

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

**О. М. Малявіна, В. А. Міланко**

**ОПАЛЕННЯ**

**КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ**

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

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

УДК 629.5.048.7

**Малявіна О. М.** Опалення : конспект лекцій для здобувачів першого (бакалаврського) рівня денної і заочної форм навчання зі спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія, освітньо-професійна програма «Теплогазопостачання і вентиляція» / О. М. Малявіна, В. А. Міланко ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2023. – 96 с.

Автори:

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

Рецензент

**О. В. Ромашко**, кандидат технічних наук, доцент кафедри нафтогазової інженерії і технологій (Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова)

*Рекомендовано кафедрою енергоефективних інженерингових систем,  
протокол № 1 від 05.09 2023.*

Конспект лекцій складено з метою допомогти здобувачам будівельних спеціальностей під час підготовки до занять, заліків та іспитів з курсу «Опалення».

© О. М. Малявіна, В. А. Міланко 2023  
© ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2023

## ЗМІСТ

Вступ .....	5
Лекція 1 Загальні відомості про системи опалення .....	6
1.1 Призначення та принципи роботи систем опалення житлових будов та промислових підприємств .....	6
1.2 Короткий огляд історичного розвитку систем опалення .....	7
1.3 Основні завдання дисципліни у формуванні технологічної інженерної підготовки спеціаліста .....	7
Лекція 2 Класифікація систем та схем опалення .....	7
2.1 Поняття про водяні, повітряні та парові системи опалення .....	7
2.2 Горизонтальні та вертикальні системи опалення .....	14
2.3 Сучасні вимоги до проектування опалювальних систем з використанням нормативної і довідкової літератури .....	19
Лекція 3 Тепловий баланс приміщення. Утеплення будов .....	20
3.1 Фактори, які впливають на тепловтрати житлових будов та промислових підприємств .....	20
3.2 Теплотехнічний розрахунок зовнішніх обгороджень та визначення товщини утеплювача .....	22
Лекція 4 Конструкції та основні елементи центральних та місцевих систем опалення .....	24
4.1 Основні схеми центральних та місцевих систем опалення .....	24
4.2 Опалювальні прилади, арматура, трубопроводи, конструкції та деталі систем опалення .....	25
4.3 Конструктивні особливості і режими роботи систем опалення .....	47
Лекція 5 Урахування теплової енергії в опалювальних системах .....	49
5.1 Обладнання індивідуальних теплових пунктів.....	49
5.2 Засувки, грязьовики та фільтри, елеватори, термометри та манометри .....	52
5.3 Прилади обліку теплоспоживання та автоматизовані вузли приготування теплоносіїв систем опалення та гарячого водопостачання .....	56
Лекція 6 Повітряне опалення та сучасні системи опалення .....	59
6.1 Розгляд місцевих повітряних систем опалення .....	59
6.2 Системи опалення з рециркуляцією та без рециркуляції .....	62
6.3 Змішування зовнішнього та внутрішнього повітря .....	63
6.4 Панельно-променисте опалення .....	64
Лекція 7 Розрахунок водяних, повітряних та парових систем опалення ...	68
7.1 Методи розрахунку систем опалення .....	68
7.2 Гідравлічний розрахунок трубопроводів системи водяного опалення .....	69
7.3 Розрахунок повітряних систем опалення .....	70
7.4 Параметри повітря систем.....	71
7.5 Системи парового та пароводяного опалення .....	72
Лекція 8 Монтаж та експлуатація елементів систем опалення.....	75

8.1 Монтаж та реконструкція систем опалення житлових будов та промислових підприємств .....	75
8.2 Вибір, компонування і розробка вузлів систем опалення.....	80
8.3 Експлуатація обладнання систем опалення .....	83
Лекція 9 Енергетичні показники системи опалення .....	84
9.1 Розробка заходів по енергозбереженню систем опалення: застосування нових теплоізоляційних матеріалів, ізоляція трубопроводів систем опалення, установка терморегуляторів на опалювальних приладах.....	84
9.2 Екологічна оцінка ефективності роботи систем опалення.....	90
Список використаних джерел .....	95

## ВСТУП

Споживання енергії зростає у всьому світі. На опалення житлових, громадських і виробничих будівель витрачається більше третини видобутого органічного палива. Серед витрат енергії на комунально-побутові потреби в будівлях основними є витрати на опалення.

Опаленням називається штучне обігрівання приміщень будівлі з відшкодуванням тепловтрат для підтримки в них температури на заданому рівні, визначеному умовами теплового комфорту для людей і вимогами протікання технологічного процесу.

Система опалення в першу чергу повинна забезпечити розрахункову температуру повітря, враховуючи: втрати теплоти через огорожувальні конструкції; витрати теплоти на нагрівання зовнішнього повітря, що інфільтрується; витрати теплоти на нагрівання матеріалів, устаткування і транспортних засобів; тепловий потік, що регулярно надходить від електричних приладів, освітлення, технологічного обладнання, комунікацій, людей і інших джерел.

В умовах підвищення вимог до систем опалення і посилення будівельних норм необхідно одночасно забезпечити максимально комфортні умови в приміщеннях і в той же час підвищити енергозбереження в системі при мінімальних витратах. Проблема енергозбереження одна з актуальних сьогодні, так як проекти старого зразка не можуть забезпечити необхідні вимоги до систем опалення при величезних витратах ресурсів і енергії.

Використання сучасних технологій, якісних теплоізолюючих матеріалів, поліпшеного устаткування і трубопроводів для систем опалення, звичайно, вимагає вкладення значних коштів, але все це окупається буквально в перші роки роботи системи опалення за рахунок істотного енергозбереження.

# ЛЕКЦІЯ 1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ

## 1.1 Призначення та принципи роботи систем опалення житлових будов та промислових підприємств

Опалення – штучний обігрів приміщень з метою відшкодування в них тепловтрат та підтримки на заданому рівні температури, що відповідає умовам теплового комфорту та/або вимогам технологічного процесу

Забезпечення нормальних умов для роботи і відпочинку людей вимагає колосальних витрат на виробництво теплової енергії. Проблема скорочення цих витрат, іншими словами, зниження витрачання енергетичних ресурсів, спрямованих на вироблення тепла, стала сьогодні не тільки державною в Україні, а й світовою проблемою. При цьому значна кількість теплової енергії сьогодні направлена на обігрів «повітря». За деякими даними, близько 70% тепла, спрямованого на обігрів житлових і громадських будівель, витрачається частково на шляху до споживача в трубопроводах і частково в будівлях через стіни, перекриття, вікна. Така ситуація призводить не тільки до значних втрат енергоресурсів, а й створює незручності для людей.

Вимоги комфорту, що пред'являються до будівель, спрямовані на забезпечення у внутрішніх приміщеннях певного температурно-вологісного режиму. Оптимальне поєднання цих показників забезпечує нормальний фізіологічний стан людей.

Гігієнічні дослідження мікроклімату приміщень і того, як впливають зміни його окремих компонентів на організм людини, дозволили виробити такі вимоги до систем опалення:

- 1) система опалення повинна відшкодовувати втрати тепла через всі зовнішні огорожувальні конструкції будівлі;
- 2) підтримувати задану, встановлену гігієнічними нормами, температуру внутрішнього повітря;
- 3) система опалення повинна підтримувати задану температуру внутрішньої поверхні огорожень приміщення;
- 4) система опалення не повинна забезпечувати значного і відчутного для людини коливання температури внутрішнього повітря в приміщенні. У зимову пору року добові коливання температури не повинні перевищувати 1,5 °С;
- 5) Температура внутрішнього повітря повинна бути рівномірною як в горизонтальному, так і в вертикальному напрямку. Температура вважається рівномірною, якщо в горизонтальному напрямку від вікон до протилежної стіни різниця температури повітря не перевищує 2 °С, а у вертикальному напрямку – 1 °С на кожен метр висоти;
- 6) повинна підтримуватися відносна вологість і швидкість руху повітря в межах гігієнічних норм;
- 7) повинна підтримуватися безпечна для людини температура опалювальних приладів;
- 8) система опалення повинна бути керованою і регульованою;

- 9) всі елементи системи опалення повинні відповідати інтер'єру приміщення, бути компактними і ув'язуватися з будівельними конструкціями;
- 10) система опалення повинна проектуватися з розумними капітальними вкладеннями і мінімальною витратою металу;
- 11) при експлуатації системи опалення повинна підтримуватись економна витрата теплової енергії;
- 12) система опалення повинна бути індустриальної в виготовленні і монтажі, економічною в експлуатації і безпечною в пожежному відношенні.

## **1.2 Короткий огляд історичного розвитку систем опалення**

Історія систем опалення налічує кілька тисячоліть. Фактично вважатимуться, що її початком було відкриттям людиною вогню.

Система опалення – комплекс пристроїв для штучного обігріву приміщення для підтримки температури на заданому рівні відповідно до умов теплового комфорту.

Початком історії систем опалення вважатимуться відкриття людиною вогню. Перші системи опалення були багаттям, яке служило для зігрівання жител людей. З появою металевого посуду джерелом тепла стає звичайний казан, у якому готували їжу. Розжарюючись на відкритому вогні, він протягом тривалого часу міг віддавати накопичене тепло, тим самим обігриваючи приміщення. Звичайна піч надовго стала основним джерелом тепла для обігріву будинку. Головні фактори успіху пічного опалення – простота зведення печі, невибагливість в обслуговуванні та доступне паливо.

Перші системи центрального опалення виникли у Стародавньому Римі. Для їх створення римляни керувалися приблизно тими ж принципами, що й нині – гарячий дим із печей спеціальними трубами потрапляв у приміщення, забезпечуючи комфортну температуру.

У XVIII столітті з'являються системи водяного та парового опалення, а до кінця XIX століття вони починають ставати все популярнішими, витісняючи традиційне пічне опалення. У XX столітті все більш удосконалюються опалювальні котли, для їх роботи використовуються нові види палива, такі як газ або дизельне паливо. Розвиваються системи центрального опалення та централізоване тепlopостачання. В даний час робляться кроки у освоєнні нових видів палива, джерел альтернативної енергії, підвищенні енергоефективності існуючих систем опалення.

## **1.3 Основні завдання дисципліни в формуванні технологічної інженерної підготовки спеціаліста**

Цілі та завдання дисципліни:

– отримання знань щодо формування повітряно-теплового режиму опалюваних будівель з урахуванням санітарно-гігієнічних та технологічних вимог, за класифікацією та характеристиками факторів та процесів, що формують повітряно-тепловий режим приміщення, на вибір розрахункових

умов та засобів забезпечення заданого повітряно-теплого режиму приміщення, складання теплового балансу приміщення та визначення розрахункової потужності та вибору системи опалення – приймати об'єктивні технічні рішення з точки зору паливно-енергетичної, економічної, екологічної ситуації в країні, при проектуванні, монтажі, налагодженні та експлуатації систем опалення;

- отримати знання, набути навичок проведення кваліфікованих розрахунків елементів та обладнання енергозберігаючих систем;
- отримати навички роботи з нормативною, довідковою, науково-технічною літературою за спеціальністю, а також вміти опрацьовувати, аналізувати та узагальнювати науково-технічну інформацію для подальшого використання результатів узагальнення у своїй діяльності.

Компетенції здобувача, що формуються в результаті освоєння дисципліни  
Здобувач повинен бути здатний:

- проводити оцінку технічних та технологічних рішень систем опалення та мікроклімату будівель;
- виконувати обґрунтування проектних рішень, розрахунок та проектування систем опалення та мікроклімату будівель;
- організовувати роботи з експлуатації та технічного обслуговування систем опалення та мікроклімату будівель.

## **ЛЕКЦІЯ 2 КЛАСИФІКАЦІЯ СИСТЕМ ТА СХЕМ ОПАЛЕННЯ**

### **2.1 Поняття про водяні, повітряні та парові системи опалення**

*Водяні системи опалення.* Якщо в труби системи опалення подавати гарячу воду, то внаслідок високої питомої теплоємності останньої в приміщенні буде тепло ще досить довго після відключення котла. Радіатори не будуть настільки гарячими, як у випадку парового опалення. Плюс до того, можлива «плавне» регулювання температури. Системи водяного опалення в даний час є найбільш поширеними, тому дозволимо собі зупинитися на них докладніше.

Вода, що нагрівається в котлі, тече по трубах за рахунок різниці її щільності при різних температурах, або за рахунок роботи циркуляційного насоса.

*За способом створення циркуляції водяні системи розподіляються:*

- на системи з природною циркуляцією (гравітаційні);
- системи зі штучною циркуляцією (насосні).

У гравітаційних системах роль насоса виконує гравітаційна сила, що виникає за рахунок різниці щільності теплоносія в подавальних й зворотніх трубах. Щільність гарячої води менше, ніж щільність холодної води. Для такої системи потрібні труби великого діаметра, що сприяє її подорожчання, і вона практично не піддається регулюванню. Всі ці пристосування коштують досить дорого. Досить істотний недолік багатьох систем такого типу полягає в тому, що їх робота супроводжується втратами води в результаті випаровування. На



жаль, солі, що містяться у воді, не випаровуються, а залишаються в системі і в міру накопичення призводять до «заростання» труб і відкладення накипу в самому котлі.

Якщо ж воду в системі опалення подає насос (система з примусовною циркуляцією), тепловіддача інтенсифікується, стає можливим використання труб малого діаметра, які можна «ховати» в стіни або під підлогу, в багатьох випадках виключаються втрати води. Установка циркуляційного насоса виправдовує себе практично завжди. Уникнути втрат води з контуру опалення можна шляхом його герметичного виконання. Але, на жаль, повної герметичності при створенні дуже потужних систем вдається досягнути не завжди. Якщо не виключаються втрати, потрібно подбати про подачу в систему свіжої води. Але при цьому потрібно пам'ятати, що природна вода містить в більших чи менших кількостях різні домішки, багато з яких здатні викликати накип або стати причиною інтенсивної корозії обладнання. Воду, що використовується в системах водяного і парового опалення, зазвичай піддають пом'якшенню і деаерації.

Крім того, водяні системи опалення можуть бути *відкритого і закритого* типу. У першому випадку для компенсації розширення теплоносія (води або антифризу) в системі опалення використовується відкритий розширювальний бак. У другому – застосовується закритий мембранний бак.

У відкритій системі розширювальний бак повинен встановлюватися в найнайвищій точці системи. У закритій – розміщувати мембранний бак нагорі немає ніякої необхідності. Система з закритим мембранним баком має ряд переваг в порівнянні з відкритою системою:

1) бак можна розташувати там же, де і котел, тобто, немає необхідності тягти трубу на горище;

2) немає контакту води і повітря, а, отже, і можливості розчинення у воді додаткового кисню (що продовжує термін «життя» радіаторів і котла);

3) є можливість створити додатковий тиск навіть у верхній точці системи опалення, що зменшує ризик утворення повітряних пробок у верхніх радіаторах.

*За способом приєднання до джерела тепла бувають залежні і незалежні системи теплопостачання:*

Залежна система найбільш поширена. Нагріта до 150 °С в котлі вода надходить до вузла управління, де після підмішування холодної води загальна її температура падає до 90 °С, а потім потрапляє в радіатори приміщень. Після цього вода, що втратила температуру (ряча вода) надходить в водонагрівач, де температура гарячої води використовується для нагріву води в системі опалення будівлі. При цьому теплоносій, що надходить цьому від котла, (гаряча вода  $t = 150$  °С) і вода в системі опалення ( $t = 90$  °С) ізолювані один від одного.

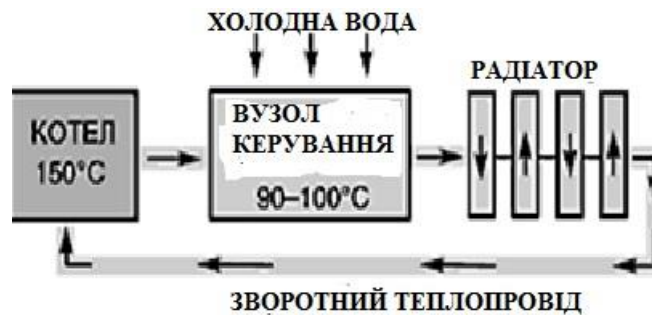


Рисунок 2.1 – Схема залежної системи опалення

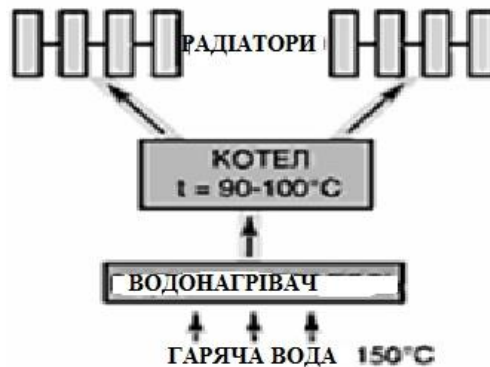


Рисунок 2.2 – Схема незалежної системи опалення

За схемою живлення опалювальних приладів системи опалення розділяють – на двотрубні (вода надходить в прилади по одним стояках, а відводиться по іншим, прилади приєднані паралельно по теплоносію) і однотрубні (вода надходить в прилад і відводиться з нього по одному стояку, прилади приєднані послідовно по теплоносію). Опалювальні системи бувають вертикальні і горизонтальні. Однотрубні системи бувають проточні, проточно-регульовані з осьовими і зміщеними обхідними ділянками, а також регульовані з осьовими і зміщеними замикаючимися ділянками. Однотрубні системи водяного опалення відрізняються від двотрубних тим, що не мають зворотних стояків. Тому вода, охолоджена в нагрівальних приладах, повертається в подавальні стояки. В однотрубних системах гаряча вода охолоджується у верхніх нагрівальних приладах, звідти суміш гарячої та охолодженої води надходить в нижні нагрівальні прилади. Поверхня нагріву нижніх приладів повинна бути трохи збільшена.

В однотрубних системах, нагрівальних приладах і стояках вода циркулює внаслідок різниці температур. Кількість води для кожного нагрівального приладу регулюється за допомогою кранів, встановлених у приладів.

При однотрубній системі водяного опалення з замикаючимися ділянками тільки частина води надходить з стояка в верхні опалювальні прилади. Частина вода опускається по стояку до нижчерозташованих опалювальних приладів.

При проточній схемі водяного опалення вся вода з стояка проходить через нагрівальні прилади послідовно, починаючи з верхніх. Проточна система характерна тим, що в розташовані нижче радіатори надходить тільки охолоджена вода, а не суміш гарячої та охолодженої у верхніх приладах води.

Недолік однотрубних систем полягає в тому, що поверховий пуск даних систем в дію неможливий.

*По розташуванню подавальних магістралей системи опалення* – на системи з верхнім розведенням (при прокладці подавальних магістралей по горищу, звідки вона направляєється в різні стояки, а потім по ним же надходить до нагрівальних приладів) і системи з нижнім розведенням (при прокладці подавальних магістралей по підвалу).

Оскільки природний циркуляційний тиск в системах опалення з нижнім розведенням менше, ніж в системах з верхнім розведенням, їх рекомендують застосовувати лише при насосному спонуканні. Двотрубні системи з нижнім розведенням мають більшу гідравлічну стійкість в порівнянні з системами з верхнім розведенням і дають можливість вводити їх частково в експлуатацію.

Повітря з системи з нижнім розведенням можна видалити через повітряні крани, що встановлюються в верхні радіаторні пробки нагрівальних приладів верхнього поверху з приєднанням в цьому випадку підводки до приладів через нижню радіаторну пробку. Таке приєднання забезпечує краще видалення повітря і циркуляцію води через верхні прилади.

В однотрубних вертикальних системах опалення з верхнім розведенням вода з котла надходить в головний стояк, а з нього в подавальну магістраль, відкуди вона розподіляється по окремих стояках. У точках приєднання приладів верхнього поверху до стояків частина води з них направляєється в нагрівальні прилади, а частина в осьові замикаючі ділянки. Вода, що охолоджується в приладах, змішується з водою, що надходить по замикаючій ділянці. Далі вода надходить в точки приєднання приладів нижчого поверху, причому частина води надходить в прилади, а частина води по замикаючій ділянці, де вона змішується з водою, що охолоджується в нагрівальних приладах. Проходячи зазначеним чином через прилади всіх поверхів, вода поступово охолоджується і з стояків надходить у зворотню магістраль, а з неї – в котел або тепловий пункт.

*У напрямку руху води в подавальних і зворотних магістралях* – на тупикові (при зустрічному русі води) і з попутним рухом (при русі води в одному напрямку). Системи з природною циркуляцією води доцільно проектувати тупиковими. Характерною особливістю тупикових систем є різна довжина циркуляційних кілець. Через стояк, найближчий до котла, проходить найкоротше кільце, через стояк, віддалений від котла, – найдовше циркуляційний кільце.

Для систем водяного опалення з попутним рухом води характерна однакова довжина всіх циркуляційних кілець. При однаковому тепловому навантаженні стояків опір кілець теж буде однаковим. Для даної системи потрібно, щоб всі стояки і нагрівальні прилади знаходилися майже в рівних умовах, що дозволяє значно полегшити регулювання. Тому їх влаштовують тільки в системах з насосною циркуляцією.

Недолік системи опалення з попутним рухом води в магістралях полягає в її високій собівартості, так як для неї в порівнянні з тупиковою системою потрібна більша кількість труб.

По розташуванню стояків системи опалення – з вертикальними стояками (нагрівальні прилади різних поверхів підключаються до єдиного стояка) і горизонтальними гілками (нагрівальні прилади тільки одного поверху підключаються до єдиної гілки).

Широке поширення отримали «водяні» підлогові системи опалення. Їх відрізняє висока ступінь теплової комфортності, теплостійкість, а прихована прокладка трубопроводів не псує інтер'єр і не відбирає навіть квадратного сантиметра площі приміщень.

*Повітряні системи опалення.* Країнам Європи, а також Америки вже давно опалюють свої приміщення за допомогою нагрітого повітря. Повітряне опалення дає можливість досягнути максимального коефіцієнту корисної лінії для опалення житлового будинку або виробництва в порівнянні з водяною системою опалення. На сьогодні системи повітряного опалення приватного будинку викликають зацікавлення в багатьох людей. Виробники даного повітряного обладнання представляють щось нове та ефективне для споживачів України.



Рисунок 2.3 – Принципова схема повітряного опалення

Опалення повітрям являється дуже практичним. Повітряне опалення має такі переваги:

- абсолютна безпека;
- високоякісна автоматика для правильної та чіткої роботи процесів;
- висока швидкість нагріву;
- економічність;
- низьке енергоспоживання;
- високий (ККД);
- надійність та довговічність;
- естетичність обладнання.

Традиційно системи повітряного опалення використовують теплогенератори. Нагнітальне в теплообмінник повітря нагрівається та рухається по повітропроводах, тим самим нагріваючи повітря в приміщенні. Остигле повітря через решітки в підлозі або зворотним повітропроводом повертається назад в теплогенератор.

Повітряна система опалення – це ще один тип опалювальної системи в порівнянні з водяною. В даній системі теплоносієм виступає повітря, яке переносить енергетичний потенціал з одного середовища в інше.

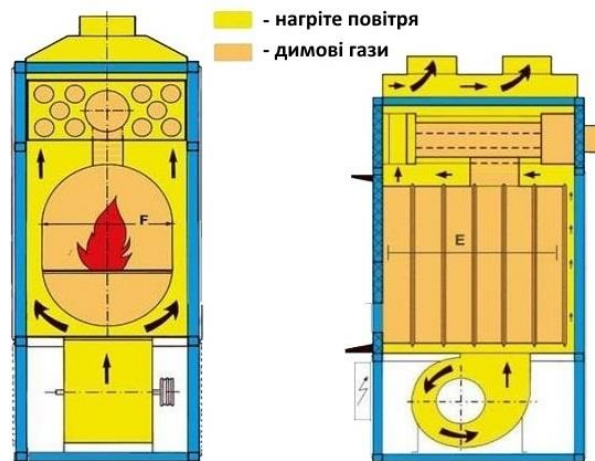


Рисунок 2.4 – Схематичне зображення повітряного теплогенератора на твердому паливі

Повітряне опалення – це комбінація тепла в мережі повітропроводів та повітронагрівальних пристроїв. Джерелом нагріву є теплогенератор, який може працювати на різних видах палива, наприклад, на твердому (рис. 2.6). Дане обладнання генерує певну кількість тепла, яка необхідна для обігріву житлового будинку або виробничих приміщень, відповідно – це тепло переноситься повітрям по повітропроводах в задане приміщення.

Переваги повітряного опалення:

- зручне регулювання температури в приміщенні;
- не потрібно встановлювати опалювальні прилади біля вікон, тобто виключаємо наявність опалювальних батарей та інших опалювальних контурів;
- двосистемне обладнання: нагрів приміщень, а також охолодження приміщень в теплий період. Подача теплої і холодної повітря здійснюється за допомогою однієї системи повітропроводів, а це економить простір;

Недоліки повітряного опалення:

- важко дотримуватись комфортних параметрів в приміщенні;
- для обігріву приміщення потрібна велика кількість повітря, відповідно широкі повітроводи, які потрібно закривати в стельовому просторі, за рахунок чого значно збільшується зниження стелі в приміщенні. Тобто виникають проблеми з архітектурою та дизайном;

– погана інерція. Система повітряного опалення є одною з неінерційних. Це говорить про те, що під час роботи даної системи споживач відчуває певне тепло, але при вимкненій системі приміщення швидко охолоджується.

Канальні системи опалення підходять для достатньо великих за площею будівель, а також для побутового та комерційного призначення (дім, офіс, теплиця). Однак, потрібно мати на увазі, що її вартість для невеликих будівель або житлового будинку може здатися високою. Що втім цілком окупається її перевагами.

Локальні системи повітряного опалення навпаки відмінні в маленьких приміщеннях, а також там де рівномірний нагрів всього приміщення не принциповий. Це можуть бути дачі, заміські будинки, майстерні та невеликі складські приміщення.

*Парові системи опалення.* Для організації парового опалення придатний звичайний водогрійний котел, забезпечений накопичувачем пара. Роль нагрівальних приладів виконують чавунні ребристі труби і радіатори, рідше – гладкі сталеві труби і конвектори.

Серед всіх застосовуваних теплоносіїв пар має найкращі показники теплоаккумуляційної здатності: 1 кг пари переносить тепла в 90 разів більше, ніж стільки ж повітря, і в 20 разів більше, ніж кілограм води. Відсюди переваги парового опалення:

- менше діаметр трубопроводів, а значить, менша витрата металу;
- завдяки більш високій температурі нагрівальних приладів можна обійтися меншою їх поверхнею.

Але всі ці переваги зводять на «ні» один недолік – низькі санітарно-гігієнічні характеристики (висока температура тепловіддаючих поверхонь). До цього додається укорочений, в порівнянні з водяними, термін служби систем. Температуру в приміщеннях, опалювальних паровими котлами, регулювати досить складно. Крім того, в разі припинення подачі пари (викликаного, наприклад, позаплановим відключенням електрики) відбувається швидке зниження температури в приміщенні. Взагалі, вважається, що парове опалення – найменш економічний різновид конвективного опалення.

По можливості, від цього виду опалення намагаються відмовлятися, і використовується він в основному в адміністративно-господарських будівлях і на промислових підприємствах.

## **2.2 Горизонтальні і вертикальні системи опалення**

В будинках може використовуватися горизонтальне та вертикальне розведення системи опалення. У сучасному багатоповерховому будівництві все активніше використовується горизонтальне розведення, яке демонструє гарні технічні, естетичні та експлуатаційні характеристики.

Горизонтальна розводка опалення має ряд переваг:

- високий ступінь контролю тепловіддачі. У такій схемі за витратою тепла дуже просто стежити завдяки автоматичному дистанційному керуванню;

- можливість окремого налаштування кожної ділянки. На будь-якому відрізку контуру можна налаштувати температуру окремо, залежно від конкретних потреб, зумовлених приміщенням;
- можливість прихованого прокладання. Горизонтальна система опалення відмінно підходить для прихованого встановлення, що дозволяє візуально розвантажити приміщення і поліпшити тим самим його інтер'єр;
- надійність. При використанні гарних комплектуючих і правильному монтажі горизонтальна система може без проблем пропрацювати кілька десятків років.

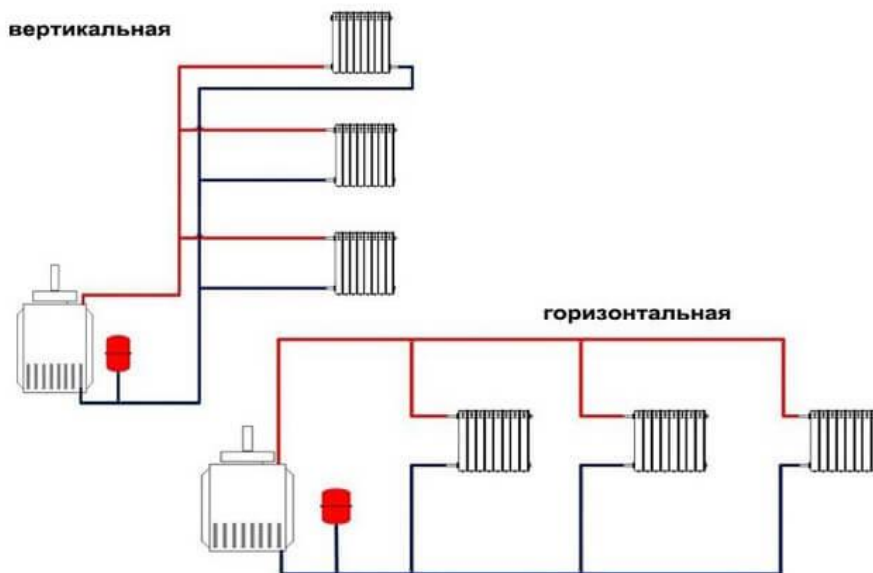


Рисунок 2.5 – Принципові схеми горизонтальної і вертикальної систем опалення

З недоліків можна виділити такі:

- необхідність ручного налаштування системи;
- у випадку механічного пошкодження з системою виникають серйозні проблеми.

