносій в системах опалення поступається воді, так як температура приладів буде перевищувати 100 °С, що приводить до підймання органічного пилу, що осідає на приладах, і до виділення в приміщення шкідливих речовин і неприємних запахів. Слід також враховувати, що парові системи можуть бути джерелами шуму, крім того, пара при низьких тисках (які застосовуються в системах опалення) має значний питомий об'єм, що веде до збільшення перерізів трубопроводів.

*Повітря* – рухливий теплоносій – безпечний в пожежному відношенні, у повітряних системах можливе просте регулювання температури в приміщенні. Однак внаслідок малої теплоємності повітря, для створення певного теплового навантаження маса повітря повинна бути значною, що призводить до необхідності мати канали з великим перерізом для його пересування і додаткової витрати енергії. До цього ж повітряне опалення у деяких випадках може спровокувати розвиток шкідливих бактерій, легіонел. Тому повітряне опалення застосовують переважно на промислових підприємствах.

*Водяне* опалення набуло у наш час найбільшого розповсюдження внаслідок переваг перед іншими системами опалення. Досвід експлуатації

водяних систем показав їх найкращі гігієнічні й експлуатаційні властивості. Системи водяного опалення більш надійні, безшумні, прості й зручні в експлуатації, можуть мати значний радіус дії по горизонталі. Радіус дії системи по вертикалі визначається гідростатичним тиском. Особливого значення набуло водяне опалення з розвитком централізованого теплопостачання й теплофікації.

*Електрика* є джерелом отримання інших теплоносіїв, а також як самостійне джерело при влаштуванні «теплих підлог», електричних конвекторів тощо.

*Основні схеми водяних систем опалення.*

У наш час найбільш розповсюдженим є водяне радіаторне опалення. Радіаторні системи водяного опалення надійні, безшумні, прості й зручні в експлуатації, можуть мати значний радіус дії. Досвід експлуатації водяних радіаторних систем довів їх високі гігієнічні й експлуатаційні властивості.

Системи водяного радіаторного опалення класифікують за кількома ознаками.

За способом утворення циркуляції водяні радіаторні системи поділяють на системи з *природною циркуляцією* (гравітаційні) і зі *штучною циркуляцією* (насосні). У системах з природною циркуляцією рух води здійснюється внаслідок різниці щільностей гарячої води, яка надходить до системи, й охолодженої води після нагрівальних приладів (рис. 1.1.).

У цьому випадку тиск (пересувна сила) визначається за формулою:

$$\Delta P = h \cdot g \cdot (\rho_0 - \rho_r), \text{ Па}, \quad (1.1)$$

де  $g = 9,81 \text{ кг/с}^2$  – прискорення сили тяжіння;

$h$  – відстань від середини котла (центра нагріву) до середини опалювального приладу (центра охолодження), м;

$\rho_0, \rho_r$  – щільності (об'ємні маси) охолодженої в опалювальному приладі та нагрітої в котлі води відповідно,  $\text{кг/м}^3$ .

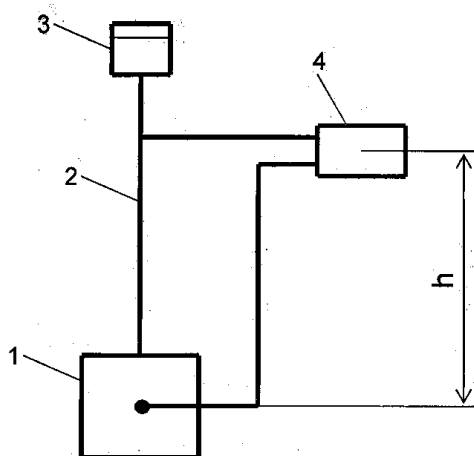


Рисунок 1.1 – Система опалення з природною циркуляцією теплоносія:  
1 – котел; 2 – трубопровід; 3 – розширювальний посуд; 4 – опалювальний прилад



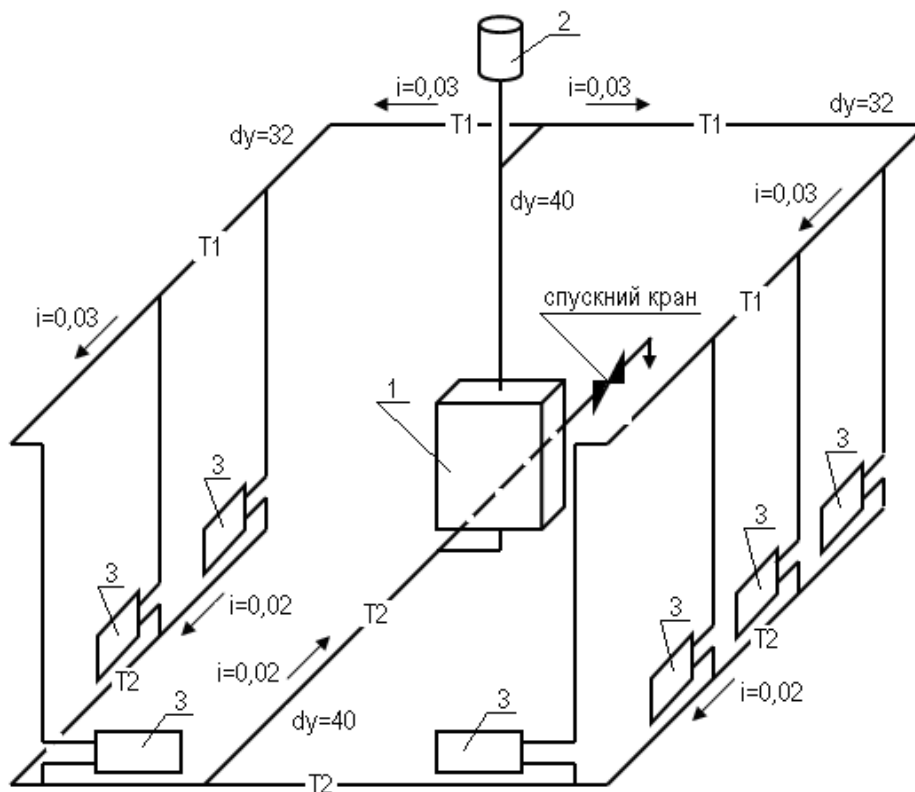


Рисунок 1.2 – Приклад системи водяного опалення з природною конвекцією:  
 1 – опалювальний котел; 2 – розширювальний бак і відвід повітря;  
 3 – опалювальний прилад

У системах зі *штучною циркуляцією* рух води відбувається в результаті перепаду тиску, який створює насос.

Залежно від схеми з'єднання труб з нагрівальними приладами системи водяного опалення поділяють на *двотрубні* і *однотрубні*.

У *двотрубній* системі кожний нагрівальний прилад приєднаний до загальних подавальних і зворотних трубопроводів індивідуально, при цьому всі опалювальні прилади принципіально паралельні й рівноправні відносно один одного.

В *однотрубних* системах опалення нагрівальні прилади одної гілки з'єднуються одною трубою таким чином, що вода послідовно перетікає із одного прилада до іншого.

Залежно від місця прокладки магістральних трубопроводів системи поділяють на системи з *верхньою розводкою*, якщо подавальна магістраль прокладається вище нагрівальних приладів, і системи з *нижньою розводкою*, коли подавальна і зворотна магістралі лежать нижче приладів.

За розташуванням труб, які з'єднують нагрівальні прилади, системи поділяють на вертикальні, коли прилади приєднуються до вертикального стояка, і горизонтальні, коли прилади приєднуються до горизонтально розташованих трубопроводів.

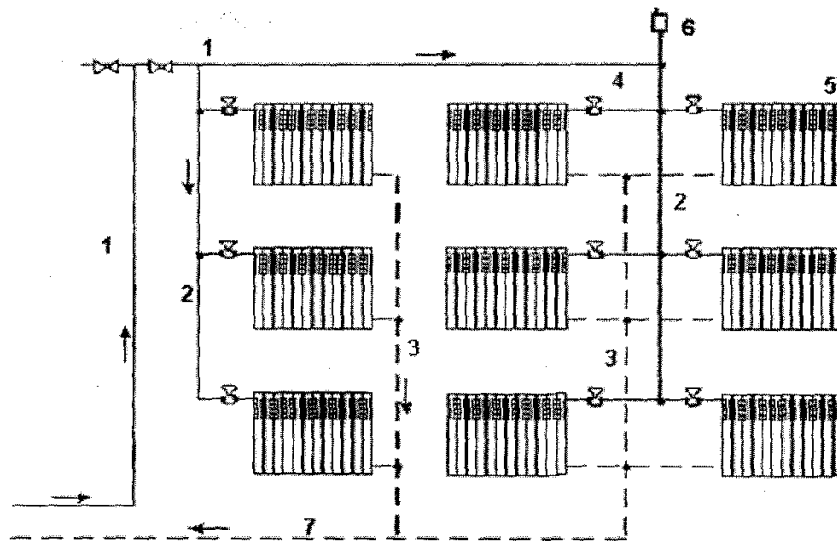


Рисунок 1.3 – Двотрубна вертикальна система водяного опалення з верхньою розводкою:

- 1 – подавальна магістраль; 2 – стояки гарячої води; 3 – стояки зворотної води;  
 4 – крани у приладів; 5 – нагрівальні прилади; 6 – випуск повітря;  
 7 – зворотна магістраль

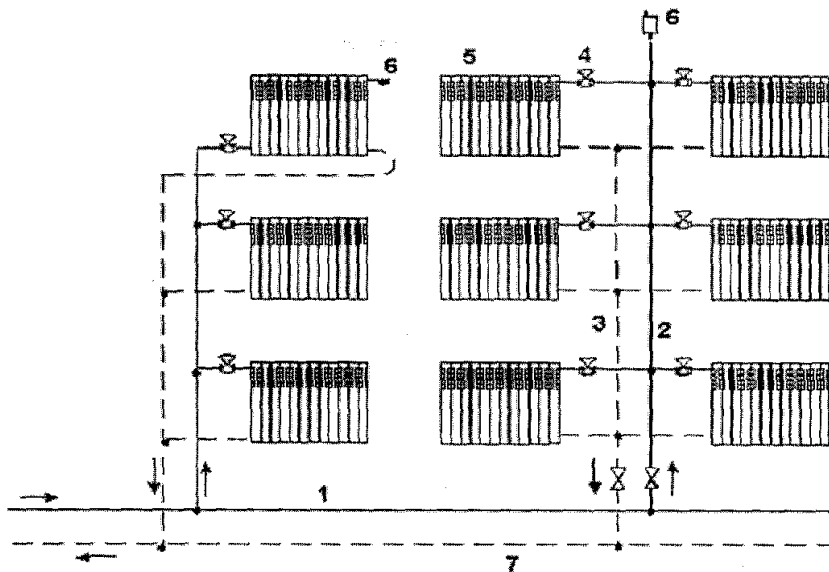


Рисунок 1.4 – Двотрубна вертикальна система водяного опалення з нижньою розводкою:

- 1 – подавальна магістраль; 2 – стояки гарячої води; 3 – стояки зворотної води;  
 4 – крани у приладів; 5 – нагрівальні прилади; 6 – випуск повітря; 7 – зворотна магістраль

У вертикальній двотрубній системі опалення з верхньою розводкою (рис. 1.3) з одно- і двобічним приєднанням нагрівальних приладів гаряча вода із теплового пункту подається до головного стояка, потім горизонтальною магістраллю розводиться до стояків та від них – до нагрівальних приладів. Охолоджена вода з нагрівальних приладів збирається у загальний зворотний стояк і далі через зворотну магістраль надходить до теплового пункту.

Горизонтальні магістралі прокладають з нахилом 0,002. Нахили горизонтальних труб повинні забезпечувати вихід повітря із системи до верхніх точок, де воно буде видалене через пристрій видалення повітря.

У системі з *нижньою розводкою* (рис. 1.4) магістральна лінія розташовується у нижній частині системи. Рух води стояками відбувається знизу вгору. Повітря із системи видаляється через повітряні крани, які встановлюються на верхніх нагрівальних приладах, або за допомогою автоматичних повітрявідвідників, які встановлюються на стояках або спеціальних повітряних лініях.

*Однотрубні* системи у наш час застосовують дуже широко, особливо в будівлях підвищеної поверховості. Порівняно з двотрубними системами довжина однотрубної системи складає 70–75 %.

Однотрубні системи виконують з *верхньою* (рис. 1.5) і *нижньою* (рис. 1.6) *розводкою*. Вони поділяються на три типи залежно від способу підключення приладів: проточні, проточні з нерегульованим байпасом і проточні з регульованим байпасом. Повітря випускається у верхніх точках системи через автоматичні повітрявідвідники або ручні крани.

Горизонтальні схеми застосовують в будівлях великої протяжності й за необхідності забезпечення індивідуального обліку теплоти і регулювання по квартирних систем опалення. Магістралі горизонтальних схем прокладають у зручних місцях, звичайно у допоміжних приміщеннях. Горизонтальні системи бувають однотрубними (рис. 1.7) і двотрубними (рис. 1.8).

У зв'язку з розвитком домобудування з вільним плануванням використовуються горизонтальні двотрубні колекторні системи опалення (рис. 1.9).

Розрахункову температуру гарячої води в системах опалення житлових, громадських і адміністративних приміщень приймають рівною 105 °С, у дитячих та лікувальних закладах – 85 °С, у виробничих приміщеннях – до 150 °С. Температуру зворотної води звичайно приймають рівною 70 °С.

Останнього часу широке розповсюдження набуло будівництво індивідуального житла.

Принципова схема опалення та гарячого водопостачання індивідуальних будинків наведена на рисунку 1.10.

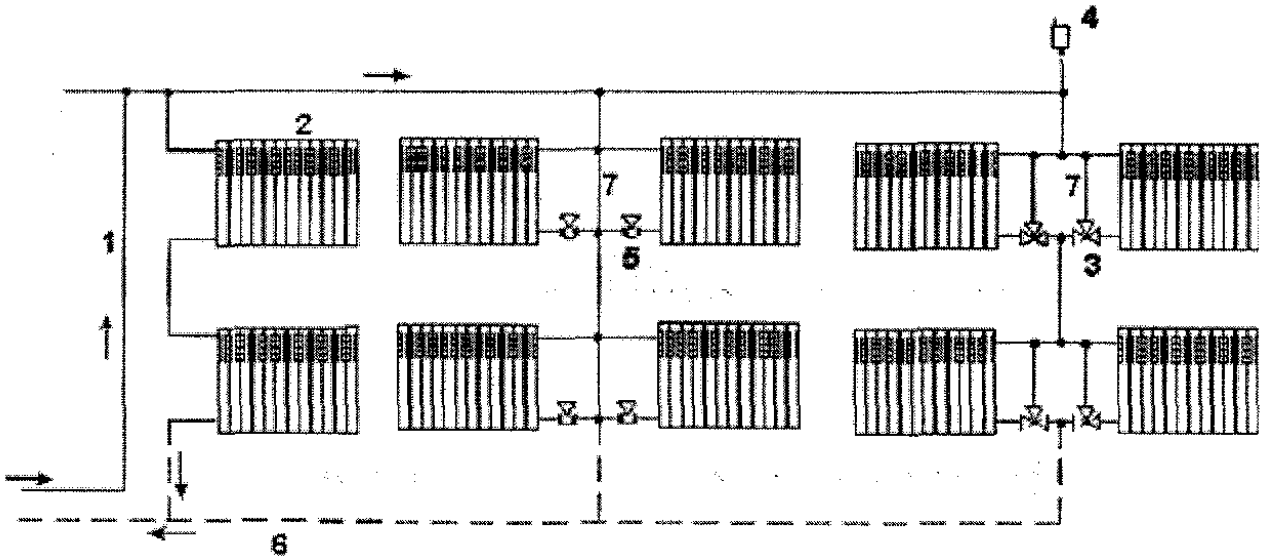


Рисунок 1.5 – Схема однотрубної системи опалення з верхньою розводкою:

1 – магістраль гарячої води; 2 – нагрівальний прилад; 3 – трьохходовий кран; 4 – випуск повітря; 5 – регулювальний кран; 6 – магістраль зворотної води; 7 – замикаюча ділянка

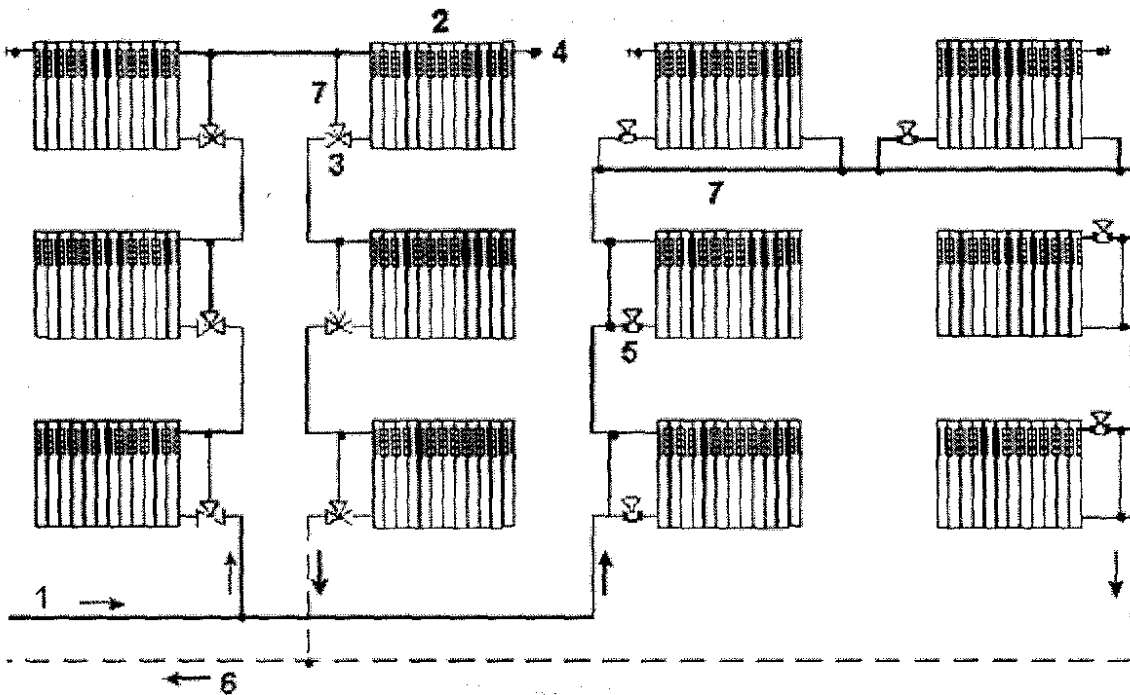


Рисунок 1.6 – Схема однотрубної системи опалення з нижньою розводкою і П-подібними стояками:

