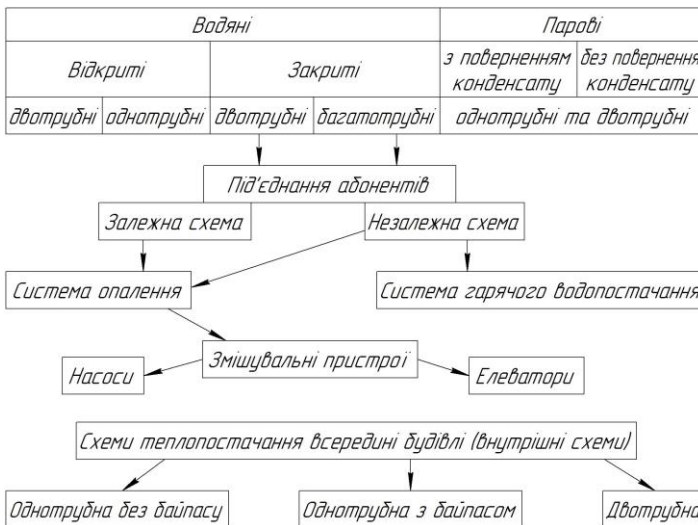


## РОЗДІЛ 2

### Ефективне використання енергоносіїв у системах опалення

#### 2.1 Існуючі в Україні системи централізованого опалення. Конструктивні схеми. Особливості

##### 2.1.1 Принципові схеми централізованого опалення



**Рисунок 2.1 – Класифікація схем централізованого  
опалення**

**Основні переваги схем централізованого  
опалення:**

**Водяна система:**

- технологічні переваги на ТЕЦ;
- висока акумулювальна здатність;
- можливість кількісного і якісного регулювання.

***Парова система:***

- можливість передавання, транспортування енергоносія;
- більш високі температури;
- низька густина теплоносія, що важливо під час витоків і в сильно рельєфній місцевості.

***Відкрита:***

- можливість використання однотрубних схем;
- простота абонентських введів;
- можливість використання низькотемпературних енергоносіїв.

***Закрита:***

- відсутність втрат мереженої води;
- використання в системах гарячого водопостачання водопровідної води;
- стабільність гідравлічного режиму внаслідок незмінності витрати теплоносія у зворотних лініях.

***Однотрубна:***

- економія труб;
- зменшення експлуатаційних витрат.

***Двотрубна:***

- можливість використання різних схем теплопостачання, приєднання абонентів та різних способів регулювання.

***Багатотрубна:***

- можливість забезпечення різних споживачів теплотою істотно різних характеристик.

***Залежна схема приєднання абонентів:***

- простота та економічність.

***Незалежна (ізольована) схема приєднання абонентів:***

- відсутність гідравлічного зв'язку між мережею та абонентом;
- відсутність впливу тиску в мережі на абонента;

- відсутність впливу статичного тиску в абонента на параметри мережі.

***Елеватори:***

- простота;
- надійність;
- економічність.

***Електричні насоси:***

- плавність регулювання;
- незалежність від потрібного напору;
- простота автоматизації системи місцевого регулювання.

Навіть наведений фрагментарний огляд систем централізованого теплозабезпечення свідчить про наявність різноманітних способів забезпечення споживачів теплом. Водночас кожний елемент системи має свої переваги та недоліки, які роблять їх використання доцільним за тих або інших обставин.

Найбільш широко використовують у житловому секторі України двотрубні водяні системи централізованого теплопостачання з центральним регулюванням температури й елеваторним вузлом на вводі в будівлю. У середині будівлі зазвичай використовується однотрубне розведення по поверхах із байпасним клапаном або без нього. За однотрубного розведення та однакового споживання теплоносія кінцеві споживачі повинні мати більшу поверхню тепловіддачі, ніж початкові.

Безумовною перевагою такої системи є її простота і дешевизна. Але вона має недоліки щодо якості регулювання теплоспоживання, тому що важко піддається як груповому, так і індивідуальному регулюванню.