Існує кілька видів горизонтальної розводки:

- однотрубна;
- двотрубна;
- двотрубна колекторна.

Однотрубне магістральне розведення

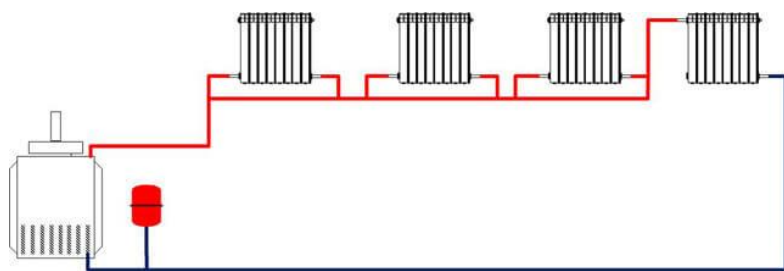


Рисунок 2.6 – Принципова схема однотрубного магістрального розведення

У такій системі є декілька джерел тепла, через які проходять опалювальні труби. Теплоносій рухається по такій системі та віддає тепло приладам, розташованим на певних ділянках контуру. Однотрубне горизонтальне опалення в багатоквартирному будинку має гарну ефективність і відрізняється порівняно невеликою вартістю.

Переваги такої системи:

- мінімальна вартість;
- простота монтажу;
- зносостійкість і тривалий термін служби;
- можливість повного прогріву будинку будь-якої площі.

Недоліки:

- можливість налаштування температури по кожному окремому приладу обмежена;
- слабка стійкість до механічних пошкоджень.

Двотрубне магістральне розведення.

Таке горизонтальне розведення опалення в багатоквартирному будинку, як зрозуміло з назви, охоплює дві основні магістралі, по одній з яких теплоносій рухається вперед, а по другій – повертається до генератора тепла. Тепловіддача здійснюється радіаторами, які встановлюються під вікнами або біля стін, що виходять на північну сторону, тому що до них надходять найпомітніші потоки холоду.

Двотрубна система обов'язково комплектується запірною арматурою. Дані елементи дозволяють при необхідності відключати окремі деталі системи без зупинки всього опалювального контуру. Крім того, потрібні компенсатори, які нівелюють негативний вплив тиску. Правильно зібрана система може нормально витримувати максимальний тиск і гідроудари, і не замерзне навіть при мінусовій температурі.

Переваги такої системи:

- відсутність різниці температури на вході і виході;
- можливість застосування в будівлях будь-якої конфігурації;
- можливість відключення будь-якої ділянки контуру без повної зупинки системи.

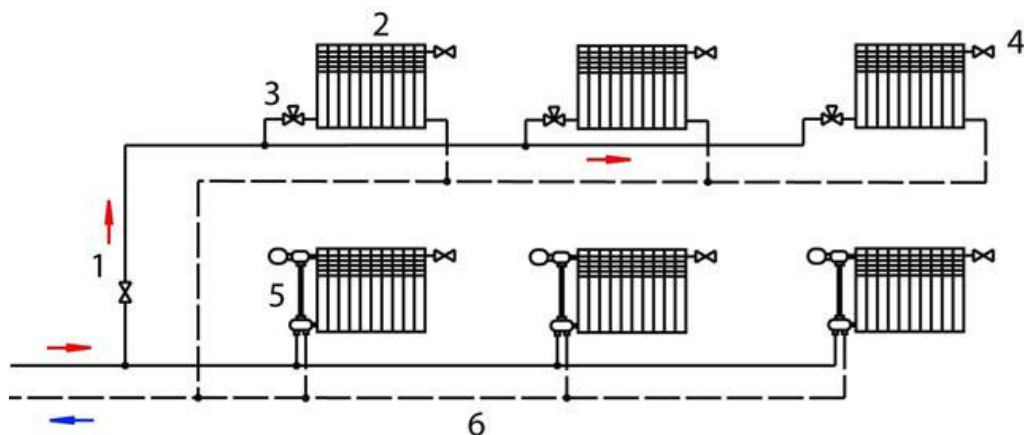


Рисунок 2.7 – Принципова схема двотрубно-магістрального розведення опалення



Двотрубна колекторна паралельна система опалення.

Така система горизонтального розведення має замкнуту конструкцію, що складається з кількох гілок, кожна з яких підводиться до власних приладів. Як правило, для такого розведення використовуються полімерні або поліетиленові труби – їх міцності та експлуатаційних характеристик цілком достатньо для нормальної роботи системи.

У такій системі підключення йде безпосередньо до колектора, внаслідок чого забезпечується рівномірний розподіл теплової енергії по всій опалювальній площі. Контури пожачі та зворотки за такою схемою працюють незалежно один від одного. Теплоносій проходить через радіатори та прямує назад для наступного циклу нагріву. В результаті виходить замкнута система, робота якої регулюється в автоматичному режимі.

Горизонтальне розведення паралельного типу цілком підходить для облаштування будь-яких проєктів, оскільки конструкція охоплює кілька простих елементів, які легко піддаються налаштуванню. Що важливо, при використанні такої схеми радіатори не потрібно комплектувати клапанами для відведення повітря.

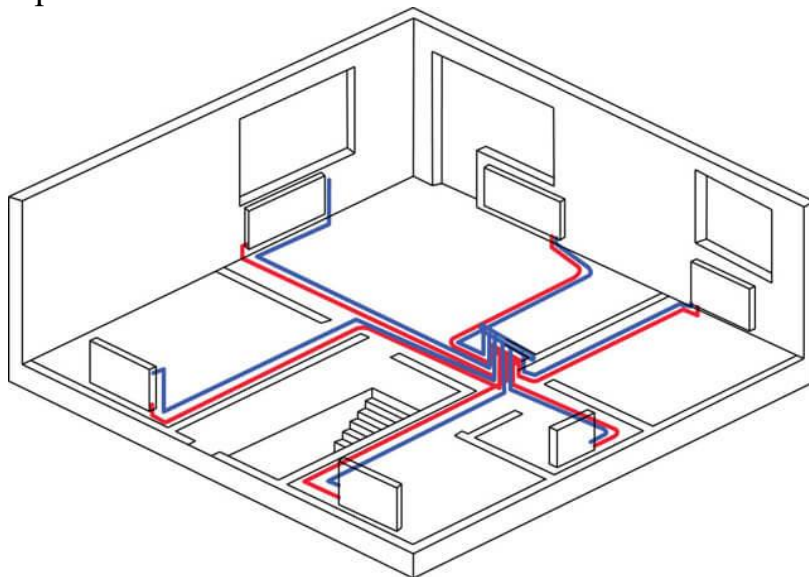


Рисунок 2.8 – Принципова схема двотрубної колекторної паралельної системи опалення

У системі обов'язково повинен бути хороший циркуляційний насос – робота опалення в розглянутому варіанті горизонтального розведення можлива тільки при наявності насоса. Розподільний щиток, у якому знаходиться все обладнання, зазвичай поміщається в коридорах або в санвузлах, а для багатоповерхових будинків цілком підходить варіант з розміщенням щитка в підвалі.

Переваги такого розведення:

- невелика вартість обладнання;
- можливість прихованого прокладання;
- можливість об'єднання декількох окремих елементів в єдину систему;
- можливість повноцінного обігріву вкликих площ;

– відсутність гідроударів.

Недоліки таких систем:

– складність монтажу;

– необхідність використання труб однакового діаметра.

Вертикальна розводка

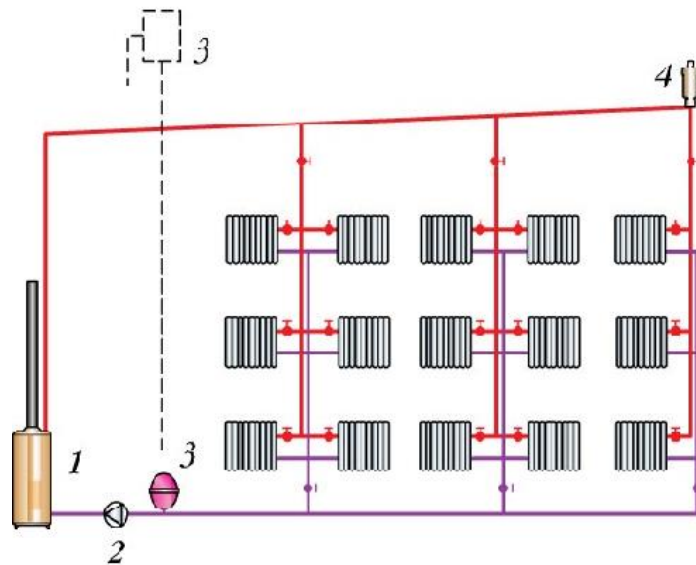


Рисунок 2.9 – Принципова схема вертикальної розводки:

1 – котел; 2 – циркуляційний насос; 3 – розширювач відкритого чи закритого типу; 4 – повітрозбірник (автоматичний напівавтоматичний або з ручним видаленням повітря)

Такий тип розведення все ще використовується в багатоквартирних будинках, оскільки саме цей тип найбільше підходить для опалення великої кількості поверхів. Також вертикальне розведення дозволяє заощаджувати матеріали, і її легше монтувати. Даний тип схеми буває однотрубним і двотрубним, і двотрубний тип кращий. Двотрубне розведення опалення вертикального типу також дозволяє змінювати опалювальні прилади без зупинки всієї системи опалення. На обігрівачі можна встановити автоматичні або ручні вентиля регулювання температури.

Однотрубна схема вертикального типу не дозволяє відключати радіатори окремо, зате на монтаж такої системи йде набагато менше труб, ніж на двотрубну схему. Вертикальний тип розведення дозволяє рівномірно розподілити тепло по всьому приміщенню, але опалювальна площа кімнат дещо обмежена. Вертикальне розведення доцільно застосовувати в тому випадку, якщо будівля має від трьох поверхів та вище.

Вертикальне розведення також дозволяє організувати систему опалення, яка не буде обладнана циркуляційним насосом. Таке технічне рішення застосовується до приватних будинків. Головним недоліком вертикальної схеми опалення є те, що її неможливо масштабувати. Також може спричинити незручності той факт, що регулювати температуру в кожній окремій кімнаті – не вдасться.

Розведення опалення вертикального типу може мати верхнє або нижнє розташування. Ці два типи мають деякі особливості. Якщо використовується однотрубне вертикальне розведення верхнього типу, то в ній подача здійснюється з горищного приміщення, де встановлений спеціальний резервуар (лежак). Далі із резервуару теплоносій розподіляється по стоякам, які підводять тепло до опалювальних приладів.

Розведення вертикального типу з нижньою подачею обладнано резервуаром у підвальному приміщенні, з якого вода надходить у стояки. По стояках теплоносій рухається нагору, попутно проходячи через опалювальні прилади у кожній квартирі. Якщо вертикальне розведення змонтовано за двотрубною схемою, то в її контурі можна використовувати регульовані опалювальні прилади. Також до такої системи можна підключати прилади обліку тепла.

Переваги і недоліки

Головною перевагою вертикальної схеми є те, що легко монтується. Також на будівництво системи опалення вертикального типу йде набагато менше матеріалу та арматури.

Недоліками вертикальної схеми можна вважати – нерівномірний розподіл тепла та неможливість регулювання температури в окремо взятому приміщенні чи квартирі, а також її нижчу тепловіддачу.

### **2.3 Сучасні вимоги до проєктування опалювальних систем з використанням нормативної і довідкової літератури**

Системи опалення є невід'ємною частиною будівлі, тому вони повинні задовольняти санітарно-гігієнічним, техніко-економічним, архітектурно-будівельним і монтажно-експлуатаційним вимогам.

Санітарно-гігієнічні вимоги передбачають забезпечення заданої температури повітря в опалювальних приміщеннях, а також підтримання температури поверхні опалювальних приладів, що виключає можливість опіків і пригорання пилу.

Техніко-економічні вимоги полягають в тому, щоб витрати на спорудження й експлуатацію опалювальної системи були мінімальними.

Архітектурно-будівельні вимоги передбачають взаємне узгодження всіх елементів опалювальної системи (опалювальних приладів, трубопроводів та іншого обладнання) з будівельними архітектурно-планувальними рішеннями приміщень, забезпечення схоронності будівельних конструкцій протягом усього терміну експлуатації будівлі.

Монтажно-експлуатаційні вимоги до систем опалення полягають в тому, що системи опалення повинні відповідати сучасному рівню механізації та індустріалізації заготівельних і монтажних робіт, забезпечувати надійність роботи протягом всього терміну їх експлуатації, бути досить простими в обслуговуванні.

## ЛЕКЦІЯ 3 ТЕПЛОВИЙ БАЛАНС ПРИМІЩЕННЯ. УТЕПЛЕННЯ БУДІВЛІ

### 3.1 Фактори, які впливають на тепловтрати жилих будов та промислових підприємств

Тепловтрати приміщенням будівлі визначають сумуванням втрат тепла через окремі елементи огорожувачих приміщення конструкцій. При цьому тепловтрати  $Q_{огр}$ , Вт, через окремих елемент огорожувальної конструкції (зовнішню або внутрішню стіну, світловий отвір, двері, підлога, перекриття, покриття та ін.) розраховують (с округленням до 5–10 Вт) за наступною формулою:

$$Q_{по} = G \cdot C_p \cdot (t_{пер} - t_{ох}) \quad (3.1)$$

де  $F$  – розрахункова формула площі огорожувальної конструкції, м<sup>2</sup>;

$R_0^{пр}$  – приведений опір теплопередачі огорожувальної конструкції, (м<sup>2</sup>·°C)/Вт;

$t_n$  – температура приміщення, °C;

$t_n$  – розрахункова температура зовнішнього повітря для холодного періоду року, °C;

$\beta$  – коефіцієнт, який враховує додаткові втрати теплоти;

$n$  – коефіцієнт врахування положення зовнішньої поверхні огороження відносно до зовнішнього повітря.

Втрати теплоти через внутрішні огорожувальні конструкції допускається не враховувати, якщо різниця температур у відокремлюючих приміщеннях не перевищує 3 °C.

Розрахункова площа огорожувальних конструкцій при визначенні втрат теплоти обчислюється (з точністю до 0,1 м<sup>2</sup>) за певними правилами обміру за планами і розрізами будівлі.

Ці правила враховують особливості теплообміну в місцях стиків окремих огорожувальних конструкцій. Лінійні розміри огорожувальних конструкцій слід визначати з точністю до 0,1 м, а площі огорожувальних конструкцій – з точністю до 0,1 м<sup>2</sup>.

Зовнішні стіни (НС). У плані довжина стін кутових приміщень вимірюється від зовнішньої поверхні до осі внутрішніх стін, некутових приміщень – між осями внутрішніх стін. За вертикальним розрізом на верхньому поверсі – від поверхні чистої підлоги до зовнішньої поверхні горищного перекриття. У суміщених дахах, що мають вентиляований повітряний прошарок, довжина визначається від чистої підлоги до повітряного прошарку, на середніх поверхах від чистої підлоги нижнього поверху до чистої підлоги верхнього поверху, на першому поверсі – від чистої підлоги першого поверху до зовнішньої

поверхні перекриття над підвалом, від рівня підготовки ґрунту на лагах, до внутрішньої поверхні підлоги, розташованого безпосередньо на ґрунті.

Площі заповнень світлових прорізів (вікон, дверей, ліхтарів, воріт) визначаються за найменшими розмірами будівельних прорізів.

Підлоги (Пл), стелі (Пт). Площі підлог і стель вимірюються від внутрішньої поверхні зовнішніх стін до осей внутрішніх стін.

Тепловтрати через підлоги на ґрунті і на лагах і через підземну частину зовнішніх стін, розташованих нижче рівня землі, визначають по зонам. Для цього поверхню підлоги умовно розбивають на смуги шириною 2 м, паралельні зовнішнім стінам. Смугу, найближчу до зовнішньої стіни, позначають першою зоною, наступні дві смуги – другою і третьою зонами, а решту поверхні підлоги – четвертою зоною. Частина зони, що примикає до кутів зовнішніх стін, враховують двічі.

Підземні частини зовнішніх стін при розрахунку тепловтрат розглядають як продовження підлоги на ґрунті. Розбивка на смуги (зони) в цьому випадку робиться від рівня землі і внутрішньої поверхні підземної частини стін і далі по підлозі. Якщо в першу зону потрапляють вікна, що входять до прямиків, то їх площі виключаються з площі зони, втрати теплоти через ці вікна виділяються окремим розрахунком.

Утепленою вважається підлога, розташована безпосередньо на ґрунті і яка має утеплюючий шар, коефіцієнт теплопровідності матеріалу якого менше  $1,2 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ . Не утепленою незалежно від товщини вважається підлога, розташована безпосередньо на ґрунті і що складається, наприклад, з декількох шарів, коефіцієнт теплопровідності матеріалу кожного з яких більше  $1,2 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ .

Тепловтрати сходової клітки визначають по всій її висоті, як для одного приміщення.

Додаткові втрати теплоти через огорожувальні конструкції визначають в частках від основних тепловтрат, в практичних розрахунках їх враховують коефіцієнтом  $\beta$

Додаткові тепловтрати виникають внаслідок посиленого випромінювання з поверхні огорожень, звернених на північну сторону, зміни розрахункової температури  $t_e$  в кутових і високих приміщеннях, надходжень холодного повітря через отвори, що відкриваються та ін.

В практиці проєктування враховують такі додаткові тепловтрати:

- 1) на орієнтацію огорожень по сторонах горизонту;
- 2) в кутових приміщеннях громадських, адміністративно-побутових і виробничих будівель і споруд, що мають дві або більше зовнішніх стін;
- 3) на надходження холодного повітря через входи в будівлі при відкриванні зовнішніх дверей і споруди, які не обладнані повітряними або повітряно-тепловими завісами;
- 4) на висоту приміщень житлових, громадських і допоміжних будівель.

### **3.2 Теплотехнічний розрахунок зовнішніх огорожень та визначення товщини утеплювача**

Необхідні теплові умови в приміщеннях можна забезпечити, якщо обмежити зниження внутрішньої температури внутрішньої поверхні зовнішніх огорожувальних конструкцій. Для цього огорожувальні конструкції виконують з достатнім тепловим захистом від впливу таких метеорологічних чинників, як температура зовнішнього повітря і швидкість вітру.

Основним чинником, що викликає тепловтрати через огороження приміщень, є температура зовнішнього повітря.

Огорожувальні конструкції, крім міцності і конструктивних вимог, повинні задовольняти економічним, теплотехнічним і санітарно-гігієнічним вимогам.

Теплотехнічні властивості огорожень характеризуються опором теплопередачі, теплотривкістю, вентиляцією і паропроникністю.

Застосування сучасних ефективних теплоізоляційних матеріалів для утеплення різних конструкцій дозволяє скоротити до мінімуму витрати на обігрів будівель і створення комфортних умов для функціонування людей. Термічний опір огорожувальних конструкцій існуючих будівель не задовольняє вимогам норм. Тому виникає необхідність утеплення будівельних конструкцій будівель при реконструкції.

Сучасний ринок теплоізоляційних матеріалів широкий і різноманітний, тому дуже важливо правильно в ньому орієнтуватися і підбирати те, що необхідно в тих чи інших випадках. Основними критеріями в підборі теплоізоляційного матеріалу є його фізико-механічні характеристики, скориговані на місцеві умови.

Теплоізоляційні матеріали повинні мати низьке водопоглинання і високу паропроникність, що дозволяє зберігати теплофізичні властивості матеріалу і не накопичувати вологу в конструкції.

В даний час широко обговорюється проблема утворення цвілі на будівельних конструкціях. Застосовуючи сучасні теплоізоляційні матеріали в фасадних системах цю проблему легко вирішити. Теплоізоляційні матеріали повинні бути стійкі до дії мінеральних агресивних середовищ типу вапна, цементу, гіпсу, глини, бітуму, стійкі до дії ряду кислот, мати високу біологічну стійкість, не піддаватися гниттю, впливу комах, бути стійкими до дії мікроорганізмів, грибків і бактерій.

Теплоізоляційні матеріали повинні легко піддаватися механічній обробці за допомогою найпростіших і загальнодоступних інструментів.

Перераховані властивості основні, але не єдині. Одна з найважливіших якостей теплоізоляційного матеріалу – негорючість і пожежна безпека. Теплоізоляційні матеріали повинні мати сертифікат пожежної безпеки.

Теплоізоляційні матеріали повинні бути стійкі до старіння і при правильному використанні зберігають стабільні властивості, форму і розміри тривалий час, тобто бути довговічним матеріалом.

Теплоізоляційні матеріали повинні бути екологічно чистими і нешкідливими для людини.

Перевага застосування теплоізоляційних матеріалів в будівництві:

- скорочення витрат на матеріали;
- скорочення термінів і витрат на монтаж;
- низький коефіцієнт теплопровідності при утепленні огорожувальних конструкцій веде до скорочення витрат на опалення і економію грошових ресурсів;

– стабільність форм, тобто виключається наявність щілин;

– екологічна безпека для здоров'я людини.

Розрахунковий термічний опір повинен бути не меншим потрібного термічного опору, який за новими нормами зростає і складає для зовнішньої стіни  $R_{\text{тп}} = 2,8 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$ , для дерекриття і покриття  $R_{\text{тп}} = 4,95 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$ . Зростає також термічний опір вікон і дверей.

Розрахунковий термічний опір огорожень визначається за формулою:

$$R_o = R_B + \Sigma R_T + R_H, \quad (3.2)$$

де  $R_B$  – опір теплоотдачі внутрішньої поверхні,  $\text{м}^2 \text{ °C/Вт}$ ;

$\Sigma R_T$  – суммарний термічний опір всіх матеріальних шарів огороження,  $(\text{м}^2 \text{ °C)/Вт}$ ;

$$R_B = 1/\alpha_B \quad (3.3)$$

$$R_H = 1/\alpha_H \quad (3.4)$$

де  $\alpha_B$  – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні огорожувальних конструкцій, приймаємо  $\alpha_B = 8,7 \text{ Вт/(м}^2 \text{ °C)}$ ;

$\alpha_H$  – коефіцієнт тепловіддачі (для зимових умов) зовнішньої поверхні, приймаємо  $\alpha_H = 23 \text{ Вт/(м}^2 \text{ °C)}$ .

Термічний опір окремих шарів огороження знаходиться за формулою:

$$R_H = \delta/\lambda, \quad (3.5)$$

де  $\delta$  – товщина шару, м;

$\lambda$  – розрахунковий коефіцієнт теплопровідності матеріалу шара,  $\text{Вт/(м} \cdot \text{°C)}$ .

З метою енергозбереження для скління будівель застосовуються склопакети. Сучасні склопакети використовують скло з нанесеним електромагнітним способом шаром оксидів металів на один з шарів скла. Це скло називають тепло- і енергозберігаючим, так як за допомогою нанесених покриттів воно здатне «відбивати» знову до приміщення понад 90 % теплової енергії, що йде через вікно.

Переваги сучасних склопакетів:

- поліпшується теплоізоляція, скорочуються втрати тепла, витрати на опалення;

– оптимізується сонячне тепло;

– зменшується конденсація вологи;

- зменшується холодне випромінювання від вікна;
- висока світлопроникність;
- можливість скління разом з сонцезахисним склом.

Склопакети призначені для скорочення теплових втрат через вікна. Склопакети пропускають короткохвильову сонячну енергію до приміщення, але не пропускають назовні довгохвильове теплове випромінювання, наприклад, від опалювального приладу. Коефіцієнт теплопередачі у звичайного прозорого скла 5,4. У подвійного скла зменшується до значення 2,8. У склопакетів коефіцієнт теплопередачі ще менше і становить 1,9. При заповненні склопакета аргоном зменшується до 1,6.

## ЛЕКЦІЯ 4 КОНСТРУКЦІЇ ТА ОСНОВНІ ЕЛЕМЕНТИ ЦЕНТРАЛЬНИХ ТА МІСЦЕВИХ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ

### 4.1 Основні схеми центральних та місцевих систем опалення

За характерними ознаками розрізняють такі системи опалення.

А. За радіусом дії:

1) місцеві – генератор тепла, теплопроводи, опалювальні прилади конструктивно об'єднані в одну пристрої, що знаходиться в одному опалюваному приміщенні будівлі (опалювальні печі на твердому, рідкому паливі, електроопалення і т.п.); джерело теплоносія (котел) і вся трубопровідна мережа знаходяться в приміщенні і повністю забезпечують весь процес обігріву. Ніяких зовнішніх пристроїв дана система не використовує.

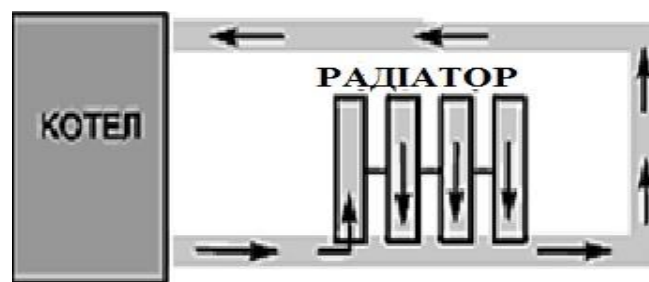


Рисунок 4.1 – Схема місцевого опалення

2) центральні – від одного генератора тепла опалюються. Джерело теплоносія розташоване за межами приміщення і подає тепло по мережі трубопроводів в декілька будинків (квартир):

– кілька приміщень однієї будівлі: будинкові – від котельні в опалюваній будівлі;

– одна чи кілька будівель (група будівель): районні – від районної котельні для групи будівель;

– мікрорайони, промислові підприємства та цілі населені пункти: централізовані (від теплоелектроцентралі – ТЕЦ).



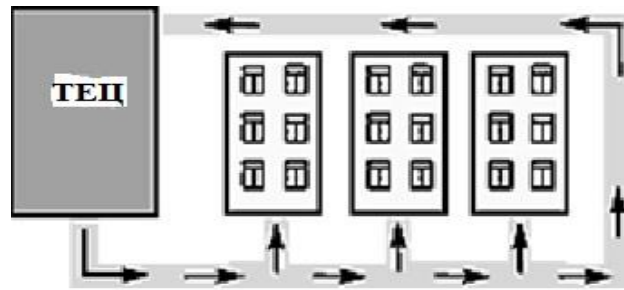


Рисунок 4.2 – Схема центрального опалення

Б. За способом переміщення теплоносія: з природнім збудженням (завдяки різниці тисків між гарячим і холодним теплоносієм); з механічним збудженням (помпою чи водою).

В. За видом теплоносія: водяні, парові, повітряні, комбіновані (з використанням різних теплоносіїв у різних контурах).

#### **4.2 Опалювальні прилади, арматура, трубопроводи, конструкції та деталі систем опалення**

Нагрівальні прилади є основним елементом системи палення і повинні відповідати певним теплотехнічним, санітарно-гігієнічним і техніко-економічним вимогам.

У вітчизняних нормах в мізерній кількості представлені терміни та визначення для опалювальних приладів, тому для опису основних понять звернемося до Європейських норм ЄП 442-2, які поділяють опалювальні прилади для систем водяного (парового) опалення на два основних типи – радіатори і конвектори і дає для них основні визначення. Радіатор – опалювальний прилад, який віддає теплоту шляхом конвекції і радіації. Радіатори можуть виготовлятися з різних матеріалів (сталь, чавун, алюміній і ін.), різних конструкцій (колончаті, трубчасті, панельні і ін.). Конвектор – опалювальний прилад, який віддає теплоту шляхом вільної конвекції. Конвектор складається, як правило, з нагрівального елемента і кожуха, що утворює канал, що не обігрівается, певної висоти для природної конвекції.

Основна характеристика опалювального приладу – це номінальний тепловий потік (в побуті – тепловіддача, потужність, тепла потужність). Для нього дається таке визначення – це тепловий потік, кВт, який визначається за таких умов:

- різниця між середньою температурою теплоносія в опалювальному приладі і температурою повітря в приміщенні становить 70 °С;
- витрата теплоносія 0,1 кг/с при його русі в приладі за схемою «зверху-вниз»;
- атмосферний тиск 1013,3 гПа, що відповідає звичним 760 мм ртутного стовпа.

Прийняте значення номінальної витрати теплоносія 0,1 кг/с (360 кг/год) є характерною особливістю систем опалення в Україні та країнах СНД,

обумовленою повсюдним застосуванням однотрубних систем, особливо в масовому житловому і цивільному будівництві. Як відомо, витрата теплоносія в однотрубних системах значно перевершує витрати в двотрубних, в яких температурний перепад між подавальною та зворотною магістралями повністю спрацьовується в кожному опалювальному приладі.

За способом тепловіддачі опалювальні прилади поділяються на три групи:

1 – радіаційні прилади, які передають випромінюванням не менше 50 % сумарного теплового потоку (випромінювачі і опалювальні панелі);

2 – конвективно-радіаційні прилади, які передають конвекцією від 50 до 70 % сумарного теплового потоку (секційні та панельні радіатори, гладкотрубні прилади).