1 – магістраль гарячої води; 2 – нагрівальний прилад; 3 – триходовий кран; 4 – випуск повітря; 5 – регулювальний кран; 6 – магістраль зворотної води; 7 – замикаюча ділянка

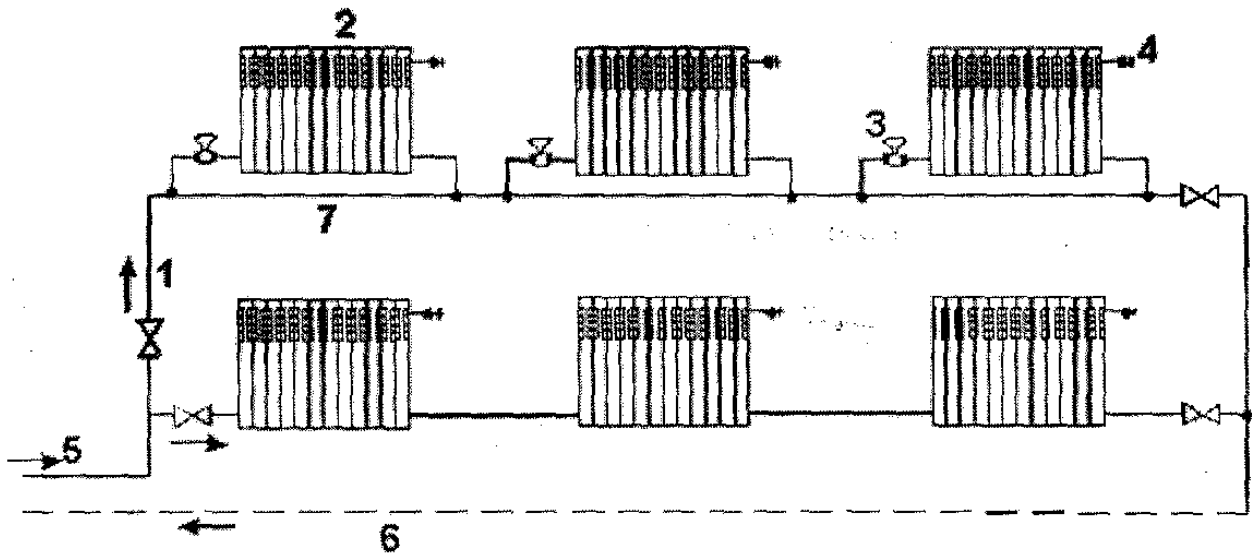


Рисунок 1.7 – Схема горизонтальної однотрубної системи опалення:  
 1 – стояк; 2 – нагрівальні прилади; 3 – регулювальний кран; 4 – випуск повітря;  
 5 – подавальна магістраль; 6 – зворотна магістраль; 7 – замикаюча ділянка

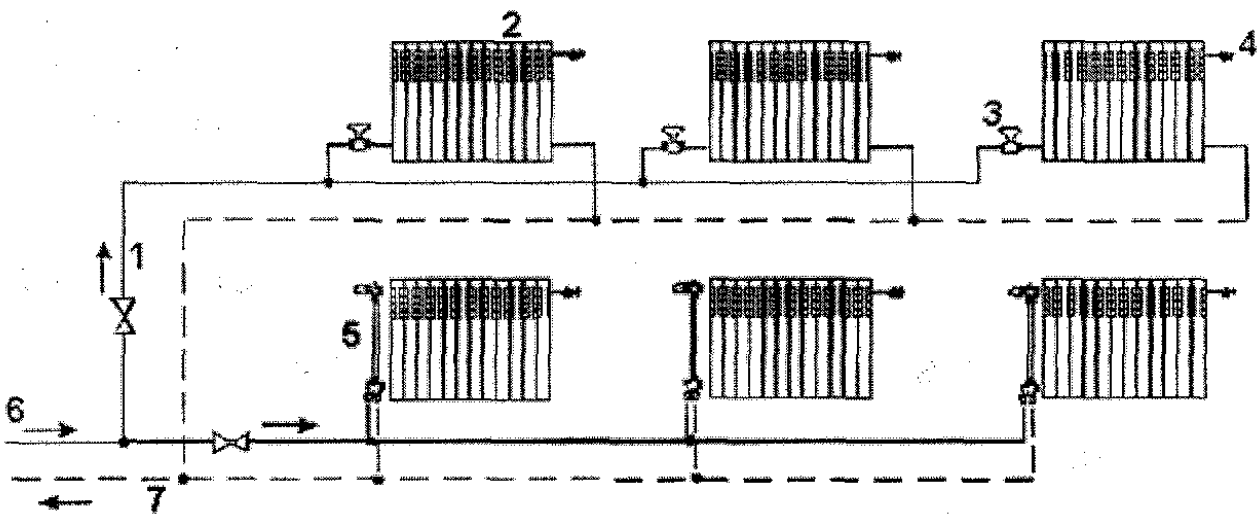


Рисунок 1.8 – Схема горизонтальної двотрубної системи опалення:  
 1 – стояк; 2 – нагрівальні прилади; 3 – регулювальний кран; 4 – випуск повітря;  
 5 – регулювальна арматура; 6 – подавальна магістраль; 7 – зворотна магістраль

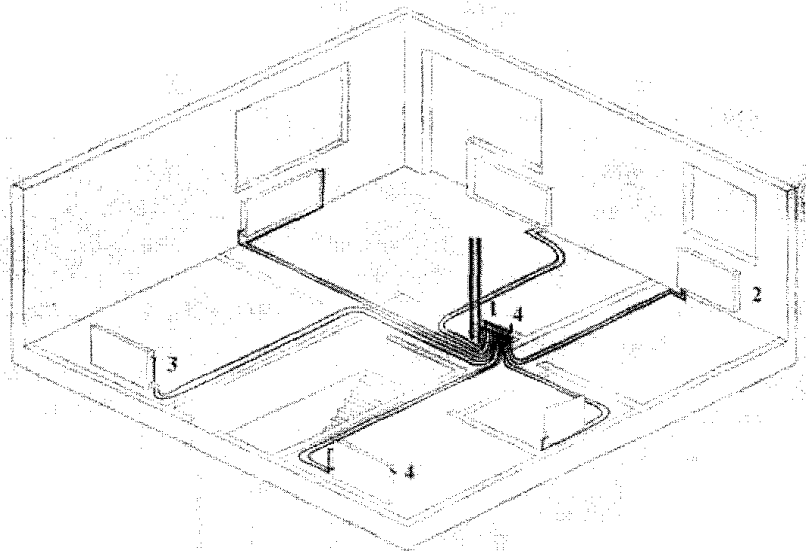


Рисунок 1.9 – Схема горизонтальної двотрубної колекторної системи опалення:

1 – колектор; 2 – опалювальні прилади; 3 – регулювальний кран; 4 – випуск повітря

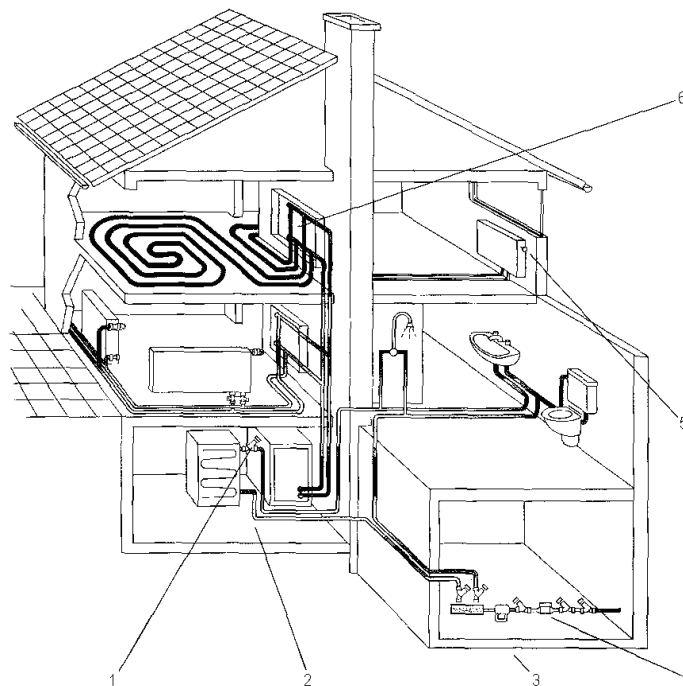


Рисунок 1.10 – Принципова схема опалення та гарячого водопостачання індивідуального будинку:

1 – арматура для трубопроводів; 2 – арматура для рідкого палива; 3 – система «Combi»; 4 – гребінка для системи постачання питної води; 5 – арматура для опалювальних приладів; 6 – гребінка для опалення підлоги в монтажній шафі

Вибір котельного обладнання залежить від багатьох факторів, і серед них площа будинку. Найчастіше як котельне обладнання використовують підлогові або настінні двоконтурні котли, які забезпечують нагрів води як для опалення,

так й для гарячого водопостачання. Коли гарячої води потрібно багато, то для того, щоб не купувати потужний двоконтурний котел, створюють індивідуальну мережу гарячого водопостачання з окремим нагрівальним бойлером. Як нагрівальний бойлер може служити газова колонка або електричний бойлер проточного або накопичувального типу. Проточні бойлери дозволяють практично миттєво отримати гарячу воду, але для їх живлення потрібні великі електричні потужності, на які не завжди розраховані електричні мережі будинку. Накопичувальні бойлери нагрівають воду протягом кількох годин, але вони автоматично підтримують необхідну температуру, тому гаряча вода в крані з'являється одразу після того, як його відкриють. Ємність накопичувального бойлера підбирають з урахуванням потреб родини. Для мереж гарячого водопостачання можна використовувати й водоводяні бойлери, які за конструкцією схожі на електричні, але замість ТЕНу в них вмонтований змійовик, до якого подається гаряча вода із опалювального котла. Деякі виробники виготовляють бойлери, в яких електро- і водонагрівальна схема існує паралельно. Це дає можливість в опалювальний період користуватись нагрівальним котлом, а у літній – електричною схемою.

Влаштуваючи гаряче водопостачання з накопичувальним бойлером, не слід забувати ще про одну деталь, яка суттєво впливає на зручність користування. Це улаштування ланцюга рециркуляції гарячої води у вигляді петлеподібного трубопроводу, який іде від бойлера поруч з точками розбору води і назад до бойлера. Це позбавляє від зливу води, яка остигає в трубах, які йдуть від бойлера до точок розбору, в періоди, коли водою не користуються. При довгих трубопроводах очікування гарячої води затягується, поки не стече вода, яка остигла в трубах.

#### *Система опалення «тепла підлога».*

У системі опалення «тепла підлога» або системі підлогового опалення у якості нагрівального елемента застосовують полімерні або металополімерні труби, які вбудовані в конструкцію підлоги. Як нагрівальний елемент можна використовувати і електричний кабель. У системах водяного підлогового опалення використовують низькотемпературну воду (з температурою подавальної води не більше 40–55 °С) для підтримання середньої температури поверхні конструкції підлоги не більше 26–31 °С.

Система «тепла підлога» використовується переважно як комфортна, на додачу до основної системи водяного або повітряного опалення, для обігріву підлог, наприклад, у приміщеннях басейнів, ванних кімнат, душових, кухонь. Система «тепла підлога» може забезпечити повністю задану температуру повітря у приміщенні у випадку підвищеного рівня теплозахисту будівлі (при щільності розрахункового теплового потоку не більше 100 Вт/м<sup>2</sup>).

Конфігурація труб, що розташовані у підлозі, залежить від положення зовнішніх стін у приміщенні та його площі (рис. 1.11). Конфігурація А (паралельна, зигзагоподібна) підходить для приміщень з однією зовнішньою стіною, вікном, а конфігурація В (подвійна зигзагоподібна) підходить для опалення великих площ. Більш рівномірне коливання температури на поверхні підлоги передбачається при розташуванні труб за спіралеподібною

конфігурацією С (рис. 1.11). Необхідно зазначити, що труби слід розташовувати на площі підлоги, яка не зайнята обладнанням, меблями.

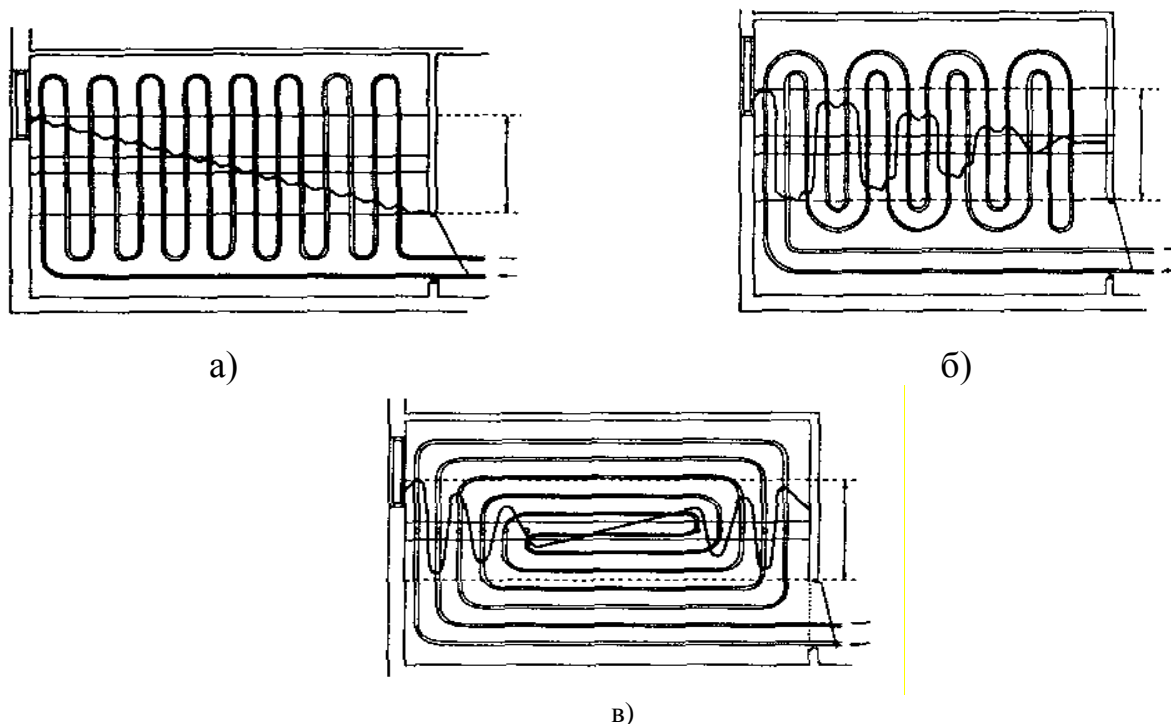


Рисунок 1.11 – Розкладка нагрівальних контурів системи підлогового опалення  
а – коливання температури на поверхні підлоги; б – коливання температури на поверхні підлоги; в – коливання температури на поверхні підлоги

Для підтримання заданої температури повітря у приміщенні застосовують кімнатні термостатичні регулятори температури, які встановлюють, як правило, при вході у приміщення. У теплий період року доцільним є (за відсутності кондиціонування повітря) використовувати систему для охолодження приміщення, пропускаючи воду із питного водопроводу перед подачею її в систему гарячого водопостачання.

Розрахунок системи підлогового опалення слід вести за методиками фірм-виробників труб залежно від розрахункового теплоспоживання, конструкції підлоги, конфігурації і плану приміщення. На ринку є труби полімерні таких фірм як Акватерм (Німеччина), REHAU, Wirsbo (Швеція), Екопластик (Чехія) і металополімерні – фірм HERZ, Hewing (Німеччина), Кисан (Польща), Овентроп (Німеччина), Хенко (Бельгія), LG Chemical (Південна Корея) та інші.

#### *Електричне опалення.*

Електричне опалення традиційно вважається дорогим, пожежонебезпечним і екологічно шкідливим. Відкриті спіралі сушать повітря й спалюють кисень, ускладнюючи дихання. Однак прогрес у галузі електричних конвекторів суттєво змінив картину. З'явилось нове обладнання у вигляді «теплих підлог» і стелевих нагрівачів, які працюють на інфрачервоному випромінюванні. Температура нагрівальних елементів не перевищує 90 °С, що виключає спалювання кисню. Різні термостати та інші автоматичні пристрої



дозволяють підтримувати температуру в приміщенні у жорстко заданих межах. З'явилась можливість жорстко програмувати температурні режими, що дозволяє досягнути економії у витратанні енергетичних ресурсів.

Але найбільшою перевагою електричного опалення є відсутність інерційної здатності. Це означає, що електрикою можна швидко нагріти будівлю, яка довго не опалювалась. Тому електричне опалення є бажаним у дачних будинках й у котеджах, коли потрібний швидкий нагрів приміщення після тривалої відсутності. Електричне обладнання, функціонально сполучаючись з пічним і камінним, дозволяє під час відсутності підтримувати в будинку мінімально необхідну (у межах +5 °С) температуру і вивести її на необхідний комфортний рівень безпосередньо перед приїздом.

Переваги електричного опалення полягають у наступному:

- можливість універсального монтажу як підлогового, так й настінного і стелевого;
- абсолютно безшумна робота і рівномірний розподіл тепла у просторі, тобто повна комфортність;
- можливість автоматизації і програмування процесу обігріву, що дає повну гарантію від перегріву;
- сучасний дизайн, який сумісний з будь-яким інтер'єром кімнати, невеликі розміри, які дозволяють зберегти корисну площу будинку.