Аналогічні переваги та недоліки мають системи гарячого водопостачання. У закритих системах централізованого теплопостачання вода для системи

гарячого водопостачання підігривається в теплообмінниках поверхневого типу. Водночас використовують як одноступеневий, так і двоступеневий підігрів води. Максимальне спрощення систем дало можливість знизити їх собівартість і витрати на обслуговування. До того ж у системах не передбачені компенсатори пікових навантажень, за які зазвичай можна використовувати акумуляційні баки. У відкритій системі теплопостачання з використанням принципу зв'язаного регулювання пікові перевитрати теплоти в системі гарячого теплопостачання компенсуються зменшенням витрат у системі опалення. Використання як акумулятори теплоти елементів конструкції будівель енергетично виправдано, але не завжди доцільно в умовах зниження обсягів теплоспоживання.

Дуже негативно на споживання теплоти впливає недостатня кількість, а інколи й повна відсутність вимірювальних приладів не лише в індивідуальних, а й у групових споживачів тепла.

### **2.1.2 Основні проблеми діючих в Україні систем теплопостачання**

На сьогодні основною проблемою в системах теплопостачання, як і в інших галузях економіки, є відсутність необхідного фінансування. У відмежуванні від цієї проблеми вирішення інших технічних завдань здається утопією. Спроба перекласти ці проблеми на плечі політиків, на жаль, не приносить бажаного результату.

З іншого боку, робота системи лише «на виживання», вирішення лише сьогоденних проблем створює замкнене коло, в результаті якого технології виробництва, транспортування енергії старіють,

енергетичні втрати й енергоємність виробництва ростуть, а для задоволення цих додаткових потреб необхідні додаткові фінансові «вливання» (витрати).

Ця ситуація простежується в останні роки і не влаштовує ні виробників енергії, ні споживачів.

Тому вважається доцільним розглянути не лише економічні проблеми, а й технічні.

Як вже відзначалося, системи теплопостачання повинні відповідати низці вимог, серед яких можна особливо виділити:

- економічність;
- надійність;
- регульованість;
- екологічну чистоту.

Цілком зрозуміло, що окремі положення можуть суперечити один одному, тому завдання повинне вирішуватися комплексно, з урахуванням усіх вимог. До того ж пріоритет може бути наданий тим чи іншим вимогам, залежно від вимог споживачів енергії та інших обставин (наприклад, законодавчих актів).

**Економічність.** Діюча система теплопостачання створювалася і розвивалася в умовах жорсткої планової економіки і нормативного розподілу. Цим багато в чому визначаються її особливості, переваги та недоліки. Основна концепція розвитку системи теплопостачання будувалась на максимальному її спрощенні та здешевленні. У разі використання нормативних показників цього можна досягти попереднім налаштуванням систем таким чином, щоб для однорідних споживачів споживання теплоти було пропорційним.

У цьому разі нескладно з прийнятною точністю підрахувати індивідуальне і навіть місцеве теплоспоживання, що дає можливість відмовитися від великої кількості не лише лічильників теплоти, а й від

регуляторів. За відсутності індивідуального регулювання найбільш економічним і обґрунтованим у будівлях є однотрубна система опалення.

Використання залежних систем приєднання абонентів до теплових мереж, а також використання відкритих систем гарячого водопостачання дозволяє скоротити до мінімуму кількість поверхневих теплообмінників.

Регулювання температури води в системах опалення за допомогою елеваторів, а подачі – за допомогою діафрагм дає можливість знизити не лише вартість обладнання, а й витрати на його обслуговування.

Проблема пікових навантажень добових графіків теплоспоживання в житлових будинках пов'язана з інтенсивним споживанням гарячої води в ранкові і вечірні години. Найбільш очевидним і простим шляхом вирішення цієї проблеми є застосування акумуляторів теплоти, за які зазвичай використовують баки гарячої води. Однак споруда самого бака і приміщення для нього потребують додаткових фінансових витрат.

З погляду економіки більш ефективно використовувати як акумулятори теплоти конструкційні елементи будівлі, що дозволяє в години максимального водозабору знизити теплове навантаження в системах опалення.

Одним із найбільш простих і дешевих способів є безканалне прокладання теплових мереж. Однак ще недавно була відсутня високоефективна тепла ізоляція з тривалим терміном старіння. Ізоляція, створена в галузевій лабораторії Міненерго, добре себе зарекомендувала в місцях із сухим нейтральним ґрунтом, а в інших місцях термін її безремонтної експлуатації був недостатнім для повсюдного впровадження.