3 – конвективні прилади, які передають конвекцією не менше 75 % сумарного теплового потоку (конвектори та ребристі труби).

За матеріалом опалювальні прилади поділяються на: металеві (чавун, сталь, алюміній, мідь); біметалеві (сталь-алюміній, мідь-алюміній); неметалеві (керамічні, бетонні); комбіновані (метал–бетон, метал–кераміка).

По висоті опалювальні прилади поділяються на: високі (висотою більше 650 мм), середні (від 400 мм до 650 мм), низькі (від 200 мм до 400 мм) і плінтусні (висотою до 200 мм).

За глибиною установки з урахуванням відстані від приладу до стіни: опалювальні прилади малої глибини (до 120 мм), середньої глибини (від 120 мм до 200 мм), великої глибини (понад 200 мм).

Теплотехнічні вимоги зводяться до того, щоб нагрівальні прилади добре передавали тепло від теплоносія опалювальним приміщенням, тобто щоб коефіцієнт теплопередачі їх був якомога вище. Величина коефіцієнта залежить від ряду факторів: різниці середньої температури теплоносія і температури повітря приміщення, розмірів і форми поверхні нагрівання, способу подачі і відведення води з приладу, кількості секцій в приладі і місця його установки, кількості води, що проходить через прилад та ін.

Температура поверхні приладів обмежується санітарно-гігієнічними вимогами. У приміщеннях з тривалим перебуванням людини вона не повинна бути вище 95 °С, так як при більш високій температурі може бути суха сублімація органічного пилу, що осідає на приладі, яка супроводжується виділенням шкідливих речовин, зокрема окису вуглецю.

Нагрівальні прилади повинні бути компактні, з легкодоступною для огляду і очищення від пилу поверхнею, форма і обробка приладів повинні відповідати призначенню приміщення. З санітарно-гігієнічної точки зору бажано встановлювати прилади, у яких переважає передача тепла випромінюванням, так як вони створюють кращі мікрокліматичні умови в приміщенні. Спосіб передачі тепла залежить від конструкції приладу і місця його установки.

Техніко-економічні вимоги, що пред'являються до нагрівальних приладів, такі:

1) необхідно, щоб форма і конструкція приладу відповідала вимогам технології їх масового виробництва;

2) конструкція приладів повинна бути такою, щоб з окремих елементів можна б було зібрати прилад з будь-якою поверхнею нагріву;

3) стінки приладу повинні бути міцні, паро- і водонепроникні;

4) прилади повинні бути довговічними, зручними для транспортування і монтажу;

5) витрата металу і вартість опалювальних приладів, віднесена до одиниці корисно переданого тепла, повинні бути найменшими.

#### *Вибір, розміщення і приєднання опалювальних приладів*

Місцеві опалювальні прилади (радіатори, конвектори, панелі, ребристі труби) приймають з числа виготовляємих промисловістю і обирають з урахуванням техніко-економічних, архітектурних, теплотехнічних, санітарно-гігієнічних і виробничо-монтажних вимог.

У приміщеннях з підвищеними санітарно-гігієнічними вимогами застосовують прилади з гладкою поверхнею, найкраще опалювальні панелі, суміщені з будівельними конструкціями; застосування гладкотрубних приладів повинно бути обгрунтовано.

При нормальних санітарно-гігієнічних вимогах в приміщеннях використовують прилади з гладкою або ребристою поверхнею. Рекомендується встановлювати не більше одного-двох видів приладів для всієї опалювальної будівлі. У цивільних будівлях частіше застосовують радіатори і конвектори, в промислових – радіатори та ребристі труби.

При знижених санітарно-гігієнічні вимоги в приміщеннях, призначених для короткочасного перебування людей, можуть встановлюватися прилади будь-якого виду; перевага віддається приладам з високими техніко-економічними показниками.

Для опалення сходових клітин багатопверхових будинків слід використовувати високі конвектори (типу КВ), які застосовують також для опалення залів та інших приміщень великого об'єму.

Опалювальні прилади розташовують під світловими отворами (під вітринами – по всій їх довжині). При цьому вертикальні осі прилада і віконного прорізу повинні збігатися з відхиленням не більше 50 мм. У житлових будинках (у тому числі в готельних будівлях, гуртожитках) та допоміжних будівлях підприємств збіг вертикальних осей віконного отвору і опалювального приладу не обов'язковий.

Установка опалювальних приладів є неприпустимою в відсіках тамбурів, маючих зовнішні двері. У великих приміщеннях без робочих місць у зовнішніх огорож допускається перенесення частини приладів до внутрішніх стін із застосуванням високих конвекторів. У приміщеннях висотою більше 6 м,

особливо при тепловтратах через стелі і світлові прорізи нагорі, доцільно частину приладів (від 1/4 до 1/3 загального їх числа) розміщувати у верхній зоні.

Опалювальні прилади розміщують так, щоб був забезпечений їх огляд, очищення та ремонт. Слід застосовувати відкриту установку приладів. Огородження і укриття опалювальних приладів допустимі в приміщеннях дитячих закладів, картинних галерей і музеїв, в спортивних, торгівельних і видовищних залах, в фойє, холах і вестибюлях.

У приміщеннях, які не мають вертикальних зовнішніх огорожень (наприклад, у внутрішніх коридорах), прилади не встановлюють, а тепловтрати цих приміщень відносять до суміжних з ними приміщень з зовнішніми огороженнями. У сходових клітках 2-х і 3-поверхових будівель опалювальні прилади встановлюють, в основному, на першому поверсі, що не розміщуючи частину їх на сходових майданчиках.

Для опалення ванних кімнат застосовують реєстри – рушникосушарки, які в будинках з газовими колонками підключаються до системи опалення, а в будинках з централізованим гарячим водопостачанням – до системи гарячого водопостачання. В останньому випадку тепловтрати ванних кімнат в проекті опалення не враховуються.

У будівлях масового будівництва слід передбачати, як правило, однобічк приєднання опалювальних приладів до трубопроводів, використовуючи уніфіковані проточно-регульовані вузли і вузли з замикаючими ділянками. Різнобічне приєднання допускається у випадках, коли зворотна магістраль знаходиться безпосередньо під приладами або коли прилади необхідно встановити нижче магістралей системи опалення, а також у разі вимушеної установці більше 20 секцій в радіаторі (більше 15 секцій в системах з природною циркуляцією) або з'єднанні декількох приладів «на зчепленні».

Установка двох приладів «на зчепленні» допускається в межах одного приміщення, а також коли наступний прилад призначається для нерегульованого опалення другорядного приміщення (коридору, вбиральні, кухні житлового будинку і т.д.). Довжина «зчіпки» при цьому не повинна перевищувати 1,5 м, а діаметри «зчеплень» приймають рівними діаметрам ніпельних отворів приладів.

У опалювальних приладів встановлюють регулюючі крани. Однак у приладів, що розміщуються поблизу зовнішніх прорізів, при входах в сходові клітки, у входних тамбурах, а також у проточних приладів в підвалах регулюючі крани не встановлюють. При наявності в приміщенні декількох приладів допускається регулюючі крани встановлювати тільки у частині їх.

При розміщенні опалювальних приладів у приміщеннях, де є періодичні тепловиділення, передбачають їх групове виключення.

Для підтримки в приміщенні необхідної температури необхідно, щоб кількість тепла, що віддається нагрівальними приладами, встановленими в приміщенні, відповідала розрахунковим тепловтратам приміщення.

В даний час застосовуються всі можливі типи опалювальних приладів: радіатори, конвектори, дизайн-радіатори, рушникосушки, які виготовляються з різних матеріалів: сталеві, чавунні, алюмінієві, з мідних сплавів, біметалеві. Розглянемо основні, їх характеристики і вимоги, що пред'являються до влаштування та експлуатації систем опалення.

Які б теплоносії ні пропонувалися, звичніше всього обігріватися від води. Її тепло передають в приміщення різноманітні нагрівальні прилади:

- гладкі та ребристі труби;
- секційні радіатори;
- конвектори;
- опалювальні панелі.

*Основні види опалювальних приладів*

*Чавунні радіатори*

Чавунні радіатори добре знайомі українському споживачеві. Чавун – це матеріал, що має хорошу теплопровідність, нейтральний по відношенню практично до всіх теплоносіїв. Саме тому чавунні радіатори можна використовувати в системах опалення з поганою підготовкою теплоносія (підвищена агресивність, забрудненість і ін.).

Радіатори віддають більшу частину (60 %) тепла випромінюванням теплової енергії, інша частина віддається конвективним шляхом. При цьому досягається мінімальна конвекція гарячого повітря і успішно нагріваються об'єкти, які знаходяться в приміщенні. У цьому радіаторне опалення найближче до опалення теплою підлогою.

Радіатори водяного опалення діляться на дві групи:

- 1 – секційні з чавуну, сталі, алюмінію;
- 2 – панельні сталеві і біметалічні (з алюмінію і сталі).

Секційні радіатори з чавуну перевірені часом і зарекомендовали себе як надійні і практичні. Вони стійкі до корозії, мають велику теплову потужність на одиницю довжини приладу. Можуть застосовуватися в системах опалення з поганою якістю теплоносія. Більшість цих приладів розраховано на тиск від 6 до 9 атм. Обпресувальний тиск до 15–16 атм. Максимальна температура теплоносія до 130 °С. При цьому чавунний радіатор має велику теплову інерцію, тобто довго прогріває приміщення і довго віддає тепло. Через це чавунні радіатори не підходять для опалювання приміщення, де потрібно мати постійну (або за бажанням) температуру вдень +25 °С, а вночі +17 °С при мінливій (досить швидко) температурі зовнішнього повітря.

Чавунні секційні радіатори – найдавніший, але аж ніяк не відмираючий вид. Головна перевага – висока корозійна стійкість в найважчих умовах експлуатації, міцність, яка збільшується з часом, термін служби практично не

обмежений; недоліки – великий обсяг води і, відповідно, більша теплова інерція, що перешкоджає ефективному застосуванню в динамічних системах опалення з терморегуляторами і програматорами; великі габарити; висока шорсткість поверхні; відсутність, як правило, декоративного покриття. Багатьох не влаштовує також і зовнішній вигляд радіаторів.

З вітчизняних чавунних радіаторів найпоширенішими є радіатори МС-140, які можуть експлуатуватися при робочому тиску теплоносія до 8 атмосфер, всі інші радіатори до 6 атмосфер.

Заводи на Україні стали випускати радіатори, які підходять за розмірами до сучасних домівок. Якщо раніше вам довелося б зменшувати вікно або збільшувати кімнату, щоб встановити радіатор в панельному будинку, то зараз легко можна вибрати необхідні габарити: від 300 до 700 мм по висоті, і глибиною від 90 до 140 мм.

Сьогодні на ринку можна знайти чавунні радіатори в стилі ретро, які відрізняються стильним дизайном і високою якістю обробки зовнішніх поверхонь, багато виробників поставляють радіатори з практично гладкою поверхнею, впровадження сучасних ливарних технологій дозволило як суттєво зменшити перетин одиничного каналу і водяний обсяг секції, так і підвищити компактність чавунних радіаторів.

У битві за свій сегмент ринку вітчизняні виробники в останні роки досягли певних успіхів, істотно розширили гаму моделей, що випускаються, правда, зовнішній вигляд їх виробів поки залишає бажати кращого.

#### *Алюмінієві радіатори.*

Алюмінієві секційні радіатори з'явилися на Україні не так давно. Поділяються на дві основні групи – литі і радіатори з пресованого профілю. Матеріал для литих – силумін, ливарний алюмінієвий сплав, який вміщує 12–13 % кремнію. Секції збирають на сталевих різьбових ніпелях. У пресованих використовуються, як правило, два різних за властивостями алюмінієвих сплави – колектори виготовлені з силуміну, колонки – з пластичного алюміній-магнієвого сплаву, що містить не менше 98 % алюмінію. Відомі моделі пресованих радіаторів, в яких застосовані короткі ділянки колекторів (на 2 або 3 секції); при складанні таких радіаторів колекторні ділянки збирають на звичайних ніпелях. Не менш поширені і конструкції з цільними колекторами, довжина яких пропорційна кількості колонок.

Головна перевага алюмінієвих приладів – компактність, малий водяний об'єм, гарний зовнішній вигляд, високоякісне декоративне покриття (порошкова емаль з гарячою сушкою). Міцність алюмінієвих радіаторів, як і для інших посудин під тиском, залежить від геометричних характеристик, головним чином від товщини стінки і форми поперечного перерізу каналу, так і від властивостей матеріалу. З цього випливає, що при інших рівних умовах пресовані радіатори володіють найбільшою міцністю, тому що водяний канал колонки має круглий перетин. Міцність литих радіаторів нижче, однак і серед

них є моделі, що витримують тиск більше 6 МПа. Головний недолік алюмінієвих радіаторів – низька корозійна стійкість. «Стійка» оксидна плівка на поверхні алюмінію, звісна зі шкільної лави, в дійсності виявляється нестійкою навіть в умовах експлуатації, повністю відповідних вимогам нормативних документів до води теплових мереж, не кажучи вже про далеко не поодинокі випадки невідповідності. Причина криється в водневому показнику води (рН), який для теплових мереж повинен бути не менше 8,4, а для алюмінієвих елементів систем опалення повинен бути не більше 8. Швидкість корозії залежить також від кількості розчиненого у воді кисню, присутності частинок інших металів, в першу чергу міді.

Область розумного застосування алюмінієвих радіаторів надзвичайно вузька і обмежується об'єктами, улаштування і рівень експлуатації яких дозволяють гарантовано забезпечувати якість води на допустимому рівні постійно, протягом всього запланованого терміну служби. Якість води в переважній більшості наших опалювальних систем не відповідає цьому рівню, тому висновок однозначний – застосування в них алюмінієвих радіаторів не є розумним.

Для підвищення корозійної стійкості алюмінієвих радіаторів, а також всіх інших металевих елементів системи опалення рекомендується дозування в воду спеціальних антикорозійних добавок.

#### *Біметалічні радіатори.*

Біметалічні радіатори мають алюмінієвий корпус і сталеву трубу, по якій рухається теплоносій. Вони поєднують в собі плюси алюмінієвих радіаторів – висока тепловіддача, низька маса, хороший зовнішній вигляд і, крім того, при певних умовах мають більш високу корозійну стійкість і зазвичай розраховані на більший тиск в системі опалення. Знову ж таки, їх основний мінус – висока ціна. Завдяки тому, що ці радіатори здатні витримати великий тиск, вони можуть використовуватися в міських квартирах.

Біметалічні (сталь–алюміній, мідь–алюміній) секційні радіатори з'явилися з метою усунення головного недоліку алюмінієвих радіаторів. Сьогодні існують радіатори, в яких повністю виключений контакт води з алюмінієм. Наявний позитивний досвід експлуатації біметалевих радіаторів дозволяє рекомендувати їх для широкого застосування.

Зі зрозумілих причин біметалічні радіатори дорожче алюмінієвих (мається на увазі ціна одного кіловата), однак це подорожчання видається цілком виправданим, тому що супроводжується радикальною зміною властивостей виробу - розширенням сфери застосування і збільшенням терміну служби.

#### *Сталеві радіатори.*

Сталеві радіатори можна умовно розділити на:

– панельні (найбільш популярний вид опалювального приладу в Західній Європі);

- трубчасті (можливі труби не тільки круглого перетину; одні з найдорожчих, представлених на ринку);
- секційні (виготовлені з тонколистового прокату, за формою нагадують чавунні радіатори).

Сталеві панельні радіатори найбільш часто використовуються при індивідуальну опаленні. Сталеві панельні радіатори володіють невеликою тепловою інерцією, а значить, з їх допомогою легше здійснювати автоматичне регулювання температури в приміщенні.



Рисунок 4.3 – Сталевий радіатор

Панельні радіатори дуже компактні, представлені в широкій гамі розмірів (легко підібрати для будь-якого інтер'єру), мають невеликий водяний обсяг. Багато виробників комплектують їх термостатичними вентилями, а також деталями для нижнього підключення. Панельні радіатори можуть працювати при відносно низькому робочому тиску (близько 0,9 МПа), що обумовлено, головним чином, великим поперечним перерізом водяних каналів.

На українському ринку зустрічається цілий ряд схожих по естетичному оформленню і близьких за своїми техніко-економічними характеристиками марок, серед яких найбільшого поширення набули прилади вітчизняного виробництва. З усього різноманіття представлених на ринку моделей найбільшою популярністю користуються радіатори з висотою 600 мм, так як вони найкращим чином вписуються у звичне для опалювальних приладів місце під підвіконням. Їх конструкція забезпечує гарний розподіл теплого повітряного потоку і дозволяє уникнути скупчення пилу на стіні і на самому радіаторі. Це відіграє важливу роль. Особливо при встановленні опалювальних приладів в будинках з підвищеними гігієнічними вимогами (дитячих установах, лікарнях і т. п.).

Існує три типи панельних радіаторів – з нижнім, бічним і універсальним підключенням. В радіатори з нижньому підключенням вбудований термостатичний вентиль, на який можна встановити терморегулятор, для підтримання заданої температури в приміщенні. Як наслідок, вартість радіаторів з нижнім підключенням вище, ніж аналогів з бічним підключенням.



Сталеві панельні радіатори розраховані на робочий тиск до 10 атмосфер і температуру до 150 °С. Випускають радіатори двох типів: РСВ - колончаті з вертикальними каналами між верхнім і нижнім горизонтальними регістрами і РСТ – з горизонтальними каналами. Найбільш дешевими є радіатори серії 11 К, а радіатори серії 22 К мають більшу теплопровідність і компактність. На думку фахівців, радіатори цих серій є найбільш економічними і привабливими з естетичної точки зору. Подвійне емальоване покриття забезпечує максимальну стійкість фарби. У заводському забарвленні використовується широка гама кольорів, в тому числі – хром, антрацит, золото.

*Сталеві трубчасті радіатори* – зазвичай найбільш дорогий тип радіаторів (в перерахунку на 1 кВт). Трубчасті радіатори виготовляють з тонкостінних (1,25–1,5 мм) прямошовних труб. З'єднання окремих елементів радіатора зварне. Основна перевага цього типу радіаторів – найширша гама можливих висот (від 0,2 до 2,5 м), що в з'єднанні з високою якістю захисно-декоративного покриття, широкою кольоровою гамою і можливістю замовлення дугоподібних моделей з заданим радіусом кривизни може задовольнити запити найвибагливішого дизайнера.

*Секційні радіатори* мають вкрай обмежені перспективи на вітчизняному ринку через їх низьку міцність, обумовлену великим поперечним перетином каналу і витягнутою його формою. Руйнівний тиск для цих радіаторів може становити менше 1 МПа (10 атм).

Всі сталеві опалювальні прилади схильні до кисневої корозії, швидкість якої зростає під шаром шламу, в зонах розділу фаз, а також в місцях зварювання. Це зауваження є особливо істотним для імпортованих приладів. Відомі випадки, коли в результаті порушення правил експлуатації сталеві радіатори виходили з ладу протягом першого опалювального сезону. Вітчизняні правила і норми експлуатації теплових мереж орієнтовані, в першу чергу, на максимальну довговічність сталевих труб, тому сталеві радіатори можуть застосовуватися досить широко при виконанні встановлених вимог і грамотної експлуатації; так, доцільно строго контролювати тиск при гідравлічному випробуванні, скоротити до мінімуму кількість і тривалість відключень системи опалення та спуску води.

Відкладення шламу особливо небезпечні для сталевих радіаторів через корозію; в той же час великий сумарний переріз паралельних каналів обумовлює малі швидкості води і створює сприятливі умови для випадіння шламу в нижніх точках радіаторів. Таким чином, при проектуванні і експлуатації систем зі сталевими радіаторами особливу увагу слід приділяти очищенню теплоносія від твердих частинок

*Ребристі чавунні труби.*

Ребристі труби відливають з сірого чавуну з круглими ребрами, призначення яких полягає в збільшенні поверхні контакту між повітрям і нагрівальним приладом. Ребристі труби важко очищаються від пилу, що обмежує їх застосування виробничими цехами підприємств.

### *Конвектори.*

Конвектори містять нагрівальний елемент і кожух (відомі вітчизняні моделі без кожуха, але їх ефективність і зовнішній вигляд не відповідають сучасним вимогам). Нагрівальний елемент – це, як правило, труба з розвиненим поперечним ребренням. Конвектори можна розділити на сталеві і біметалічні, інші представники цього типу, наприклад мідні (мідні ребра на мідній трубі) виготовляються в невеликих кількостях, не отримали широкої популярності і за властивостями не мають істотних відмінностей від біметалевих. Загальна перевага конвекторів – компактність, а для конвекторів з труб малого діаметра – малий водяний об'єм. Принципове зауваження: при інших рівних ефективність конвектора визначається термічним опором контакту несучої труби і ребрення, причому особливо важливо постійність цієї величини протягом всього терміну служби.

Сталеві конвектори з кожухом – широко застосовуваний в масовому житловому будівництві вид опалювальних приладів. У цих конвекторах використовуються труби з товщиною стінки близько 3 мм з насадженими сталевими ребрами прямокутної форми; в них відсутні зони випадання шламу і розділу фаз, тобто ці прилади з точки зору надійності є рівномірним елементом системи опалення та забезпечують близьке до оптимального технічне рішення для існуючих систем опалення. Звичайно, застосування паяних або приварених суцільним швом ребер могло б підвищити споживчі якості конвектора, проте призвело б до помітного подорожчання виробів. На ринку представлені також імпортовані сталеві конвектори, в яких одиничний нагрівальний елемент являє собою відрізок труби прямокутного перетину, до якого по одній або двом протилежним сторонам контактним точковим зварюванням приварена гофрована стрічка. Такі конвектори найчастіше застосовують у видовищних, спортивних будівлях, допустимий робочий тиск для них істотно нижче, ніж для конвекторів на базі круглої труби через великі розміри і плоскі стінки водяного каналу.

Біметалічні конвектори – це найчастіше конвектори на базі мідної труби з насадженими алюмінієвими ребрами. Малий діаметр труби забезпечує, мабуть, мінімально можливий на сьогоднішній день водяний обсяг приладу і робить його практично незамінним для динамічних систем водяного опалення. Якщо до цього додати високу корозійну стійкість мідної труби, широку гаму розмірів і колірних рішень, здається парадоксальним їх положення на ринку - адже до теперішнього часу вони займали дуже вузький його сегмент.

Відомі також біметалічні литі конвектори на базі сталеві труби з алюмінієвими ребрами. Ідея та ж сама, що і для біметалевих радіаторів, - отримати максимальний ефект від розвиненого ребрення з теплопровідного алюмінію, не допускаючи його контакту з водою. На тепловий потік таких конвекторів істотно впливає технологія їх виготовлення. Так, при класичному способі виготовлення (залиття несучої труби в форму) вдається забезпечити щільний контакт труби з ребрами і стабільність теплового потоку. При новому способі (литий алюмінієвий блок насаджується на трубу), запроваджений на

декількох вітчизняних підприємствах, не вдається домогтися такої ж щільної посадки, внаслідок чого номінальний тепловий потік знижується.

Для конвекторів, як і для інших опалювальних приладів, важливо підтримання нормальних умов експлуатації.

У загальному випадку гідравлічний опір конвектора більше, ніж радіатора, тому при проектуванні і монтажі опалювальної системи з конвекторами слід враховувати паспортні дані по опору.

Конвектор особливо вдало вписується в сучасну, передбачаючи великі вікна, еркери, зимові сади і т.д., архітектуру. З точки зору дизайну цей прилад хороший тим, що може бути легко захований в підлогу або закритий декоративним екраном. Конструктивно можливі чотири рішення.

*Радіаторні конвектори* – комбінація двох приладів, відображена в самій назві. Їх встановлюють біля вікон, на підлозі або на невеликих підставках.

*Плінтусні конвектори* розташовуються в підлозі під великими вікнами. Мала висота (90–100 мм) не вимагає ніш, а слабкий конвективний потік можливо посилити повільно обертаючимся вентилятором.

*Конвектори, заглиблені в підлогу* – варіант, придатний для перших поверхів. Прилад поміщається в деяку подобу шахти. Спадає уздовж вікна холодне повітря безперешкодно потрапляє в конвектор, а потік теплого повітря забезпечує природну циркуляцію в приміщенні.

*Конвектори, закриті декоративним екраном.* На відміну від радіаторів, закритий конвектор нітрохи не втрачає в тепловіддачі, навпаки, екран сприяє збільшенню тяги

*Рушникосушки.*

Рушникосушки – найбільш відомий і поширений тип дизайн-радіаторів, поступово витісняє похмурі U-подібні моделі радянського періоду. Струнки «драбинки», «еліпси», «спіралі», «півкіля» і «панелі», представлені на ринку як вітчизняними, так і зарубіжними виробниками, зробили актуальною проблему вибору.

Сучасні рушникосушки бувають трьох видів: водяні, електричні, комбіновані.

Абсолютна більшість моделей виготовляється із сталевих або латунних труб. За способом теплопередачі трубчасті рушникосушки відносяться до класу радіаційно-конвекційних приладів. Приблизно 25 % тепла вони передають за допомогою теплового випромінювання, а що залишилися 75 % прогрівають повітря в приміщенні за рахунок конвекції.

З точки зору монтажу найменш проблемними є електричні рушникосушки. Обов'язковою умовою для їх установки є лише спеціальна вологостійка розетка, розташована в захищеному від бризок місці.

У масовому житловому будівництві рушникосушки, як правило, підключають до системи гарячого водопостачання (ГВП). Вміст кисню в гарячій воді не нормовано, що висуває особливі вимоги до коррозійної стійкості рушникосушок. У країнах Заходу таке проектне рішення не практикується – рушникосушки підключені до системи опалення. У 90-ті роки минулого століття, коли вітчизняний ринок заповнився масою імпортової

сантехніки, це протиріччя набуло особливої гостроти. Велика кількість імпортованих виробів виготовлено з тонкостінних сталевих труб і, отже, абсолютно не придатне для установки в наших ванних. Діло ускладнювалося тим, що поставки і продаж такого, здавалося б, найпростішого товару не супроводжувалися належною інформаційною підтримкою, споживач не отримував повну інформацію про властивості виробу. Досить сказати, що були випадки продажу алюмінієвих рушникосушок. В останні роки ситуація змінилася на краще, і сьогодні вже важко зустріти випадки продажу опалювальних приладів без паспорта або іншого експлуатаційного документа, в якому з достатньою повнотою наведені його властивості, правила монтажу та інші необхідні відомості.

Таким чином рушникосушки по області застосування можна поділити на три групи:

- для систем опалення;
- для систем ГВП;
- універсальні.

До першої групи можна віднести вироби з тонкостінних сталевих труб різного перетину у вигляді драбинок, змішувачів і т.д., до другої – з нержавіючої сталі, спеціальної латуні, а також такі, що включають проміжний теплообмінник. Відносно дешеві сталеві рушникосушки в системах гарячого водопостачання повинні мати покриття з корозійностійкого матеріала. У замкнутому просторі рушникосушки циркулює невелика кількість води.

Рушникосушки, що підключаються до системи опалення, не пред'являють до неї будь-яких спеціальних вимог в порівнянні з іншими опалювальними приладами з того ж матеріалу.

#### *Запірно-регулююча арматура.*

На трубопроводах систем опалення встановлюють запірну і запірно-регулюючу арматуру. Види арматури:

- засувки;
- прохідні крани з дроселюючим пристроєм;
- балансувальні клапани;
- запірні і регулюючі вентиля;
- кульові крани;
- регулятори тиску, що підтримують задане значення перепаду тиску на термостатах (їх використовують в складних системах і встановлюють на зворотному трубопроводі);
- регулятори витрати, автоматично обмежують витрату теплоносія до встановленого значення.

*Засувка* складається з корпусу і шпинделя, до нижньої частини якого прикріплені диски затвора. Засувки необхідні для відключення окремих ділянок опалювальної системи, тому їх монтують практично на всіх ділянках теплопроводу, в тому числі на підводках до водогрійних котлів.

Дроселюючі шайби і балансувальні клапани використовують з метою автоматичної підтримки постійної різниці тиску в двотрубних системах

опалення або для автоматичної стабілізації витрати теплоносія в однотрубних системах опалення.

Прохідні крани і крани з дроселюючим пристроєм встановлюють на магістралях і стояках, а також на підводках до опалювальних приладів. Принцип роботи прохідного крана такий самий, як у засувки, тільки кінець шпинделя з'єднаний з золотником. При опусканні шпинделя ущільнююча прокладка золотника щільно закриває отвір в корпусі крана, припиняючи рух теплоносія.

Сьогодні прохідні крани з дроселюючим пристроєм активно витісняють балансувальні клапани, що пояснюється масою переваг останніх.

#### *Балансувальні клапани.*

Балансувальні клапани – це дроселюючі пристрої, призначені для монтажного регулювання системи водяного опалення з метою забезпечення в ній розрахункового розподілу потоку теплоносія (рис 4.4). Вони здійснюють гідравлічне балансування опалювальної системи, регулюють витрати теплоносія, вимірюють перепади тиску і температуру теплоносія, а також виконують функцію засувки. В деякі моделі балансувальних клапанів вбудовано пристрій для дренажу опалювальної системи при зливів теплоносія.