*Повітряне опалення.*

Повітряне опалення (рис. 1.12, 1.13) рекомендується застосовувати у виробничих, громадських і адміністративно-побутових приміщеннях при рециркуляції повітря або суміщенні з системами загальнообмінної припливної вентиляції та кондиціонування повітря.

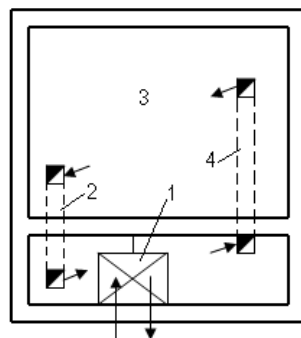


Рисунок 1.12 – Схема централізованої системи повітряного опалення:  
1 – калорифер; 2, 4 – канали; 3 – приміщення

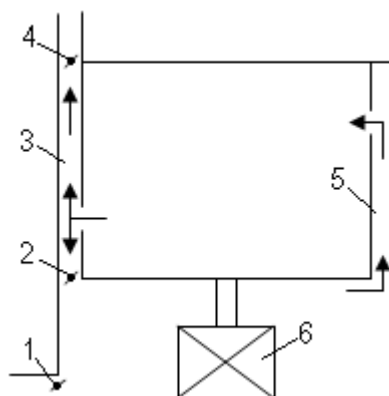


Рисунок 1.13 – Схема системи повітряного опалення, суміщеної з вентиляцією:  
 1, 2, 4 – клапани; 3 – витяжний канал; 5 – канал для подачі нагрітого повітря;  
 6 – калорифер

Опалення може здійснюватися децентралізованими або центральними системами повітряного опалення. У децентралізованих системах повітряного опалення нагрівання внутрішнього повітря та його циркуляція у приміщенні забезпечуються повітряно-опалювальними агрегатами. В опалювальному приміщенні слід встановлювати не менше двох агрегатів. Опалення агрегатами використовують у тих випадках, коли відсутня припливна вентиляція або витрата припливного повітря незначна і не може забезпечити ефективний повітророзподіл у режимі повітряного опалення.

Необхідно дотримуватись вимог ДБН В.2.5-67:2013 про можливість рециркуляції повітря залежно від виду шкідливих речовин або впливів, що надходять у повітря приміщень.

Повітряне опалення агрегатами доцільно здійснювати за одною із двох схем: шляхом подачі повітря зверху нахиленими струмами у напрямку робочої зони (рис. 1.14, а) або шляхом подачі повітря вище робочої зони горизонтальними струмами, коли робочі місця знаходяться у зоні зворотного потоку повітря (рис. 1.14, б). Рекомендується застосовувати нахилену подачу повітря, при якій більш ефективно використовується номінальна теплопродуктивність агрегатів. При цьому повітря слід подавати під кутом  $35^\circ$  до горизонту, що забезпечує максимальну далькوبійність струму і зумовлює встановлення мінімальної кількості агрегатів в опалювальному приміщенні.

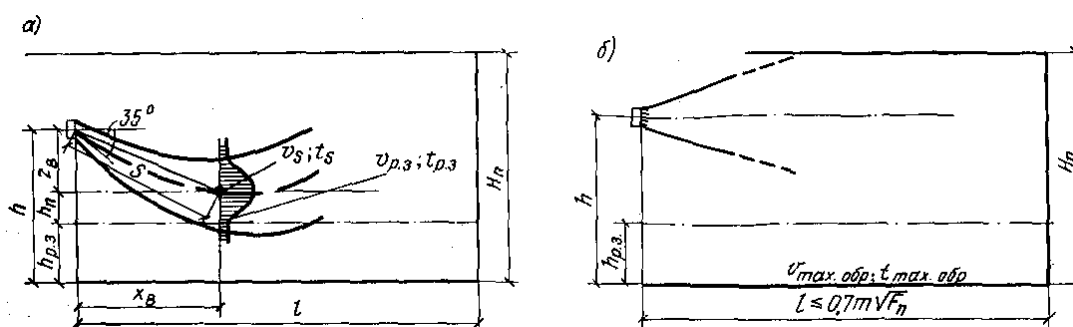


Рисунок 1.14 – Схеми подачі повітря нахиленими (а) і горизонтальними (б) струменями

Скупчена подача застосовується у тих випадках, коли при нахиленій подачі не вдається забезпечити нормуємі параметри повітря робочої зони або коли номінальна теплопродуктивність агрегатів при нахиленій подачі використовується менше, ніж при скупченій.

Центральні системи повітряного опалення або системи загальнообмінної припливної вентиляції, скупчені з повітряним опаленням, слід проєктувати з резервним вентилятором і електродвигуном, які автоматично вимикаються при зупинці основного, або передбачати не менше двох систем, які об'єднані повітроводом або колектором.

Системи треба розраховувати так, щоб при виході з ладу основного вентилятора або одної із систем теплопродуктивність інших систем забезпечувала температуру повітря в приміщенні, прийняту для проєктування чергового опалення, а продуктивність за повітрям систем припливної вентиляції, які залишилися у роботі і використовуються для повітряного опалення, забезпечувала би не менше 50 % потрібної витрати припливного повітря.

В центральних системах повітряного опалення повітря по повітроводам надходить до припливних повітророзподільних приладів, через які випускається в опалювальне приміщення. Повітря у приміщення рекомендується подавати одною або кількома прямоточними горизонтальними компактними струменями. Конструкція повітророзподільника повинна забезпечувати зміну кута подачі струменю у вертикальній площині. Для встановлення мінімальної кількості повітророзподільних пристроїв слід застосовувати повітророзподільники з більшими значеннями швидкісних коефіцієнтів  $m$ , розташовуючи їх вище робочої зони приміщення так, щоб забезпечувати рух зворотного потоку повітря через робочу зону. Місця випуску повітря треба передбачити з таким розрахунком, щоб повітряні струмені не зустрічали на своєму шляху масивних будівельних конструкцій або обладнання.

Випуск повітря при скупченій подачі рекомендується здійснювати при висоті приміщення менше 8 м – струменями, що насталяються, при висоті приміщення більше 8 м – струменями, що не насталяються, на висоті не менше (див. рис. 4.14).

$$H = h_{p.z.} + 0,3\sqrt{F_n}, \quad (1.2)$$

де  $h$  – відстань від підлоги до місця випуску повітря по вертикалі, м;

$h_{p.z.}$  – висота робочої зони, м;

$F_n$  – площа поперечного перерізу приміщення, яка припадає на один струмінь, м<sup>2</sup>.

Струмінь насталяється на стелю при випуску повітря на відстані від підлоги  $h > 0,85H_n$  (де  $H_n$  – висота приміщення, м). Струмінь, що насталяється, утворюється при  $h = (0,35 - 0,65)H_n$ .

Відстань в плані між агрегатами або повітророзподільними пристроями

при встановленні їх у ряд приймається не більше трьох висот приміщення. При багаторядному встановленні доцільно застосовувати зустрічну подачу повітря.

Повітря на рециркуляцію або витяжку рекомендується забирати із робочої зони з боку місць випуску. Видалення повітря або забір його на рециркуляцію із верхньої зони приміщення може призводити до підвищення витрати теплоти на опалення.

Як правило, системи загальнообмінної припливної вентиляції і кондиціювання повітря слід суміщати з повітряним опаленням і застосовувати їх у тих випадках, коли відповідно ДБН В.2.5-67:2013 допускається повітряне опалення. Для приміщень, робота в яких виконується 8 годин і менше на добу, суміщення вказаних систем з повітряним опаленням повинно бути обгрунтованим.

Розрахунок суміщених систем повітряного опалення, коли вибір схеми подачі повітря й типорозмір повітророзподільника зумовлені вимогами вентиляції або кондиціювання повітря, слід проводити за даними довідника проектувальника. При цьому необхідно перевіряти розрахунком дотримання ДБН В.2.5-67:2013 швидкостей пересування повітря і температур, коли системи працюють в режимі повітряного опалення, і забезпечувати витрату повітря  $L_o$  не менше потрібної для повітряного опалення, тобто:

а) для вертикальної подачі повітря донизу повинна виконуватись умова

$$h - h_{p.z.} < 0,45H,$$

де  $H$  – геометрична характеристика припливного струменя;

б) для нахиленої подачі повітря у напрямку робочої зони

$$h - h_{p.z.} < 0,67H \cdot \sqrt{\sin^3 \alpha},$$

де  $\alpha$  – кут подачі повітря до горизонту.

## **ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 2**

### **ТЕПЛОВІ ХАРАКТЕРИСТИКИ БУДІВЕЛЬ**

До основних експлуатаційних характеристик цивільних і промислових будинків відносяться довговічність, надійність та економічність, які багато в чому обумовлені особливостями тепловологісного стану їх конструктивних елементів.

Необхідність дослідження тепловологісного стану виникає при проектуванні, у процесі реконструювання та експлуатації. На кожному етапі ставляться конкретні завдання. Якщо на стадії проектування треба проводити багатофакторний розрахунок з відпрацювання оптимальної погляду тепловологісного стану конструкції стін, перекриття, покриття, вікон і т.д., то при експлуатації потрібно визначити тепловологісний стан прийнятої конструкції в різних режимах роботи, а також оптимізувати експлуатаційні режими з урахуванням обмежень, що є наслідком геометричних особливостей, теплофізичних і міцнісних характеристик конструкції.

Вивчення законів тепловологопереносу і повітропроникнення дуже важливо для фахівців із проектування зовнішніх огорожувальних конструкцій

будинків з урахуванням усіх факторів, що можуть вплинути на експлуатацію цих конструкцій.

Особливо велике значення має знання і застосування теплофізичних законів в умовах широкого застосування в сучасному будівництві нових будівельних матеріалів і технологій. Від теплотехнічних властивостей зовнішніх огорожувальних конструкцій будинків залежить кількість теплоти, що втрачається будинком у холодний період року і надходить у теплий період року. Це, в свою чергу, визначає навантаження на системи опалення, вентиляції і кондиціонування повітря.

При проектуванні зовнішніх огорожуючих конструкцій будинків необхідно вирішувати завдання взаємозв'язаного нестационарного тепломасопереносу, ускладненого не лінійністю теплофізичних характеристик матеріалу конструкцій (найчастіше багат шарових), фільтрацією вологого повітря, фазовими перетвореннями вологи, при змішаних граничних умовах.

Незалежно від того, на якій стадії вивчається тепловологісний стан об'єкта, дослідження охоплює широке коло завдань, основні з яких – тепловий розрахунок, у результаті якого знаходяться параметри конструкції: температурні поля, опір теплопередачі; вологісний розрахунок, у результаті якого оцінюється вологісний стан огорожуючих конструкцій; розрахунок повітропроникнення і теплозасвоєння.

Теплотехнічний розрахунок включає такі основні етапи:

- виявлення основних фізичних особливостей процесів;
- складання і обґрунтування математичної моделі кожного процесу;
- розробка і вибір відповідних методів і вирішення сформульованих завдань;
- розрахунок тепловологісного стану реального об'єкта; оцінка одержуваних рішень за сукупністю вимог до досліджуваних процесів, станів і методах керування ними;
- вибір раціональних конструктивних рішень і режимів експлуатації будівельних конструкцій.

Ці етапи становлять сутність тепловологісного проектування, під яким будемо розуміти дослідження процесів тепломасопереносу в огорожуючих конструкціях будинків, вибір конструктивних рішень і режимів експлуатації з урахуванням тепловологісного стану досліджуваних об'єктів.

*Розрахункові теплові умови в приміщенні.*

Як було показано вище, при теплотехнічному проектуванні вирішується ряд завдань: досягнення комфортних параметрів середовища відповідно до санітарно-гігієнічних або технологічних вимог; створення і підтримка технологічних режимів роботи обладнання; економія енергоресурсів шляхом конструювання огорожуючих конструкцій, що мають певні теплозахисні властивості.

При тепловому проектуванні огорожуючих конструкцій будинків і споруд, розв'язанні питань теплозахисту звичайно вирішуються перше і третє завдання. Введемо поняття мікроклімату.

Мікроклімат:

$t$  – температура внутрішнього повітря °С;

$V$  – швидкість повітря, м/с;

$\phi$  – відносна вологість повітря, %.

Комфортними параметрами мікроклімату вважаються такі сполучення температури, швидкості й відносної вологості повітря, температури оточуючих людину поверхонь, при яких в організмі зберігається тепла рівновага і відсутнє напруження в системі терморегуляції.

Відчуття теплового комфорту залежить від температури повітря  $t_{\text{пов}}$ , а також температури внутрішніх поверхонь огорожуючих конструкцій приміщення.

Температуру внутрішніх поверхонь огорожуючих конструкцій приміщення зручно описувати радіаційною температурою  $t_R$  відносно людини, яка перебуває всередині приміщення, що визначається як:

$$t_R \approx \frac{\sum_{i=1}^n (\tau_i \cdot F_i)}{\sum_{i=1}^n F_i}, \quad (2.1)$$

де  $\tau_i$  – середня температура за площею внутрішньої поверхні огорожуючої конструкції  $F_i$ .

Рисунок 2.1 наочно ілюструє цей ефект.

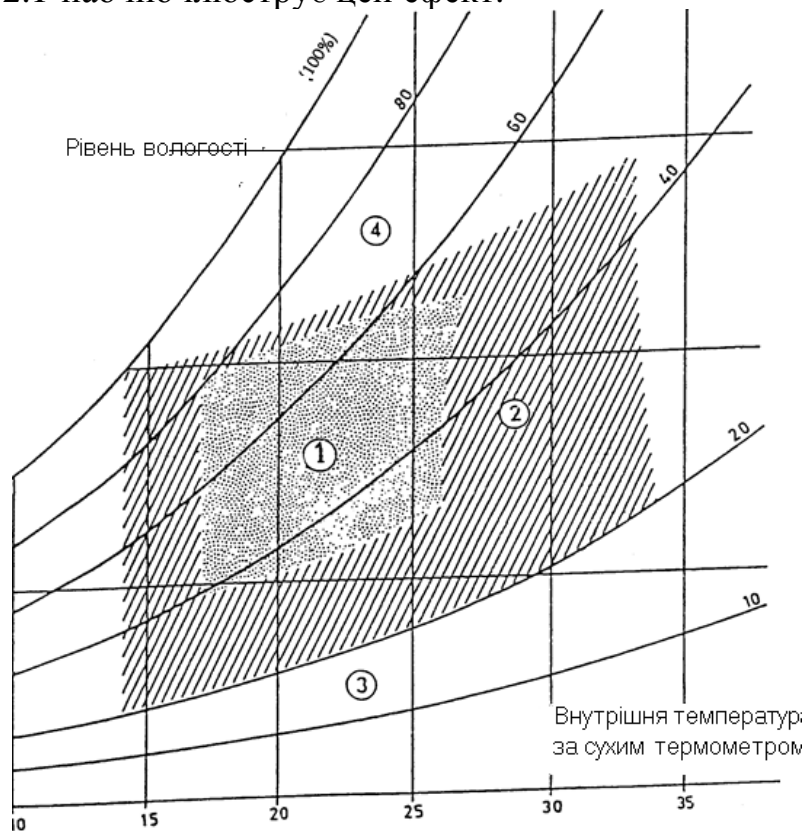


Рисунок 2.1 – Самопочуття людей при сполученні температури і вологості повітря:

1 – зона підвищеного комфорту; 2 – зона допустимого комфорту; 3 – зона утрудненого дихання; 4 – зона задухи

Температурний стан у приміщенні характеризується двома умовами теплової комфортності. Перша умова комфортного температурного стану встановлює зону співвідношення температури повітря і радіаційної температури, при яких людина, перебуваючи в середині приміщення і віддаючи все наявне тепло, не відчувала б перегріву або переохолодження:

$$t_R = 1,57 \cdot t_n - 0,57 \cdot t_{\text{пов}} \pm 1,5, \quad (2.2)$$

де  $t_n$  – нормоване значення температури приміщення, яке залежить від інтенсивності виконаної людиною фізичної роботи і пори року, що відповідає комфортним тепловим умовам (табл. 2.1)

Таблиця 2.1 – Нормоване значення температури приміщення

Категорія робіт	Тепловіддача,Вт	Значення $t_n$ в період року	
		холодний	теплий
Легка	до 172	21	26
Середньої важкості	172 – 293	18,5	24
Важка	Більше 293	16	22

Друга умова комфортної температурної обстановки обмежує інтенсивність променевого теплообміну і визначає допустимі температури нагрітих або охолоджених поверхонь, коли людина перебуває в безпосередній близькості від них.

Самопочуття і стан здоров'я людини також залежить від співвідношення температури й відносної вологості повітря.

Швидкість повітря у приміщенні в холодний період року більше 0,3 м/с сприймається як протяг. У теплий період року підвищення швидкості повітря понад 0,3 м/с може не викликати неприємних відчуттів.

### Контрольні запитання до змістового модуля 1

1. Що таке мікроклімат?
2. Які параметри характеризують мікроклімат у приміщенні?
3. Навести значення параметрів мікроклімату у приміщеннях житлових будинків.
4. Що таке оптимальні та допустимі параметри повітряного середовища? У чому їх відмінність?
5. Які параметри характеризують зовнішнє середовище?
6. Якими нормативними документами регламентуються параметри внутрішнього і зовнішнього середовищ?
7. Навести перелік температур зовнішнього повітря, які необхідні для розрахунків опалення.
8. Назвіть теплоносії для системи опалення.
9. Вкажіть основні конструктивні елементи системи опалення
10. Назвіть види систем опалення.
11. Опишіть принцип роботи системи опалення.

12. Назвіть основні складові системи опалення.
13. Нарисуйте схеми систем опалення з природною та примусовою циркуляцією.
14. Назвіть схеми монтажу систем опалення.
15. Опишіть переваги та недоліки однотрубною системи опалення.
16. Нарисуйте схему горизонтальної двотрубною системи опалення.

## **ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2 СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ**

### **ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 3 ЦЕНТРАЛЬНІ ТА МІСЦЕВІ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ**

Залежно від джерела теплопостачання системи опалення ділять на такі види:

- 1) централізоване опалення на основі комбінованого виробництва теплової та електричної енергії на теплоелектроцентралях (ТЕЦ);
- 2) централізоване опалення від районних та промислових котелень;
- 3) децентралізоване опалення від малих котелень, індивідуальних джерел теплоти.