Тому значного поширення в містах України набула технологія підземного прокладання трубопроводів у непрохідних каналах. Канали захищають трубопроводи й ізоляцію від впливу ґрунту. Крім того, вони полегшують проведення ремонтних робіт, які за відсутності якісної ізоляції доводиться проводити доволі часто. Незважаючи на додаткові витрати, пов'язані з виготовленням бетонних коробів, використання каналів виявилось економічно доцільним.

Найбільш вигідним з економічної та енергетичної точок зору джерелом тепла є ТЕЦ. Комбіноване виробництво теплоти й електроенергії зменшує вартість не лише електричної, а й теплової енергії.

В окремих випадках теплова енергія є «дармовою» в тому розумінні, що за відсутності утилізації нею б довелося гріти докільця або перетворювати на електроенергію, але з дуже низьким к. к. д. Переважно це стосується енергоємних виробництв, зокрема металургійних підприємств, де витрати теплоти на власні потреби значно менші, ніж виділяється в технологічних процесах.

**Надійність.** Скорочення до мінімуму в системах контрольно-вимірювальної апаратури, регульованих приладів і обладнання, поверхневих теплообмінників, електричних насосів та іншого допоміжного обладнання підвищує надійність теплової системи. Позитивно відбивається на надійності й централізація виробництва, яка забезпечує достатньо високий рівень виробництва і розподіл теплоти.

Найбільш слабким ланцюгом у системах теплопостачання, мабуть, необхідно вважати теплові мережі. В діючих теплових мережах великі труднощі викликає не лише їх ремонт, а й діагностування трубопроводів та ізоляції, що негативно впливає на прогнозування ремонтних робіт.

**Регульованість.** Найбільш широко використовуваним в Україні способом централізованого регулювання теплових мереж є регулювання зміною температури теплоносія. Цей спосіб добре себе проявив за умов, коли навантаження збалансоване й однорідне. Таке регулювання дає можливість планово змінювати теплове навантаження, але водночас тепла мережа стає дуже інерційною. У разі великої довжини мережі споживач може відчутти зміни лише через кілька годин. За централізованого регулювання зміною температури теплоносія виникають проблеми в разі використання кількох джерел теплоти.

Раніше відзначалося, що індивідуальне регулювання теплопостачання в житлових будинках, найімовірніше, не передбачене, і через це опалювальні прилади повинні передавати чітко визначену кількість теплоти.

Рекламоване використання обладнання можна було б очікувати за чітко розрахованої і відрегульованої системи опалення (інколи виникає проблема змінити параметри теплоносія навіть у цьому випадку; наприклад, за відсутності в зимовий період людей у квартирі можна було б обійтися лише вартовим режимом опалення). На практиці часто відбуваються заміни радіаторів, нарощення батарей і таке інше, що призводить до розрегулювання опалювальної системи. До того ж інші споживачі отримують теплоти менше, ніж заплановано. У підсумку вони використовують або додаткові джерела теплоти (електрообігрівачі, газ і т. ін.), або нарощують потужності опалювальних приладів (поглиблюючи ситуацію), або залишаються у дискомфортних умовах. Останнім часом у зв'язку зі зниженням обсягів постачання теплоти ця обставина стала ще більш актуальною. Необхідно підкреслити, що в цьому разі має місце і соціальна несправедливість, тому що відбувається перерозподіл цін на тепло: плата здійснюється за проєктними величинами, а споживання не відповідає цим



величинам. Негативно на якість регулювання впливає використання на стояках будівель елеваторів, а не насосів.

**Екологічні показники.** Будь-яке виробництво теплоти з хімічного палива шкідливе для довкілля. Спалення палива супроводжується появою оксидів азоту, оксидів і двооксидів вуглецю та сірки. Тому неможливо вести розмову про екологічно чисте спалювання палива. Потрібно зазначити, що системи централізованого теплозабезпечення порівняно з іншими способами отримання тепла є більш екологічно чистими. Пояснюється це тим, що:

- за рахунок високої ефективності зменшується кількість спалюваного хімічного палива, а отже, зменшується кількість шкідливих викидів у довкілля;
- ТЕЦ обладнані високоякісними очисними спорудами. Малі виробники не можуть використовувати таке обладнання.

Негативно впливають на умови життєзабезпечення людини також відкриті системи тепlopостачання.