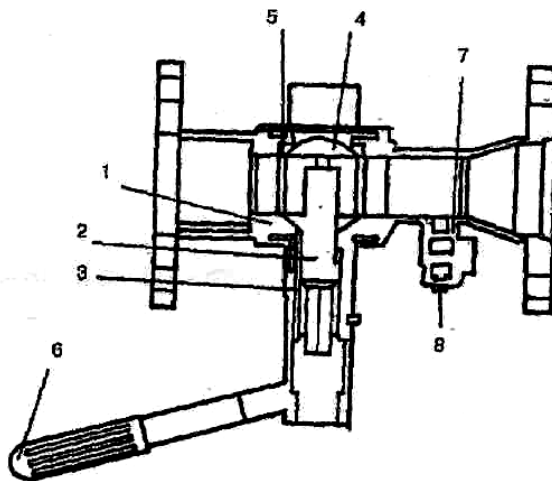


Рисунок 4.4 – Балансувальний клапан:

1 – корпус; 2 – шток регулювальний; 3,7– кільцеві ущільнення;  
4 – вілсічна куля; 5 – сідло кулі; 6 – рукоятка; 8 – вимірювально-дрінажний патрубок

Балансувальний клапан являє собою дроселюючу шайбу змінного перерізу. У центрі клапана знаходиться кульовий кран з прохідним отвором. Одна зі сторін отвору утворена торцем регулюючого гвинта, що дозволяє регулювати перетин потоку. На зовнішню сторону гвинта нанесена шкала попереднього налаштування. У середині кульового крана є регулювальний шток зі шкалою, яка показує встановлену настройку. Положення регулювального штока щодо кульового крана не залежить від положення

останнього. Таким чином, настройка опалювальної системи за допомогою балансувальних клапанів здійснюється незалежно від того, закритий або відкритий кульовий кран. Вимірювання температури і витрати теплоносія відбувається за допомогою спеціального вимірювального патрубку з щупом, що вводиться безпосередньо в потік теплоносія.

Балансувальні клапани випускають з муфтовими нарізним, фланцевим, звареним і комбінованим з'єднанням. На відміну від термостата, балансувальний клапан може бути встановлений в будь-якому положенні, однак нижнє розташування вимірювального входу зручніше в експлуатації. Потік через клапан повинен йти в напрямку, зазначеному на його корпусі.

#### *Шарові крани.*

У всьому цивілізованому світі в системах опалення, а також гарячого і холодного водопостачання запірні вентиля змінили більш зручні в експлуатації кульові крани (рис. 4.5). Запірний кульовий кран слід використовувати для зупинки потоку, а не для регулювання. Завдяки простоті внутрішнього улаштування кульові крани є найбільш досконалим і довговічним видом запірно-регулюючої арматури.

Кульовий кран являє собою корпус, усередині якого знаходиться закладена в обойму тефлоновим кілець куля з циліндричним отвором. За допомогою штока з рукояткою у формі важеля або метелика здійснюється обертання кулі навколо своєї осі. Важливим елементом кульового крана є сальник штока, який може бути розбірним або нерозбірним.

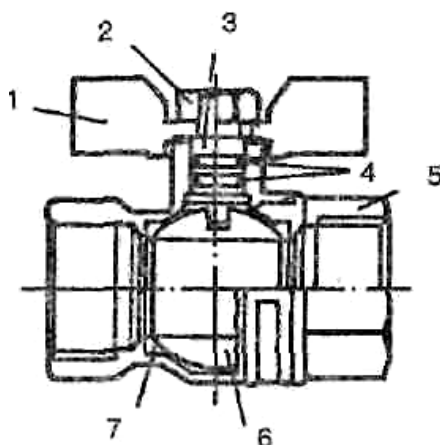


Рисунок 4.5 – Кульовий кран:

- 1 – ручка; 2 – гайка, яка фіксує ручку на штоку; 3 – шток;  
4 – ущільнювальні кільця; 5 – корпус крана; 6 – кульовий затвор;  
7 – ущільнювальні тефлонові кільця

За пропускної здатності кульові крани діляться на:

- неповнопрохідні (з величиною проходу в 40–50 %);
- стандартні (з величиною проходу в 70–80 %);
- повнопрохідні (з величиною проходу в 90–100 %).

Величина проходу кульового крана визначається відношенням площі перетину отвору в кулі крана до площі перетину підвідного трубопроводу. В цілому, пропускна здатність кульових кранів вище, ніж у вентилів. Пропускна здатність навіть непівнопрохідного кульового крана вдвічі більше, ніж у традиційного вентиля, а його установка призводить до зниження тиску в традиційній системі опалення.

В опалювальних системах з природною циркуляцією води необхідно встановлювати тільки повнопрохідні кульові крани!

Так як кульові крани мають тільки два положення, «відкрито» і «закрито», і не припускають проміжних варіантів, їх не рекомендують встановлювати на підводках до опалювальних приладів.

Виготовляють кульові крани з кольорових і чорних металів. Арматуру з кольорових металів (латуні, бронзи, кольорових сплавів) в більшості випадків приєднують до трубопроводів за допомогою муфтового з'єднання (на різьбе). Її широко використовують в системах опалення.

*Розміщення запірно-регулюючої арматури.*

Ручну запірно-регулюючу арматуру систем центрального опалення поділяють на муфтову і фланцеву.

Муфтову арматуру (з внутрішнім різьбленням на кінцях для з'єднання з трубами) встановлюють на трубах малого діаметра (<40 мм), фланцеву арматуру (з фланцями на кінцях) – на трубах великого діаметра (>50 мм).

Арматура на підводках до приладів систем водяного опалення різна: при двотрубних стояках застосовують крани, що мають підвищений гідравлічний опір, при однострубних стояках – зниженим опором протіканню теплоносія. У першому випадку підвищення гідравлічного опору кранів робиться для рівномірності розподілу теплоносія води по опалювальних приладах. У другому зниження опору сприяє затіканню в прилади більшої кількості води, що підвищує середню температуру теплоносія в них і, отже, забезпечує зменшення їх площі.

Регулюючу арматуру на підводках до приладів встановлюють не завжди. Її не застосовують у допоміжних приміщеннях і в сходових клітинах будівель, поблизу воріт і завантажувальних отворів, люків та інших місць, небезпечних щодо замерзання води в трубах і приладах. Арматура у приладів для експлуатаційного регулювання не потрібна, якщо передбачено регулювання температури повітря.

Арматура на стояках призначена для повного відключення окремих стояків, якщо потрібно проводити ремонтні та інші види робіт під час опалювального сезону. Арматуру для тих же цілей поміщають на початку і кінці кожної гілки горизонтальних систем опалення.

Арматуру на стояках малоповерхових (1–3 поверхи) будівель встановлювати недоцільно. Тут простіше передбачати можливість відключення арматурою порівняно невеликої частини системи опалення (наприклад, уздовж

одного фасаду будівлі). На стояках сходових клітин арматуру застосовують незалежно від числа поверхів.

У багатоповерхових будівлях на стояках систем опалення встановлюють запорні крани і вентиля. Прокідні крани використовують при температурі теплоносія води до 105 °С і невеликому гідростатичному тиску в системі. У високих будівлях при гідростатичному тиску, що перевищує 0,6 МПа в нижній частині стояків, прохідні крани замінюють міцнішими і надійнішими в роботі вентилями. Вентилі також передбачають на стояках при інших теплоносіях - високотемпературній воді і парі.

У системах опалення слід передбачати пристрої для їх спорожнення: в будинках з кількістю поверхів 4 і більше, в системах опалення з нижнім розведенням в будівлях 2 поверхи і більше і на сходових клітинах незалежно від поверховості будівлі. На кожному стояку слід передбачати запірну арматуру зі штуцерами для приєднання шлангів.

Арматуру і дренажні пристрої, як правило, не слід розміщувати в підпільних каналах.

При паровому опаленні іноді (при значному протязі систем) на конденсатних трубах віддалених стояків передбачають установку спускних вентилів для «продувки» системи, тобто для швидкого видалення повітря з неї під час пуску пара.

Арматура на магістралях необхідна для відключення окремих частин системи опалення. В якості такої арматури використовують муфтові прохідні крани і вентиля, а також фланцеві засувки на трубах великого діаметра (більше 50 мм). У знижених місцях на магістралях встановлюють спускні крани. У підвищених місцях водяних магістралей - повітряні крани і збірники повітря.

#### *Теплопроводи систем опалення.*

Теплопроводи – це сукупність труб, які використовуються для подачі теплоносія в опалювальні прилади, а також для виведення охолодженого теплоносія з них.

Трубопроводи систем опалення слід проектувати із сталевих, мідних, латунних труб, термостійких труб з полімерних матеріалів (в тому числі металополімерних і зі склопластику), дозволених до застосування в будівництві. У комплекті з пластмасовими трубами слід застосовувати з'єднальні деталі і вироби, що відповідають застосовуваному типу труб.

Труби з полімерних матеріалів, що застосовуються в системах опалення сумісно з металевими трубами або з приладами та обладнанням, в тому числі в зовнішніх системах теплопостачання, що мають обмеження за змістом розчиненого кисню в теплоносії, повинні мати антидифузійний шар.

#### *Сталеві труби.*

Труби для систем водяного опалення виготовляють з м'якої вуглецевої сталі. Вибір такого матеріалу не випадковий, так як сталь має одночасно високу міцність і пластичність, що дозволяє її згинати, різати і виконувати інші



операції, що полегшують монтаж опалювальної системи. У водяній системі опалення можуть застосовуватися водогазопровідні труби (ДСТУ 8936:2019). Це чорні (неоцинковані) сталеві труби. За товщиною стінок вони поділяються на три види: легкі, звичайні, посилені. Сталеві електрозварні (ДСТУ 8943:2019) і безшовні суцільнотягнені труби випускають зі стінками різної товщини, тому в умовному позначенні слід вказувати зовнішній діаметр і товщину стінки, наприклад 76мм × 3 мм. Найбільш застосовані для систем опалення звичайні і легкі труби.

У сталевих труб висока теплопровідність – 74 Вт/(м·К), що є гарною якістю для трубопроводів, що несуть нагріту воду. Навпаки, в умовах транспортування холодної води висока теплопровідність сталі – недолік, так як сталеві труби «пітніють», покриваються зовні іржаю і намокають, в результаті чого руйнуються прилеглі до труб будівельні конструкції. Щоб уникнути руйнування стін, на сталеві труби рекомендують надягати спеціальні ізоляційні трубки зі спіненого поліетилену або каучуку. Крім високої теплопровідності, сталь володіє низьким температурним коефіцієнтом лінійного розширення, відповідним температурному коефіцієнту розширення бетону, що є важливим фактором при закладенні сталевих труб в бетон.

Головний недолік сталевих труб – мала стійкість перед корозією. Іржа не тільки повільно і вірно руйнує сталеві труби, але також оказує негативний вплив на якість води і засмічує внутрішню порожнину труб, зменшуючи їхню пропускну здатність і погіршуючи роботу запірно-регулюючої арматури. Для уповільнення корозії використовують цинкове покриття, яке, однак, повністю не запобігає утворенню іржі. Термін служби сталевих труб в опалювальних системах становить приблизно 30–40 років. По закінченню цього терміну сталевий трубопровід доводиться замінювати мало не цілком, так як при ремонті старі труби буквально розвалюються в руках.

Другий мінус сталевих труб полягає в їх низькій пропускну здатності в порівнянні з мідними і пластиковими трубами того ж діаметру. Причина недостатньої пропускну здатності – в шорсткій внутрішній поверхні сталевих труб, що збільшує опір руху теплоносія. Зрозуміло, що з часом пропускну здатність труб зі сталі становиться все менше і менше, тому що на їх внутрішніх стінках осідають продукти корозії та інші відкладення.

Нарешті, монтаж сталевих теплопроводів – заняття не з легких. Для з'єднання сталевих труб зазвичай використовують спеціальні з'єднувальні деталі на різьбі. Для оцинкованих сталевих труб протипоказане зварювання, так як в місцях з'єднання труб цинкове покриття згорає, в результаті чого зварний стик стає найбільш вразливим місцем в системі.

#### *Підбір сталевих труб.*

У системах водяного опалення замських будинків використовують наступні види сталевих труб:

– водогазопровідні чорні (неоцинковані) зварні труби, отримані загином сталевих листа заданої величини з наступним зварюванням шва (за методом виготовлення дані труби називають ще «шовними»);

– електрозварні прямошовні труби;

– безшовні суцільнотягнені труби.

Сталеві труби випускають з різною товщиною стінок і з цього параметру ділять на легкі, звичайні і посилені. Діаметр (умовний прохід) сталевих труб становить від 8 до 150 мм. У системах водяного опалення, як правило, використовують легкі та звичайні труби з діаметром 15, 20 і 25 мм.

*Мідні труби.*

Про мідні труби знали вже стародавні єгиптяни, їх широко використовували римляни, а в XVII столітті мідь була одним з найбільш улюблених матеріалів для виробництва труб. Поява сталевих труб в середині 19 століття помітно потіснила мідні трубопроводи. У сучасному варіанті мідні труби стали використовувати в будівництві в першій чверті XX століття, досягнувши піку популярності в 70-ті роки століття.

Мідь є чудовим матеріалом для створення теплопроводів водяного опалення, а також холодного і гарячого водопостачання, що обумовлено її відмінними фізичними та механічними властивостями: добра тепло- і електропровідністю (в 5 разів більше, ніж у сталі); висока стійкість до корозії; стійкість до окислення; стійкість до змін температури; стійкість до дії ультрафіолетових променів; бактерицидні властивості; велика пластичність.

Внутрішня поверхня стінок мідних труб абсолютно гладка (в 100 разів більш гладка, ніж у сталевих труб, і в 4–5 разів, ніж у пластикових), що гарантує високу пропускну здатність трубопроводів з міді. Завдяки антикорозійній стійкості пропускну здатність протягом усього терміну експлуатації мідних труб залишається незмінною. Проте, нерідко на внутрішню поверхню мідних труб методом окислення фосфором додатково наносять шар, що захищає метал від точкової корозії.

Іноді мідні труби мають зовнішнє полімерне (поліетиленове або ПВХ) покриття. Це не тільки данина моді і крок в напрямку поліпшення зовнішнього вигляду металевих труб, а й один із способів поліпшити їх властивості. Полімерне покриття зменшує втрати тепла при транспортуванні гарячої води, перешкоджає утворенню конденсату при транспортуванні холодної води, захищає метал від подряпин і іншого механічного пошкодження, а також знижує рівень шуму мідних труб.

Завдяки високій пластичності металу мідний трубопровід при замерзанні води, знаходиться в ньому, не тріскається, а лише злегка розширюється, а після відтаювання відновлюється до вихідного стану.

При нормальних умовах експлуатації термін служби мідних теплопроводів становить не менше 40 років. При цьому довговічність труб практично не залежить від тиску і температури теплоносія в мережі.

Використання мідних труб диктує певні вимоги до опалювальної системи в цілому. І перша з них – однорідність будівельних матеріалів. Це означає, що всі труби, з'єднувальні елементи і запірно-регулююча арматура повинні бути виконані з міді. Але це в ідеалі, на практиці ж нерідко виявляється так, що частина трубопроводу – сталева і лише деякі труби (зазвичай підводки) зроблені з міді. В цьому випадку необхідно дотримуватися таких правил:

1) не встановлювати сталеві оцинковані труби після мідних труб (у напрямку води), так як цинкове покриття почне інтенсивно руйнуватися;

2) не використовувати металевий стик міді і нелегованої оцинкованої сталі, так як виникаюча в даному випадку електрохімічна реакція сприяє прискореній корозії сталі.

Труби, фасонні деталі і з'єднання повинні витримувати без руйнування і втрати герметичності:

– пробний тиск води, що перевищує робочий тиск в системі опалення в 1,5 рази, але не менше 0,6 МПа, при постійній температурі води 95 °С;

– постійний тиск води, що дорівнює робочому тиску води в системі опалення, але не менше 0,4 МПа, при постійній розрахунковій температурі теплоносія, але не нижче 80 °С, протягом 25-ти річного розрахункового періоду експлуатації.

#### *Полімерні труби.*

Виробництво і використання пластикових труб почалося практично одночасно в декількох країнах Європи, в США і Японії. Час народження полімерів – початок 50-х років минулого століття. Перевага нового матеріалу перед металом була відзначена практично відразу, що пояснювалося унікальними властивостями полімерів і, в першу чергу, їх довговічністю в порівнянні зі сталлю. З моменту винаходу полімерів пройшли десятки років, і з тих пір вони зазнали істотних змін, знайшовши цілий ряд позитивних якостей, завдяки яким зайняли лідируюче становище в багатьох галузях сучасної промисловості, в тому числі у виробництві водогазопровідних труб.

Радянська промисловість також виробляла труби з полімерів, але їх кількість становила не більше 5 % в порівнянні з виробництвом сталевих труб. Непопулярність пластикових труб у будівельних організацій і індивідуальних забудовників пояснювалася низькою якістю вітчизняних полімерів. Зокрема, в будівництві намагалися використовувати поліпропіленові труби, які при негативних температурах ставали крихкими і тріскалися.

На даний момент полімерні труби є головним конкурентом металевих труб. У деяких європейських країнах (Швейцарії, Фінляндії, Німеччини) велика частина водяних, газових та опалювальних систем зібрана з пластикових труб. Найбільш популярним напрямком використання полімерних труб є підлогові системи опалення, де на їх частку приходиться близько 50 % всіх труб. Рідше труби з полімерів зустрічаються в мережах водопостачання (більше 30 %) і радіаторного опалення (17,5 %). Загальна ж тенденція така, що використання пластикових труб буде незмінно рости.

Полімери – це органічні речовини, близькі за своєю хімічною будовою природним високомолекулярним речовинам, таким як деревина або шерсть.

Природа полімерів обумовлює основні переваги труб, виготовлених з цієї речовини:

- невелика щільність і, як наслідок, мала вага;
- еластичність;
- здатність приймати задану форму і «запам'ятовувати» її;
- міцність;

- невелика теплопровідність (стосовно до опалювальних систем це означає незначні тепловтрати при транспортуванні гарячого теплоносія);
- довговічність (термін служби пластикових труб в 3–5 разів більше металевих);
- висока пропускна здатність, обумовлена гладкою внутрішньою поповерхнею пластикових труб;
- відносна невелика вартість – вартість пластикового трубопроводу нижче вартості системи опалення із сталевих оцинкованих труб і приблизно така ж сама, як у системи з чорних (неоцинкованих) труб;
- легкість монтажних робіт;
- естетичність;
- легкість зчеплення з барвником.

Головний недолік полімерів і зроблених з них труб – старіння, властивий всім органічним речовин. Згодом полімерні труби втрачають міцність і еластичність, стають крихкими і розтріскуються. Швидкість старіння полімерів залежить від температури і тиску рідини, що транспортується. Негативний вплив на полімерні матеріали надають і ультрафіолетові промені. Старіння пластикових труб відбувається по всій масі, а не лише на поверхні, як у металевих труб. Тому рано чи пізно наступить момент, коли пластикові теплопроводи доведеться замінювати цілком, бо ремонту вони не піддаються, руйнуючись остаточно і назавжди.

До інших недоліків полімерних труб відносяться:

- зниження міцності при нагріванні,
- горючість;
- великий температурний коефіцієнт лінійного розширення.

При виробництві водогазопровідних труб використовують тільки термостійкі полімери, які при нагріванні переходять в в'язкий стан, а, охолоджуючись, тверднуть. Це поліетилен (PE), поліпропілен (PP), полівінілхлорид (PVC) і полібутен (PB).

*Поліетиленові труби.*

Перші поліетиленові труби вироблялися зі звичайного поліетилену і не відрізнялися довговічністю і використовувалися виключно для транспортування холодної води. Сьогодні поліетилен є найпопулярнішим матеріалом у виробництві труб для систем холодного водопостачання. Поліетиленові труби, призначені для холодного водопостачання і каналізації малоповерхових будівель, випускають у двох видах:

- 1 – труби ПНД (поліетилен низького тиску і високої щільності), розраховані на напругу в стінці труби не більше 1 МПа;
- 2 – труби ПВД (поліетилен високого тиску і низької щільності), розраховані на напругу в стінці труби не більше 2,5 МПа.

За ДСТУ Б В.2.7-151:2008, поліетиленові труби повинні мати зовнішній діаметр 10–1200 мм для ПВД і 10–160 мм для ПНД.

Крім зазначених труб, з поліетилену виробляють газопровідні труби, а також труби, призначені для газопроводів, що транспортують природні гази і повітряні суміші, що не містять ароматичних і хлорированих вуглеводнів.

З метою поліпшення фізико-технічних параметрів звичайного поліетилену вже в 80-х роках ХХ століття був винайдений молекулярно-зшитий поліетилен, який відрізнявся підвищеною стійкістю до високих і низьких температур, ультрафіолетових випромінювань і механічних навантажень, зберігаючи властиву простому поліетилену гнучкість. Труби із зшитого поліетилену не втрачали своєї міцності при нагріванні води до 95 °С, що дозволило їх використовувати не тільки для холодного, але і для гарячого водопостачання та опалення.

Зшивання поліетилену здійснюється трьома способами:

- 1) пероксидним (з використанням соляного розчину при температурі 200 °С);
- 2) силанового (з пароводяним процесом утворення молекулярних зв'язків)
- 3) радіаційним.

Завдяки зшиванню властивості вихідного поліетилену істотно змінюються, причому характер змін безпосередньо залежить від способу зшивання. На даний момент водогазопровідні труби із зшитого поліетилену становлять більше половини всіх пластикових труб, які використовуються в системах підлогового і радіаторного опалення. Причина – в здатності трубопроводів з молекулярно-зшитого поліетилену витримувати температуру 95 °С при тиску 1 МПа.

Діаметр труб з молекулярно-зшитого поліетилену зазвичай не перевищує 32 мм, що пояснюється дорожнечою труб великих діаметрів. Маркують вироби з цього матеріалу буквами РЕ-Х або РЕХ, де Х вказує на те, що полімер «зшитий». У маркуванні відображають і спосіб отримання зшитого поліетилену: РЕХа – поліетилен, зшитий пероксидним способом, РЕХб – поліетилен, зшитий силановим способом, РЕХз – поліетилен, зшитий радіаційним способом.

Інший різновид поліетилену – лінійний поліетилен LPE. Стійкі до високих температур труби LPE виробляють з сополімеру з октенем. Вони надходять у продаж в 2-х видах:

- з номінальним тиском PN 12,5 і PN 20 (з антидіффузним захисним шаром) для радіаторного і підплогового опалення;
- з номінальним тиском PN 20 (без антидіффузного захисту) для внутрішнього гарячого та холодного водопостачання.

Труби LPE з PN 12,5 мають діаметр 12 × 2, 14 × 2 і 18 × 2 мм; труби LPE з PN 20 (з антидіффузним захистом) – 25 × 3,5 мм і труби LPE з PN 20 (без антидіффузної захисту) – 18 × 2,5 і 25 × 3,5 мм.

Ізопласт є поперечно зшитий поліетилен РЕХб. Це поліетилен високої щільності (0,950 г/см<sup>3</sup>), що має наступні особливості:

- підвищена стійкість до високих температур;
- підвищена стійкість до тиску (в трубах PN 20 тиск розриву доходить до 90 атм при температурі 200 °С);
- підвищена стійкість до технічних навантажень;
- низька киснепроникність.

З'єднувальні елементи виготовляють з латуні – фітинги для з'єднання труб між собою і з іншими частинами опалювальної системи. Поліетиленову трубу з фітингом можна з'єднувати одним з трьох способів:

- 1) цанговим (розбірним) з'єднанням з штуцером і розрізним кільцем;
- 2) цанговим (розбірним) з'єднанням без штуцера з розрізним кільцем;
- 3) напресовочним (нерозбірним) з'єднанням з цільною гільзою, що натягується пресом.

Ізопластові труби застосовують для мереж гарячого і холодного водопостачання, а також для високотемпературних опалювальних систем (в тому числі централізованих).

#### *Поліпропіленові труби.*

Поліпропіленові труби за своїми фізико–механічними властивостями дуже близькі до труб з молекулярно-зшитого поліетилену. Вони більш жорсткі, тому поліпропіленові труби важче монтувати, оскільки потрібна велика кількість з'єднувальних елементів. З іншого боку, поліпропілен можна зварювати, що значно здешевлює процес монтажу, але одночасно робить його більш трудомістким і залежним від кваліфікованої роботи монтажника. Під час зварювання труб і фітингів з поліпропілену неможна допускати сильного тиску, щоб уникнути його руйнування. Випускають поліпропіленові труби у вигляді мірних відрізків.

Для підлогового опалення та високотемпературних систем опалення поліпропіленові труби не застосовуються.

#### *Полівінілхлоридні труби.*

Полівінілхлоридні труби менш чутливі до ультрафіолетових випромінювань, тому їх нерідко використовують в улаштуванні відкритих водостічних систем. Ці труби негорючі, мають знижений коефіцієнт лінійного теплового розширення і підвищену хімічну стійкість, по-цьому їх також застосовують для створення технологічних трубопроводів. Труби з простого полівінілхлориду витримують температуру до 45 °С, а труби з хлорованого полівінілхлориду – до 95 °С.

Труби з полівінілхлориду не підходять для гарячого водопостачання, так як до складу полімеру входить шкідливі для людини речовини (зокрема, хлор).

#### *Полібутенові труб.и*

Полібутенові труби за своїми технічними характеристиками близькі до труб із зшитого поліетилену, перевершуючи його в теплостійкості. Вони легко витримують температуру в 70 °С (термін служби труб з полібутена в таких умовах досягає 50 років). Максимальна температура експлуатації полібутенових труб – 95 °С. Труби з полібутену еластичні, теплостійкі і стійкі до ультрафіолетових випромінювань. При цьому товщина стінок таких труб нижче, ніж у інших полімерних труб.

Полібутенові труби досить добре себе зарекомендували в системах опалення та гарячого водопостачання. Вони складають більшу частину пластикових труб, які використовуються в Англії і Німеччині. Полібутенові труби можна з'єднувати низькотемпературним зварюванням, що значно здешевлює монтажні роботи.

### *Металополімерні труби.*

У 70-х роках минулого століття на ринку будівельних матеріалів з'явилися пластикові труби нового покоління, які називалися «супертруби». Вони представляли собою багатошарові конструкції з алюмінієвої фольги, «облицьованої» з двох сторін поліетиленом. Труби витримують температуру теплоносія в 95 °С і тиск до 1 МПа.

Металополімерні труби (МПТ) об'єднують в собі переваги відразу двох матеріалів – полімеру (звичайний або молекулярно-зшитий поліетилен) і металу. Від пластикових труб МПТ успадкували:

- малу вагу (двометрова бухта діаметром 16 мм важить всього 20 кг),
- пластичність;
- корозійну стійкість;
- стійкість до агресивних середовищ;
- тепло- і звукоізоляцію;
- високу пропускну здатність завдяки гладкому внутрішньому шару;
- довговічність: термін служби МПТ в нормальних умовах експлуатації досягає 50 років.

Завдяки металевому шару МПТ витримують більш високий тиск і температуру середовища, що транспортується, а також відрізняються газонепроникністю (антідиффузністю), що особливо важливо для опалювальних систем. Метал приймає на себе основне навантаження, температурне і утворене тиском середовища, що транспортується. І хоча завдяки металевому сердечнику міцність на розрив у МПТ в 1,5–1,7 рази вище, ніж у полімерних труб, при різких перепадах вона різко падає через десятикратного відмінності коефіцієнтів лінійного розширення металу і полімеру. В результаті МПТ розшаровується. Величина міцності композиційної труби залежить від товщини металевого шару і типу полімеру.

Крім перерахованих властивостей, металополімерні труби мають низький коефіцієнт лінійного теплового розширення, близький до мідного, що дозволяє стикувати їх зі сталевими трубами і металевими приладами.

## **4.3 Конструктивні особливості і режими роботи систем опалення**

Система опалення складається з теплогенератора і системи розподілу і передачі тепла. Разом вони формують опалювальний контур і забезпечують ефективний розподіл тепла в приміщеннях. Система центрального опалення є гарним прикладом для пояснення того, як працюють різні компоненти опалювальної системи.

### **Генерація тепла.**

Першим компонентом в системі центрального опалення є теплогенератор (котел). Для виробництва та використання тепла підходять також і інші технічні рішення. У всіх технічних засобах відбувається нагрів теплоносія, яким в системах центрального опалення є вода.

### **Розподіл тепла.**

Нагріта вода розподіляється від теплогенератора по системі трубопроводів в опалювальні приміщення. Вона розподіляється за допомогою двотрубною системою. В одну трубу подається нагріта вода, так звана «подача», «подаючий трубопровід», на радіатор. У разі підпільного опалення нагріта вода подається на обігрівальну поверхню. Інший трубопровід, який повертає охолоджену воду, який називається «зворотною лінією», «зворотний трубопровід» подає воду в центральний опалювальний котел

Передача тепла.

Центральне опалення передає тепло на радіатори або поверхню, що обігрівальна за допомогою системи розподілу тепла (наприклад, системи трубопроводів). Радіатори і поверхні, що обігриваються, нагріваються гарячою водою. У свою чергу, вони через свої поверхні передають тепло повітрю в приміщенні. Тому радіатори повинні мати таку конструкцію, яка полегшує циркуляцію повітря навколо радіатора. Повітря швидше нагрівається і піднімається над радіатором вгору до стелі. Потім воно охолоджується і опускається до підлоги. Так відбувається процес, в якому циркулює повітря, створюючи комфортну температуру в приміщенні.

Відбувається циркуляція теплоносія – генератор тепла (котел) нагріває теплоносії (воду), який передається по трубах до опалювальних приладів (радіаторів). Охолодий теплоносії повертається в котел, де знову нагрівається і спрямовується в подаючий трубопровід.