*Централізоване опалення має такі переваги:*

- можливість використання палива, яке є доступнішим для певного регіону (газ, вугілля, нафта);
- можливість автоматизації регулювання показників;
- зменшення витрат палива.

*Улаштування централізованого опалення*

Централізоване опалення складається з кількох взаємозалежних елементів:

- 1) джерело теплоти (генератори тепла);
- 2) тепла мережа;
- 3) вузли управління, транспортування та розподілу теплоти (наприклад, насосні станції, теплові пункти);
- 4) системи споживання теплоти.

*Генератори тепла*

Як системи центрального опалення можуть використовуватися теплоелектроцентралі або топкові.

Відповідно, теплоносій у вигляді гарячої води або пари, що знаходиться в системі центрального теплопостачання, транспортується від теплоелектроцентралі або топкових до споживача за допомогою теплових мереж.

*Теплові мережі*

Тепломережа – це система з'єднувальних труб, завдяки яким відбувається транспортування теплоносія до житлових будинків. Мережі теплопостачання можуть розміщуватись під землею або над нею. Спосіб розташування трубопроводів теплової мережі залежить від багатьох факторів, серед яких:



- характер рельєфа;
- вид ґрунту;
- можливість перетину перешкод, таких як залізниця, річки, водостоки;
- наявність дорожніх комунікацій та ін.

#### Зовнішні тепломережі

У всіх варіантах прокладання тепломережі важливо забезпечити високий рівень надійності роботи системи теплопостачання, включаючи мінімальні капітальні витрати, а також витрати на експлуатацію.

За призначенням теплові мережі поділяються так:

- 1) магістральні – даний вид теплових мереж передбачає прокладання трубопроводів від джерела теплоти до кожного мікрорайону;
- 2) міжквартальні – прокладання трубопроводів походить від магістральних мереж до певних кварталів міста;
- 3) внутрішньоквартальні – в окремі будинки.

Далі йдуть відгалуження від розподільних (або магістральних) мереж до теплових пунктів споживачів.

Споживачами теплоти вважаються: системи опалення, системи ГВП (гарячого водопостачання), системи вентиляції, технологічні споживачі.

Усі споживачі поділяються на три категорії за принципом подачі тепла:

- 1) припинення подачі тепла до приміщення не допускається. До таких об'єктів належать лікарні, промислові підприємства;
- 2) дозволяється припинення подачі теплоти до 48 годин. Це може бути житлово-комунальний сектор;
- 3) немає ніяких особливих вимог до системи теплопостачання.

Крім того, відповідно до методу забезпечення споживачів тепловою енергією, виділяють одноступеневі (разом з ІТП – індивідуальним тепловим пунктом) та двоступеневі (разом із ЦТП – центральним тепловим пунктом) системи.

При використанні одноступеневої системи до теплових мереж підключають споживачів теплоти. У тепловому пункті кожного будинку встановлюють вимірювальні пристрої, призначені для регулювання різних параметрів та витрат теплоносія. Крім того, у тепловому пункті встановлюють лічильники. Підключення опалювальних пристроїв до тепломереж обмежується допустимим рівнем тиску в теплових мережах. Все тому, що високий тиск неприпустимий при транспортуванні теплоносія до споживача. Найчастіше одноступеневі системи використовують для теплопостачання малої кількості споживачів, відповідно, довжина тепломереж не велика.

Центральний тепловий пункт (ЦТП) – окреме приміщення, яке споруджують для обслуговування кількох будинків чи кварталів. Туди виносять вузол виготовлення гарячої води та циркуляційні насоси. Наявність ЦТП між генератором тепла та споживачами надає можливість регулювання параметрів теплоносія з урахуванням потреб місцевих мешканців. З центрального теплового пункту нагріта до потрібних показників вода переміщується трубами до ІТП кожного будинку. В індивідуальному тепловому пункті відбувається процес змішування зворотної води, яка повертається із місцевих опалювальних

установок. Також в ІТП регулюється витрата води та контролюються витрати тепла.

Переваги централізованих систем опалення:

- можливість використання різних, зокрема і низькосортних видів палива;
- висока екологічність під час використання ефективних фільтрів для очищення димових газів;
- можливість застосування автоматики для контролю та регулювання параметрів теплоносія.

Недоліки центрального опалення:

- необхідність будівництва теплових мереж, що веде до підвищення вартості систем теплопостачання;
- потреба вкладання коштів у джерела тепла та теплові мережі;
- необхідність встановлення теплообмінників для нагрівання гарячої води, що призводить до втрати деякої кількості тепла (наприклад, від ЦТП теплоносій транспортується до ІТП з температурою  $+90\text{ }^{\circ}\text{C}$ , але подача води на об'єкт відбуватиметься з температурою  $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$ );
- втрати теплоносія при транспортуванні, які відбуваються через велику довжину теплової мережі, а також неякісну ізоляцію.

Принцип роботи та улаштування децентралізованого опалення (рис. 3.1)

Децентралізоване опалення здійснюється від джерел тепла до споживачів без загальної теплової мережі.

Система децентралізованого опалення поділяється на 2 категорії:

1. Індивідуальне опалення квартири, в якому подача тепла до приміщень здійснюється від власного джерела тепла;
2. Місцеве опалення, у якому забезпечення тепла всіх приміщень походить від окремого загального джерела, наприклад, дахової котельні.

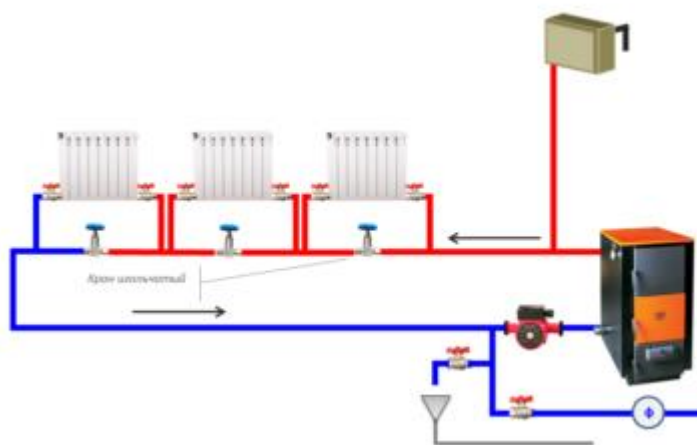


Рисунок 3.1 – Децентралізована система водяного опалення приватного будинку

Плюси та мінуси децентралізованої системи.

Порівнюючи децентралізоване виробництво теплоти із централізованою системою, слід зазначити, що децентралізоване опалення має економічні

переваги над централізованою системою:

- немає потреби у спорудженні теплових мереж;
- малі теплові втрати під час транспортування теплоносія;
- наявність погодозалежної модуляції, що дозволяє мешканцям знизити витрати на використання тепла;
- можливість включення тепла у будь-який період, внаслідок чого мешканці будинку не залежать від опалювального сезону.

У порівнянні з централізованою системою, децентралізована позбавлена недоліків. Цей факт можуть підтвердити всі користувачі, які організували автономне опалення приватного будинку.

Як підвищити ефективність центрального опалення.

Насамперед неефективність системи центрального опалення полягає у наявності значних теплових втрат при транспортуванні теплоносія від джерела тепла до споживача. Тому, щоб усунути дані тепловтрати, потрібно виконати оптимізацію системи опалення.

Існує кілька варіантів підвищення ефективності центрального опалення:

1) для покращення роботи тепlopостачання необхідно встановити нове теплогенеруюче обладнання з високими технічними характеристиками, а також замінити старі трубопроводи та забезпечити якісну теплоізоляцію. Виконавши ці вимоги, можна зменшити споживання тепла, а теплові втрати при транспортуванні будуть відносно низькими;

2) коректне вимірювання споживаної теплової енергії мешканцями. Для цього необхідно встановити лічильники тепла, які можуть бути розміщені як у власній квартирі, так і у ІТП житлового будинку.

## **ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 4 РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВИХ ВТРАТ В ПРИМІЩЕННІ**

Тепловтрати приміщень у житлових і громадських будівлях складаються з тепловтрат через зовнішні захищення (стіни, вікна, підлоги, перекриття) і витрат теплоти на нагрівання повітря, що інфільтрується в приміщення через нещільність в конструкціях. У промислових будівлях враховують і інші втрати теплоти.

*Мета теплотехнічного розрахунку* – визначити приведений опір теплопередачі ( $R_{\Sigma пр}$ ) обгороджувальних конструкцій, товщину утеплювача ( $\delta_{ут}$ ) і коефіцієнт теплопередачі ( $K$ ).

При розробці проекту треба приділити належну увагу конструкції зовнішніх обгороджень і оцінці їхнього термічного опору. Правильно обрана конструкція обгородження і строго обґрунтована величина його термічного опору  $R_{\Sigma пр}$  забезпечують, з одного боку, необхідний мікроклімат, тобто санітарно-гігієнічні умови, необхідні для перебування людини в приміщеннях проектного будинку, а з другого – економічність завдання. Розрахунок виконують згідно з нормами ДБН В.2.6-31:2016 та ДСТУ Б В.2.6-189-2013.

Відповідно пункту 6.1 ДБН В.2.6-31:2016 для зовнішніх обгороджувальних конструкцій будівель та споруд, що опалюються та / або

охолоджуються, і внутрішніх конструкцій, що розділяють приміщення, температура повітря в яких відрізняється на 4 °С та більше, обов'язкове виконання умов:

$$\begin{aligned}R_{\Sigma\text{пр}} &\geq R_{q\text{min}} \\ \Delta T_{\text{пр}} &\geq \Delta T_{\text{сг}} \\ T_{\text{в min}} &> T_{\text{min}}\end{aligned}$$

де  $R_{\Sigma\text{пр}}$  – приведений опір теплопередачі непрозорої обгороджувальної конструкції чи непрозорої частини обгороджувальної конструкції (для термічно однорідних огороджувальних конструкцій визначається опір теплопередачі), приведений опір теплопередачі світлопрозорої обгороджувальної конструкції,  $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ ;

$R_{q\text{min}}$  – мінімально допустиме значення опору теплопередачі непрозорої обгороджувальної конструкції чи непрозорої частини обгороджувальної конструкції, мінімальне значення опору теплопередачі світлопрозорої обгороджувальної конструкції,  $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ ;

$\Delta T_{\text{пр}}$  – температурний перепад між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні обгороджувальної конструкції, °С;

$\Delta T_{\text{сг}}$  – допустима за санітарно-гігієнічними вимогами різниця між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні обгороджувальної конструкції, °С;

$T_{\text{в min}}$  – мінімальне значення температури внутрішньої поверхні в зонах теплопровідних включень в обгороджувальній конструкції, °С;

$T_{\text{min}}$  – мінімально допустиме значення температури внутрішньої поверхні при розрахункових значеннях температур внутрішнього й зовнішнього повітря, °С.

Мінімально допустиме значення опору теплопередачі непрозорих обгороджувальних конструкцій, світлопрозорих обгороджувальних конструкцій і дверей житлових і громадських будівель  $R_{q\text{ min}}$  встановлюють відповідно до таблиці 4.1 залежно від температурної зони експлуатації будинку, що приймається згідно з рисунком 4.1, а мінімально допустиме значення опору теплопередачі обгороджувальної конструкції промислових (сільськогосподарських) будівель приймається згідно до таблиці 4.2.

При виконанні умови згідно з формулою (1) ДБН В.2.6-31:2016 ( $E_P \leq E_{P\text{max}}$ ) допускається застосовувати окремі конструктивні елементи теплоізоляційної оболонки із зниженими значеннями опору теплопередачі до рівня 75 % від  $R_{q\text{ min}}$  для непрозорих частин зовнішніх стін і до рівня 80 % від  $R_{q\text{ min}}$  для інших обгороджувальних конструкцій відповідно до умови згідно з формулою (4) ДБН В.2.6-31:2016 ( $R_{\Sigma\text{пр}} \geq R_{q\text{min}}$ ) при обов'язковому виконанні умов для цих елементів теплоізоляційної оболонки за формулами (5) та (6) ДБН В.2.6-31:2016  $\Delta T_{\text{пр}} \geq \Delta T_{\text{сг}}$ ,  $T_{\text{в min}} > T_{\text{min}}$ .

КАРТА-СХЕМА ТЕМПЕРАТУРНИХ ЗОН УКРАЇНИ



Рисунок 4. 1 – Карта-схема температурних зон України

Таблиця 4.1 – Мінімально допустиме значення опору теплопередачі огорожувальної конструкції житлових та громадських будівель  $R_{qmin}$

№ з/п	Вид огорожувальної конструкції	Значення $R_{qmin}$ , ( $m^2 \cdot K$ )/Вт, для температурної зони	
		I	II
1	Зовнішні стіни	3,3	2,8
2	Суміщені покриття	6,0	5,5
3	Покриття опалюваних горищ (технічних поверхів) та покриття мансардного типу	4,95	4,5
4	Горищні перекриття неопалюваних горищ	4,95	4,5
5	Перекриття над проїздами та неопалювальними підвалами	3,75	3,3
6	Світлопрозорі огорожувальні конструкції	0,75	0,6
7	Зовнішні двері	0,6	0,5

Таблиця 4.2 – Мінімально допустиме значення опору теплопередачі обгороджувальної конструкції промислових (сільськогосподарських) будівель  $R_{qmin}$

Вид огорожувальної конструкції та тепловологісний режим експлуатації будівель	Значення $R_{qmin}$ , $m^2 \cdot K/Вт$ , для температурної зони	
	I	II
Зовнішні непрозорі стіни будівель: – із сухим і нормальним режимом із конструкціями з $D > 1,5$ ; $D < 1,5$	1,7 2,2	1,5 2,0
– з вологим і мокрим режимом із конструкціями з $D > 1,5$ ; $D < 1,5$ ; – із надлишками тепла (більше ніж $23 \text{ Вт/м}^3$ )	1,8 2,4 0,55	1,6 2,2 0,45
Покриття та перекриття неопалюваних горіщ будівель: – із сухим і нормальним режимом із конструкціями $3 D < 1,5$ ; $0 > 1,5$	1,7 2,2	1,6 2,1
– з вологим і мокрим режимом із конструкціями з: $0 > 1,5$ ; $D < 1,5$ ; – з надлишками тепла (більше ніж $23 \text{ Вт/м}^3$ )	1,7 1,9 0,55	1,6 1,8 0,45
Перекриття над проїздами й неопалюваними підвалами із конструкціями з: $D > 1,5$ ; $D < 1,5$	1,9 2,4	1,8 2,2
Двері й ворота будівель: – із сухим і нормальним режимом; – із вологим і мокрим режимом; – із надлишками тепла (більше ніж $23 \text{ Вт/м}^3$ )	0,6 0,75 0,2	0,55 0,70 0,2
Вікна й zenітні ліхтарі будівель: – із сухим і нормальним режимом – із вологим і мокрим режимом – із надлишками тепла (більше ніж $23 \text{ Вт/м}^3$ )	0,45 0,5 0,18	0,42 0,45 0,18
Примітка. $D$ – показник теплової інерції конструкції, що визначається згідно з ДСТУ-НБВ.2.6-190.		

Приведений опір теплопередачі термічно неоднорідної непрозорої обгороджувальної конструкції розраховують за формулою:

$$R_{\Sigma np} = \frac{F_{\Sigma}}{\sum_{i=1}^I \frac{F_i}{R_{\Sigma i}} + \sum_{j=1}^J k_j L_j + \sum_{k=1}^K \psi_k N_k}, \quad (4.1)$$

де  $F_{\Sigma}$  – загальна площа конструкції, м<sup>2</sup>;

$R_{\Sigma i}$  – опір теплопередачі  $i$ -ої термічно однорідної частини конструкції, (м<sup>2</sup> · К)/Вт;

$F_i$  – площа  $i$ -ої термічно ординарної частини конструкції, м<sup>2</sup>;

$k_j$  – лінійний коефіцієнт теплопередачі  $j$ -го лінійного теплопровідного включення, Вт/(м · К);

$L_j$  – лінійний розмір (проекція)  $j$ -го лінійного теплопровідного включення, м;

$\psi_k$  – точковий коефіцієнт теплопередачі  $k$ -го теплопровідного включення, Вт/К;

$N_k$  – загальна кількість  $k$ -их точкових теплопровідних включень, шт.

Лінійні коефіцієнти теплопередачі ( $L_j$ ) поширених лінійних теплопровідних включень, точкові коефіцієнти теплопередачі ( $\psi_k$ ) наведені в довідковій літературі.

Опір теплопередачі термічно однорідної непрозорої обгороджувальної конструкції розраховують за формулою:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_B} + \sum_{i=1}^n li + \frac{1}{\alpha_3} = \frac{1}{\alpha_B} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{\alpha_3}, \quad (4.2)$$

де  $\alpha_B$ ,  $\alpha_3$  – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхні огороджувальної конструкції, визначається за таблицею 4.3, Вт/(м<sup>2</sup> · К);

$R_i$  – тепловий опір  $i$ -го шару конструкції, (м<sup>2</sup> · К)/Вт.

$\delta_i$  – товщина  $i$ -го шару конструкції, м;

$\lambda_{ip}$  – теплопровідність матеріалу  $i$ -го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації (розрахункова теплопровідність), Вт/(м · К);

$n$  – кількість шарів обгороджувальної конструкції.

Розрахункову теплопровідність матеріалів ( $\lambda_{ip}$ ) приймають згідно з додатком А ДСТУ Б В.2.6-189:2013.



Таблиця 4.3 – Значення коефіцієнта тепловіддачі внутрішньої  $\alpha_B$  та зовнішньої  $\alpha_3$  поверхні.