## **2.2 Енергозбережні технології в системах опалення з використанням попередньо ізольованих труб**

### **2.2.1 Історична довідка**

Зазвичай за нормально функціонуючої економіки в умовах міста з високим рівнем теплоспоживання централізоване тепlopостачання з погляду економіки більш вигідне порівняно з децентралізованим або автономним (за рахунок більш високого коефіцієнта використання палива на ТЕЦ за сумісного виробництва електроенергії і тепла). Тому в центральній і північноєвропейських країнах, зокрема й країнах колишнього СРСР, набула значного

поширення розгалужена система трубопроводів від центральних джерел до кожного споживача.

За даними статистики, в Україні налічується 40 тис. км теплових мереж (у Польщі, наприклад, близько 25 тис. км) у своїй більшості підземних, належних різним відомствам. Із загальної кількості тепла, що виробляється в Україні, близько 70 % розподіляється тепловими мережами.

Для підземних тепломереж традиційною є канална прокладка в прохідних або непрохідних залізобетонних каналах. Практика будівництва та експлуатації показала такі недоліки такої технології:

- високу вартість будівництва;
- складність будівництва (ремонту) в тісних міських умовах;
- недостатню щільність від проникнення ґрунтових і зливових вод;
- необхідність обслуговування (очищення, відкачування, ремонт сальникових компенсаторів і т. ін.);
- схильність до електрокорозії;
- близько 20 % тепла втрачається під час транспортування.

Тому наявність високих ґрунтових вод, розриви суміжних комунікацій призводять до заливання каналів водою, швидкої зовнішньої корозії і прискореного виходу трубопроводів із ладу.

Сама по собі ідея безканалної прокладки трубопроводів тепломереж із труб із попередньо нанесеною (в заводських умовах) тепло- і гідроізоляцією не нова і налічує десятки років.

Свого часу в СРСР повсюди й широко впроваджували ізоляцію трубних секцій армопінобетоном і бітумперлітом та існувало масштабне виробництво.

Однак згадані технології мали низку істотних недоліків, одним із яких була відсутність надійного способу

ізоляції стиків і фасонних частин, а головне – така технологія не забезпечувала гідроізоляції труб.

Це призводило до того, що в тих місцях, де підземний трубопровід піддавався впливу ґрунтових вод, труба швидко виходила з ладу.

Причиною того була корозія, яка часто ускладнювалась електрокорозією.

### **2.2.2 Основні принципи технології виробництва попередньо ізольованих труб**

Ідея ізолювати труби і фасонні частини пінополіуретаном і захищати оболонкою з поліетилену виникла близько 30 років у Данії, і з того часу значно поширена в західних країнах. На сьогодні десятки заводів випускають кілька кілометрів на 1 рік ізольованих труб та фасонних частин. Основні виробники труб об'єднались у Європейську асоціацію виробників труб, яка відповідає за розроблення, застосування нормативної документації, упровадження інновацій.

Технологія виробництва попередньо ізольованих труб полягає в такому. Труби, що надходять із трубопрокатних заводів, проходять гідравлічні випробування і піддають зовнішньому дробоструменевому обробленню. Поліетиленові труби для зовнішнього покриття піддають внутрішньому електроерозійному обробленню. Після розрізу на окремі куски 6, 12, 16 або 24 м відбувається складання трубної секції. Для центрування сталюї труби в середині оболонки застосовують спеціальні вставки. Складену таким чином секцію закривають заглушками з обох сторін і подають на нахилений стіл під заливку. Заливають рідкою сумішшю поліізоціанату і поліолетану з необхідними добавками під

тиском. Залита суміш розширюється і затвердіваючи заповнює повністю внутрішній простір між трубами, створюючи тверду, пористу зв'язку з низьким (близько  $0,028 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$ ) коефіцієнтом теплопровідності. Дробоструменеве і електроерозійне оброблення виконують для покращання зчеплення пінополіуретану зі сталлю і поліетиленом так, щоб труба, ізоляція й оболонка становили одне ціле.

Кінці труб залишаються неізольованими на відстані 220 мм з кожного боку під зварювання.

Фасонні частини (коліна, трійники і т. ін.) ізолюються аналогічно із залишками 220 мм під зварювання.

На сьогодні виготовляють труби і їх елементи, ізоляція яких може постійно працювати за температури  $144^\circ\text{C}$  з можливістю короткочасового (до 20 діб на 1 рік) підвищення до  $1500^\circ\text{C}$ , що відповідає розрахунковому графіку температур теплоносія для кліматичних умов України.