Ідентифікувати подаючий та зворотній трубопровід можливо за допомогою таких дій:

1. Колір гофри. При прокладанні труб системи опалення в підлозі для зменшення тепловтрат, виходячи з ДБН з будівництва труби загорнуті в ізоляційну гофру. На її колір слід звернути увагу, відповідно до загально прийнятих умовних позначень: червоний колір гофри означає, що подаючий трубопровід, а синій – те, що він зворотний. Іноді колір гофри однаковий або з якоїсь причини колір гофри не відповідає реальному стану речей.

2. Фільтр. Положення фільтра грубої очистки. У переважній більшості будинків на вводах опалення в кожен квартиру стоять фільтри грубої очистки. Але фільтри можуть встановлюватися на подаючий і на зворотний трубопровід. Якщо введення системи опалення в квартиру знаходиться на 1 поверсі та резервуар фільтра грубої очистки, де фільтрується теплоносії, спрямований вгору і намальована на фільтрі стрілочка вказує напрямок вгору це означає, що трубопровід зворотний. У тому випадку, якщо резервуар спрямований вниз і намальована на фільтрі стрілочка вказує вниз – подаючий трубопровід.

3. Визначити на дотик. Мабуть, найпростіший з методів визначення типу трубопроводу. Суть його в тому, що подаючий трубопровід априорі завжди гарячіший за зворотній. Найчастіше квартири або інші приміщення забирають з системи теплопостачання 3–8 °С. Тому доторкнувшись і порівнявши теплоту труб все стане на свої місця.

Класифікація.

Системи опалення можна розділити:



1. За типом джерела нагріву – газові, геотермальні, дров'яні, піролізні, мазутні, сонячні, вугільні, торф'яні, пелетні, електричні (кабельні) та ін.

2. За типом застосовуваних приладів – променисті, конвективно-променисті, конвективні.

3. По виду циркуляції теплоносія – з природною і штучною (механічною, з використанням насосів).

4. За радіусом дії – місцеві і центральні.

5. По режиму роботи – постійні, працюють протягом опалювального періоду та періодичні (в тому числі і акумуляційні) системи опалення.

6. За гідравлічним режимом – з постійним і змінним режимом.

7. По ходу руху теплоносія в магістральних трубопроводах – тупикові і попутні.

8. Для водяного опалення за способом розведення – з верхнім, нижнім, комбінованим, горизонтальним, вертикальним.

9. За способом приєднання приладів – однострубні, двотрубні.

Всі ці ознаки системи, в реальності, як правило, змішуються – наприклад, водяна система з нижнім розведенням, тупикова, зі змінною гідравлікою, з нагрівальними приладами – конвекторами, електрична – прямої дії і повітряна або водяна системи опалення.

Режим роботи системи опалення дуже мінливий, оскільки залежить від умов навколишнього середовища. Тому в системах опалення необхідно застосовувати засоби автоматики.

## **ЛЕКЦІЯ 5 УРАХУВАННЯ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ В ОПАЛЮВАЛЬНИХ СИСТЕМАХ**

### **5.1 Обладнання індивідуальних тепловиз пунктів**

У зв'язку з розвитком централізованого теплопостачання в містах зростає роль теплових пунктів, що є сполучною ланкою між тепловою мережею і споживачами теплоти. У теплових пунктах виконують розподіл теплоносія, а також контроль за роботою місцевих систем споживання води і тепловою мережею. Теплові пункти оснащені складним тепломеханічним і електротехнічним обладнанням, автоматичними пристроями з регулювання температури, тиску і витрати, контрольно-вимірювальними приладами.

Підвищення надійності устаткування, яке застосовується на теплових пунктах, раціональна організація його ремонту призводять до істотної економії експлуатаційних витрат і підвищення якості теплопостачання.

За допомогою теплового пункту здійснюється управління місцевими системами споживання (опаленням, гарячим водопостачанням, вентиляцією і кондиціонуванням повітря). У тепловому пункті проводиться зміна параметрів теплоносія (температури і тиску), підтримання сталості витрати теплоносія, облік витрат теплоти. Залежно від кількості підключених до теплового пункту

будівель прийнято розрізняти індивідуальні пункти (ІТП) і групові (центральні – ТРС або ЦТП).

Одним із завдань теплового пункту є трансформація параметрів теплоносія теплової мережі у параметри, необхідні для систем опалення та вентиляції. Для цього в місці приєднання зазначених систем до трубопроводів теплової мережі встановлюють за певними схемами різне обладнання. Розрізняють такі види приєднання систем опалення:

- 1) безпосереднє;
- 2) залежне;
- 3) незалежне.

Якщо параметри системи опалення збігаються з параметрами теплової мережі, то систему опалення приєднують до теплової мережі безпосередньо без установки проміжного пристрою. Наприклад, розрахункова температура приєднаної системи опалення дорівнює 150–70 °С. Цю ж розрахункову температуру має теплова мережа. Значення допустимого тиску визначається міцністю окремих елементів системи опалення. Найменшу міцністю мають нагрівальні прилади. Таку систему приєднують до теплової мережі безпосередньо, досить мати засувки на подвальному і зворотному трубопроводах систем опалення та відповідну контрольно - вимірювальну апаратуру.

Якщо для систем опалення потрібна нижча температура теплоносія, ніж в тепловій мережі, а тиск в точці приєднання нижче допустимого, застосовують залежне приєднання. Температура теплоносія знижується змішанням мережної води зі зворотною водою систем опалення. Для змішування застосовують водоструминні насоси (елеватори) або відцентрові насоси.

Найбільшого поширення в якості змішувального пристрою набув елеватор. Це пояснюється тим, що при застосуванні елеваторів внаслідок їх великого опору підвищується гідравлічна стійкість теплової мережі, крім того, елеватор є простим пристроєм, що не має рухомих частин, тому він надійний в експлуатації, має великий термін служби, витрати на його обслуговування мінімальні.

Якщо тиск в зворотному трубопроводі в тепловій мережі вище допустимого тиску для системи опалення, будівля має значну висоту або розташована на високому місці по відношенню до поруч розташованих будинків, то системи опалення приєднують за незалежною схемою. Згідно з нормами за незалежною схемою допускається приєднувати будівлі висотою 12 поверхів і більше.

Незалежна схема заснована на відділенні системи опалення від теплової мережі з допомогою теплообмінника, внаслідок цього тиск в тепловій мережі не може передаватися теплоносію системи опалення. Циркуляція теплоносія здійснюється за допомогою спеціально встановлених циркуляційних насосів.

Найбільшого поширення набули індивідуальні теплові пункти (ІТП). Основне обладнання теплових пунктів складається з елеваторів, відцентрових

насосів, теплообмінників, змішувачів, акумуляторів гарячого водопостачання, приладів контролю та обліку вироблення тепла й пристроїв для захисту від корозії і утворення відкладень накипу.

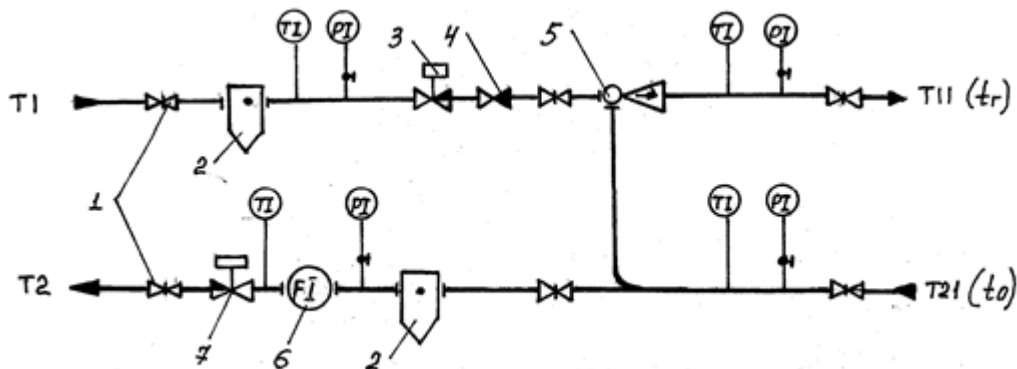


Рисунок 5.1 – Принципова схема ІТТ з водострумівним елеватором:  
 1 – засувка; 2 – грязьовик; 3 – регулятор тиску; 4 – зворотний клапан;  
 5 – водострумівний елеватор; 6 – витратомір; 7 – регулятор тиску

На сьогоднішній день існує система розрахунків населення за використану теплову енергію, теплоносії і побутову воду далеку від досконалої. Головні її недоліки полягають в тому, що населення вимушене оплачувати непродуктивні втрати при транспортуванні тепла і води, і не зацікавлене в скороченні їх споживання. Експлуатаційний персонал також не бачить стимулів до зниження непродуктивних втрат і підтримання в справному стані обладнання, в забезпеченні оптимального режиму роботи систем автоматичного регулювання подачі тепла на опалення і гаряче водопостачання. При відсутності єдності в системі розрахунків і приладового обліку спожитих енергоносіїв, споживач, навіть виконавши енергозберігаючі заходи, наприклад, додатково утеплити будівлю, все одно не зміг би компенсувати свої витрати за рахунок зниження сплати за тепло. Адже по існуючій системі він платить не стільки, скільки спожив, а стільки, скільки йому розрахували. Цю проблему можна вирішити шляхом установки вузла обліку і вести розрахунок, відштовхуючись від споживання, а не від джерела енергії. Споживач в цьому разі не буде оплачувати зі своєї кишені безгосподарність теплопостачальних і експлуатуючих організацій. Це дозволить організації, що експлуатує інженерні системи будівлі, фіксувати споживання будівлею теплової енергії і води і управляти цим споживанням на оптимальному рівні, а проводячи енергозберігаючі заходи, відстежувати їх ефективність. В результаті з'явиться реальна можливість економії. Облік теплової енергії може бути здійснений шляхом встановлення приладу обліку в тепловому пункті.

## 5.2 Засувки, грязьовики та фільтри, елеватори, термометри та манометри

*Засувка* – це трубна арматура, в якій запірна деталь рухається під прямим кутом до напрямку руху середовища в трубопроводі. Використовуються переважно для повного перекриття та відкриття потоку, рідко – для його регулювання. Сферою їх застосування є трубопроводи різного господарського призначення, діаметром від 15 мм до 2 м, з робочим тиском в системі  $p \leq 25$  атм і  $T \leq 560$  °С.

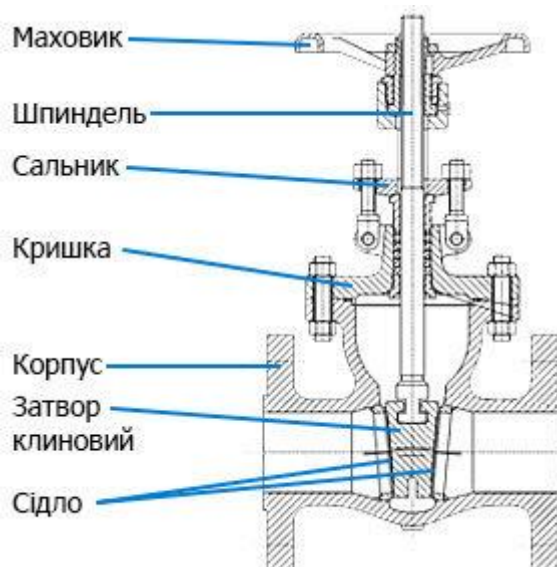


Рисунок 5.2 – Принципова схема засувки

Розмір засувки зазвичай відповідає перетину трубопроводу. В її корпусі є два внутрішні сідла, всередину корпусу через кришку поміщений затвор, приєднаний до шпинделя. Шпindel в свою чергу з'єднаний з ходовою гайкою. При обертанні одного з них (вручну за штурвальне колесо, або за допомогою електроприводу) відбувається переміщення затвору для перекриття/відкриття потоку.

Основною відмінністю (перевагою) засувки є її низький гідравлічний опір, що особливо цінно стосовно до магістральних трубопроводів, де важливі низькі енергетичні втрати при прокачуванні рідин і газів на значні відстані.

До мінусів даного пристрою відносять: значну будівельну висоту (за рахунок висувного шпинделя); великий необхідний час на закривання і відкриття; зношуваність елементів ущільнювачів в процесі експлуатації; небезпека заклинювання при забрудненні, низьких робочих температурах.

За типом затвору засувки бувають:

- 1) клинові (сідла розташовуються під кутом один до іншого, затвор – клиновидний);
  - засувка клинова з жорстким клином (її варіант — засувка з гумовим клином);
  - дводискові (клінкетна засувка);
  - з пружним клином;



Рисунок 5.3 – Види засувок

2) паралельні (сідла – паралельно розташовані, замикаючі диски затвору – теж);

3) шиберні засувки (тип з єдиним замикаючим диском, в т. ч. засувка шиберна з електроприводом);

4) шлангова – замикання потоку відбувається шляхом перетискання затвором гнучкого гумового шланга.

За способом виготовлення і матеріалом засувки бувають:

– литі (засувка чавунна, з алюмінієвого, сталевих литва);

– сталеві штамповано-зварні.

*Грязьовик* опалювальної системи – не що інше, як фільтр, який пропускає воду і очищає її від сторонніх часток. У промисловості і побуті застосовується 2 типа конструкцій уловлювачів:

1) магнітний грязьовик – складається з сітки попереднього очищення та магніту для ретельного уловлювання металевих частинок. Для магнітного пристрою характерна якісне очищення потоку води, збереження параметрів тиску в системі, уловлювання найменших металовмісних частинок;

2) грязьовик сітчастий (фільтр для грубого очищення) – найбільш поширена конструкція уловлювачів. Пристрій відрізняється невисокою вартістю і непоганою якістю очищення. Цей невід’ємний елемент системи опалення конструктивно складається з корпусу у вигляді відрізка труби, пробки і фільтруючої сітки.

Останній тип фільтрів необхідно періодично обслуговувати – знімати і промивати сітку, при цьому сам уловлювач демонтувати немає необхідності.

Існує кілька різновидів сітчастих різьбових грязьовиків, які відрізняються типом очищення фільтрів: непромивні; промивні; само промивні.

За способом монтажу уловлювачі грубого очищення води поділяються на 3 види: зварні; на різьбі; фланцеві.

Фільтри оснащуються очисною сіткою різних розмірів (до 500 мк), що визначає якість і ступінь очищення теплоносія. Ефективність роботи пристрою такого типу залежить від коливань тиску в трубопроводі. У разі динамічних стрибків і постійних перепадів гідросупротиву в системі існує ймовірність продавлювання через фільтр відкладень. Визначити забруднення грязьовика можна візуально або за допомогою демонтажу очисного пристрою.

Грязьовий фільтр для опалювальної системи може встановлюватись вертикально (централізовані теплові пункти) або горизонтально (в побуті), а при однаковій продуктивності може відрізнятись розмірами. В залежності від місця установки, фільтр грязьовик може мати умовний діаметр в діапазоні 20–1000 мм, використовуватись в температурному інтервалі теплоносія +100–150 °С, при параметрах тиску від 4 до 16 атмосфер.

*Елеватор.* Раніше для підключення системи опалення до централізованих мереж теплопостачання застосовувався водоструменений насос (елеваторний вузол) в якому забезпечувалась зміна співвідношення витрат суміші: гарячої води з теплової мережі та зворотної від системи опалення будинку. Тобто елеватори необхідні для того, щоб охолоджувати гарячу воду, яка надходить від ТЕЦ (котельні), до потрібної температури, а потім подавати її в системи опалення житлових будинків. Зниження температури в цьому пристрої відбувається шляхом змішування «гарячої» води подаючого теплопроводу і «охолодженої» води зворотного теплопроводу.

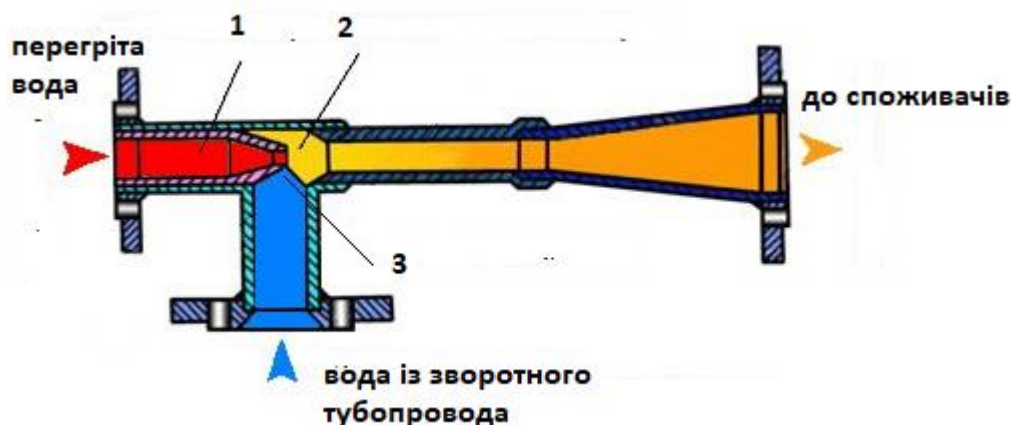


Рисунок 5.4 – Принципова схема елеватора:

1 – сопло елеватора; 2 – змішувальна камера; 3 – зона розрядження

Переваги, якими володіє елеваторна система опалення: простота конструкції; висока ефективність; не потрібне підключення до електричного струму.

Недоліки: потрібен точний і якісний розрахунок і підбір елеватора опалення; немає можливостей регулювати температуру на виході; має бути дотримана перепад тиску між подачею і обратку в районі 0,8–2 бар.

У наш час такі елементи отримали величезне поширення в господарстві теплових мереж. Це обумовлюється їх перевагами, такими як стійкість до зміни гідравлічних і температурних режимів. До того ж вони не вимагають постійної присутності людини.

На сьогоднішній день виробники реалізують елеватори, які здатні завдяки електричному приводу виконувати регулювання сопла. При цьому є можливість виконувати регулювання витрати теплоносія в автоматичному режимі. Але варто також відзначити, що таке обладнання поки не відрізняється високим ступенем надійності.

Термометр для опалення Термометр в системі опалення використовується для установки, вимірювання та регулювання температури. Відсутність «градусного» контролю нерідко призводить до поломки. Порушення найчастіше пов'язані з нетроїнням режиму.

Термометр, іноді датчик температури, виконує дві функції: Відображає показання робочої температури теплоносія всередині котла або системи опалення. Сучасні котли спираються в своїй роботі на автоматику, а вона – на роботу вимірювальних датчиків, в тому числі датчика температури. Завдяки злагодженій взаємодії між собою автоматики і датчиків не потрібно постійно ходити до котла і регулювати його з метою забезпечення потрібного температурного режиму.

Розрізняють два види термометрів: занурювальні і дистанційні.

Занурювальні термометри Призначаються для знімання відомостей про температуру теплоносія. Їх встановлюють на якихось сегментах системи або на самих котлах. Залежно від робочого матеріалу розрізняють біметалічні і спиртові пристрою

Біметалічні. Термометр даного типу складається з металевої пластини, для виготовлення якої використовувалося два різних металу, і стрілки-індикатора зі шкалою. В основі роботи лежить різниця коефіцієнтів температурного лінійного розширення, через що при подачі тепла один з металів деформується і тисне на стрілку індикатора, яка і покаже на шкалі значення температури. Незважаючи на нехитру схему роботи і просту конструкцію даний тип термометрів забезпечує точні дані. Їх єдиний недолік – інертність. Якщо температура теплоносія всередині котла або в системі різко зміниться, відомо про це стане не відразу, а через невеликий проміжок часу.

Біметалічні термометри, в свою чергу, діляться на осьові і радіальні. Відмінність між виробами двох даних типів полягає в розташуванні осі циферблата. Ось у радіального термометра паралельна датчику, а у осьового – перпендикулярна

Дистанційні датчики Їх розміщують за межами системи опалення. Незважаючи на це, їх підключають або безпосередньо до котла, або до программатору, який відповідає за регулювання параметрів роботи системи. Останнім часом набрали популярність бездротові датчики. Вони за допомогою допоміжної електроніки передають показники температури теплоносія на автоматику, завдяки чому їх монтують у тому місці, де зручно.

У схемі системи опалення з примусовою циркуляцією датчики тиску (*манометри*) відображають рівень розширення теплоносія від нагрівання.

Датчики тиску бувають двох видів: пружинні і електроконтактні.

Пружинні. Роль чутливого елемента виконує трубка круглого або овального перерізу. Видимі переваги датчиків даного типу – висока надійність роботи і розумна ціна. Для монтажу датчика даного типу особливих навичок не потрібно.

Електроконтактні. Модернізована версія датчиків пружинного типу. Крім стрілки, яка вказує основні показання, присутні дві додаткові, їх виставляють на нижній і верхній межах тиску. Коли стрілка показань досягає однієї з

додаткових, відбувається замикання контакту, і потім на керуючий пристрій відправляється електричний сигнал. Прилади даного типу доцільно встановлювати лише в автономних системах великих об'єктів.

### **5.3 Прилади обліку теплоспоживання та автоматизовані вузли приготування теплоносіїв систем опалення та гарячого водопостачання**

Найбільш коштовна послуга – опалення існуючих багатоквартирних будинків, побудованих за раніше діючими теплотехнічними нормативами. В основному це стосується житлових будинків, побудованих до 2000 року, оскільки в більш нових будинках проблеми з комерційному обліку теплоспоживання, як правило, відсутні. Вони, відповідно до діючих норм, обладнані вузлами обліку загальнобудинкового теплоспоживання та системами поквартирного обліку і регулювання споживання теплової енергії. У старих будівлях подібні системи практично не застосовувалися. Винятком є оснащення їх вузлами загальнобудинкового обліку теплоспоживання. Протягом декількох останніх років, завдяки зусиллям державних і місцевих органів управління, установка загальнобудинкових лічильників теплової енергії набула масового поширення. За даними Мінрегіону близько 70% житлофонду обладнано загальнобудинковими лічильниками тепла.

Основним вузлом комерційного обліку теплоспоживання житлового будинку є саме загальнобудинковий теплолічильник. На підставі його свідчень і повинні здійснювати всі розрахунки за споживання теплової енергії співвласники квартир в багатоквартирному будинку. Законом визначено, що всі багатоквартирні будинки в країні повинні бути обладнані засобами загальнобудинкового обліку теплової енергії, тобто подібні вузли обліку повинні бути у всіх без винятку житлових будинках.

Слід зазначити, що сам факт устаткування житлового будинку загальнобудинкових засобом обліку теплоспоживання не є енергозберігаючим заходом. Він дозволяє і споживачеві, і постачальнику послуги з теплопостачання знати, яка кількість теплової енергії надійшло на опалення конкретного будинку за певний період (як правило – за місяць). Як-небудь вплинути в цьому випадку на скорочення теплоспоживання споживач не зможе. Все буде залежати від багатьох факторів: погодних умов, стану внутрішньобудинкових опалювальних мереж, різних форс-мажорних обставин тощо. Але більшою мірою – від сумлінності постачальника послуги з опалення будівлі. Адже його основна мета – якомога більше продати теплової енергії і якщо це буде превалювати в його стратегії, то він буде поставляти тепла набагато більше, ніж це необхідно для комфортного опалення будівлі. У більшості житлових будинків старої споруди для забезпечення циркуляції теплоносія у внутрішньобудинковій системі опалення використовуються гідроелеватори, які не дозволяють регулювати теплоспоживання будівлі. У таких випадках будівля прийме ту кількість теплової енергії, яку надасть теплопостачальна організація.



У більш вигідному становищі будуть знаходитися житлові будинки, де теплові пункти елеваторного типу замінені на сучасні індивідуальні пункти (ІТП) з погодним регулюванням. Індивідуальність їх в тому, що ІТП налаштовується на оптимальне споживання тепла кожного конкретного будинку, яке підтримується в автоматичному режимі і не дозволяє приймати надмірну кількість теплової енергії. Більш того, теплоспоживання регулюється через погодні умови: при похолоданні воно збільшується в об'ємі, необхідному для підтримки теплового комфорту в приміщеннях, а при потеплінні – так само адекватно зменшується. Як показує практика, заміна застарілих теплових пунктів на сучасні дозволяє економити близько 30 % теплової енергії, необхідної для опалення житлового будинку, а термін окупності такої заміни становить один – два опалювальні періоди.

Маючи дані про загальне теплоспоживання будівлі за певний період, необхідно далі розподілити його між конкретними споживачами (співвласниками квартир, орендарями нежитлових приміщень тощо). У Законі передбачається здійснювати це, виходячи з розміру опалювальної площі або кубатури приміщень, що належать тому чи іншому споживачеві. Як правило, виходячи з площі. Принцип розподілу з кубатури опалювальних приміщень доцільний при наявності в житловому будинку вбудовано-прибудованих приміщень нежитлового призначення (магазинів, офісів тощо), оскільки вони можуть відрізнятись висотою, і відповідно потребуватиме більшої кількості тепла на своє опалення, ніж житло.

Суть такого розподілу досить проста: знаючи загальнобудинкове теплоспоживання за певний період, опалювальну площу (кубатуру) всього будинку і площу кожного конкретного квартирновласника (орендаря), не складно розподілити між ними це теплоспоживання. При всій простоті такого розподілу виникають сумніви в його справедливості. Адже не секрет, що багато квартирновласників з метою поліпшення свого комфорту проживання збільшують кількість секцій в радіаторах, проводять опалення на балкони і лоджії, попередньо утеплівши їх. Подібні заходи призводять до розбалансування системи опалення. Більш того, вони спотворюють реальну картину теплоспоживання. Ті, хто здійснив такі «модернізації», стали споживати більше теплової енергії за рахунок своїх сусідів, а платити як всі – за усередненими показниками за квадратний метр.

Крім того, що подібна система розподілу не відображає реального теплоспоживання кожним конкретним квартирновласником, вона залишає обмежені можливості впливу на його скорочення з боку споживачів. Реальним енергозберігаючим заходом, який вплине на скорочення витрат на опалення для всіх квартирновласників, мабуть, буде тільки модернізація внутрішньобудинкової системи опалення і перш за все – заміна застарілого теплопункту на сучасний ІТП. Без реалізації цього заходу будь-які зусилля по утепленню будинку, заміні вікон на енергоефективні тощо не принесуть жодних позитивних результатів. Хоча і утеплення, і заміна вікон значно поліпшать теплотехнічні характеристики будівлі, але застаріла система опалення не зможе відобразити це поліпшення. У квартирах буде набагато

тепліше, а платити за опалення доведеться в колишніх розмірах. Далеко не факт, що постачальник тепла зменшить його подачу в зв'язку з реалізацією подібних енергоефективних заходів, а вплинути на це у споживачів не буде технічної можливості. Тому спочатку слід модернізувати систему опалення з можливістю регулювання теплоспоживання будівлі, а потім здійснювати інші термомодернізаційні заходи.

Але повернемося до розподілу теплоспоживання між квартирновласниками житлового будинку. Як зазначалося вище, його складно сьогодні позиціонувати як справедливе. Справедливим воно буде в тому випадку, коли кожен квартирновласник знатиме скільки саме він спожив теплової енергії і мати можливість впливати на це теплоспоживання. Досягти подібного можливо завдяки організації поквартирного обліку і регулювання.

Забезпечити регулювання теплоспоживання в кожній квартирі просто – досить встановити на всіх опалювальних приладах (радіаторах) спеціальні терморегулятори. Ці пристрої дозволяють підтримувати заданий температурний режим в приміщенні, де вони встановлені. Завдяки цьому кожен споживач має можливість активно впливати на споживання тепла своєї квартири – задавати оптимальну температуру в різних приміщеннях, знижувати температуру у всіх приміщеннях на період відсутності в квартирі мешканців тощо. Іншими словами, у споживача з'являється дієвий інструмент впливу на споживання тепла, і перш за все, – в бік його скорочення, а, отже, і зменшення рахунків по оплаті за опалення. Але, щоб це стало реальністю, необхідно виконати наступний обов'язковий крок: організувати поквартирний облік теплопоспоживання.

Набагато простіше організувати поквартирний облік з використанням для цих цілей так званих приладів-розподільників теплоспоживання. Вони встановлюються на кожен опалювальний прилад в квартирі і показують, яку частку від загальнобудинкового теплоспоживання взяв на себе цей прилад опалення. Знаючи показання всіх приладів-розподільників та загальнобудинкове споживання тепла, не складно розподілити його між усіма квартирами будинку, тим більше що для цього розроблені спеціальні розрахункові комплекси, а показники можуть зчитуватися дистанційно. Подібні системи поквартирного обліку вже кілька десятиліть успішно застосовуються в ряді західних країн і показали свою високу ефективність і надійність. На жаль, такі системи поквартирного обліку теплоспоживання, не дивлячись на свою простоту і дешевизну, поки не отримали розвитку в нашій країні.

## ЛЕКЦІЯ 6 ПОВІТРЯНЕ ОПАЛЕННЯ ТА СУЧАСНІ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ

### 6.1 Розгляд місцевих повітряних систем опалення

Повітряне опалення – спосіб обігріву приміщення подачею в нього теплого повітря. На відмінну від водяного і парового опалення, теплоносієм є повітря.

На сьогоднішній день повітряне опалення займає провідне місце в країнах Європи та Америки з холодним чи помірним кліматом. Системи повітряного опалення широко використовуються для опалення житлових будинків, торгівельних, торгівельно-розважальних приміщень, офісних центрів, складів, виробничих приміщень та інше.