№ з/п	Тип конструкції	Коефіцієнт тепловіддачі, Вт/(м <sup>2</sup> · К)	
		$\alpha_B$	$\alpha_3$
1	Зовнішні стіни, суміщені покриття, перекриття над проїздами	8,7	23
2	Перекриття над холодними підвалами, що межують з холодним повітрям	8,7	17
3	Горищні покриття, перекриття над неопалюваними підвалами зі світловими прорізами у стінах, а також зовнішні стіни з вентиляльованим повітряним прошарком, що вентилюються зовнішнім повітрям	8,7	12
4	Горищні перекриття та перекриття над неопалюваними підвалами та техпідпіллями, що не вентилюються зовнішнім повітрям	8,7	6
5	Вікна, двері балконні та вхідні, вітражі, зовнішні стіни з опорядженням світлопрозорими елементами	8,0	23
6	Зенітні ліхтарі	9,9	23

Коефіцієнт теплопередачі ( $K$ ) є зворотною величиною термічного опору ( $R_{\Sigma np}$ ) і визначається за формулою:

$$K = \frac{1}{R_{\Sigma np}}. \quad (4.3)$$

Термічний опір вікон будинку приймають залежно від призначення будинку і різниці температур.

Коефіцієнт теплопередачі ( $K_{вікн}$ ) вікна визначають за формулою:

$$K_{вікн} = \frac{1}{R_{вікн}} - \frac{1}{R_{\Sigma np}}, \quad (4.4)$$

де  $R_{вікн}$  – термічний опір вікна, що наведений в таблиці 4.1, (м<sup>2</sup> · °С)/Вт;

$R_{\Sigma np}$  – термічний опір огорожувальної стіни, (м<sup>2</sup> · °С)/Вт.

Аналогічно коефіцієнту теплопередач вікон визначають коефіцієнт теплопередачі зовнішніх дверей.

Приведений опір теплопередачі огорожувальних конструкцій, що контактують із ґрунтом  $R_{\Sigma прц}$ , (м<sup>2</sup> · К)/Вт, визначають за зонами шириною 2 м, паралельними зовнішнім стінам за формулою:

$$R_{\Sigma прц} = R_{\Sigma ц} \frac{\delta}{\lambda}, \quad (4.5)$$

де  $R_{\Sigma пр}$  – опір теплопередачі, (м<sup>2</sup> · К)/Вт, що приймають 2,3 для першої зони, 4,3 – для другої зони, 8,6 – для третьої зони, 14,2 для площі, що залишилась. Зони шириною 2 м починають намічати від лінії контакту стіни підвалу з ґрунтом вниз по стіні з переходом на підлогу підвалу. Зони визначають послідовно від усього периметра контакту стін з ґрунтом в напрямку середини



будівлі;

$\delta$  – товщина тепло ізолюючого шару, м, при теплопровідності утеплювача  $\lambda < 1,2$  Вт/(м · К).

Для підлоги на лагах термічний опір ( $R_l$ ) розраховують за формулою:

$$R_l = \frac{R_{y.n.}}{0,85} \quad (4.6)$$

*Розрахунок тепловитрат підлоги та в приміщеннях.*

Щоб правильно підібрати опалювальні прилади в приміщенні, необхідно знати його тепловтрати. Тому розрахунок тепловтрат є одним з головних етапів проектування системи опалення.

Для розрахунку використовують наступні дані: плани поверхів з вказівкою призначення приміщень, орієнтація будинку на сторони світу, призначення кожного приміщення, місце спорудження будинку, теплотехнічний розрахунок зовнішніх обгороджень. Всі опалювальні приміщення на плані позначені порядковими номерами за годинниковою стрілкою (починаючи з №101 і далі – приміщення першого поверху, з № 201 і далі – другого поверху і т.д.).

Втрати тепла приміщеннями через обгороджувальні конструкції визначають шляхом підсумовування основних і додаткових втрат.

Основні тепловтрати приміщень ( $Q_{осн}$ ), Вт, визначають за формулою:

$$Q_{ит} = F \cdot k \cdot (t_B - t_C) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n, \quad (4.7)$$

де  $F$  – площа обгороджувальної конструкції, через яку відбувається втрата тепла, м<sup>2</sup>;

$k$  – коефіцієнт теплопередачі обгороджувальної конструкції, Вт/(м<sup>2</sup> · °С);

$t_B$  – розрахункова температура внутрішнього повітря, °С, (для житлових кімнат – 20 °С, кухонь – 18 °С, для сходової клітки – 16 °С);

$t_C$  – розрахункова температура зовнішнього повітря, °С, (для горища – 9 °С);

$\sum \beta$  – додаткові тепловтрати приміщення пов'язані з втратами по сторонам світу;

$n$  – поправочний коефіцієнт, що враховує положення обгородження щодо зовнішнього повітря (для приміщень  $n = 1$ , для горища  $n = 0,9$ ).

Площу зовнішніх і внутрішніх обгороджень при розрахунку тепловтрат приміщень обчислюють (з точністю до 0,1 м<sup>2</sup>), дотримуючись правила обмірювання обгороджень за планами і розрізами будинку. Ці правила враховують складність теплопередачі на межах обгороджень, передбачаючи умовне збільшення чи зменшення площ для відповідності фактичним тепловтратам.

Для визначення площі зовнішніх стін вимірюють (з точністю до 0,1 м):

– *за планами* – довжину стін кутових приміщень за зовнішньою поверхнею від зовнішніх кутів до осей внутрішніх стін, не кутових приміщень – між осями внутрішніх стін;

– *за розрізами* – висоту стін на першому поверсі від нижнього рівня підготовки під конструкцію підлоги на лагах до рівня чистої підлоги другого поверху; на середніх поверхах – від поверхні підлоги одного поверху до

поверхні підлоги поверху над ним; на верхньому поверсі – від поверхні підлоги до верху конструкції горищного перекриття.

Для обчислення площі внутрішніх стін вимірюють:

- за планами – довжину стін від внутрішньої поверхні зовнішніх стін до осей внутрішніх стін між осями;
- за розрізами – висоту стін від поверхні підлоги до поверхні стелі.

Площу вікон і дверей визначають за найменшими розмірами будівельних прорізів.

У розрахунковій таблиці назви обгороджень позначають в такий спосіб:

- зовнішня стіна – ЗС;
- подвійне застелення – ПО;
- горищне перекриття – ГП;
- перекриття над підвалом – ПП;
- подвійні двері – ПД;
- балконні двері – БД.

Крім вертикальних обгороджувальних конструкцій, втрати тепла здійснюються і через горищне перекриття на третьому поверсі та підлогу на першому поверсі. Втрати тепла крізь підлогу визначаються по зонах-смугах шириною 2 м, паралельних зовнішнім стінам (рис. 4.2). Чим ближче смуга розташована до зовнішньої стіни, тим вона має менший термічний опір теплопередачі. Ділянка розміром 2×2 м, що примикає до зовнішнього кута, враховується двічі. Умовна величина термічного опору теплопередачі 1, 2, 3 і 4 зон неутеплених підлог на лагах складає відповідно:  $R_1 = 2,1 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ ,  $R_2 = 4,3 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$ ,  $R_3 = 8,6 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$ ,  $R_4 = 14,2 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$ .

Тепловтрати через підлоги на лагах визначають за формулою:

$$Q_{\text{вн}} = \left( \frac{F_1}{R_1} + \frac{F_2}{R_2} + \frac{F_3}{R_3} + \frac{F_4}{R_4} \right) \cdot \frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{с}})}{1,18}, \quad (4.8)$$

де  $F_1, F_2, F_3, F_4$  – площі зон,  $\text{м}^2$ ;

$R_1, R_2, R_3, R_4$  – термічні опори окремих зон,  $(\text{м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$ .

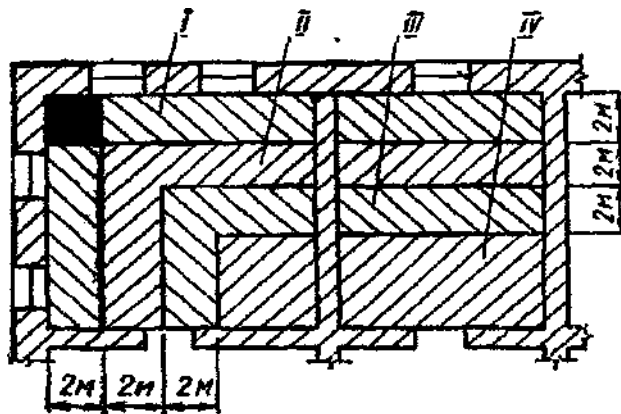


Рисунок 4.2 –Схема зон для визначення втрат крізь підлогу

Дані розрахунку тепловтрат підлоги на лагах вносять у таблицю 4.4.

Таблиця 4.4 – Розрахунок тепловтрат крізь підлогу на лагах

Номер приміщення	Найменування приміщення	$t_b$	$t_3$	$R_1$	$R_2$	$R_3$	$F_1$	$F_2$	$F_3$	$Q_{осн.}$

До додаткових тепловтрат відносяться: орієнтація приміщень відносно сторін світу, наявність двох і більше зовнішніх стін, інфільтрація у приміщення зовнішнього повітря крізь нещільності будівельних конструкцій (щілини в притворах вікон, дверей), на зовнішні двері, не обладнані повітряними чи повітряно-тепловими завісами.

Добавку на орієнтацію обгороджень по сторонах світу приймають для всіх зовнішніх вертикальних і похилих (у проекції на вертикаль) обгороджень, звернутих на північ, схід, північний схід і північний захід у розмірі – 0,10, на захід і південний схід – 0,05, на південь і південний захід – 0.

Додаткові втрати на зовнішні двері, не обладнані повітряними чи повітряно-тепловими завісами, при висоті сходової клітини  $H$ , м: для подвійних дверей з тамбуром між ними –  $0,27H$ ; для подвійних дверей без тамбура –  $0,34H$ , для одинарних –  $0,22H$ .

Фактор наявності двох і більше зовнішніх стін враховують шляхом підвищення в кутових приміщеннях будинку розрахункової температури внутрішнього повітря на  $2^\circ\text{C}$ .

Для опалюваних приміщень, які мають вікна (кухні й житлові приміщення) площею  $A$ ,  $\text{м}^2$ , визначають тепловтрати на нагрівання інфільтруючого повітря за формулою:

$$Q_i = 0,337 \cdot A \cdot h \cdot (t_b - t_3), \text{Вт}, \quad (4.9)$$

де  $h$  – висота приміщення, м.

Для багатоповерхових будівель необхідно враховувати коефіцієнт збільшення тепловіддачі вікон та враховувати сумарну інфільтрацію.

Втрати теплової потужності на нагрівання зовнішнього повітря, яке надходить у сходові клітки через періодично відкриті у холодний період року зовнішні двері розраховують за формулою:

$$Q_i = 0,7B(H + 0,8P)(t_b - t_3), \text{Вт}, \quad (4.10)$$

де  $B$  – коефіцієнт, який враховує кількість вхідних тамбурів; один тамбур (двоє дверей) –  $B = 1,0$ ; два тамбури (троє дверей) –  $B = 0,6$ ;

$H$  – висота сходової клітки, м;

$P$  – розрахункова кількість мешканців, яка проживає в будинку.

$$P = A_3/a, \quad (4.11)$$

де  $a$  – розрахункова норма загальної опалюваної площі будинку на одного мешканця,  $\text{м}^2$ ;

$A_3$  – загальна опалювана площа будинку, м<sup>2</sup>.

При визначенні розрахункових втрат тепла приміщень будинку необхідно враховувати побутові тепловиділення ( $Q_{\text{бум}}$ ) від устаткування за формулою:

$$Q_{\text{бум}} = 10 \cdot A, \text{ Вт}, \quad (4.12)$$

де  $A$  – внутрішня площа приміщення, м<sup>2</sup>.

Побутові тепловиділення на сходовій клітці не враховуються.

Таким чином, повні тепловтрати приміщень і сходової клітки ( $Q_{\text{прим}}$ ,  $Q_{\text{сх.кл}}$ ) обчислюють за формулами:

$$Q_{\text{прим}} = Q_{\text{осн}} + Q_i - Q_{\text{бум}}; \quad (4.13)$$

$$Q_{\text{сх.кл.}} = Q_{\text{осн}} + Q_i. \quad (4.14)$$

## **ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 5 СУЧАСНІ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ**

*Стандартний варіант: система опалення на газі чи рідкому паливі.*

Якщо домовласники зацікавлені в новій системі опалення, то його вибір найчастіше падає на котел, що працює на газі чи рідкому паливі. Оскільки технологія є простою, надійною та ефективною.

*Сучасні конденсаційні котли* використовують практично всю енергію від згоряння палива для опалення приміщень або виробництва гарячої води. Але така система опалювання потребує вкладення чималих коштів як на придбання устаткування, так і на розхідні матеріали у майбутньому. Проте попит на такі моделі залишається високим.

Щоб власник житла міг повністю використати потенціал сучасного опалення на газі чи рідкому паливі, будинок має бути також пристосований до опалювальної системи. Так, конденсаційний котел вимагатиме роботи на низьких температурах, якої можна досягти, наприклад, за допомогою великих радіаторів та оптимально налаштованої системи опалення.

*Системи опалення на деревині чи пелетах.*

Значно простіше зрозуміти процес спалювання деревини. Ця технологія забезпечує людство теплом протягом сотень років і постійно розвивається. Якщо казати про централізовану систему тепlopостачання, домовласники мають вибір між ефективними піролізними котлами на дровах та автоматичними системами опалення на пелетах.

*Піролізний котел* працює на дровах і завантажується вручну. Завдяки конструкції такі котли дуже ефективні. Різні фази горіння розділені в просторі, відтак можлива робота при дуже високих температурах. Це забезпечує високу ефективність та низький рівень викидів.

*Пелетні котли* використовують пелети, що являють собою пресовані відходи деревообробки, які автоматично подаються в котел. Така система займає порівняно багато місця, зате дуже надійна в роботі. Власникам будинку залишається тільки час від часу вручну видаляти золу.

Система опалення на деревині може застосовуватися коли будинок або земельна ділянка має достатньо вільного місця. Опалення дровами, крім того, вимагає часу на їх закладання до котла.

*Поєднання з геліосистемами зменшує витрати.*

Для зменшення витрат на опалення та покращення екологічного балансу власники будівель можуть доповнити свою систему сонячними колекторами. Ця технологія використовує безкоштовне сонячне тепло і таким чином зменшує споживання палива. Залежно від розміру системи, вона може здійснювати нагрів гарячої води та навіть підтримку в опаленні.

*Система опалення на основі відновлюваних джерел енергії.*

Ресурси корисних копалин обмежені, а при їх спалюванні виділяються шкідливі речовини. Якщо ви шукаєте альтернативу, то знайдете надійні екологічні рішення у вигляді теплових насосів та котлів на деревині.

*Теплові насоси використовують тепло природи.*

*Тепловий насос* – це цілком особлива система опалення. Тепловий насос відбирає безкоштовну енергію довкілля і спрямовує її для опалення. Окрім повітря та ґрунту можна використовувати підземні води, а принцип дії теплового насоса базується на складному технічному процесі. Такий процес необхідний для підняття температурного рівня довкілля до належної температури.

Особливо економно ця технологія працює з низькотемпературними системами опалення. Окрім гарної ізоляції будівлі, для цього потрібні великі радіатори, а в оптимальному випадку – система панельного опалення. Вигідно також під'єднати сонячну систему для гарячого водопостачання. З іншого боку, якщо встановити тепловий насос у старому будинку з поганою ізоляцією, витрати на опалення можуть різко піднятися.

Опалювальні системи для приватних будинків максимально прості в експлуатації. Крім того, нові технології дозволяють об'єднувати всі інновації в єдину систему, що збільшує автоматизацію і сприяє швидкому нагріванню всього будинку.

*Нові технології.*

Сучасна розробка дозволяє використовувати 2 види ресурсів як джерел тепла. До них відноситься:

1. Непоправний – працює на основі електрики, газу, дров і є традиційним методом обігріву приміщення.

2. Доповнюваний – сучасна технологія опалювальної системи, де виступає енергоносієм тепло від сонця, води, землі і вітру.

Другий вид є більш вигідним і екологічним. Але ефективність такої технології набагато нижче непоправного джерела енергії.

У кожного методу обігріву є свої переваги і недоліки, тому конкретний тип підбирається виходячи з площі приватного або замиського будинку, утеплення підлоги, стелі, стін.



Рисунок 5.1 – Інфрачервона плівка

### *Інфрачервоний обігрів.*

Новинку на сучасному ринку представляє інфрачервоне джерело теплоенергії. Його можна використовувати як для приватного, так і замиського будинку. Це обладнання, яке здатне випромінювати інфрачервоне світло, що проходить через будь-яке повітряну перешкоду.

Для обігріву житлового приміщення використовується конструкція, що працює від мережі в 220 вольт. Основним компонентом виробу вважається відкрита спіраль. Інфрачервона теплоенергія виходить з рефлектора і здатна обігріти будь-яке приміщення або предмет, на який спрямована обладнання.

Світлові обігрівачі для стелі використовують, як правило, для підвищення температури в гаражі, підсобці або невеликому складі. А щоб зробити теплими стіни або підлогу в приміщенні, використовується інфрачервоне інноваційне опалення плівкового типу для приватного дому.

Опалення будинку за новими технологіями з використанням інфрачервоних пристроїв є найбільш економічним. Коефіцієнт корисної дії досягає 95 %, до того ж відбувається максимально швидкий нагрів приміщення, що дозволяє оптимізувати всі витрати.



Рисунок 5.2 – Розташування плівкових інфрачервоних елементів

Сучасне опалення приватного будинку повинне бути додатково укомплектоване автоматичними регуляторами, які працюють на основі термостатів.

Інфрачервоний пристрій має рядом переваг:

– пожежна безпека. Поверхня плівкового елемента не нагрівається більше 60 градусів;



- проста експлуатація;
- можливість зміни площі обігріву;
- відсутність інтенсивного теплового потоку;
- робота системи без рідкого теплоносія, що виключає витіки;
- довговічність;
- нездатність виділяти токсини та інші шкідливі речовини.

Такі сучасні системи опалення приватних будинків, крім ряду переваг, мають і свої недоліки, основним з яких є висока ціна. Незважаючи на те, що технологія повністю себе окупає, не кожна людина погодиться чекати на такий тривалий період.