Для ізоляції стиків прямих секцій та приєднання фасонних частин випускаються стандартизовані складені муфти з електронагрівачем. Для виконання поворотів поставляються складені колінчасті муфти (до Ду 200) з кутом  $90^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $15^\circ$  і  $7,5^\circ$  градусів. Для великих діаметрів труб повороти виконуються з попередньо ізольованих колін.

Після монтажу і зварювання стиків місця з'єднання ізолюються відповідними муфтами, і утворені пустоти заповнюються рідким пінополіуретаном, який поставляється в спеціальних пакетах дозованого об'єму.

Для теплових мереж, де теплоносієм може спричинити швидку внутрішню кисневу корозію

сталю труби, використовують оцинковані, мідні або пластикові труби, ізолювані за таким самим принципом.

### **2.2.3 Технологія прокладання трубопроводів із попередньо ізолюваних елементів**

Існують чотири варіанти прокладання (монтажу) попередньо ізолюваних трубопроводів:

1-й – так званий холодний монтаж, коли труби укладають у ґрунт без попереднього нагрівання. Це найбільш простий і широко використовуваний спосіб. Його недоліком є більш висока порівняно з іншими способами напруга стискання за початкового нагрівання. Для великих діаметрів (більш ніж 500 мм) і температур теплоносія використання обмежене;

2-й – укладання і попередній підігрів трубопроводу (наприклад, гарячою водою або повітрям) перед його засипанням ґрунтом. Достатньо доступний, хоч і більш складний спосіб. Дає можливість зменшити осьову напругу в трубопроводі, що виникає під час початкового нагріву (тобто за першого максимуму температури енергоносія);

3-й – створення попередньої напруги трубопроводу за допомогою спеціальних одноразових сільфонних компенсаторів. Спосіб також дає можливість знизити початкову напругу, однак більш складний;

4-й – використання компенсувальних кутів повороту (Z-, L-, U-подібних) або попередньо ізолюваних компенсаторів. Спосіб доволі простий, значно зменшуючи напругу, однак вимагає більшої кількості фасонних частин, ніж інші способи.

Для стикування прямих трубних секцій на кутах повороту трубопроводу і для відгалужень використовують два типи виробів:

- попередньо ізольовані коліна, трійники, переходи;

- з'єднувальні фасонні частини.

Найбільш простими, хоча й більш дорогими, є попередньо ізольовані елементи труб.

Більш дешевими і простими у використанні є з'єднувальні фасонні елементи. Однак їх застосування обмежене малими і середніми діаметрами труб (до 300–350 мм).

Однією з важливих переваг з'єднувальних (сполучних) муфт є можливість їх застосування для швидких ремонтів трубопроводу.

#### **2.2.4 Системи аварійної сигналізації і виявлення місць витікання теплоносія**

Для швидкого й точного визначення місця розриву або неякісно звареного з'єднання трубопроводу застосовують систему сигналізації. Вона складається з двох проводів, закладених у товщу теплоізоляції кожної трубної секції або фасонної частини і з'єднаних під час монтажу, та виявлювача витоків, постійно вимірювального опору ланцюга проводів й ізоляції. Система дозволяє об'єднати не лише прямі ділянки трубопроводу, а й усі відгалуження. За появи вологи в ізоляції, наприклад, у разі витікань через неякісно зварний стик, опір ланцюгів змінюється, і прилад фіксує аварію і місце її виникнення. Стандартний шукач має 1–4 канали, кожний з яких може обслуговувати до 1 км теплотраси і відгалужень.

Випускається спрощена модифікація виявлювача, так званий детектор, який не зазначає місце витікання, а лише видає сигнал про її виникнення. У такому разі аварійна служба, встановивши на місце детектора переносний

виявлювач встановлює точне місце аварії. Водночас немає необхідності використання дорогих стаціонарних виявлювачів на кожній теплотрасі, достатньо лише детекторів.

Показання великої кількості детекторів можуть бути виведені на диспетчерський пункт.