Чимале поширення і розвиток має повітряне опалення. Повітря в приміщенні нагрівається за допомогою калориферів, тепловентиляторів і т.п., або за рахунок використання надлишкового тепла, що виділяється при проведенні будь-яких технологічних процесів. Цей вид опалення, звичайно, найменш гігієнічний з усіх згаданих досі. Користуватися ним може бути доцільно при малих обсягах приміщень або наявності надлишку «відпрацьованого» тепла. Але частіше повітряне опалення використовується в комплексі з іншими його видами. Традиційно тепло для підігріву повітря отримують за допомогою його підігріву струмом, гарячою водою або використовуючи інші «вторинні» джерела енергії. Отримали поширення газові теплоповітряні агрегати. Нагрівання повітря досягається за рахунок теплоти, що виділяється при згорянні природного газу, а продукти згоряння останнього викидаються назовні через димар.

Відзначимо, що повітряне опалення можна здійснювати і за допомогою центральних кондиціонерів, оснащених газовими пальниками для підігріву повітря, що подається зовні. У теплу пору року пальник відключається, кондиціонер охолоджує повітря. Комбіновані системи водяного опалення та кондиціонування повітря можна створювати, використовуючи центральні кондиціонери інших типів. Коли на вулиці дуже жарко, по трубах тече вода, яка охолоджується за допомогою чилера (холодильної машини), коли ж стає занадто холодно, замість холодильної машини включають котел і пускають в труби гарячу воду.

На відміну від системи водяного опалення, в якій для доставки тепла з котельні в опалювальні приміщення використовується проміжний теплоносій, повітряне опалення «посередників» не потребує. У повітряній системі немає опалювальних приладів, вона не боїться «розморожування» і витоків. Потoki теплого повітря дуже швидко підвищують температуру в будинку до оптимального значення. Якщо ж доповнити систему повітряного опалення обладнанням для вентиляції і кондиціонування, вона буде цілий рік підтримувати в приміщенні комфортний мікроклімат. Примусова система

вентиляції забезпечує в приміщенні невеликий надлишковий тиск (на відмінність від традиційних систем опалення, які не компенсують недолік повітря), завдяки чому в будинок не проникає пил з вулиці і не знижується кількість кисню.

Устаткування для повітряного опалення встановлюють в будинках будь-якої конструкції, як в нових, так і у реконструйованих. Його задіюють навіть у тому випадку, якщо в будинку спочатку існувала система водяного опалення. До складу пристрою для повітряного опалення входить різна апаратура, причому конфігурацію системи можна вдосконалювати поетапно, додавати нові модулі.

Щоб відносна вологість повітря в опалювальних приміщеннях складала 30–60 % (цей рівень є оптимальним для самопочуття людини), в комплекті з газовим повітрянагрівачем необхідно використовувати зволожувач. Систему повітряного опалення слід доповнювати повітряним фільтром, який очищує повітря від тютюнового диму, дрібнодисперсного пилу та інших частинок.

Зростання популярності систем повітряного опалення котеджів багато чому обумовлене їх економічністю. Наприклад, для невеликого житлового будинку (площею 100 м<sup>2</sup>), що має хорошу теплоізоляцію, для роботи газового повітрянагрівача протягом півроку при зовнішній розрахунковій температурі - 24 °С буде потрібно приблизно 2 200–3 000 м<sup>3</sup> природного газу. За весь опалювальний період при нинішніх цінах вказаний обсяг газу обійдеться домогосподарю в крупну суму (в залежності від виду газу). Якщо взимку в будинку живуть два-три дні на тиждень, а в інші дні опалення працює в економічному режимі, підтримуючи в приміщеннях температуру 4–6 °С, то кількість споживаного газу, а отже, і витрати на нього зменшаться майже вдвічі.

Однак всім видам конвективного опалення (повітряному, водяному і паровому) притаманний один спільний недолік – вони не здатні забезпечити рівномірний розподіл тепла по всьому об'єму опалювального приміщення. Як відомо, тепле повітря піднімається вгору, і під стелею приміщення замерзнути складніше, ніж в нижній його частині. Різниця температур не особливо істотна, якщо приміщення має висоту, скажімо, 2,5 м або 3,5 м. А ось використання "традиційних" систем опалення для обігріву приміщень висотою від 5–6 м і вище вже далеко не так ефективно. Раніше в таких випадках влаштовували різні комбіновані системи опалення, наприклад, повітряно-водяні. Цим вирішувалося завдання підтримки необхідної температури, але не забезпечувалася економія палива і електроенергії.

За місцем розміщення генератора тепла системи повітряного опалення поділяють на: *центральні (канальні)* і *місцеві (локальні)*.

При *центральної системи повітряного опалення* (рис. 6.1) нагріте повітря від теплогенератора, який може розміщуватися в вентиляційній камері, подається в приміщення по спеціальних каналах (повітропроводах).

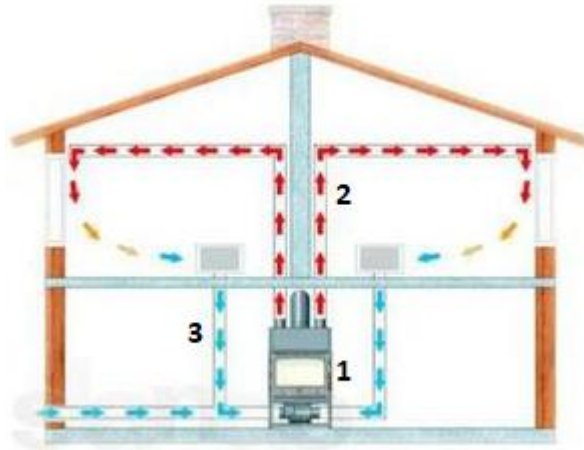


Рисунок 6.1 – Принципова схема повітряного опалення:

1 – теплогенератор; 2 – подача нагрітого повітря; 3 – відведення охолодженого повітря

При *локальному опаленні* окремих приміщень використовується місцеві системи на основі автономних теплогенераторів, кожний з яких подає тепле повітря безпосередньо в приміщення, в якому він розміщений. Повітрянагрівачі таких систем характеризуються меншими витратами теплого повітря і витрачають менше енергії для роботи вентилятора.

Крім того, така система підвищує ефективність опалення за рахунок раціонального зонального опалення: повітря нагрівається саме там, де це необхідно.

За характером повітрообміну системи повітряного опалення поділяються на *рециркуляційні* системи, системи з *частковою рециркуляцією* та *приточні* системи.

Системи повітряного опалення бувають *гравітаційні* і системи з *вимушеною вентиляцією*.

В гравітаційній системі повітря рухається за рахунок природної циркуляції, через різницю температур.

В системі вимушеної циркуляції використовується вентилятор з електропроводом для підвищення тиску повітря і розповсюдження його по повітропроводах по всьому приміщенні.

Система повітряного опалення складається з теплогенератора, системи повітропроводів і димоходу (для виведення продуктів згорання). Теплогенератор може встановлюватися в підвалі (котельні), на даху або в підсобному приміщенні. Вони можуть бути і мобільними і стаціонарними.

В камері згорання теплогенератора згорають рідке паливо або газ і в теплообміннику нагрівають повітря, яке подається вентилятором. Потім нагріте повітря по повітропроводах направляється в приміщення а продукти згорання виводяться в димохід.

Переваги системи повітряного опалення:

1) температурний режим весь рік. Систему повітряного опалення можна опційно доповнити кондиціонером, тобто без будь-яких додаткових витрат в каналну систему вбудовується охолоджувач повітря;

2) контроль вологості. Дана функція дозволяє підтримувати необхідну відносну вологість в приміщенні;

3) очищення повітря до 99,9 % за допомогою фільтрів і бактерицидних ламп;

4) вентиляція приміщень.;

5) економія енергоресурсів (завдяки автоматиці, яка при достатньому утепленні приміщенні працює в надеконічному режимі для підтримки заданої температури повітрянагрівач протягом доби включається 3–4 рази на 10–15 хвилин, зменшуючи витрати на опалення;

6) мала інерційність системи (дозволяє за 35–40 хвилин підняти температуру від  $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+22\text{ }^{\circ}\text{C}$ , далі включається автоматика);

7) відсутність високотемпературних приладів в приміщенні;

8) безпечність замерзання системи (через відсутність води);

9) довговічність і висока надійність системи.

Недоліком цієї системи порівняно з водяною є те, що теплоємність повітря в 4 000 разів менша за теплоємність води, відповідно для отримання тієї ж кількості тепла потрібна більша кількість нагрітого повітря. Це призводить до використання трубопроводів більшого діаметру, збільшення швидкості руху теплоносія (необхідність використання вентиляторів), а отже, і наявність звукоізоляції трубопроводів.

Ще одним недоліком системи повітряного опалення є переміщення в приміщеннях що опалюються великих об'ємів повітря. Це зменшує комфортність, призводить до значного руху пилу і сприяє рознесенню бактерій по всьому приміщенню.

## 6.2 Системи опалення з рециркуляцією та без рециркуляції

Найбільш прості у використанні і економні *рециркуляційні* системи повітряного опалення працюють без притоку зовнішнього повітря на основі внутрішнього повітря приміщення. Такі системи можуть бути каналними і безканалними.

*Рециркуляційні* системи бувають тільки опалювальними, вони не виконують функції вентиляції. Область використання таких систем обмежена: їх не можна використовувати в приміщеннях, для внутрішнього повітря якого характерна висока концентрація шкідливих, пожежо- і вибухонебезпечних речовин.

Система з *частковою рециркуляцією* використовується для опалення приміщень і з притоком зовнішнього повітря і для опалення внутрішнього. Відношення проточного і рециркуляційного повітря в приміщенні може змінюватися залежно від технологічних чи санітарних потреб. При цьому необхідно передбачити систему витяжних вентиляцій, що забезпечить видалення зайвого повітря

До недоліку цієї системи можна віднести тепловтрати з повітрям, яке видаляється. Для зниження цих втрат використовуються спеціальні рекуператори тепла, як правило, на основі пластинчастих теплообмінників: повітря що видаляється віддає тепло приточному, підвищуючи при цьому енергоефективність системи.

### 6.3 Змішування зовнішнього та внутрішнього повітря

Змішування зовнішнього та внутрішнього повітря відбувається у змішувальній камері. У камеру для змішування потрапляє повітря з житла і частина зовнішнього повітря, де вони змішуються. Це необхідно для свіжості повітря в приміщенні. Прогріте повітря розподіляється в будинку через решітки, розташовані по периметру будівлі в місцях найбільших тепловтрат, тобто біля дверних і віконних прорізів.



Рисунок 6.2 – Зовнішній вигляд змішувальної камери

Камера призначена для змішування припливного і рециркуляційного потоків повітря. Для підтримки бажаної температури повітря круглий рік шляхом плавного підмішування рециркуляційного повітря в припливне. Камера змішування забезпечує економію теплової енергії протягом всього року.

Камера складається з двох паралельних заслінок, що працюють в протифазі, і однією поперечною заслінкою, яка дозволяє здійснювати підмішування повітря. Корпус камери виготовляється з оцинкованого сталевих листа. Поворотні пластини заслінок виготовляються з алюмінієвого профілю.

Герметичність досягається за рахунок гумового ущільнювача, встановленого на кожній поворотній пластині. Повертання пластин здійснюється за допомогою зубчастої передачі.

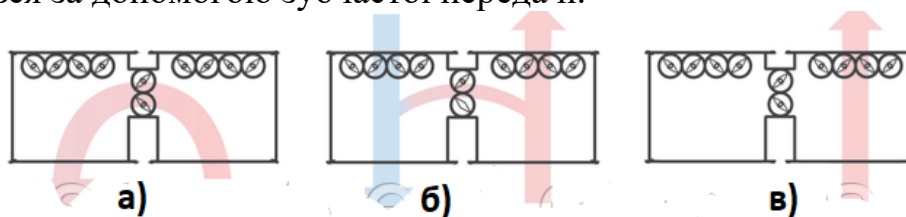


Рисунок 6.3 – Типи рециркуляції:

а – 100 % рециркуляції; б – процес змішування; в – 100 % свіжого повітря

## 6.4 Панельно-променисте опалення

Променисте опалення являє собою одну з найсучасніших систем обігріву приміщень. Принцип її дії полягає в нагріванні предметів потоком променевої енергії, яку переносять електромагнітними хвилями інфрачервоного діапазону. Далі тепло, що виходить від цих предметів, нагріває повітря

*Системи інфрачервоного опалення.*

Як відомо найефективніший і природний обігрівач на Землі – це наше Сонце, яке інфрачервоними променями обігріває Землю. Від прогрітої Землі в свою чергу прогрівається повітря і ми отримуємо комфортні умови для нашої життєдіяльності.

Проблема обігріву приміщень великої висоти успішно вирішується шляхом створення систем променевого опалення, тобто опалення за допомогою інфрачервоних променів. Це спосіб відомий давно, але не отримував досі розповсюдження через низьку ефективність і дорожнечу такого способу. Був час, застосовували «світлі» інфрачервоні випромінювачі, робота яких супроводжувалась низкою складнощів. «Світлі» газові випромінювачі (пальники інфрачервоного випромінювання) можна відшукати і зараз, але слід мати на увазі, що вони генерують короткохвильове інфрачервоне випромінювання, і дозвіл на їх використання для обігріву приміщень з постійним перебуванням людей можна і не отримати.

На Заході вже років тридцять користуються «темними» інфрачервоними випромінювачами, що випускають «м'яке» довгохвильове випромінювання, яке позитивно впливає на людей і тварин. Інфрачервоні промені називають «променями життя». Вони необхідні для життєдіяльності людини, тому що дають енергію атомам, з яких складається людське тіло.

Встановлено, що вже при висоті приміщення 6 м за рахунок застосування променевого опалення поточні витрати на обігрів можна знизити вдвічі. З збільшенням висоти стель економія стає все більш вражаючою. Суттєвий плюс променистого обігріву полягає в тому, що існує можливість опалення окремих ділянок приміщення, якщо немає необхідності опалювати його цілком. Розрахувати необхідну потужність приладів інфрачервоного обігріву складніше, ніж потужність звичайного водогрійного котла, оскільки дуже багато що залежить від конфігурації приміщень. Крім того, необхідно приймати до уваги всі вищезазначені чинники. 1 кВт потужності «променистої» системи дає можливість обігріти не менше 11–12 м<sup>2</sup>.

При використанні конвективного опалення в першу чергу нагрівається повітря приміщення, а потім вже предмети і живі істоти, які перебувають в ньому. При використанні променистого опалення все навпаки: нагріті предмети віддають тепло навколишньому повітрю. Має місце ефект «гірського сонця», коли навіть при низьких температурах людина відчуває тепловий комфорт.



Для променистого опалення можна використовувати прилади, що працюють на природному або зрідженому газі, або прилади, що живляться від електричної мережі. Їх зазвичай підвішують під стелею приміщення, рідшедесь між стелею і підлогою, іноді на верхніх частинах стін.

*Газові інфрачервоні обігрівачі* являють собою труби, виконані з жаростійкої сталі, і покриті зовні спеціальним покриттям з високим ступенем чорноти. З одного боку труби знаходиться пальник, а з іншого – витяжний вентилятор, який приводить до руху продукти згоряння газу. Гарячі гази рухаються всередині випромінюючої труби, віддаючи їй тепло, а потім викидаються назовні. Зовні відбувається забір повітря, необхідного для спалювання палива. Частиною таких приладів є рефлектори, які відбивають тепло, яке надходить від випромінюючої труби, і що направляють його в потрібні точки опалювального приміщення. Газові променисті обігрівачі влаштовані так, що 30–35 % тепла, що випускається ними, як би затримується в верхньому просторі приміщення, компенсуючи втрати тепла через нього. Як і котли, інфрачервоні обігрівачі оснащуються автоматикою, яка управляє їх роботою. Приємно, що їх можна в разі необхідності відключати незалежно від температури повітря, тоді як системи водяного опалення доводиться «ганяти» весь час, щоб заповнені водою труби не полопалися внаслідок замерзання їх вмісту. З іншого боку, досі не вигадали бойлерів, які б давали можливість отримувати гарячу воду за рахунок тепла, що надходить із системи газового променистого обігріву.

Газові обігрівачі призначені для опалення приміщень висотою більше 4-х метрів: промислових приміщень, цехів, складів, ринків, ангарів, гаражів, в тому числі і відкритих, де можливе підведення газу.

Газовий обігрівач, використовуючи інфрачервоне випромінювання, дозволяє знизити експлуатаційні витрати на опалення в 3–4 рази, в порівнянні з традиційним конвективним способом. Має ККД використання тепла 92 %.

Крім того, він має можливість регулювати обігрів, тобто може працювати в економічному режимі або обігрівати тільки необхідні ділянки приміщення. Маючи низьку теплову інерційність, значно знижує час прогріву приміщення. У холодну пору року не боїться розморожування. Легко монтується під стелею або на стінах. Крім того, обігрівач практично не має шкідливих викидів і абсолютно нешкідливий для людини.

За рахунок зменшення середньої температури повітря в приміщенні, роботи в економічному режимі, спрямованого обігріву, збільшеного ККД економія енергії може досягати до 70 %.

*Електричні інфрачервоні обігрівачі* (електроопалювальні панелі) використовуються в основному для опалення побутових та громадських будівель, але існують і такі їх модифікації, які придатні для обігріву промислових об'єктів, в тому числі з «екстремальними» умовами роботи, наприклад, приміщень з підвищеною вологістю. Вони являють собою

нагрівальні елементи, «одягнені» в електроізоляційний матеріал і покриті спеціальним кременистим покриттям.

Як показує практика інфрачервоні обігрівачі й електроопалювальні панелі найбільш ефективні при розташуванні на висоті від 8 до 12 м. Найбільш доцільним вважається їх застосування для обігріву цехів, ангарів, вкстібюлів, спортивних залів та інших приміщень, що мають велику висоту.

Принцип роботи обігрівача полягає в тому, що керамічна насадка випромінює промені в довгохвильовому інфрачервоному спектрі, використовуючи джерело змінного струму. Прилад надзвичайно економічний. при витраті 0,8 кВт, він досягає таких же результатів, що і інші обігрівачі, які потребують значно більше енергії (1,5–2,0 кВт). У разі падіння приладу можливість загоряння виключена, тому що він автоматично відключається.

На жаль, в Україні поки мало фірм, що займаються монтажем, технічним обслуговуванням і ремонтом систем інфрачервоного опалення. На стадії прийняття рішення про створення такої системи потрібно враховувати, що вона зажадає щорічного профілактичного огляду, для проведення якого може знадобитись виклик фахівця. З електроопалювальними панелями справа йде простіше: вони вимагають нормальної експлуатації і періодичного видалення пилу.

Традиційне опалення, до якого ми всі звикли, діє навпаки і з точки зору законів природи неправильно. Спочатку в приміщенні нагрівається повітря, від якого, в подальшому отримують тепло люди і предмети, що знаходяться всередині. Це досить тривалий процес, так як нагріте повітря (особливо в високих приміщеннях), піднімається до стелі, і викликає приплив холодного повітря біля підлоги. Відбувається розшарування повітря, коли температура нагорі підвищується, а внизу, де знаходяться люди, повітря залишається холодним. Дане явище викликає небажаний протяг, і збільшує тепловтрати через дах і стіни приміщення. Тому, опалюючи теплим повітрям приміщення (довго нагріваючи весь його обсяг), ми витрачаємо більше енергії, ніж це було б необхідно в природних умовах. З цього виходить що обігрів великого приміщення (виробничий цех, склад, спортивний комплекс і т. п.) традиційним чином недостатньо ефективний і економічний. Певний виняток становлять адміністративно-побутові приміщення з невеликою висотою стелі від 2 до 4 метрів. У них нагріте повітря досить швидко заповнює весь обсяг, і в нижній частині встановлюється комфортна температура, що цілком прийнятно при відносно невеликій площі і висоті. Значно підвищити ефективність і економічність опалення великих приміщень з висотою стелі від 3 до 15 м і вище, дозволяють підвесні інфрачервоні обігрівачі. Принцип їх роботи максимально наближений до природних умов. Вони встановлюються зверху і прогрівають інфрачервоними променями підлогу приміщення, людей, що знаходяться в ньому і обладнання, від яких, в свою чергу, прогрівається навколишнє повітря. Створюється комфортна зона заввишки 2–3 м в районі підлоги, вгорі ж повітря залишається прохолодним. Отже, відпадає

необхідність прогрівати весь обсяг приміщення. Для інфрачервоних променів повітря абсолютно прозоре, і тепло, яке воно отримує - вдруге, тобто в першу чергу прогривається то, заради чого опалення взагалі необхідно. Такий підхід значно скорочує час, необхідний для отримання комфортних умов в приміщенні, і, найголовніше, економить енергоресурси.

Основні переваги інфрачервоного опалення:

- система опалення не вимагає теплотрас, радіаторів опалення, немає проблем розморожування;

- не вимагає додаткових площ, безшумна в роботі, безпечна і надійна завдяки багатоступеневій автоматичній захисту;

- система опалення працює в автоматичному режимі під управлінням комп'ютерної системи управління;

- комп'ютерна система забезпечує можливість контролю, запису і зберігання основних параметрів роботи системи опалення;

- інфрачервоне опалення забезпечує можливість зонального обігріву площ по заданим температурним режимам (робочий і черговий, вихідні та святкові дні);

6. Швидко прогриває приміщення і підтримує оптимальну температуру в зоні перебування людей;

- інфрачервоне опалення забезпечує можливість зниження температури в приміщенні без втрати відчуття комфорту;

- забезпечує значне зниження рівня споживання енергоресурсів (від 40 до 70 %), в 8–10 разів знижуються прямі витрати на опалення;

- інфрачервоне опалення відрізняє простота в монтажі, надійність і безпека в роботі;

- працює від мережі 220 В, має широкий вибір потужностей пальників та довжини обігрівача.

Підприємство з однозмінним режимом роботи тільки за рахунок переведення системи в режим чергового обігріву у позаробочий час заощадить за рік до 44 % газу. Загальна економія витрат тепла на обігрів може досягати 70 % в порівнянні з традиційною системою опалення.

В системах панельно-променистого опалення застосовують металеві панелі з відбивними екранами і бетонні панелі

Металеві панелі застосовуються для опалення широких виробничих приміщень, котрі мають потреби в активній вентиляції.

Бетонні панелі з замоноличеними гріючими трубами застосовуються для опалення житлових, громадських, виробничих будівель з підвищеними комфортними вимогами.

# ЛЕКЦІЯ 7 РОЗРАХУНКИ ВОДЯНИХ, ПОВІТРЯНИХ ТА ПАРОВИХ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ

## 7.1 Методи розрахунку систем опалення

Основні завдання розрахунку та проектування системи опалення:

- найдостовірніше визначення теплових втрат;
- визначення кількості і умов використання теплоносія;
- максимально точно підібрати елементи генерації, переміщення та віддачі тепла.

*Основні втрати теплоти через огорожувальні конструкції.*

Тепловтрати приміщенням будівлі визначають сумуванням втрат тепла через окремі елементи огорожуючих приміщення конструкцій.

*Додаткові втрати теплоти через огорожувальні конструкції.*

Додаткові втрати теплоти через огорожувальні конструкції визначають в частках від основних тепловтрат, в практичних розрахунках їх враховують коефіцієнтом  $\beta$ .

Додаткові тепловтрати виникають внаслідок посиленого випромінювання з поверхні огорожень, звернених на північну сторону, зміни розрахункової температури  $t_v$  в кутових і високих приміщеннях, надходжень холодного повітря через отвори, що відкриваються і ін. В практиці проектування враховують такі додаткові тепловтрати:

- 1) на орієнтацію огорожень по сторонах горизонту;
- 2) в кутових приміщеннях громадських, адміністративно-побутових і виробничих будівель і споруд, що мають дві або більше зовнішніх стін;
- 3) на надходження холодного повітря через входи в будівлі при відкриванні зовнішніх дверей і споруди, які не обладнані повітряними або повітряно-тепловими завісами;
- 4) на висоту приміщень житлових, громадських і допоміжних будівель.

*Витрата теплоти на нагрівання повітря, що інфільтрується.*

*Теплонадходження в приміщення будівель.*

У приміщеннях будівель взимку можливі тепловиділення внаслідок виділень теплоти людьми, теплопроводами і нагрівальним технологічним обладнанням, джерелами штучного освітлення і працюючим електричних обладнанням, нагрітими матеріалами і виробами. Теплота може виділятися при технологічних процесах, від сонячної радіації та ін.

*Теплова потужність системи опалення будівлі*

Тепловтрати кожного приміщення визначають як суму розрахункових тепловтрат через всі його зовнішні огороження з урахуванням додаткових тепловтрат. У них включають також тепловтрати або теплонадходження (зі знаком мінус) через внутрішні огорожі і теплонадходження (зі знаком мінус) від обладнання та ін. Для встановлення розрахункової теплової потужності системи опалення будівлі розрахункові тепловтрати підсумовують для всіх

приміщень кожного поверху, по поверхах і для будівлі в цілому, включаючи тепловтрати сходових клітин.

Фактична теплова потужність системи опалення перевищує розрахункові тепловтрати будівлі. Виходячи з фактичної теплової потужності системи опалення будівлі, визначають кількість теплоносія, що направляється в систему опалення, і вибирають тип і розміри теплообмінників, теплопроводів, опалювальних агрегатів і приладів.

Безумовно, «картина» розрахунку тепла на опалення не може бути повноцінною без обчислення таких характеристик, як об'єм та швидкість теплоносія. У більшості випадків теплоносієм виступає звичайна вода в рідкому або газоподібному агрегатному стані.

## 7.2 Гідравлічний розрахунок трубопроводів систем водяного опалення

Від того наскільки правильно будуть обрані всі елементи контуру водяного опалення, залежатиме тривалість експлуатації без втрати якості функціонування. Ефективність і економічність опалення вже буде видно на початкових етапах установки і експлуатації. Для того щоб визначити оптимальну потужність системи опалення, необхідно виконати гідравлічний розрахунок.

*Проведення розрахунку суб'єктивним методом.*

Сума, витрачена на водяне опалення, залежить від наступних факторів – діаметр труб, опалювальних приладів, витратних матеріалів і кріплючої фурнітури. Не варто жертвувати якістю опалення заради бажання заощадити. Сьогодні віддається перевага штучному опаленню, тобто з застосуванням насосів, завдяки яким по трубах буде циркулювати теплоносій. Найчастіше це різні антифризи. Їх відмінна особливість – стійкість до мінусових температур. Гідравлічне або рідинне опір в системах буде різноманітним, залежно від типу теплоносія

*Завдання та методика гідравлічного розрахунку системи опалення.*

Гідравлічний розрахунок системи опалення ставить перед собою наступні завдання:

- визначити швидкість руху середовища і її втрати.
- розрахувати тиск у різних частинах системи.
- дізнатися, які необхідні компенсатори даній системі.
- розрахувати необхідну для заповнення системи кількість теплоносія.

Гідравлічний розрахунок необхідно проводити з урахуванням функціональних особливостей кожної систему опалення. Він дозволить забезпечити найбільш якісне автоматичне балансування. Також дані, отримані в результаті розрахунку, стануть в нагоді, якщо виникне необхідність перекрити частину системи опалення або трапиться екстремальна ситуація, що вимагає нестандартних рішень

Для того щоб якісно провести розрахунок необхідно зібрати певну інформацію і скласти розрахункові графіки. Це найбільш складна і тривала

частина проєктування водяного опалення. Обов'язкова інформація – тепловий баланс приміщення, яке передбачається обігрівати. Також необхідно враховувати тип обраного опалювального приладу. Для простоти сприйняття інформації та з метою запобігання помилок, необхідно створити графічне відображення головних елементів майбутнього опалення: генератор теплової енергії, опалювальні прилади, основні магістралі трубопроводу. Потім створюється спеціальна схема, на якій кожний опалювальний прилад отримує номер, відповідний максимальної теплової потужності.

Гідравлічний розрахунок опалення – це досить складна і відповідальна методика, що дозволяє уникнути помилок у подальшому проєктуванні системи. Для того щоб полегшити обчислення, створюються комп'ютерні програми, математичні апарати, послідовні алгоритми дій. Однак, незважаючи на доведений до автоматизму розрахунковий процес, помилок не уникнути.

Гідравлічний розрахунок системи опалення дозволяє мінімізувати витрати на монтаж за рахунок визначення оптимальних показників опалення. З його допомогою водяне опалення володітиме тривалим періодом експлуатації, високими показниками ефективності та мінімальною вартістю, яка виправдає себе вже в перші тижні використання. Не варто ігнорувати теоретичну та розрахункову інформацію, оскільки лише вона призведе до гарного практичного результату.

### 7.3 Розрахунок повітряних систем опалення

Повітряне опалення для компенсації усіх тепловтрат у приміщенні передбачає подачу деякої кількості повітря  $G$ , кг/год, нагрітого до температури  $t_{пер}$  більш високої ніж температура внутрішнього повітря  $t_{вр.з.}$  у робочій зоні приміщення. Кількість теплоти, що необхідна для опалення приміщення, віддається перегрітим повітрям при його охолодженні до температури  $t_{ох}$ . Величина цієї кількості теплоти, власне потужність системи повітряного опалення,  $Q_{по}$ , визначається за формулою:

$$Q_{по} = G \cdot c_p \cdot (t_{пер} - t_{ох}), \text{кДж/год}, \quad (7.1)$$

де  $G$  – кількість повітря, кг/год;

$c_p$  – питомв теплоємність внутрішнього повітря в робочій зоні, кДж/кг · °С;

$t_{пер}$  – температура перегрітого повітря, °С;

$t_{ох}$  – температура охолодженого повітря, °С.