#### *Гео- і гідротермальне обладнання.*

Передові технології дозволяють отримати теплоенергію завдяки установці геотермальних пристроїв. Працює обладнання за принципом теплового насоса. Забір тепла відбувається з ґрунту поблизу житлового приміщення. Геотермальна система, як інновація в опаленні будинку, встановлюється так:

1. Проводиться збирання і фіксація насоса. Він відповідає за перекачування тепла з ґрунту;

2. Теплообмінник опускається в ґрунт. По ньому передаються ґрунтові води, які переносять в приміщення своє тепло.

Варто відзначити, що якщо новітня система опалення використовується для заміського будинку, то теплоносієм виступає антифриз. Для цього необхідно зробити резервуар, який буде призначатися для забору енергії.

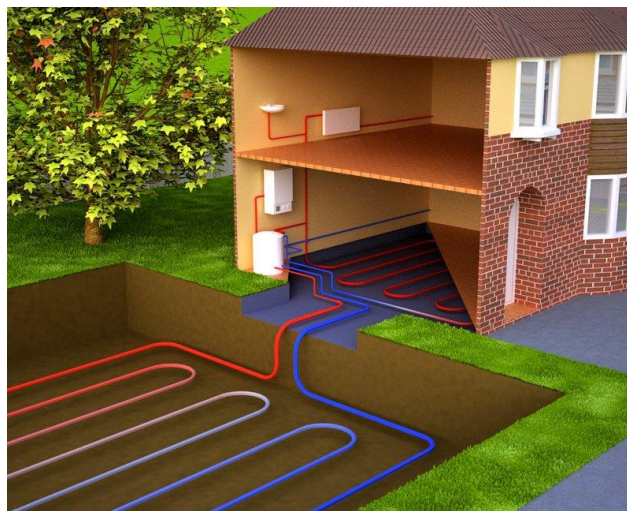


Рисунок 5.3 – Геотермальна система опалення будинку

Для опалення житлового приміщення можна використовувати і гідротермальних систему опалення, якщо поруч з будинком розташована водойма. Завдяки установці з води витягується електроенергія. Монтаж виробу схожий з установкою геотермальної системи, але має свої відмінності:

1) спочатку необхідно встановити тепловий насос. Він переносить тепло по спеціальним трубочках;

2) на дно водойми ставиться зонд – теплообмінник.

Установка конструкції задовольна проста і не вимагає тривалого часу. Робоча ефективність такого обладнання залежить від розміру виробу.

*Принцип роботи сонячних батарей.*

Опалення за рахунок тепла від сонця включає в себе всі нові технології. Варто зазначити, що такий сучасний метод обігріву – це не тільки фотоелектричні панелі, але і сонячні колектори. Нові системи містять компоненти:

- 1) колектор (виріб складається з безлічі труб);
- 2) резервуар;
- 3) теплоносій.

Сонячні системи мають свої конструкційні особливості. Існує кілька різновидів колекторів:

- вакуумний;
- повітряний;
- плоский.

Нерідко така сучасна система доповнена насосом. Він призначений для забезпечення циркуляції теплоносія, що забезпечує більш активний теплообмін. Для того, щоб нова технологія на основі сонячної енергії була максимально ефективною, рекомендується дотримуватись певних правил.

Пристрій повинен експлуатуватися тільки в тих регіонах, де сонце гріє більшу частину року. Якщо це відбувається рідше, то необхідно встановлювати додаткову комплектацію сучасного опалення.



Рисунок 5.4 – Зовнішній вигляд сонячних колекторів

Рекомендації до встановлення сонячних колекторів:

- 1) колектори повинні бути розташовані максимально високо;
- 2) колектори розташовуються під кутом 30 або 40 градусів відносно горизонту;
- 3) трубочки, сполучені між теплообмінником і колектором, повинні ізолюватися.



Дотримання всіх рекомендацій збільшує не тільки термін служби конструкції, але і надходження в дім тепла, яке контролюється терморегулятором. Він дозволяє запускати опалювальні систем в певний час і відключати після досягнення потрібної температури.

Цілком інакше порівняно з системами, розглянутими вище, працює система опалення, яка також виробляє електроенергію. Вона забезпечить будинок не лише теплом на опалення й ГВП, а й електроенергією. Це стає можливим при застосуванні блочних *когенераційних установок* (КГУ) або паливних елементів.

Когенераційна установка, або блочна ТЕЦ, перетворює хімічну енергію палива в механічну, за допомогою якої генератор виробляє електрику. Надлишкове тепло від генератора утилізується й подається в систему опалення. Оскільки така установка потребує великих капіталовкладень, її доцільно використовувати при великій кількості робочих годин на рік. Так це дозволить заощадити кошти на електроенергію. КГУ доцільно використовувати в будівлях з великим споживанням тепла. Наприклад, це можуть бути старі будівлі без ремонту, багатоквартирні будинки або будинки з басейном.

Принцип дії паливних елементів заснований на електрохімічній реакції. Водень і кисень реагують один з одним у контрольованих умовах, при цьому утворюється вода, тепло та електроенергія. Система на паливних елементах генерує більше електричної енергії, ніж теплової, тому її варто також використовувати у нових будинках для однієї сім'ї.

### **Контрольні запитання до змістового модуля 2**

1. Які види систем опалення залежно від джерела теплопостачання ви знаєте?
2. З яких елементів складається централізоване опалення?
3. Як поділяються за призначенням теплові мережі?
4. Назвіть переваги централізованих систем опалення.
5. Назвіть плюси та мінуси децентралізованої системи.
6. Які ви знаєте варіанти підвищення ефективності центрального опалення?
7. Які зовнішні огороження розрізняють при проектуванні опалення?
8. Які показники характеризують теплозахисні властивості зовнішніх обгороджень?
9. Що таке опір теплопередачі зовнішнього огороження? Як його визначити?
10. Якими нормативними документами регламентовані нормативні величини опору теплопередачі зовнішніх обгороджень?
11. Що таке температурна зона України? Де застосовується це поняття? Від чого залежить поділ України на температурні зони?
12. Навести приклади одно- та багатошарових зовнішніх обгороджень.
13. Мета теплотехнічного розрахунку зовнішніх обгороджень.
14. Методика теплотехнічного розрахунку зовнішніх обгороджень.

15. Як обчислити фактичний опір теплопередачі зовнішнього огороження?
16. Що таке умови експлуатації зовнішніх обгороджень? Від чого залежить їх вибір?
17. Як обрахувати тепловтрати через зовнішнє огороження?
18. Від чого залежать тепловтрати через зовнішні огороження?
19. Як порахувати тепловтрати у приміщенні через зовнішні огороження?
20. Правила обміру зовнішніх обгороджень при розрахунку тепловтрат?
21. Розрахунок тепловтрат на нагрівання зовнішнього повітря
22. Які сучасні системи опалення існують?
23. Назвіть компоненти геліосистеми.

## ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 3 ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В СИСТЕМАХ ОПАЛЕННЯ

### ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 6 РОЗРАХУНКИ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ РІЗНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

*Приклад 1.* Виконати теплотехнічний розрахунок зовнішньої стіни будівлі для таких умов: матеріал стіни – цегляна кладка ( $\gamma = 1\ 800\ \text{Вт/м}^3$ ;  $\lambda = 0,7\ \text{Вт/(м} \cdot \text{°C)}$ ;  $S = 9,2\ \text{Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}$ ); внутрішнє помешкання – житлове ( $t_{\text{в}} = 20\ \text{°C}$ ); умови експлуатації – А (вологісний режим помешкання – нормальний; зона вологості розташування будівлі – суха). Вихідні кліматичні дані:

$$t_{3(5)} = -23\ \text{°C}, t_{3(1)} = 28\ \text{°C}, t_{3(3)} = 0,5(-23 + (28)) = 25,5\ \text{°C}.$$

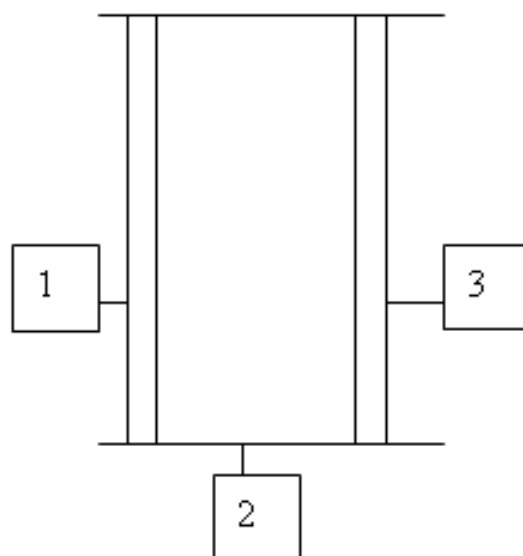


Рисунок 6.1 – Конструкція зовнішнього обгородження

*Розв'язання.*

Потрібний опір теплопередачі  $R_0^{\text{пот}}$ ,  $(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$ , при  $t_{\text{в}} = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$ :

$$R_0^{\text{пот}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,01}{0,76} + \frac{\delta_k}{0,70} + \frac{1}{23},$$

Приймаємо, що  $R_0^{\text{пот}} = R_0$ :

$$0,83 = 0,186 + \frac{\delta_k}{0,70},$$

визначаємо товщину стінки:  $\delta_k = 0,45 \text{ м}$ .

Приймаємо найближчий стандартний розмір стіни –  $0,51 \text{ м}$ .

Знаходимо опір теплопередачі конструкції з урахуванням стандартної товщини:

$$R_0^{\text{пот}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,01}{0,76} + \frac{0,51}{0,70} + \frac{1}{23};$$

$$R_0 = 0,899 \text{ (м}^2 \cdot ^\circ\text{C)/Вт або } K = 1,11 \text{ Вт/(м}^2 \cdot ^\circ\text{C)}.$$

Визначаємо теплову інерцію конструкції:

$$D = 0,028 \cdot 9,6 + 0,728 \cdot 9,2 = 6,96.$$

Отже, температура зовнішнього повітря прийнята правильно.

*Приклад 2.* Розрахувати товщину утеплювача з плит ППУ для зовнішньої стінки з керамзитобетонних панелей. Температурна зона розташування будівлі – четверта. Кількість градусо-днів опалювального періоду  $S = 3\,799$ .

*Розв'язання.*

За нормативами значення опору теплопередачі дорівнює  $2,2 \text{ (м}^2 \cdot ^\circ\text{C)/Вт}$ . Випишуємо теплотехнічні показники конструктивних шарів. Прийнято: умови експлуатації Б.

1-й шар – цементно-піщаний розчин  $\gamma = 1\,800 \text{ Вт/м}^3$ ;  $\lambda = 0,93 \text{ Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$ ;  
 $\delta = 0,01 \text{ м}$ ;

2-й шар – керамзитобетонна панель  $\gamma = 1\,200 \text{ Вт/м}^3$ ;  $\lambda = 0,52 \text{ Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$ ;  
 $\delta = 0,32 \text{ м}$ ;

3-й шар – цементно-піщаний розчин  $\gamma = 1\,400 \text{ Вт/м}^3$ ;  $\lambda = 0,93 \text{ Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$ ;  
 $\delta = 0,02 \text{ м}$ ;

4-й шар – плити ППУ  $\gamma = 30 \text{ Вт/м}^3$ ;  $\lambda = 0,027 \text{ Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$ ;  $\delta = x \text{ м}$ ;

5-й шар – цементно-піщаний розчин  $\gamma = 1\,800 \text{ Вт/м}^3$ ;  $\lambda = 0,93 \text{ Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$ ;  
 $\delta = 0,02 \text{ м}$ ;

6-й шар – армуючі сітка з полімерів.

Загальний термічний опір теплопередачі конструкції з послідовно

розташованими однорідними шарами знаходимо за формулою:

$$R_k = \frac{1}{\alpha_B} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{\delta_5}{\lambda_5} + \frac{1}{\alpha_H},$$

Прирівнюємо  $R_k = R_{\text{норм}} = 2,2 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$ .

$$2,2 = 0,114 + 0,01 + 0,61 + 0,02 + \frac{x}{0,027} + 0,02 + 0,043,$$

звідки  $x = 0,037 \text{ м}$ . З конструктивних міркувань приймаємо товщину утеплювача плити  $\delta = 0,04 \text{ м}$ .

Тоді

$$R_k = 0,817 + 0,04 / 0,027 = 2,29 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}.$$

Таблиця 6.1 – Потрібний опір теплопередачі світлових отворів

Різниця температур внутрішнього повітря і середньої температури найбільш холодної п'ятиденки, °С	до 25	понад 25 до 44	понад 44 до 49	понад 49
Потрібний опір теплопередачі $R_0^{\text{пот}}$ , (м <sup>2</sup> ·°С)/Вт	0,18	0,39	0,42	0,53

Таблиця 6.2 – Приведений опір теплопередачі вікон, балконних дверей

Заповнення світлового отвору	$R_0$ , (м <sup>2</sup> ·°С)/Вт
Одинарне застелення в дерев'яних оправах	0,18
Подвійне застелення в дерев'яних спарених оправах	0,39
Подвійне застелення в дерев'яних або пластмасових роздільних оправах	0,42
Потрійне застелення в дерев'яних або роздільно-спарених оправах	0,55
Потрійне застелення в металевих роздільних оправах	0,46
Двошарові склопакети в роздільних дерев'яних або пластмасових оправах	0,46
Зовнішні дерев'яні двері одинарні	0,2
Зовнішні дерев'яні двері подвійні	0,41

При проектуванні, реконструкції і капітальних ремонтах житлово-громадських споруд треба використовувати нормативні значення опору

теплопередачі світлових отворів, тобто  $R_{0}^{пр} \leq R_{норм}$  світлових отворів;  $R_{норм}$  визначаємо за нормативами.

*Приклад 3.* Розрахунок теплових втрат деяких приміщень. Конструктивні розміри наведені на рисунку 6.2.

*Розв'язання.*

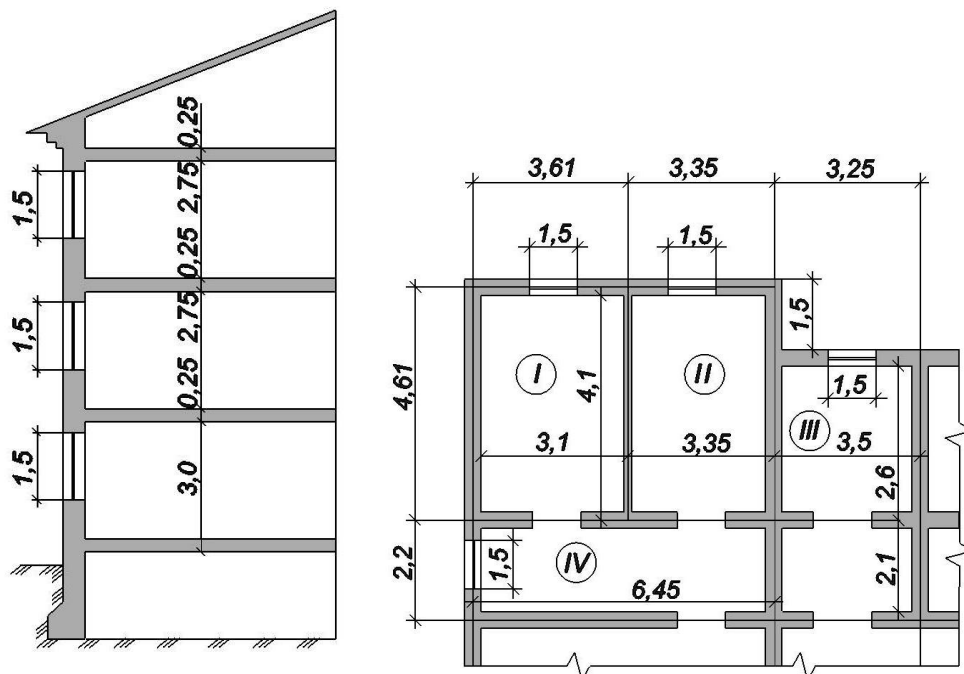


Рисунок 6.2 – Конструктивні розміри приміщень

Вихідні дані:  $t_{в} = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ;  $t_{3(5)} = -23 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ; коефіцієнти теплопередачі зовнішніх обгороджень, отримані теплотехнічним розрахунком, приймаємо рівними:

- для зовнішньої стіни із цегляної кладки  $k = 1,112 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{ }^{\circ}\text{C})$ ;
- для перекриття над неопалювальним підвалом  $k = 0,56 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{ }^{\circ}\text{C})$ ;
- для горищного перекриття  $k = 0,77 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{ }^{\circ}\text{C})$ ;
- для вікон з подвійним дерев'яним заскленням  $k = 2,43 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{ }^{\circ}\text{C})$ .

Результати розрахунку зводимо до таблиці 6.3.