Якщо забір повітря системою повітряного опалення здійснюється із зони висотою до 3–4 м, то температура охолодженого повітря приймається рівною температурі у робочій зоні, якщо висота забору більша, температура охолодженого повітря приймається на 3–4 °С більшою температури у робочій зоні.

Як видно з наведеної рівності, з метою досягнення більшої теплопродуктивності при заданій витраті повітря його температуру  $t_{пер}$  потрібно призначати якомога більшою. З іншого боку, ця температура обмежується

нормами і залежить від способу та місця подачі перегрітого повітря. При подачі повітря в зону, що обслуговується з відстані 2 м від робочих місць температура  $t_{пер}$  не повинна перевищувати 45 °С, на висоті більше 3,5 м від підлоги – 70 °С, а при безпосередньому тривалому впливі на людину – не більше 25 °С. При проектуванні системи повітряного опалення потрібно враховувати ці вимоги і при необхідності, коректувати витрати повітря системи чи кількість агрегатів, що здійснюють повітряне опалення.

Однією з переваг системи повітряного опалення є можливість поєднання її з приточною вентиляцією. В цьому випадку потужність системи повітряного опалення  $Q_{по}$  повинна враховувати потужність  $Q_{вент}$ , необхідну для нагріву приточного повітря до нормованої температури, яка може бути досить значною:

$$Q_{по} \geq Q_{тепл\ втр} + Q_{вент} \quad (7.2)$$

## 7.4 Параметри повітря систем

Склад повітря. Атмосферне повітря є механічною сумішшю різних газів, що складають суху його частину, і деякої кількості водяної пари. Водяна пара зазвичай знаходиться в ненасиченому (перегрітому) стані, але може переходити в насичений та перенасичений стан (туман). Склад газів у сухій частині повітря відрізняється порівняно великою сталістю.

Суміш сухої частини повітря та водяної пари називається вологим повітрям. У діапазоні температур і тисків, що використовується при опаленні, вологе повітря можна розглядати як ідеальний газ, що слідує законам Бойля–Маріотта, згідно з яким об'єм, що займає газ, і його тиск пов'язані співвідношенням  $p_i / p_s = V_s / V_i$ , та Гей–Люссака, коли обсяги газів при постійному тиску пропорційні абсолютним температурам.

Повітря характеризується наступними параметрами: температурою по сухому термометру, вмістом вологи, вологоємністю, відносною вологістю, теплоємністю, температурою по мокрому термометру, питомим об'ємом або щільністю, парціальним тиском водяної пари, ентальпією, температурою точки роси. Для визначення всіх величин, що характеризують стан вологого повітря, зазвичай досить знати два параметри.

Властивості насиченої водяної пари описуються складними залежностями, тому на практиці для визначення  $p$  і  $T$  користуються таблицями фізичних властивостей цієї пари (наприклад, проф. М. П. Вукаловичу).

Температура повітря вказує ступінь його нагрівання. У техніці опалення для вимірювання температури повітря користуються термометрами, що мають стоградусну шкалу Цельсія ( $t$ , °С) та абсолютну шкалу Кельвіна ( $T$ , К). Співвідношення між цими шкалами виражається залежністю

$$T = 273.15 + t$$

Тиск повітря. Відповідно до закону Дальтона загальний тиск суміші дорівнює сумі парціальних тисків кількох газів, які утворюють цю суміш, тобто.

$$P = P_i + P_t + p_s + \dots + P_n = \Sigma P_{n-1} \quad (7.3)$$

Так як вологе повітря являє собою пароповітряну (бінарну) суміш, то загальний тиск атмосферного повітря, або барометричний тиск, дорівнює сумі парціальних тисків сухої його частини та водяної пари:

$$P_6 = P_c + P_{\text{п}} \quad (7.4)$$

У розрахунках систем опалення тиск атмосферного повітря та водяної пари зазвичай вимірюються в міліметрах ртутного стовпа.

Тиск може бути виражений також висотою стовпа будь-якої іншої рідини, маса якої врівноважує цей тиск. Одна технічна атмосфера, що дорівнює  $1 \text{ кгс/см}^2$ , врівноважується стовпом ртуті заввишки 735,6 мм або водяним стовпом заввишки приблизно 10 м. За нормальний атмосферний тиск прийнято одну фізичну атмосферу, що дорівнює 760 мм рт. ст. при  $0 \text{ }^\circ\text{C}$  або 10,333 м вод. ст.

Вологоємність повітря, г/кг, – це маса водяної пари, що міститься у вологому повітрі при повному його насиченні, віднесена до маси сухої його частини.

Відносна вологість повітря (в технічних розрахунках) – це відношення маси водяної пари у вологому повітрі до маси водяної пари в повітрі при тій же температурі та повному насиченні. Відносну вологість зазвичай виражають у відсотках.

Питома чи масова теплоємність повітря  $c$  – це кількість тепла, що необхідна для нагрівання 1 кг повітря на  $1 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Питома теплоємність сухого повітря за постійного тиску залежить від температури.

Для розрахунків систем опалення питома теплоємність сухого повітря може бути прийнята рівною  $c = 0,24 \text{ ккал}/(\text{кг} \cdot \text{ }^\circ\text{C})$

## 7.5 Системи парового та пароводяного опалення

*Парове опалення* – вид центрального опалення, при якому теплоносієм служить пара, що надходить у систему опалення від мережі централізованого теплопостачання або від парового котла, що знаходиться в опалювальному будинку або поруч із ним. Залежно від значення початкового тиску пари розрізняють системи парового опалення:

- вакуум–парові – з тиском менше  $100 \text{ кН/м}^2$  ( $1 \text{ кгс/см}^2$ );
- низького тиску (від  $100$  до  $170 \text{ кН/м}^2$ )
- високого тиску (від  $170$  до  $600 \text{ кН/м}^2$ ).

Найбільш поширені системи низького тиску.

В системах парового опалення використовується властивість пари при його конденсації в опалювальних приладах виділяти приховану теплоту конденсації; конденсат (вода) по конденсатопроводу повертається в паровий котел або в мережу централізованого теплопостачання.

Залежно від розташування паропроводів щодо опалювальних приладів та способу їх приєднання розрізняють системи парового опалення з верхньою та



нижньою розводкою, а також двотрубні та однотрубні (за аналогією з водяним опаленням). Для забезпечення самопливного руху конденсату, у тому числі того, що утворюється внаслідок охолодження паропроводу (попутного конденсату), спорожнення системи та видалення з неї повітря, всі трубопроводи прокладаються з необхідним ухилом.

В системах парового опалення регулювання подачі тепла зазвичай проводиться періодичним вимкненням системи опалення або її частини. Це ускладнює експлуатацію систем парового опалення і призводить до нерівномірності розподілу температури в приміщеннях. Крім того, дія систем парового опалення нерідко супроводжується шумом (зокрема, при заповненні холодної системи паром), а надмірно висока температура тепловіддаючої поверхні опалювальних приладів під час роботи системи парового опалення погіршує його санітарно-гігієнічні якості. Тому влаштування систем парового опалення не допускається у житлових будинках, дитячих установах, лікарнях, навчальних закладах та адміністративних будівлях.

Застосування систем парового опалення можливо у промислових будівлях, що забезпечуються паром для технологічних потреб, а також при використанні пари, що відпрацювала. Влаштування систем парового опалення доцільно також у приміщеннях, режим експлуатації яких потребує швидкого нагріву опалювальних приладів та їх остигання після вимкнення.

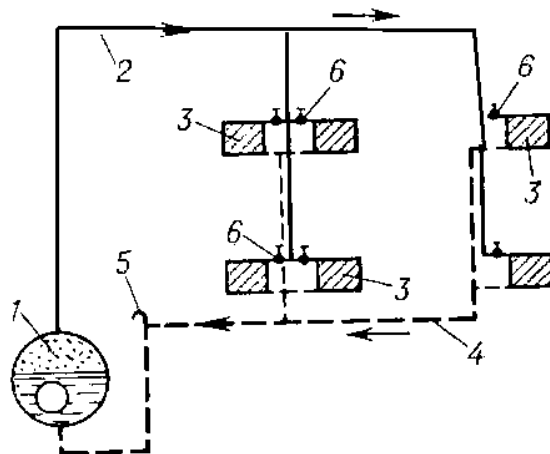


Рисунок 7.1 – Системи парового опалення низького тиску з верхнім розведенням та самопливним поверненням конденсату в котел (двохтрубна):  
 1 – паровий котел; 2 – паропровід; 3 – опалювальні прилади;  
 4 – конденсатопровід; 5 – повітряник; 6 – регулювальні крани

*Пароводяну систему опалення* застосовують при централізованому теплопостачанні будівлі паром та необхідності влаштування в будівлі водяного опалення.

Системи пароводяного опалення поділяються на централізовані та децентралізовані.

**Централізовані системи.** У централізованій системі пароводяного опалення вода нагрівається в ємнісному або швидкісному теплообміннику.

**Система з ємнісним теплообмінником.** У змішувач теплообмінника паропроводом надходить пара з котельні, внаслідок чого вода в

теплообміннику нагрівається і подається в систему опалення будівлі. Конденсат конденсатопроводом відводиться в котельню. Система пароводяного опалення будівлі може бути виконана за будь-якою схемою із природною або насосною циркуляцією.

Для забезпечення безперебійної роботи в системі опалення встановлюють не менше двох теплообмінників із загальною тепловою потужністю, що відповідає витраті тепла на опалення будівлі. Для регулювання температури води, що надходить до системи опалення будівлі, передбачається обведення.

Децентралізовані системи. У децентралізованих системах вода нагрівається парою безпосередньо в опалювальних приладах, встановлених в окремих приміщеннях.

До децентралізованих (з місцевим нагріванням води) відноситься система опалення, яка називається конденсаційною системою

Пар низького тиску, що надходить з котла, паропроводом подається до опалювальних приладів, в яких труба розміщена в нижній частині. Труба має ряд дрібних отворів, через які пара надходить у прилад.

Конденсат, що утворюється, заповнює прилади, і під час роботи системи опалення прилади завжди заповнені конденсатом до рівня зворотного конденсатопроводу.

Необхідна температура води в приладах підтримується внаслідок надходження до приладу більшої чи меншої кількості пари.

Надлишок конденсату зливається по конденсатопроводу в стояк і повертається в котел.

Повітря з паропроводів вичавлюється через конденсатопровід приладів, що має повітровипускную трубку з вентиляем, який при пуску системи відкритий, а після прогрівання приладів закритий.

Перевагами конденсаційних систем є:

- менша витрата металу в порівнянні зі звичайними системами водяного опалення;

- забезпечення температури поверхні приладів не вище допустимої за санітарно-гігієнічними вимогами.

До недоліків систем належать:

- більш складне регулювання системи-в порівнянні з системами водяного опалення,

- ймовірність гідравлічних ударів у приладах при недостатньому регулюванні;

- висока температура поверхні паропроводів.

## ЛЕКЦІЯ 8 МОНТАЖ І ЕКСПЛУАТАЦІЯ ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ

### 8.1 Монтаж та реконструкція систем опалення житлових будов та промислових підприємств

На сьогоднішній день досить складним і суперечливим стає питання про те, з яких матеріалів слід влаштовувати трубопроводи опалення відповідно до обраної схеми. З металевих (сталевих, мідних, латунних), з полімерних (із зшитого поліетилену, полівінілхлориду, поліпропілену і т. п.) або з будь-якого іншого матеріалу.

Оптимальний вибір схем і відповідних їм труб з конкретного матеріалу є основною проблемою. Тільки її правильне рішення хжатно задовольнити як технічні, так і економічні вимоги, які пред'являються до внутрішніх сантехнічних систем.

При монтажі систем центрального опалення широко застосовується індустріалізація робіт. При індустріалізації монтажу заготівельні роботи відокремлюються від складальних робіт.

Заготівельні роботи (окремі вузли трубопроводів, підводка до нагрівальних приладів та ін.) виконуються на заводах монтажних заготовок і в центральних заготівельних майстернях. Безпосередньо ж на об'єктах встановлюються прилади, збираються вже виготовлені трубні вузли тощо. При такому способі виробництва робіт скорочуються терміни і зменшується вартість монтажних робіт.

При підготовці до виконання монтажних робіт вибирається метод виробництва робіт, складається проект, видаються замовлення на матеріали, обладнання, монтажні заготовки, механізми і необхідний інструмент.

Монтажні роботи можуть виконуватися послідовним методом (після загальнобудівельних робіт) або паралельним, при якому роботи по монтажу систем опалення виконуються одночасно з загальнобудівельними роботами.

*Монтаж опалювальних приладів.*

1. Монтаж опалювальних приладів, в тому числі і сталевих панельних радіаторів, проводиться відповідно до вимог ДСТУ-Н Б В.2.5-73:2013 «Внутрішні санітарно-технічні системи».

2. Радіатори поставляються забарвленими, упакованими в картонну коробку і обгорнутими поверх неї поліетиленовою плівкою.

3. Монтаж радіаторів проводиться в індивідуальній упаковці, яка знімається після закінчення оздоблювальних робіт. Не допускається кидати радіатори і піддавати їх ударним навантаженням.

4. Монтаж радіаторів ведеться тільки на підготовлених (оштукатурених і забарвлених) поверхнях стін.

5. Радіатори слід встановлювати на відстані не менше 25 мм від поверхні стіни.

6. Монтаж радіаторів необхідно проводити в наступному порядку:

- розмітити місця установки кронштейнів;
- закріпити кронштейни на стіні дюбелями або закладенням кріпильних деталей цементним розчином (не допускається пристрілка до стіни кронштейнів, на яких кріпляться опалювальні прилади і теплопроводи систем опалення);

- не знімаючи упаковки, звільнити від неї радіатори в місцях їх навішування на кронштейни;

- встановити радіатор на кронштейнах (2 зверху і 1 знизу) так, щоб нижні межі колекторів радіатора лягли на гаки кронштейнів;

- з'єднати радіатор з підвідними теплопроводами системи опалення, обладнаними на нижній або верхній підводці краном, вентилям або термостатом;

- обов'язково встановити повітрявідвідник у верхню пробку з протлежної від підводок сторони;

- після закінчення оздоблювальних робіт зняти упаковку.

7. При монтажі слід уникати неправильної установки радіатора:

- занадто низького його розміщення, тому що при зазорі між підлогою і низом радіатора, меншому 80 мм, зменшується ефективність теплообміну і становиться важким прибирання під радіатором;

- установки радіатора впритул до стіни або з зазором, меншим 25 мм, погіршує тепловіддачу приладу і викликає пилові сліди над приладом;

- занадто високої установки, так як при зазорі між підлогою і низом радіатора, більшому 150 мм, збільшується градієнт температур повітря по висоті приміщення, особливо в нижній його частині;

- занадто малого зазору між верхом радіатора і низом підвіконня (менше 75 % глибини радіатора в установці), так як при цьому зменшується тепловий потік радіатора;

- невертикального положення секцій, так як це погіршує теплотехніку і зовнішній вигляд радіатора;

- установки перед радіатором декоративних екранів або закриття його шторами, так як це також призводить до погіршення тепловіддачі і гігієнічних характеристик приладу і спотворює роботу термостата з автономним датчиком.

8. Категорично забороняється додаткове забарвлення радіатора «металевими» фарбами (наприклад, «сріблянкою») і повітровипускного отвору повітрявідводчика.

9. В процесі експлуатації слід проводити очищення радіатора на початку опалювального сезону і 1–2 рази протягом опалювального періоду.

10. При очищенні радіаторів можна використовувати абразивні матеріали.

11. Виключається навішування на радіатори пористих зволожувачів, наприклад, з обпаленої глини.

12. При використанні в якості теплоносія гарячої води її параметри повинні задовольняти вимогам, наведеним в «Правилах технічної експлуатації електричних станцій і мереж РД 34.20.501-95.

13. Вміст кисню у воді систем опалення не повинна перевищувати 20 мг/дм<sup>3</sup>, а значення рН має бути в межах 6,5–9 (оптимально в межах 7–8). З метою виконання вимоги про зміст кисню і значенні рН радіатори рекомендується застосовувати в закритих системах опалення з закритими розширювальними судинами і герметичними циркуляційними насосами, а також з пристроями для підживлення деаеріованної водою з водопроводу або безпосередньо з теплової мережі.

Не допускається промивання системи опалення лужними розчинами.

14. Зміст у воді сполук заліза до 0,5 мг/дм<sup>3</sup>.

15. Для зменшення небезпеки подшлямової корозії доцільне встановлення додаткових грязьовиків, а в разі застосування термостатів ще й фільтрів, у тому числі і постійкових. У загальному випадку кількість зважених речовин не повинна перевищувати 7 мг/дм<sup>3</sup>.

16. Надлишковий тиск теплоносія, який дорівнює загальній кількості максимально можливого напору насоса або тиску в магістралях теплової мережі (при елеваторних вводах) і гідростатичного тиску, не повинен в робочому режимі системи опалення перевищувати в будь-якому радіаторі 1,6 МПа. Мінімальний тиск при опресовці системи опалення повинен бути в 1,25 рази більше робочого.

СНиП 3.05.01–85 допускає полуторне перевищення робочого тиску при опресовці. Однак практика і аналіз умов експлуатації опалювальних приладів у вітчизняних системах опалення показують, що це перевищення доцільно витримувати в межах 25 %. При цьому слід мати на увазі, що тиск при опресовці не повинен перевищувати максимально допустимого для самого «слабкого» елемента системи. Наприклад, при використанні термостатів, розрахованих на максимальний робочий тиск 1 МПа, допустимий тиск опресовки системи не повинен перевищувати 1,25–1,5 МПа незалежно від максимального робочого надлишкового тиску, на який розрахований радіатор.

17. Кожний радіатор, незалежно від схеми його об'язки теплопроводами, слід оснащувати пристроєм для видалення повітря, що встановлюються в одній з верхніх пробок радіатора.

18. При обслуговуванні клапанів в системах опалення категорично забороняється освітлювати повітрявідвідник сірниками, ліхтарями з відкритим вогнем і паління в період випуску з нього повітря (газу), особливо в перші 2–3 роки експлуатації системи опалення.

19. В разі дуже часті необхідності спуску повітря з радіатора, що є ознакою неправильної роботи системи опалення, рекомендується викликати фахівця.

20. Не рекомендується допускати повного перекриття підведення теплоносія до радіатора з системи опалення, особливо в літній період. Можливо повне відключення радіаторів тільки на період опресування системи опалення. При цьому слід обов'язково відкрити ручний повітровідвідник.

21. Не рекомендується спорожнювати систему опалення зі сталевими приладами більш ніж на 15 днів у році.

22. Щоб уникнути замерзання води в радіаторах, що приводить до їх розриву, не допускається обдування радіатора струменями повітря з мінусовою температурою (наприклад, при постійно відкритій квартирці або бічній стулці вікна).

23. В системах, що заповнюються антифризом, не допускається застосування олійної фарби для герметизації різьбових з'єднань льоном. Рекомендується для цієї мети використовувати епоксидні емалі, а також емалі на основі розчинів вінілхлориду, акрилових смол і акрилових сополімерів.

Антифриз повинен строго відповідати вимогам відповідних технічних умов. Заповнення системи антифризом допускається не раніше, ніж через 2–3 дні після її монтажу.

Після закінчення монтажу системи водяного опалення наповнюються водою і їх випробовують на міцність. Системи наповнюються водою з водопроводу через зворотну магістраль. При цьому наявні в системі крани і вентилі повинні бути повністю відкриті, щоб здійснити повне видалення повітря через повітрозбірники.

При заповненні системи водою повинен проводитися огляд системи з відміткою всіх наявних вад. Якщо ж у з'єднаннях трубопроводів знайдений незначний витік, його усувають підтяжкою. У разі значних несправностей, що тягнуть за собою зміну окремих частин труб або окремих приладів, заповнення системи водою припиняють до повного усунення всіх несправностей.

Після заповнення системи водою вдруге проводять огляд системи і, переконавшись, що ніяких дефектів немає, приступають до гідравлічного випробування системи.

Гідравлічне випробування проводиться гідравлічним пресом. Прес приєднується до зворотної магістралі сполучної трубою діаметром до 25 мм. Тиск в системі в найнижчій точці за манометром доводиться на 0,1 атм більш нормального для даної системи, але не повинно бути менше 0,4 атм. Якщо після закінчення 5 хв падіння по манометру не перевищить 0,02 атм, система може бути допущена до пробної топці.

При випробуванні водяних систем в зимовий час процес заповнення водою дещо відрізняється від звичайного. Системи, безпосередньо приєднані до теплових мереж, заповнюються гарячою водою з тепломереж.

Після заповнення системи водою та гідравлічного випробування її проводиться випробування системи на рівномірність прогріву і її регулювання.

Регулювання при правильно запроектованій системі водяного опалення проводиться установкою розрахункових параметрів на термостатичному клапані у кожного опалювального приладу і ручних балансувальних кранів на гілках.

Основною можливою причиною непрогрівів окремих частин систем опалення є: засмічення, що утворюються за рахунок залишків формувальної землі і забруднення системи при її монтажі, і повітряні пробки, що виникають у зв'язку з неповним видаленням із системи повітря при її заповненні. При знаходженні цих неполадок топка котла припиняється і всі неполадки усуваються. Регулювання зазвичай перевіряється за ступенем прогрівання приладів.

Основне завдання регулювання полягає в тому, щоб встановити у всіх приміщеннях такі температури, які відрізнялися б від передбачених проектом на  $\pm 1-2$  °С.

На сьогоднішній день *реконструкція систем опалення* є єдиним способом для досягнення енергозбереження. Реконструкція систем повинна враховувати зменшення витрати теплоти в будівлі за рахунок не тільки конструктивного зміни самої системи опалення будівлі, а й утеплення будівельних конструкцій. Це має вирішуватися тільки комплексно.

Технологічний процес реконструкції (модернізації) полягає в забезпеченні ефективності, довговічності і енергоекономічності і може бути представлений такими етапами:

- діагностування системи опалення та визначення можливості її реконструкції на підставі техніко-економічного обґрунтування;
- виконання проекту реконструкції;
- реконструкція системи опалення;
- реконструкція ІТП з метою автоматизації відпустки тепла для системи опалення;

Діагностування передбачаємо комплекс операцій для визначення доцільності реконструкції відповідно до розроблених на сьогоднішній день критеріями, в тому числі, оцінка конструктивних особливостей системи, типів опалювальних приладів, обладнання ІТП, в першу чергу для можливості зменшення витрати теплоти в будівлі, і, по-друге, неможливість комерційного обліку відпускається теплоти.

Існуючі будівлі наших міст обладнані, як правило, централізованими системами водяного опалення – однотрубними. При наявності таких систем температури внутрішнього повітря в різних приміщеннях будівлі відрізняються, у зв'язку з неплановими змінами температури і витрати води в процесі експлуатації.

Поквартирний облік теплоти може бути виконаний при зміні конструкції системи опалення. Якщо забезпечити незалежну теплоподачу в кожен опалювальний прилад, з установкою регулюючого органу перед ним, то можна забезпечити тепловий комфорт і економію теплоти в приміщеннях будівлі. Застосування двотрубних горизонтальних систем опалення вигідна як з експлуатаційних, так і з економічних міркувань. При влаштуванні в будівлях

горизонтальних, поквартальних систем опалення можлива установка поквартирних приладів обліку.

Застосовувані в даний час традиційні вітчизняні опалювальні прилади не дають можливість вибору з багатьох техніко–економічними показниками. Вартість опалювальних приладів, як правило, складає 50 % кошторисної вартість системи опалення.

Тому вибір енегоекономічних систем опалення визначається, в першу чергу типом опалювальних приладів. Дослідження технічного рівня приладів показали, що використання для опалювальних приладів сталі, алюмінію, міді, пластичних матеріалів та їх комбінацій значно підвищує їх техніко–економічні показники, у порівнянні з традиційними. За даними знижується на 35 % собівартість, на 40 % знижується трудомісткість монтажу при установці приладів нових, сучасних типів.

В останні рік ринок України пропонує широкий асортимент сучасних опалювальних приладів як вітчизняного, так і зарубіжного виробництва, застосування яких забезпечить високі техніко–економічні показники систем опалення.

Таким чином, реконструкція систем опалення, з урахуванням вище сказаного, є одним із шляхів модернізації будівель. Економічне обґрунтування технології реконструкції має бути виконано шляхом порівняння вартості реконструкції та вартості повної заміни систем опалення як показує аналіз, вартість реконструкції системи в 3 рази менше вартості повної заміни системи опалення при досягненні таких ефектів як довговічності, відрегульованістю, що в комплекс призводить до економії тепла.

Крім того, необхідно відзначити, що одним з факторів економії тепла в будівлі є забезпечення можливості гідравлічного регулювання, яке може здійснюватися як в ІТП, так і в самій системі, враховуючи її конструктивні особливості.

## **8.2 Вибір, компоновка і розробка вузлів систем опалення**

Гаряча вода, що подається по трубопроводу до будинків, не відразу потрапляє в систему опалення. Будь-яка будівля забезпечена власним тепловим вузлом, що регулює рівень тиску та температурного режиму води. Ці функції виконуються за допомогою спеціальних пристроїв.

Сьогодні часто вдаються до встановлення електронного обладнання, яке дозволяє за допомогою автоматики здійснювати контроль параметрів і вносити зміни. Проте із-за високої вартості установок, що залежать від стабільності енергоресурсу, перевага віддається надійній старій схемі регулювання температури теплоносія на вході. Основний елемент подібної схеми – елеваторний вузол системи опалення.

Призначення цього механізму полягає в з'єднанні основних мереж з кінцевими точками споживання. Пристрій входить в опалювальну систему разом з запірними пристроями і датчиками тиску.



Схема теплового вузла опалення виконує кілька функцій. Головною з них є розподіл тиску в системі для постачання води споживачам необхідної температури. Циркулюючи по магістралі від котельні до квартир, об'єм води збільшується майже вдвічі при наявності запасу її в окремому закритому резервуарі.

Робота механізму сантехнічного елеватора призводить температурний режим рідини в системі до нормативним показникам. Крім цього, обладнання не дає виникнути опіку з необережності через занадто гарячс опалювальні прилади; розриву контуру опалення в результаті тривалого впливу підвищеної температури.

Якщо розводка системи виконана з металопластику або поліпропілену, існує ймовірність її руйнування через циркуляції гарячого теплоносія. Тому на тепловому вузлі будівлі необхідно знижувати температуру і тиск до експлуатаційної норми, щоб забезпечити конкретний будинок достатнім рівнем тепла. Це виконується за допомогою спеціального технічного обладнання.

Під час перебування на тепловому розподільному пункті однієї або декількох будівель можна знайти вузол з явною перемичкою між магістралями подачі і об'їрки. Саме в цьому місці і встановлюється елеватор.

Елеватора теплового вузла складається з чавунної або сталевій конструкції, забезпеченою трьома фланцями, необхідними для врізання в систему. Вивчивши схему теплового вузла, можна помітити подібність готового пристрою з водяним насосом.

Теплоузел опалювальної системи складається з:

- струменевого елеватора;
- сопла;
- камери.

Крім цього, у тепловий вузол входить елеваторна обв'язка, оснащена манометрами для контролю, термометрами і запірною арматурою. Нещодавно з'явилися елеватори з електроприводом, які виконують функцію коригування діаметра сопла. За допомогою такого пристрою можна проводити автоматичне регулювання температури теплоносія, що надходить в опалювальну систему. Але прилади поки не отримали широкого застосування за невисокого ступеня надійності.

Гарячий теплоносій надходить в підвал будинку, де на ввводі в елеваторний вузол на трубі вбудована запірна арматура. Раніше замість неї ставилися засувки, зараз все частіше користуються кульовими сталевими кранами. Подальше надходження водяного потоку залежить від його температури.

При температурі води в подавальній магістралі не більше 95 °С відбувається її розподіл по системі опалення колектором, оснащеним регулюючими приладами. Якщо більше 95 °С, то за нормативними вимогами такий теплоносій забороняється поширювати по опалювальній системі. Його слід охолодити. Тут і починається робота елеваторного вузла – самого дешевого і простого способу охолодження теплоносія. За допомогою цього

пристрою температура води знижується до робочого стану. Тільки після цього вона надходить в опалювальні прилади.

Принцип роботи елеватора у системі опалення полягає в змішуванні перегрітої води з подаючої магістралі з остиглої, що надходить із зворотного трубопроводу. При цьому обладнання виконує дві функції, що підвищують ефективність загальної опалювальної системи:

- працює в якості циркуляційного насоса;
- змішує холодну воду з теплоносієм, температура якого перевищує нормативні показники.

Переваги елеватора полягають в простому улаштуванні і високій ефективності при відносно невеликій вартості. Для його функціонування не потрібно джерело живлення у вигляді електрики. Існують і негативні моменти:

- відсутня можливість коригування температури води на виході;
- різниця тиску в подавальній і зворотній магістралі не повинна відходити від норми (0,8–2 бар);
- ефективної роботи можна досягти тільки шляхом точного розрахунку кожного елемента.

Зараз елеваторні установки все так же широко застосовуються в теплових вузлах багатоквартирних будинків. На їх функціонуванні не відображаються зміни температурних і гідравлічних режимів у мережах. До того ж пристрій не потребує постійного догляду, але для виконання його регулювання потрібно правильний підбір діаметра сопла.