Таблиця 6.3 – Розрахунок теплових втрат

Номер приміщення	Призначення приміщення	Внутрішня температура $t_b$ , °С	Огороджуючі конструкції				Різниця температур $t_b-t_5$ , °С	Поправочний коефіцієнт $n$	Коефіцієнт теплопередачі $1/R_o$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·°С)	Додаткові витрати		Основні витрати теплоти $Q_a$ , Вт	Витрати теплоти на нагрівання вентиляційного повітря $Q_v$ , Вт	$Q_a + Q_v$ , Вт	$Q_{вн}$ , Вт	0,9 $Q_{тр}$ , Вт	Тепловтрати приміщення $Q_{пр} = Q_n + Q_v - 0,9 Q_{тр}$ , Вт
			Позначення	Орієнтація	Розміри, м	Площа $A$ , м <sup>2</sup>				$\Sigma\beta$	$1+\Sigma\beta$						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
<b>Помешкання № 101 (перший поверх)</b>																	
101	Ж.к.	20	3С	Зах	4,61×3,25	14,98	43	1	1,11	0,05	1,05	750,7					
			3С	Пів	3,61×3,25	11,73	43	1	1,11	0,1	1,1	615,8					
			ВК	Пів	1,5×1,5	2,25	43	1	1,32	0,1	1,1	140,5					
			ПЛ	–	4,1×3,1	12,71	43	0,6	0,56	–	–	183,6					
												1 690,6	552,5	2 243	–	–	2 243
<b>Помешкання № 102 (другий поверх)</b>																	
102	Ж.к.	20	3С	Зах	4,61×3,0	13,83	43	1	1,11	0,05	1,05	693,11					
			3С	Пів	3,61×3,0	10,83	43	1	1,11	0,1	1,1	568,6					
			ВК	пів	1,5×1,5	2,25	43	1	1,32	0,1	1,1	140,5					
												1 402,2	552,5	1 955	–	–	1 955

Продовження таблиці 6.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Помешкання № 104 (четвертий поверх)																		
104	Ж.к.	20	ЗС	Зах	4,61×3,25	14,98	43	1	1,11	0,05	1,05	750,7						
			ЗС		3,61×3,25	11,73	43	1	1,11	0,1	1,1	615,8						
			ВК		1,5×1,5	2,25	43	1	1,32	0,1	1,1	140,5						
			СТ		4,1×3,1	12,71	43	1	0,77	–	–	420,8						
												1 927,8	552,5	2 480	–	–	2 480	
Помешкання 202 (другий поверх, помешкання №2)																		
202	Ж.к.	20	ЗС	Пів	3,35×3,0	10,05	43	1	1,11	0,1	-	527,65						
			ЗС	Схід	1,75×3,0	5,25	43	1	1,11	0,05	1,05	263,1						
			ВК	Пів	1,5×1,5	2,25	43	1	1,32	0,1	1,1	140,5						
														931,25	552,5	1 483	–	–
<p>Примітка 1. У графі 10 коефіцієнт теплопередачі вікна розрахований як різниця коефіцієнтів вікна та зовнішньої стіни, тобто <math>2,43 - 1,11 = 1,32</math>, при цьому площа вікна не вилучається з площі стіни.</p> <p>Примітка 2. У графі 14 наведені розрахункові тепловтрати на нагрівання вентиляційного повітря в обсязі одноразового повітрообміну на годину.</p> <p>Примітка 3. У цьому випадку тепловий потік від неізолюваного трубопроводу опалення не розраховуємо. Це значення необхідно враховувати при відомому значенні діаметра і підборі приладів.</p>																		

*Приклад 4.* Визначити кількість секцій чавунного радіатора типу М140 А. Радіатор встановлений відкрито, під підвіконням. Висота приміщення 2,75 м. Тепловтрати приміщення  $Q_{\text{п}} = 1\,500$  Вт,  $t_{\text{в}} = 18$  °С. Радіатор підключений до однотрубного проточного стояка  $D_{\text{у}} = 20$  мм. Напрямок руху теплоносія – зверху–донизу. Температура теплоносія води  $t_{\text{г}} = 105$  °С. Витрати теплоносія  $G_{\text{ст}} = 300$  кг/год. Падіння температури теплоносія до приладу не враховуємо.

*Розв'язання.*

Розраховуємо середню температуру води в приладі:

$$t_{\text{сер}} = 105 - \frac{0,5 \cdot 1\,500 \cdot 1,05 \cdot 3,6}{4,18 \cdot 300} = 102,75 \text{ °С.}$$

Щільність теплового потоку радіатора при  $\Delta t_{\text{сер}} = 102,75 - 18 = 84,75$  °С:

$$q_{\text{п}} = 650 \cdot \left(\frac{84,75}{70}\right)^{1,3} = 833,43 \text{ Вт/м}^2$$

де 650 – номінальна щільність теплового потоку радіатора типу М140 А.

У цій формулі другу частину формули не враховуємо, бо зміна витрати води в радіаторі від 360 до 300 кг/год практично не впливає на  $q_{\text{п}}$ .

Тепловіддача вертикальних ( $l_{\text{в}} = 2,75 - 0,5 = 2,25$ ) і горизонтальних ( $l_{\text{г}} = 0,4 \cdot 2 = 0,8$ ) труб  $D_{\text{у}} = 20$  мм:

$$Q_{\text{тр}} = 1\,015 \cdot 2,25 + 127 \cdot 0,8 = 329,6 \text{ Вт.}$$

Розрахункову площу радіатора знаходимо за формулою:

$$A_{\text{р}} = \frac{1\,500 - 0,9 \cdot 329,6}{833,43} = 1,44 \text{ м}^2.$$

Розрахункова кількість секцій радіатора М140 А при площі однієї секції  $f = 0,254$  м<sup>2</sup>:

$$N = \frac{1,44 \cdot 1,0}{0,254 \cdot 1,01} = 5,66 \text{ секцій}$$

Приймаємо для встановлення 6 секцій.

*Приклад 5.* Визначити марку відкрито встановленого настінного конвектора з кожухом типу КН-20 «Універсал-20» малої глибини за умовами: висота приміщення 2,75 м. Тепловтрати приміщення  $Q_{\text{п}} = 1\,500$  Вт,  $t_{\text{в}} = 18$  °С,  $t_{\text{г}} = 105$  °С. Діаметр опалювального стояка  $D_{\text{у}} = 20$  мм. Витрати теплоносія  $G_{\text{ст}} = 300$  кг/год. Падіння температури теплоносія до приладу не враховуємо.

*Розв'язання.*

Середня температура води в приладі:



$$t_{\text{сер}} = 105 - \frac{0,5 \cdot 1\,500 \cdot 1,04 \cdot 1,02 \cdot 3,6}{4,187 \cdot 300} = 102,7^{\circ}\text{C}.$$

Номинальна щільність теплового потоку для конвектора «Універсал-20» складає 357 Вт/м<sup>2</sup>.

У нашому випадку  $\Delta t_{\text{сер}} = 101,6 - 18 = 83,6^{\circ}\text{C}$ , тобто понад 70 °С, та  $G_{\text{п}} = 300$  кг/год менше 360 кг/год. Тому перераховуємо значення щільності теплового потоку конвектора:

$$q_{\text{п}} = 357 \cdot \left(\frac{83,6}{70}\right)^{1,3} \cdot \left(\frac{300}{360}\right)^{0,07} = 441,1 \text{ Вт/м}^2$$

Тепловіддача вертикальних ( $l_{\text{в}} = 2,35$  м) і горизонтальних ( $l_{\text{г}} = 0,4 \cdot 2 = 0,8$  м) труб  $D_{\text{в}} = 20$  мм становить:

$$Q_{\text{тр}} = 101,5 \cdot 2,35 + 127 \cdot 0,8 = 340,1 \text{ Вт}.$$

Розрахункова площа конвектора

$$A_{\text{р}} = \frac{1\,500 - 0,9 \cdot 340,1}{441,1} = 2,7 \text{ м}^2$$

Приймаємо для встановлення один кінцевий конвектор «Універсал-20» марки КН-20-1,049К з площею 2,94 м<sup>2</sup>.

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 7 ЕЛЕМЕНТИ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ ЇХ РЕМОНТ, МОНТАЖ, ЕКСПЛУАТАЦІЯ

*Система опалення* – це сукупність конструктивних елементів зі зв'язками між ними, призначених для отримання, перенесення і передачі необхідної кількості тепла для нагрівання приміщень, будівлі, споруди.

*Завдання системи опалення* – компенсувати теплові втрати будинку через огорожувальні конструкції (стіни, вікна, перекриття). Системи опалення розраховуються так, щоб забезпечити мінімальну необхідну температуру (наприклад, для житлових приміщень +18 °С) при температурі на вулиці, що відповідає так званій «холодній п'ятиденці».

*Основні конструктивні елементи системи опалення:*

- теплогенератор (котел), в якому виробляється тепло;
- труби, по яких циркулює теплоносій, переносячи тепло від котла до обігрівальної системи;
- радіатори, безпосередньо система обігрівання приміщень;
- додаткові пристрої (розширювальні баки, насоси, пристрої регулювання температури).

Можливо також використання іншого типу системи опалення – «тепла підлога». І та й інша опалювальна система віддає вироблене тепло повітря в приміщенні.

Система опалення для виконання покладеного на неї завдання повинна мати певну теплову потужність. Розрахункова теплова потужність системи виявляється в результаті складання теплового балансу у нагрітих приміщеннях при розрахунковій температурі зовнішнього повітря. До систем опалення пред'являються різноманітні вимоги/

Для прикладу, наведемо короткий огляд схеми системи опалення на рідкому паливі (рис. 7.1)

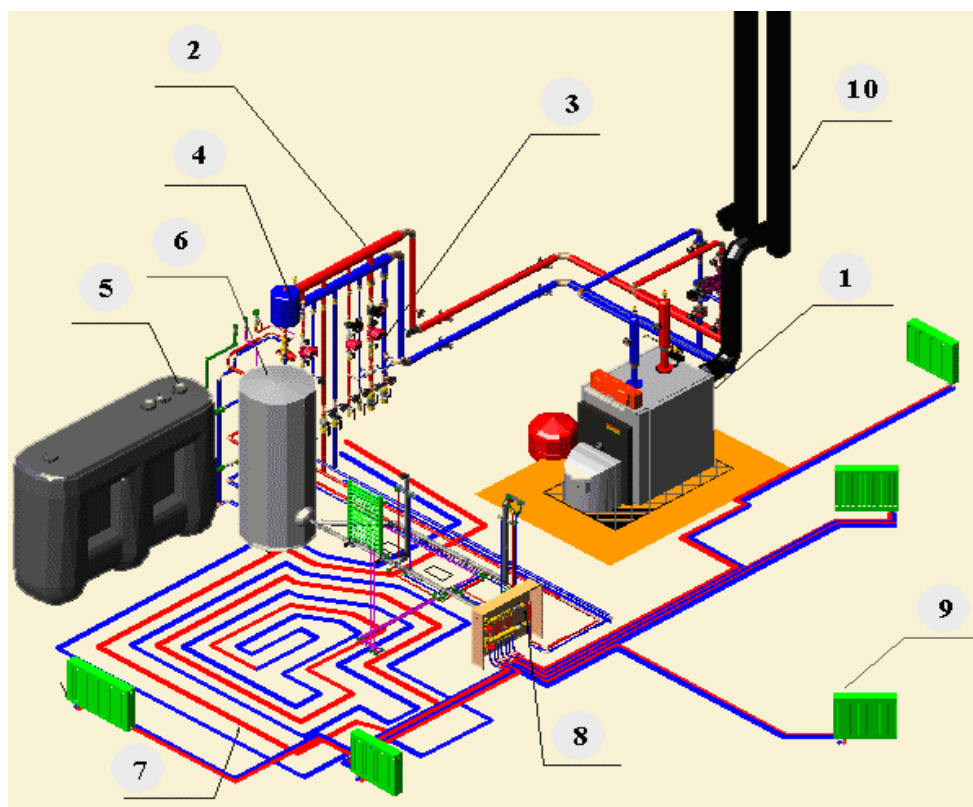


Рисунок 7.1 – Система опалення на рідкому паливі:

- 1 – дизельний котел; 2 – розподільний колектор; 3 – циркуляційний насос та змішувальна група; 4 – розширювальний бак; 5 – паливний бак; 6 – бойлер; 7 – тепла підлога; 8 – колектор опалення; 9 – радіатор; 10 – димохід

Дизельний котел опалення з погодозалежною автоматикою передає енергію спаленого дизельного палива теплоносію системи водяного опалення. Подача дизельного палива в котел і параметри теплообміну з теплоносієм системи опалення автоматично регулюються в залежності від погодних умов.

Розподільний колектор системи опалення служить для підключення необхідного числа і подачі теплоносія до опалювальних приладів (радіаторів).

Циркуляційні насоси та змішувальні групи в системі опалення забезпечують змішування та транспортування теплоносія до радіаторів опалення та інших теплових приладів.

Розширювальний бак в системі гарячого водопостачання служить для компенсації гідравлічних розширень при нагріванні.

Паливний бак служить для зберігання і подачі палива в дизельний котел системи опалення.

Бойлер непрямого нагріву служить для акумулювання запасу гарячої води системи гарячого водопостачання.

Колектор опалення з гребінкою служить для розподілу теплоносія до опалювальних приладів (радіаторів) з заданими параметрами.

Радіатор опалення акумулює і перетворює теплову енергію теплоносія в конвективну теплову енергію з розрахунковими параметрами.

Димохід призначений для відведення продуктів горіння дизельного котла.

Наведена схема системи опалення ілюструє принцип роботи водяного опалення. У реальних умовах схема водяного опалення визначається в процесі проєктування системи опалення будинку.

*Технологія монтажу опалювальних систем.*

*Технологія монтажу однотрубною опалювальною системою включає:*

1. Установку котла в обраному місці. Краще скористатися послугами фахівця з сервісного центру, якщо котел на гарантії.

2. Монтаж магістрального трубопроводу. Якщо монтується вдосконалена система, то обов'язкова установка трійників в місцях підключення радіаторів і байпасів. Для опалювальної системи з природною циркуляцією при монтажі труб створюють нахил в 3–5 сантиметрів на метр довжини, для системи з примусовою циркуляцією теплоносія – 1 сантиметр на метр довжини.

3. Установка циркуляційного насоса. Розрахований циркуляційний насос на температуру до 60 °С, тому встановлюється він в тій частині системи, де найнижча температура, тобто біля входу зворотної труби в котел. Працює насос від мережі електроживлення.

4. Монтаж розширювального бака. Відкритий розширювальний бак встановлюється в найвищій точці системи, закритий – частіше поруч з котлом.

5. Установка радіаторів. Роблять розмітку місць для установки радіаторів, закріплюють останні за допомогою кронштейнів. При цьому витримують рекомендації виробників приладів по дотриманню відстаней до стін, підвіконь, підлоги.

6. Проводять підключення радіаторів, за обраною схемою встановлюючи крани Маєвського (для розповітрявання радіаторів), перекриваючі крани, заглушки.

7. Проводиться опресування системи (в систему під тиском подається повітря або вода для перевірки якості підключення всіх елементів системи). Тільки після цього в опалювальну систему заливається теплоносій і проводиться пробний пуск системи, налаштовуються елементи регулювання.

*Технологія монтажу двотрубною опалювальною системою наступна:*

1. Опалювальний контур включає дві труби: верхню з гарячим теплоносієм і нижню з охолодженим.

2. Розмір нахилу труб до останнього в системі радіатора 1 % (не менше 0,5 %).

3. Верхній і нижній трубопроводи прокладаються паралельно.

4. Якщо у системи два дзеркально виконаних крила, кінцеві радіатори встановлюють на одному рівні.

5. Прокладання нижньої магістралі повинно бути симетричним і паралельним верхній.

6. Для ремонту і обслуговування технологічні вузли, байпас з насосом, радіатори потрібно оснастити кранами.

7. Подаючу трубу потрібно утеплити для виключення втрати температури в процесі транспортування теплоносія по розводці.

8. Розподільний бак в системі з верхнім розведенням встановлюють в утепленому горищному просторі.

9. У трубопроводі не повинно бути прямих кутів, які створюють значний опір, і перехрестів, в яких формуються повітряні пробки.

10. Типорозміри кранів, фітингів, вентилів повинні в точності відповідати розмірним параметрам труб.

11. Кількість опор для сталевого трубопроводу має забезпечувати кріплення магістралі через кожні 1,2 м.

12. Монтаж опалювальної комунікаційної мережі полягає в установці котла, компенсційного бачка, трубопроводів та радіаторів у відповідності з обраною і прорахованою схемою.

13. Від генератора тепла (котла, печі) відводиться вгору основна – подаюча труба гарячого теплоносія.

14. Подаюча труба з'єднується з компенсаторним бачком, оснащеним сигнальним патрубком і зливом.

15. З бачка виводять трубопровід верхньої лінії, від якої прокладають труби до всіх приладів, що входять в систему радіаторів.

16. Байпас з кранами і циркуляційним насосом встановлюють у проектній точці (на вході або на виході з котельної установки).

17. Зворотну лінію проводять паралельно верхній магістралі, що з'єднана з радіаторами, потім підводять і врізають в нижню третину котла.

18. В результаті повинен вийти замкнутий опалювальний контур, що дозволяє підтримувати комфортну для власників температуру в будинку.

Для управління витратою теплової енергії бажано встановити термостати. Нові модифікації цих пристроїв автоматично контролюють роботу котла, при необхідності включаючи або відключаючи пальник, завдяки чому економно витрачається паливо і енергія.

*Запуск системи опалення* включає:

1. Випробування, тобто перевірку системи на протікання, на те, чи тримає вона потрібний тиск.

2. Заповнення системи опалення теплоносієм.

3. Запуск системи опалення, який включає не тільки запалювання вогню в котлі, а ще й інші налагоджувальні дії.

Існує два способи випробовування системи опалення. Випробування можна проводити як водою, так і повітрям – все залежить від пори року, коли ви робите монтаж системи. Справа в тому, що бувають варіанти, коли монтаж систем опалення зроблений взимку, і воду боязно заливати, бо, якщо система не «підє», то вода може замерзнути.

#### *Випробовування системи опалення повітрям.*

При випробовуванні повітрям підключають в будь-якому місці системи компресор, завантажують повітря і спостерігають за тиском на манометрі. Рекомендується тиск рази в 2–3 вище робочого тиску. Тобто, якщо робочий тиск 1,5–2 атмосфер, то при випробуванні бажано закачати в систему повітря близько 5 атмосфер. Підключитися можна безпосередньо до крана, який призначений для зливу системи опалення або до будь-якого радіатора, викрутивши кран Маєвського і укрупивши на його місце перехідник для приєднання шлангу від компресора.

#### *Випробовування системи опалення водою.*

Випробовування водою проводять аналогічно випробовуванню повітрям, тільки ніяких компресорів не застосовують, а підключають шланг від водопроводу до крана на котлі або на колекторі. При цьому стежимо за манометром, щоб тиск в системі досяг робочого значення 1,5 атмосфер.

Наступний етап – перевірка всіх з'єднань на протікання: в системі оглядають всі з'єднання, як роз'ємні, так і нероз'ємні. Для виявлення протікання, якщо система випробувана повітрям, всі з'єднання потрібно обмити мильним розчином. При випробуванні водою протікання відразу стане видно і так.