Зараз вже створені елеватори з електронними пристроями. У зв'язку з цим з'явилася можливість регулювання перерізу сопла. У механізмі знаходиться рухома дросельна голка, яка змінює просвіт сопла, що позначається на витраті і швидкості руху води. При змішуванні гарячого теплоносія і охолодженого, що надходить з обратки, змінюється коефіцієнт. Цим і досягається необхідне значення температури рідини, що входить в опалювальні прилади. Прилад регулює подачу води і тиск, що приводить потік в рух. У цьому полягає принцип роботи елеватора опалення.

Тепловий вузол з усіма елементами його обв'язки можна порівняти з нагнітальним циркуляційним насосом, що подає воду в опалювальну систему під певним тиском. Якщо об'єкт містить кілька споживчих точок, потрібно розподілити загальний потік теплоносія між всіма користувачами.

Це виконується за допомогою гребінки для опалювальної системи або колектора. Пристосування являє собою ємність, у яку надходить теплоносій, а потім витікає через кілька виходів з одним і тим же напором. Гребінка виконує функцію розподільника в системі опалення, що дозволяє відключати, регулювати і робити ремонт споживчих точок, не зупиняючи опалювального процесу. Колектор не допускає взаємного впливу відгалужень системи, а тиск при цьому такий самий, як і на виході елеватора.

Якщо потрібно розділити водяний потік між двома точками споживання, використовується триходовий клапан з постійним і змінним режимом роботи. Пристосування встановлюється в певних місцях, де виникає необхідність поділу або повного перекриття потоку води. Виготовляється триходовий кран із

сталі, чавуну або латуні. Він оснащений вбудованим замочним пристроєм (шаровим, циліндричним або конусним). Виріб має вигляд трійника, може виконувати функцію змішувача.

Триходові крани діляться на два види – запірні й регулювальні. Вони майже однакові, тільки запірним краном складніше виконувати плавне регулювання температури.

Технології, що застосовуються в системі центрального опалення, розробляються і постійно розвиваються. Звичайні елеватори замінюються вузлами елеваторного типу з застосуванням автоматики для регулювання температури подаючого і зворотного теплоносія. Вони відрізняються економічністю, але вартість їх досить велика, а для виконання функцій необхідно підключення до електроенергії.

### **8.3 Експлуатація обладнання систем опалення**

Якщо при регулюванні системи не виявилися дефекти, пов'язані з недоліками проектування і які потребують усунення, вона може бути здана в експлуатацію. Однак і в період експлуатації за системою необхідні нагляд і догляд. Система опалення повинна мати паспорт та виконавчі креслення, які передаються обслуговуючому персоналу з інструкцією по догляду за системою.

Всі несправності, виявлені при експлуатації, повинні негайно усуватися. Необхідно піддавати найбільш частому огляду такі частини системи, як насоси, мотори, а також магістральні трубопроводи. Слід також спостерігати за станом ізоляції трубопроводів.

Правильність роботи системи потрібно спостерігати за показаннями двох манометрів, поставлених на гарячому і зворотному трубопроводах у насосів або на вводі теплофікаційних ліній. Манометри при зупинці системи повинні показувати один і той же тиск, що дорівнює гідростатичному тиску в системі, а при роботі системи - проектну розрахункову різницю тисків. Якщо манометри показували менший тиск, а різниця їх свідчень залишається постійною, то причина полягає в тому, що система повністю не заповнена водою.

Як правило, протягом опалювального сезону в системі опалення повинна бути одна і та ж вода. Це викликано тим, що при сталості однієї і тієї ж води в ній міститься мала кількість повітря і система не піддається корозії. Після закінчення опалювального сезону систему промивають, для чого воду спускають. Систему опалення заповнюють свіжою водою, яку нагрівають до температури 95 °С. Цю температуру підтримують протягом 1 години з метою можливого повного видалення повітря. Вода в системі залишається на весь час, до наступного опалювального сезону. Недоліки в роботі системи, які не можуть бути усунені негайно, записуються в особливий журнал і усуваються після закінчення опалювального сезону.

Проектування на основі декількох варіантів, монтаж і експлуатація опалювальних систем повинна здійснюватися кваліфікованими спеціалістами.

Тільки при правильному проектуванні, монтажі та експлуатації системи опалення зможуть забезпечити комфортні умови в приміщеннях.

## **ЛЕКЦІЯ 9 ЕНЕРГЕТИЧНІ ПОКАЗНИКИ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ**

### **9.1 Розробка заходів по енергозбереженню систем опалення, застосування нових теплоізоляційних матеріалів, ізоляція трубопроводів систем опалення, установка терморегуляторів на опалювальних приладах**

Проблема енергозбереження на межі тисячоліть перетворилась в одну з найважливіших загальнолюдських проблем. Раціональне та економне використання природних ресурсів, скорочення шкідливих викидів в атмосферу та ефективне використання електричної та теплової енергії набувають виключно важливого значення у сучасному суспільстві.

Україна задовольняє свої потреби в природних енергоресурсах за рахунок власного їх видобутку приблизно на 45 відсотків. У більшості країн світу рівень енергетичної самозабезпеченості такий самий або нижчий. Проблема полягає в іншому – неприпустимо низькій ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів. Енергоемність ВВП в Україні в 3–5 разів вища, ніж в економічно розвинених державах. Це наслідок деформованої структури виробництва та енергоспоживання, використання застарілих виробничих фондів енергетики, повільного впровадження енергозберігаючих заходів і технологій та ряду інших причин

Системи опалення для громадських і промислових будівель є найбільшим споживачем теплової енергії. Тому вдосконалення цієї системи має першочергове значення для підвищення енергоефективності будівель і зниження витрат енергії на створення в них комфортних параметрів..

Заходи щодо енергозбереження в системах опалення умовно можна поділити на чотири групи:

1. Організація обліку й контролю з використання енергоносіїв, що дозволяє виявити фактичне споживання теплової енергії, що може відрізнятись від проектного теплового навантаження будівель і споруд. За відсутності приладового обліку теплопостачальні організації часто використовують систему тарифів і питомих нормативів опалення із понижуючими коефіцієнтами, що призводить до перевищення обсягів теплової енергії, за яку платить споживач.

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

3. Технічні заходи енергозбереження: удосконалювання інженерних систем та їхніх елементів – удосконалення інженерних систем і їхніх елементів:

місцевого й центрального теплопостачання, водопостачання, опалення, гарячого водопостачання, вентиляції, кондиціонування.

4. Енергозбереження шляхом утилізації природної теплоти й холоду, використання вторинних енергоресурсів, зменшення теплових втрат. Наприклад, уточнення розрахункових умов; зменшення інфільтрації; зниження втрат; використання попереднього нагрівання й охолодження теплоносіїв; комбінування систем між собою і з іншими системами; автоматизація процесів теплопостачання й підготовки повітря; якісне й кількісне регулювання.

Питання енергозбереження в Україні є частиною державної політики:

– створення державою економічних і правових умов зацікавленості в енергозбереженні юридичних та фізичних осіб;

– встановлення плати за прямі втрати і нераціональне використання паливно-енергетичних ресурсів;

– поступовий перехід до масового застосування приладів обліку та регулювання споживання паливно-енергетичних ресурсів.

Актуальність енергозбереження беззаперечна. Держава забезпечує умови для проведення систематичних комплексних досліджень у сфері енергозбереження для розробки наукових основ створення новітніх енергозберігаючих процесів й технологій.

Можна зробити висновок, що стимулювання енергозбереження здійснюється шляхом надання податкових пільг підприємствам, які працюють на нетрадиційних та поновлюваних джерелах енергії, альтернативних видах палива; пріоритетного кредитування заходів щодо забезпечення раціонального використання та економії паливно-енергетичних ресурсів. Це дозволяє створити цілісну адміністративну систему енергозбереження, яка дозволяє діяти напрямку зниження споживання електроенергії.

*Енергозбереження за рахунок утеплення будівель.*

Необхідні теплові умови в приміщеннях можна забезпечити, якщо обмежити зниження внутрішньої температури внутрішньої поверхні зовнішніх огорожувальних конструкцій. Для цього огорожувальні конструкції вивиконують з достатнім тепловим захистом від впливу таких метеорологічних чинників, як температура зовнішнього повітря і швидкість вітру.

Основним чинником, що викликає тепловтрати через огороження приміщень, є температура зовнішнього повітря.

Огорожувальні конструкції, крім міцності і конструктивних вимог, повинні задовольняти економічним, теплотехнічним і санітарно-гігієнічним вимогам.

Теплотехнічні властивості огорожень характеризуються опором теплопередачі, теплотривкістю, вентиляцією і паропроникністю.

Застосування сучасних ефективних теплоізоляційних матеріалів для утеплення різних конструкцій дозволяє скоротити до мінімуму витрати на обігрів будівель і створення комфортних умов для функціонування людей. Термічний опір огорожувальних конструкцій існуючих будівель не задовольняє вимогам норм. Тому виникає необхідність утеплення будівельних конструкцій будівель при реконструкції.

Сучасний ринок теплоізоляційних матеріалів широкий і різноманітний, тому дуже важливо правильно в ньому орієнтуватися і підбирати те, що необхідно в тих чи інших випадках. Основними критеріями в підборі теплоізоляційного матеріалу є його фізико-механічні характеристики, скориговані на місцеві умови.

Теплоізоляційні матеріали повинні мати низьке водопоглинання і високу паропроникність, що дозволяє зберігати теплофізичні властивості матеріалу і не накопичувати вологу в конструкції.

В даний час широко обговорюється проблема утворення цвілі на будівельних конструкціях. Застосовуючи сучасні теплоізоляційні матеріали в фасадних системах цю проблему легко вирішити. Теплоізоляційні матеріали повинні бути стійкі до дії мінеральних агресивних середовищ типу вапна, цементу, гіпсу, глини, бітуму, стійкі до дії ряду кислот, мати високу біологічну стійкість, не піддаватися гниттю, впливу комах, бути стійкими до дії мікроорганізмів, грибків і бактерій.

Теплоізоляційні матеріали повинні легко піддаватися механічній обробці за допомогою найпростіших і загальнодоступних інструментів.

Перераховані властивості основні, але не єдині. Одна з найважливіших якостей теплоізоляційного матеріалу – негорючість і пожежна безпека. Теплоізоляційні матеріали повинні мати сертифікат пожежної безпеки.

Теплоізоляційні матеріали повинні бути стійкі до старіння і при правильному використанні зберігають стабільні властивості, форму і розміри тривалий час, тобто бути довговічним матеріалом.

Теплоізоляційні матеріали повинні бути екологічно чистими і нешкідливими для людини.

Перевага застосування теплоізоляційних матеріалів в будівництві:

- скорочення витрат на матеріали;
- скорочення термінів і витрат на монтаж;
- низький коефіцієнт теплопровідності при утепленні огорожувальних конструкцій веде до скорочення витрат на опалення і економію грошових ресурсів;
- стабільність форм, тобто виключається наявність щілин;
- екологічна безпека для здоров'я людини.

Головним напрямком науково-технічного прогресу у галузі систем централізованого тепlopостачання є застосування нових теплоізоляційних матеріалів і технологій теплоізоляційних робіт.

Найвищу ефективність з точки зору економії паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР) і збільшення терміну експлуатації теплових мереж забезпечує застосування теплоізоляційних матеріалів з покращеними характеристиками і технології попередньоізолюваних в заводських умовах трубопроводів

Попередньоізолювана в заводських умовах секція (рис. 9.1) складається з внутрішньої провідної сталевий труби, зовнішньої захисної оболонки з поліетиленової труби і розміщеної між ними пінополіуретанової теплоізоляції. У верхній частині теплоізоляційного шару розміщені два провідники системи теплоконтролю герметичності теплопроводів (аварійної сигналізації).

Провідниками аварійної сигналізації є мідні дроти з площею перетину 1,5 мм. Для забезпечення адгезії поліуретанової піни зовнішня поверхня сталевих труби і внутрішня поверхня поліетиленової труби спеціально обробляються. Для теплових мереж використовуються безшовні (ДСТУ 8938:2019), електрозварні і електрозварні прямошовні труби. Для зовнішніх мереж гарячого водопостачання застосовуються водогазопровідні оцинковані (ДСТУ 8936:2019) труби. Коефіцієнт теплопровідності пінополіуретанової ізоляції  $\lambda < 0,035 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$ , поліетиленової труби  $\lambda = 0,43 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$ .

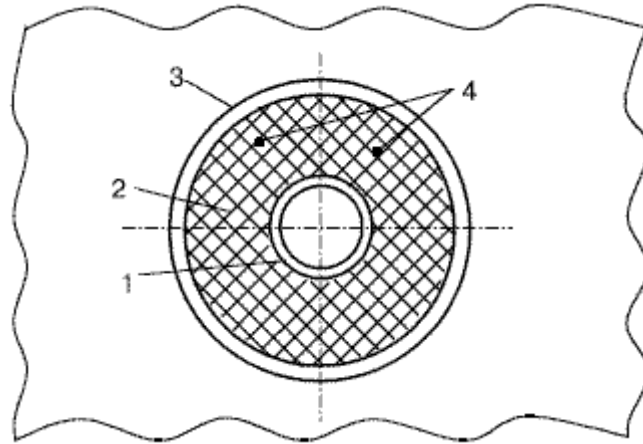


Рисунок 9.1 – Конструкція попередньоізольованого теплопроводу:  
1 – провідна сталевая труба; 2 – пінополіуретанова теплоізоляція; 3 – зовнішня захисна поліетиленова труба; 4 – дрот сигналізаційний

Попередньоізольовані труби застосовуються для транспортування теплоносія з наступними робочими параметрами:

- максимальна робоча температура довготривала,  $t_{\text{maxД}} = 140 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
- максимально допустима (протягом 10 діб на рік) температура короткотривала,  $t_{\text{maxК}} = 150 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
- умовний тиск,  $P_y = 16 \text{ МПа}$ .

Впровадження в практику будівництва трубопроводів теплових мереж у поліуретановій оболонці типу «труба в трубі», виготовлених в заводських умовах, забезпечує:

- підвищення терміну безаварійної експлуатації мереж у 2–3 рази;
- зниження теплових втрат через ізоляцію в середньому у 3 рази;
- зниження експлуатаційних витрат у 9 разів;
- зниження витрат на ремонт у 3 рази;
- зниження капітальних затрат у будівництві в 1,3 рази.

Одним з приладів, що дозволяють ефективно використовувати енергію в системах опалення є радіаторний *терморегулятор*, за допомогою якого можна підтримувати оптимальні комфортні умови температури повітря в приміщенні. За допомогою терморегуляторів можливо встановити періодичність, інтенсивність і режим роботи опалювальних приладів.

Терморегулятори призначаються в першу чергу для контролю температури в приміщенні та економії тепла.

Види терморегуляторів для опалення:

- механічні термостати;
- електромеханічні регулятори;
- електронні.

Механічні термостати.



Рисунок 9.2 – Зовнішній вигляд механічного термостату

До таких терморегуляторам відносяться біметалічні пристрої та пристрої з газо- або рідино- заповненими сильфонами. Принцип дії біметалевих регуляторів оснований на властивості біметалевої пластинки згинатися при зміні температури. При підвищенні температури пластина вигинається та розмикає електричний ланцюг, а при підвищенні – випрямляється та замикає ланцюг.

При досягненні в приміщенні заданої температури механічний термостат закривається та вимикає опалювальний прилад. А після зниження температури на 2–3 °С – знову включає.

До недоліків механічних терморегуляторів можна віднести їх низьку чутливість і відхилення від заданого значення температури на 2–3 °С. А ще механічні терморегулятори не є безшумними.

Електромеханічні регулятори



Рисунок 9.3 – Зовнішній вигляд електромеханічного регулятора

Одним з найбільш простих регуляторів, вважається електромеханічний. Головним його елементом вважається реле, яке буває декількох видів, але в системі опалення використовується регулятор з реле, у якого деякі елементи розширюються в момент нагрівання.



Такий тип регулятора застосовується в масляних радіаторах і бойлерах, де реле являє собою циліндричну трубку, яка наповнена чутливою рідиною. Трубка знаходиться в маленькому бачку з водою, яка нагрівається.

Електронні



Рисунок 9.4 – Зовнішній вигляд електронного терморегулятора

Основна перевага таких терморегуляторів – точність регулювання заданої температури. LCD-дисплей надає їм сучасний, високотехнологічний вигляд.

Електронні регулятори температури бувають:

- програмовані (програматори),
- не програмовані.

Механічні та електромеханічні не програмовані електронні терморегулятори підтримують температуру на одному рівні. До того часу, коли споживач не змінить її вручну в якийсь момент часу. А програмовані терморегулятори (програматори) змінюють температуру відповідно до раніше встановленої споживачем програмою. Коли температура в приміщенні знижується або підвищується в залежності від часу доби та дня тижня. Тобто споживач налаштовує (програмує) терморегулятор відповідно до свого ритму життя.

За рахунок використання програматорів час роботи опалювального приладу складає від 4 до 8 годин на добу. Без порушення комфорту для споживача. Таким чином програматори дозволяють заощадити.

Системи опалення, які регулюються електронними терморегуляторами можна легко інтегрувати в загальну систему «розумний будинок».

Застосування регуляторів температури дозволяє регулювати та підтримувати температуру в заданих межах для кожного окремо взятого приміщення. Тобто в кожній кімнаті може бути свій температурний режим, що теж дозволяє економити.

Використовуючи терморегулятори, ви не перевищите ліміти зі споживанням газу або електроенергії. Це дозволить вам не переплачувати за «зайві» кіловати електроенергії або кубометри газу.

Переваги термостатів:

– вартість пристрою порівняно невисока, а економія енергоносіїв істотна, і за розрахунками фахівців становить приблизно 20–30% всіх річних витрат на опалення;

– у кімнатах будинку завжди затишно та комфортно;

– у відпустці та відпочинку з сім'єю в зимовий час поза домом, терморегулятор дозволяє підтримувати в будинку мінімально необхідну температуру в його приміщеннях.

## **9.2 Екологічна оцінка ефективності роботи систем опалення**

Сьогодні не більше 15 % теплотехніки в Україні справді відповідає сучасному рівню розвитку технологій. Традиційному устаткуванню, як правило, більше 25 років – такі пристрої, як мінімум, застаріли технологічно: малоефективні та сильно забруднюють довкілля. Ті, хто хоче справжньої економії та чистоти, мають інвестувати у сучасне екологічне опалення.

Екологічна свідомість людства – необхідність в умовах життя, праці та виробництва: не всі природні ресурси будуть служити людині вічно. Крім цього, шкідливі викиди у навколишнє середовище безпосередньо впливають на те, з якими проблемами дістанеться Земля нашим нащадкам. Тому кожен крок сучасної людини як споживача вимагає осмисленості, заснованої на перспективному погляді в майбутнє.

Традиційні котельні спалюють вугілля, газ або рідке паливо, що супроводжується підвищеним викидом CO<sub>2</sub> та інших продуктів горіння, що погіршує міське повітря нарівні з авто та виробництвами. Також чисельні теплоелектростанції – це найбільше глобальне джерело антропогенних аерозольних забруднень по всьому світу.

Чи можна економно опалювати приміщення, використовуючи екологічно чисті джерела енергії? У 21 столітті можна практично все! Існує кілька варіантів альтернативного опалення, які швидко набирають популярності по всьому світу.

*Електричне опалення* – повністю екологічне та безпечне. Його можна реалізувати через котел + радіатори із теплоносієм; тепла підлога, інфрачервоні панелі, електрорадіатори, конвектори або, наприклад, низькотемпературний інверторний кондиціонер.

Принцип дії інфрачервоного обігрівача аналогічний дії сонячних променів і полягає в нагріві конструкції приміщення, а не повітря. Такий принцип опалення дозволяє добитися встановлення розподілу температури по висоті приміщення, при якому різниця між температурою в районі підлоги і у стелі зведена до мінімуму. При роботі інфрачервоних обігрівачів ви отримуєте додатковий ефект теплої підлоги і прогріту конструкцію будинку, яка, акумулюючи тепло, сама починає його випромінювати.



Рисунок 9.5 – Зовнішній вигляд інфрачервоного обігрівача

Правильним є розташування інфрачервоних обігрівачів на стелі в районі вікон і зовнішніх стін приміщення. Це пов'язано з необхідністю блокування зон максимальних тепловтрат, якими якраз і є вікна і зовнішні стіни. Монтаж обігрівачів в центрі приміщення або в інших місцях є неправильним і допускається тільки при створенні зон локального обігріву.

Інфрачервоні обігрівачі використовуються однаково ефективно як в якості основного, так і в якості додаткового опалення. Різниця при цьому лише у встановлюваній потужності.

В опалювальний сезон інфрачервоні обігрівачі повинні працювати в середньому 20–30 хвилин на годину. Тобто споживання електроенергії системою опалення буде становити від 1/3 до 1/2 встановленої потужності обігрівачів. Більш точні цифри може дати тільки теплотехнічний розрахунок..

Необхідна потужність інфрачервоного опалення розраховується виходячи з конструкції кожної конкретної будови. У середньому для наших широт, щоб компенсувати тепловтрат житлового приміщення в зимовий період необхідно затратити 100 Вт тепла, щоб обігріти площу в  $1\text{ м}^2$ . Виходячи з цього на кімнату 10–12  $\text{ м}^2$  необхідний обігрівач потужністю 1 кВт, при використанні інфрачервоних обігрівачів в якості основного зимового опалення, або обігрівач 0,6 кВт – в якості додаткового опалення або на весняноосінній період.

Температура робочої поверхні пластини невисока і недостатня для спалювання кисню в приміщенні. Виняток становлять високотемпературні обігрівачі, але вони застосовуються тільки на відкритих майданчиках.

*Сонячні панелі.* Ці системи мають на увазі отримання електроенергії із сонячного світла, тобто. будинок стає повністю екологічним та автономним від міських енергомереж. У середині приміщень опалювальна система реалізується за допомогою будь-яких електричних приладів.



Рисунок 9.6 – Зовнішній вигляд сонячних колекторів

Сонячна термічна установка складається, в основному, з сонячних колекторів, регулюючого пристрою з циркуляційним насосом і теплоізолюваного накопичувача тепла (солярного бойлера). Сонячні промені падають на спеціальну поглинаючу поверхню колектора – абсорбер і нагрівають його. Тепло передається рідкому незамерзаючому теплоносію, циркулюючому між колектором і теплообмінником накопичувача тепла. Залежно від різниці температур колектора і бойлера регулюючий пристрій включає і вимикає циркуляційний насос. Тепло передається воді від теплообмінника в бойлері. У разі якщо енергії сонця в зимові місяці недостатньо для підігріву води до необхідної температури, вода у верхній частині бойлера підігрівається за допомогою опалювального котла або тена.

Сонячна енергія не може повністю замінити газ або електрику, коли мало сонячного світла. Але комбіновані сонячні установки для гарячого водопостачання та опалення можуть забезпечити будинок теплом навесні і восени, а також «підтримати» базову систему опалення в зимовий час.

Такі установки мають велику площу колекторів, в порівнянні з установками тільки для гарячого водопостачання. Особливо ефективно комбіновані сонячні установки працюють в будинках з сучасними системами опалення та енергозбереження.

Оптимально підібране солярне обладнання дозволяє заощадити річні витрати на енергію, яка необхідна для підігріву води, до 60 %. Витрати на експлуатацію та обслуговування сонячних установок відносно невеликі. Установки працюють в автоматичному режимі. Необхідний лише періодичний контроль за їх роботою, здійснюваний фахівцем. Приблизно один раз в 6 років слід робити повну заміну незамерзаючого теплоносія.

Сучасні *твердопаливні котли* нагрівають теплоносії за допомогою відновлюваних ресурсів та продуктів деревної переробки – паливними блоками, пелетами та дровами. Така система допоможе зробити будинок практично автономним, і одночасно знизити споживання ресурсів із корисних копалин.

*Екологічні біокаміни* – відмінний сучасний варіант обігріву екологічних будинків. Біокаміни використовують як джерело тепла рідке або гелеве екологічне паливо на спиртовій основі. Таким чином, у процесі горіння не

виділяється дим, CO<sub>2</sub> чи запах, які завжди супроводжують горіння дров у традиційних каминах та печах.

*Теплові насоси* можна віднести до електроопалення, проте ці системи черпають більшу частину теплової енергії прямо з довкілля: землі, води чи повітря. На 1 кВт витраченої електроенергії припадає до 5–7 кВт тепла, які можна витратити на підвищення температури теплоносія – води чи повітря у будинку. Крім цього, універсальні інверторні теплові насоси можуть працювати влітку «на зворотний бік», як кондиціонер.

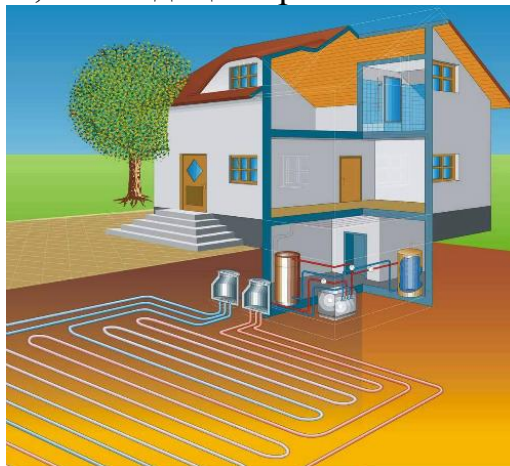


Рисунок 9.7 – Схематичне зображення роботи теплового насоса

Тепловий насос – це компактна, економічна та екологічно чиста система опалення, що дозволяє отримувати тепло для гарячого водопостачання та опалення за рахунок використання тепла ґрунтових, артезіанських вод, озер, ґрунтового тепла земних надр шляхом його перенесення до агента з більш високою температурою.

Тепловий насос складається з двох теплообмінників (конденсатор і випаровувач), компресора і розширювального клапана. Контур охолодження, який складається з тих частин, заповнюється холодоагентом. Холодний контур, як і говорить його назва, виробляє холод, завдяки чому з навколишнього середовища через випарник забирається тепло. З іншого боку, конденсатор віддає холодоагенту це тепло для опалення після того, як компресор «нагріває» його до необхідної температури. Розширювальний клапан зменшує тиск холодоагенту, який таким чином охолоджується. І процес починається спочатку. Принцип простий, надійний і відомий вже багато років.

Використовувати тепловий насос дешевше, ніж газове або мазутове опалення. Один кіловат при використанні теплового насоса коштує приблизно в два рази менше, ніж при використанні традиційних систем. Крім того, тепловий насос економить сировинні ресурси, так як близько 75 % необхідного тепла надходить з навколишнього середовища, а 25 % за рахунок роботи насоса від електрики. Для теплового насоса не потрібні ні димова труба, ні мазутовий резервуар, ні запаси горючих матеріалів, він не виробляє вихлопні гази і не вимагає технічного обслуговування.

Щоб визначити, наскільки ваш будинок, квартира або, наприклад, автомобіль екологічні, достатньо дізнатися, які шкідливі речовини викидаються в атмосферу завдяки вашій життєдіяльності. Найпоширеніші з них

- двоокис вуглецю ( $\text{CO}_2$ ): у великій концентрації – це задушливий газ;
- оксид вуглецю (CO) і отруйний чадний газ. утворюється при згорянні вугілля, газу, нафти;
- діоксид сірки ( $\text{SO}_2$ ) з'являється в процесі згоряння сірковмісного вугілля і формує кислотні дощі;
- летюча зола і сажа – залишок мінеральних домішок, який залишається після згоряння палива. Такий дрібнодисперсний пил сильно впливає на якість життя, і саме через нього нам постійно хочеться «на свіже повітря в гори».

Рішення проблеми – встановлення опалювальних приладів, які використовують поновлювані джерела тепла. Викопне паливо рано чи пізно закінчиться. Хіба не резонно використовувати вугілля, газ та нафту для високотехнологічного виробництва, а не просто спалювати? Проблема вирішується через альтернативну енергетику: використання енергію сонця, тепла землі, води, повітря; спалювання деревного або спиртового екологічного палива. Це буде більш економічнішим і безпечнішим для навколишнього середовища.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ 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 : Мінпкгіонбуд, 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 : Мінпкгіонбуд, 2018. – 114 с.
4. ДБН В.2.2-15-2019 Житлові будинки. Основні положення. – Чинний від 01.01.2020. – Київ : Мінпкгіонбуд, 2019. – 107 с.
5. ДБН В.2.6-31-2016 Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель. – Чинний від 01.01.2017. – Київ : Мінпкгіонбуд, 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.
9. Пирков В. В. Особливості проектування сучасних систем водяного опалення / В. В. Пирков. – Київ : Такі справи, 2003. – 176 с.
10. Самойленко І. О. Енергетичний менеджмент та енергоефективність / І. О. Самойленко, О. Г. Гриб, А. О. Запорожець. – Харків : ФОП Бровін О. В., 2020. – 348 с.
11. Боженко М. Ф. Системи опалення, вентиляції і кондиціонування повітря будівель [Електрон. ресурс] : навч. посіб. / М. Ф. Боженко ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електрон. текст. дані (1 файл: 11,7 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 380 с. – Режим доступу <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/30248?locale=uk>., вільний (дата звернення: 25.03.2023). – 380 с. – Назва з екрана.

*Електронне навчальне видання*

**МАЛЯВІНА** Ольга Миколаївна  
**МІЛАНКО** Вікторія Анатоліївна

## **ОПАЛЕННЯ**

### **КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ**

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

Відповідальний за випуск *В. В. Гранкіна*  
За авторською редакцією  
Комп'ютерне верстання *В. А Міланко*.

План 2021, поз. 109Л

---

Підп. до друку 24.04.2023. Формат 60 × 84/16.  
Ум. друк. арк. 5,5

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.