Після випробування рекомендується залишити систему під тиском на 24 години для того, щоб за добу було виявлено всі протікання, якщо вони є. При цьому потрібно враховувати, що при перепадах температур протягом доби тиск в системі трохи впаде – цього не потрібно боятися, це природно, адже при охолодженні повітря або води вони стискаються. Після того, як випробування системи опалення виконане, переходимо до запуску.

#### *Запуск системи опалення.*

Після того, як змонтована система радіаторів та котельня, час провести запуск системи опалення та наладку. Завдання – зробити так, щоб всі радіатори гріли.

Порядок дій перед запуском системи опалення:

1. Відкрити кран на розширювальному баці.
2. Відкрити крани, що перекривають теплоносій на подаючій і зворотній трубах від котла.
3. Відкрити крани на циркуляційному насосі.
4. На блоці безпеки ніяких кранів бути взагалі не повинно.
5. Відкрити вентилі на всіх радіаторах, а крани Маєвського закрити.
6. Якщо система опалення з колекторами, то крани відкрити і на колекторах (на подаючій і зворотній трубах, а не ті, які для підживлення та зливу системи).

7. Якщо є автоматичні повітровідвідники, перевірити, чи відкриті вони: зверху на них чорний ковпачок, його потрібно відкрутити, щоб повітря могло виходити

*Технічне обслуговування системи теплопостачання та опалення.*

Проводиться обслуговування наступних елементів і вузлів: ІТП і приладів комерційного обліку тепла, трубопроводів, опалювальних приладів, фасонних частин, системи ГВП, регулювальної і запірної арматури, насосів та пристроїв автоматики згідно основних технічних норм.

Технічне обслуговування систем теплопостачання включає:

1. Цілодобовий контроль роботи системи опалення, видалення повітряних пробок, ліквідація аварійних ситуацій;

2. Цілодобовий контроль роботи теплового пункту, підтримка технічних параметрів відповідно до графіка теплопостачальної організації;

3. Виміри параметрів роботи обладнання системи опалення та гарячого водопостачання;

4. Щодобовий облік і контроль кількості мережної води, що йде на підживлення систем;

5. Оцінка теплового ефекту опалювальної системи;

6. Перевірка теплових режимів приміщень;

7. Підтримка комфортного температурного режиму приміщень;

8. Виконання заявок по регулюванню теплового режиму приміщень;

9. Регулювання параметрів системи опалення і гарячого водопостачання;

10. Незначні несправності в системах опалення та гарячого водопостачання усуваються протягом одного робочого дня.

*Планово-попереджувальні роботи на системі опалення* мають сезонну і нормативну періодичність і включають наступні заходи:

1. Щорічна промивка труб систем опалення після закінчення опалювального сезону з метою очищення від бруду та іржі;

2. Фарбування трубопроводів і теплотехнічного обладнання в тепловому вузлі;

3. Ремонт розширювальних баків, переливних і повітрявідвідних трубопроводів, їх фарбування;

4. Перевірка електричної частини насоса;

5. Усунення засмічень в системі;

6. Ревізія системи з метою усунення протікання в різьбових, фланцевих і зварних з'єднаннях;

7. Усунення прогинів труби;

8. Проведення гідравлічних випробувань в системі опалення;

9. Ревізія повітрозбірників;

10. Опресовування головних вводів.

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 8 ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В СИСТЕМАХ ОПАЛЕННЯ

Системи опалення, вентиляції й кондиціонування повітря для суспільних і промислових будівель є найбільшими споживачами теплової енергії. Тому вдосконалювання цих систем має першочергове значення для підвищення енергоефективності будівель і зниження витрат енергії на створення в них комфортних параметрів.

Заходи щодо енергозбереження в системах опалення, вентиляції й кондиціонування повітря умовно можна поділити на чотири групи:

1. Організація обліку й контролю з використання енергоносіїв.
2. Об'ємно-планувальні, будівельно-конструктивні заходи щодо енергозбереження.
3. Технічні заходи енергозбереження: удосконалювання інженерних систем та їхніх елементів (місцевого й центрального тепlopостачання, водopостачання, опалення, гарячого водopостачання (ГВП), вентиляції, кондиціонування).
4. Енергозбереження шляхом утилізації природної теплоти й холоду, використання вторинних енергоресурсів, зменшення теплових втрат.

*Організація обліку й контролю з використання енергоносіїв.*

Організація приладового обліку теплової енергії й витрат теплоносія дозволяє виявити фактичне споживання теплової енергії, що може відрізнитися від проектного теплового навантаження будівель і споруд. Ця відмінність за даними, отриманими в результаті експлуатації систем тепlopостачання, обладнаних вузлами обліку теплоспоживання, може становити до 30 % від планових (проектних) показників. Перевищення планового теплоспоживання, як правило, пов'язане з погіршеними характеристиками огорожувальних конструкцій. За відсутності приладового обліку тепlopостачальні організації часто використовують систему тарифів і питомих нормативів опалення й ГВП із понижуючими коефіцієнтами, що призводить до перевищення обсягів теплової енергії, за яку платить споживач. Організація обліку й контролю повинна стимулювати впровадження енергозберігаючих заходів.

*Об'ємно-планувальні, будівельно-конструктивні заходи щодо енергозбереження.*

Об'ємно-планувальні, будівельно-конструктивні заходи щодо енергозбереження пов'язані зі зменшенням теплових втрат і тепlopостачання. Конкретна їх реалізація може бути пов'язана:

- з вибором орієнтації будинку щодо сторін світу;
- вибором форми будинку в плані й по вертикалі, застосуванням сонцезахисних пристроїв;
- зменшенням витрат енергії на штучне освітлення;
- вибором ступеня й характеру засклення.

Другий фактор заходів з енергозбереження з цієї групи пов'язаний зі зменшенням витрати інфільтруючого повітря (герметизація прорізів і стиків). Взагалом, ці заходи передбачаються на стадії проектування будинків.

*Технічні заходи з енергозбереження:* удосконалення інженерних систем і їхніх елементів: місцевого й центрального тепlopостачання, водopостачання, опалення, гарячого водopостачання (ГВП), вентиляції, кондиціонування.

Енергозбереження за допомогою вдосконалення інженерних систем і їхніх елементів. До цієї групи заходів з енергозбереження можна віднести, наприклад:

- уточнення розрахункових умов (вибір розрахункових температур зовнішнього й внутрішнього повітря, правильний вибір необхідної кількості свіжого повітря);
- зменшення інфільтрації (створення підпору, повітряних завіс і т.д.);
- зниження втрат (ізоляція трубопроводів і повітроводів, зменшення коефіцієнтів гідравлічних й аеродинамічних втрат, виключення витоків теплоносія, підвищення ККД устаткування);
- використання попереднього нагрівання й охолодження теплоносіїв;
- комбінування систем між собою (наприклад, центральна й автономна системи кондиціонування повітря) і з іншими системами (наприклад, комбінування ВКВ і системи опалення);
- автоматизація процесів тепlopостачання й підготовки повітря;
- якісне й кількісне регулювання.

*Енергозбереження шляхом утилізації природної теплоти й холоду, використання вторинних енергоресурсів, зменшення теплових втрат.*

Енергозбереження утилізацією природної теплоти й холоду, використанням вторинних енергоресурсів. Ці заходи містять:

- пасивне й активне використання сонячної енергії;
- використання природної теплоти й холоду (води, зовнішнього повітря, ґрунту);
- використання внутрішніх джерел теплоти й холоду (теплоти й холоду повітря, теплоти джерел освітлення, нагрівальних приладів, стічних вод тощо);
- використання теплонасосних установок з метою підвищення потенціалу природних джерел теплоти.

*Енергозберігаючі заходи щодо термінів окупності умовно ділять на:*

- довготермінові, які потребують значних капіталовкладень (високозатратні), з терміном окупності більше ніж 5 років;
- середньотермінові заходи з терміном окупності від 2 до 5 років (середньозатратні);
- першочергові заходи з терміном окупності до 2 років (низькозатратні).

*До довготермінових заходів відносять:*

- прокладку нових або капітальний ремонт існуючих теплових мереж з використанням труб з пінополіуретанової або іншої теплоізоляції, що забезпечує зниження теплових втрат у 2–3 рази;
- утеплення зовнішніх стінових обгороджень будинків з використанням твердих плит, гнучких матів й інших матеріалів, заміна віконних блоків тощо.

*Середньотермінові заходи в частині економії палива на котельнях включають:*



- впровадження оптимальних графіків регулювання витрати й температури теплоносія з використанням засобів автоматизації й контролю;
- заміну найбільш зношених ділянок теплових мереж, що перебувають в аварійному стані, на труби із заводською теплоізоляцією на основі пінополіуретану;
- ущільнення віконних і дверних прорізів.

*Першочергові заходи* характеризуються малим терміном впровадження й невеликим терміном окупності (до 2 років). Це можуть бути, наприклад, організаційні заходи, що дозволяють зацікавити споживачів теплової енергії в економії палива, технічні заходи щодо забезпечення необхідної якості мережної води тощо.

### **Контрольні запитання до змістового модуля 3**

1. Наведіть порядок теплотехнічного розрахунку зовнішньої стіки будівлі.
2. Як розраховується товщина утеплювача?
3. Яким розрахунком визначити марку відкрито встановленого настінного конвектора?
4. Яке завдання системи опалення?
5. Які основні конструктивні елементи системи опалення?
6. Який порядок монтажу однотрубно опалювальної системи?
7. Який порядок монтажу двотрубно опалювальної системи?
8. Що включає в себе запуск системи опалення?
9. Які існують випробовування системи опалення?
10. Який порядок дій перед запуском системи опалення?
11. Що включає в себе технічне обслуговування систем опалення?
12. Які заходи включають в себе планово-попереджувальні роботи на системі опалення?
13. Перелічить заходи щодо енергозбереження в системах опалення.
14. В чому полягає організація обліку й контролю з використання енергоносіїв?
15. В чому полягають технічні заходи з енергозбереження?
16. В чому полягає енергозбереження шляхом утилізації природної теплоти?
17. Як поділяють енергозберігаючі заходи щодо термінів окупності?

## **3 СТРУКТУРА І ЗМІСТ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ**

*Самостійна робота здобувача вищої освіти* – це форма організації навчального процесу, при якій заплановані завдання виконуються здобувачем під методичним керівництвом викладача, але без його безпосередньої участі. Це невід’ємна частина навчального процесу, що сприяє поглибленню й розширенню знань, посиленню інтересу до пізнавальної діяльності, формуванню творчої особистості спеціаліста, здатного до самовдосконалення та самоосвіти.

Самостійна робота відповідає навчальному плану.

Структура і змістове наповнення самостійної роботи здобувачів зумовлені тематикою практичних занять.

Самостійна робота за ЗМ 1: Тепловий режим будівель;

Самостійна робота за ЗМ 2: Системи опалення;

Самостійна робота за ЗМ 3: Енергозбереження в системах опалення.

Таблиця 3.1 – Структура самостійної роботи

Номер теми	Зміст теми	Контрольні запитання
1	2	3
Тема 1	Класифікація систем опалення	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Назвіть теплоносії для системи опалення.</li> <li>2. Вкажіть основні конструктивні елементи системи опалення.</li> <li>3. Назвіть види систем опалення.</li> <li>4. Опишіть принцип роботи системи опалення.</li> <li>5. Назвіть основні складові системи опалення.</li> <li>6. Нарисуйте схеми систем опалення з природною та примусовою циркуляцією.</li> <li>7. Назвіть схеми монтажу систем опалення.</li> <li>8. Опишіть переваги та недоліки однотрубною системи опалення.</li> <li>9. Нарисуйте схему горизонтальної двотрубною системи опалення</li> </ol>
Тема 2	Теплові характеристики будівель	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Яким чином людина витрачає найбільше тепла?</li> <li>2. Що таке мікроклімат?</li> <li>3. Які параметри характеризують мікроклімат у приміщенні?</li> <li>4. Наведіть значення параметрів мікроклімату у приміщеннях житлових будинків.</li> <li>5. Що таке оптимальні та допустимі параметри повітряного середовища? У чому їх відмінність?</li> <li>6. Які параметри характеризують зовнішнє середовище?</li> <li>7. Якими нормативними документами регламентуються параметри внутрішнього і зовнішнього середовищ?</li> <li>8. Навести перелік температур зовнішнього повітря, які необхідні для розрахунків опалення</li> </ol>

Продовження таблиці 3.1

Тема 3	Центральні та місцеві системи опалення	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Які основні схеми центральних та місцевих систем опалення?</li> <li>2. Наведіть схему місцевого опалення</li> <li>3. Наведіть схему центрального опалення</li> <li>4. Назвіть опалювальні прилади, арматуру, трубопроводи, конструкції та деталі систем опалення</li> <li>5. Яка основна характеристика опалювального приладу</li> <li>6. Наведіть класифікацію опалювальних приладів</li> <li>7. Які ви знаєте типи сталевих радіаторів опалення?</li> <li>8. Назвіть переваги та недоліки алюмінієвих радіаторів опалення</li> <li>9. Накресліть схематично біметалевий радіатор в розрізі</li> <li>10. Назвіть технічні характеристики чавунних радіаторів</li> <li>11. Скільки існує способів підключення опалювальних приладів? Назвіть їх</li> <li>12. Назвіть тепловтрати при встановленні радіаторів опалення під підвіконням та схематично зобразіть.</li> </ol>
Тема 4	Розрахунок теплових витрат в приміщенні	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Які вимоги до огороджувальних конструкцій?</li> <li>2. Чим характеризуються теплотехнічні властивості огороджувальних конструкцій?</li> <li>3. Які вимоги до теплоізоляційних матеріалів?</li> <li>4. Як визначається розрахунковий термічний опір обгороджень?</li> <li>5. Наведіть основні сучасні теплоізоляційні матеріали</li> </ol>
Тема 5	Сучасні системи опалення	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Які сучасні системи опалення існують на теперішній час?</li> <li>2. Які переваги повітряного опалення?</li> <li>3. Які види повітряного опалення ви знаєте?</li> <li>4. Наведіть принципову схему повітряного опалення</li> <li>5. Що таке системи з рециркуляцією?</li> <li>6. Що таке панельно-променисте опалення</li> </ol>

Закінчення таблиці 3.1

Тема 6	Розрахунки систем опалення різного призначення	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Які методи розрахунку систем опалення ви знаєте?</li> <li>2. Які основні завдання розрахунку?</li> <li>3. Які завдання теплотехнічного розрахунку?</li> <li>4. Які завдання гідравлічного розрахунку системи опалення?</li> <li>5. Наведіть порядок розрахунку повітряних систем опалення</li> </ol>
Тема 7	Елементи систем опалення, їх ремонт, монтаж, експлуатація	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Назвіть основні елементи систем опалення</li> <li>2. Які ви знаєте типи сталевих радіаторів опалення?</li> <li>3. Назвіть переваги та недоліки алюмінієвих радіаторів опалення.</li> <li>4. Накресліть схематично біметалевий радіатор в розрізі.</li> <li>5. Назвіть технічні характеристики чавунних радіаторів.</li> <li>6. Скільки існує способів підключення опалювальних приладів? Назвіть їх.</li> </ol>
Тема 8	Енергозбереження в системах опалення	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Які джерела енергії можна віднести до альтернативних?</li> <li>2. Назвіть найбільш перспективний вид альтернативної енергії в Україні?</li> <li>3. Від чого залежить використання тих чи інших альтернативних джерел енергії?</li> <li>4. Що входить до поняття «вторинних енергетичних ресурсів»?</li> <li>5. У чому полягає економічність альтернативних джерел енергії?</li> </ol>

## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування повітря. – Чинний від 01.01.2014. – Київ : Мінрегіонбуд, 2013. – 141 с.
2. ДБН В.2.6-31:2016 Теплова ізоляція будівель. – Чинний від 01.01.2017. – Київ : Мінрегіонбуд, 2016. – 137 с.
3. ДБН В.2.2-9-2018 Будинки і споруди. Громадські будинки та споруди. Основні положення. Чинний від 01.01.2019. – Київ : Мінрегіонбуд, 2018. – 114 с.
4. ДБН В.2.2-15-2019 Житлові будинки. Основні положення. – Чинний від 01.01.2020. – Київ : Мінрегіонбуд, 2019. – 107 с.
5. ДБН В.2.6-31-2016 Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель. Чинний від 01.01.2017. – Київ : Мінрегіонбуд, 2016. – 118 с.
6. ДСТУ Н Б В.1.1-27:2010 Будівельна кліматологія: – Чинний від 01.11.2011. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. – 123 с.
7. ДСТУ Б А.2.2-12:2015 Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції та гарячому водопостачанні: – Чинний від 01.12.2015. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2015. – 138 с.
8. Пирков В. В. Особливості проектування сучасних систем водяного опалення / В. В. Пирков. – Київ : Такі справи, 2003. – 176 с.
9. Самойленко І. О. Енергетичний менеджмент та енергоефективність / І. О. Самойленко, О. Г. Гриб, А. О. Запорожець. – Харків : ФОП Бровін О. В., 2020. – 348 с.
10. Прокопенко В. В. Енергетичний аудит з прикладами та ілюстраціями : навч. посіб. / В. В. Прокопенко, О. М. Закладний, П. В. Кульбачний. – Київ : Освіта України, 2008. – 438 с.

*Електронне навчальне видання*

Методичні рекомендації  
до організації самостійної роботи  
та проведення практичних занять  
з навчальної дисципліни

**«ОПАЛЕННЯ»**

*(для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти  
денної форми навчання зі спеціальності 192 – Будівництво і цивільна інженерія,  
освітньо-професійна програма «Теплогазопостачання і вентиляція»)*

Укладачі: **МАЛЯВІНА** Ольга Миколаївна,  
**МІЛАНКО** Вікторія Анатоліївна

Відповідальний за випуск *В. В. Гранкіна*  
*За авторською редакцією*  
Комп'ютерне верстання *О. М. Малявіна*

План 2021, поз. 273М

---

Підп. до друку 10.05.2023. Формат 60 × 84/16.  
Ум. друк. арк. 3,6

Видавець і виготовлювач:  
Харківський національний університет  
міського господарства імені О. М. Бекетова,  
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002.  
Електронна адреса: office@kname.edu.ua  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:  
ДК № 5328 від 11.04.2017