### **2.2.5 Основні техніко-економічні показники**

Порівняння каналного і безканалного способів прокладання теплотрас показують, що для найбільш поширених діаметрів (у межах 100–400 мм) безканална технологія довговічніша і дешевша, витрати на її експлуатацію значно нижчі від каналної. Для великих діаметрів трубопроводів початкові капітальні витрати на нове будівництво можуть виявитися для безканалної технології дещо вищими, однак порівняння зведених витрат за 3–5-річний період експлуатації свідчить на користь безканалної технології. Крім того, наявність високих ґрунтових вод у зоні прокладання теплотраси надає безканалній технології додаткову перевагу навіть у разі великих діаметрів.

## **2.3 Системи централізованого опалення з регульованою подачею теплоносія. Концепції керування тепловим навантаженням**

### **2.3.1 Особливості конструктивних рішень сучасних систем опалення**

*Джерела теплоти.* Типовою для більшості великих європейських централізованих систем теплопостачання є наявність кількох джерел теплоти для забезпечення однієї

системи опалення. Джерела теплоти можуть бути поділені на дві категорії:

- установки базового навантаження;
- установки пікового й аварійного навантаження.

Установки для покриття базового навантаження характеризуються не лише високими капітальними витратами, а й низькою вартістю первинного палива. Тепловими установками базового навантаження є:

- установки комбінованого виробництва теплоти і електроенергії;
- установки зі спалювання твердих відходів;
- промислові теплоутилізаційні установки;
- установки з утилізації побічних продуктів сільського господарства (спалювання соломи).

Установки для покриття пікових навантажень характеризуються відносно низькими капітальними витратами і високою вартістю споживаного палива.

Такими установками пікового навантаження є:

- котельні установки, що працюють на природному газі;
- котельні установки, що працюють на світлих нафтопродуктах.

Типовою рисою пікових установок є здатність плавно змінювати теплове навантаження. У цьому сенсі котлоагрегати, що працюють на твердому паливі (вугілля, тверді відходи і т. ін.), важко використовувати як установки пікового навантаження. Діапазон і темп зміни навантаження можуть не збігатися з вимогами споживачів.

Для типової західноєвропейської системи централізованого теплопостачання проектна потужність установки базового навантаження становить приблизно 60 % від максимального навантаження системи. Така потужність дає можливість установкам базового



навантаження покривати близько 90 % річного споживання тепла.

**Системи передавання та розподілу.** Великі системи централізованого тепlopостачання гідравлічно поділяють на систему передавання і розподільну систему. Система передавання з'єднує базову установку з низкою підстанцій. На підстанціях теплота за допомогою теплообмінників передається в розподільні мережі. Гідравлічне розділення систем передачі і розподілу відкриває можливості використовувати комбінації характеристик цих систем.

Проектні тиск і температура для систем передавання, найімовірніше, становлять 2,5 МПа і 130 °С, однак трапляються системи з розрахунковою температурою від 150 °С до 180 °С.

Проектні тиск і температура для розподільних мереж дорівнюють 0,1 МПа і 100 °С для систем із безпосереднім під'єднанням споживачів. За непрямого під'єднання споживачів ці величини зазвичай становлять 1 МПа і 120 °С.

Котлоагрегати для покриття пікових навантажень гідравлічно приєднуються до розподільних систем, інколи вони можуть приєднуватися до передавальної системи.

Типові розрахункові значення температури в межах від 100 °С до 130 °С дають можливість використання в системах передачі і розподілу попередньо ізольованих труб. Альтернативними є сталеві труби в бетонних коробах з ізоляцією із мінеральної вати. Широке використання попередньо ізольованих труб на теплотрасах західноєвропейських країн здебільшого пов'язане зі зменшенням будівельних витрат і трудомісткості робіт.

**Підстанції.** Типова підстанція складається з теплообмінників, які передають тепло із системи передавання в систему розподілу, і технологічного

обладнання розподільної системи, наприклад, насоси, обладнання для водопідготовки, регулювання тиску і т. ін.

Оскільки великі централізовані системи тепlopостачання часто утворюються в результаті з'єднання кількох уже існуючих менших систем, то підстанції – часто старі котельні, призначені для постачання первинних невеликих систем централізованого тепlopостачання. У цьому разі котли можуть бути використані як резервні установки для пікового або аварійного тепlopостачання.

### **2.3.2 Установки кінцевих споживачів теплоти**

*Системи опалення.* За централізованої системи тепlopостачання найбільш зручним типом систем опалення для установки кінцевих споживачів є двотрубна система, яка має низку переваг над однотрубною. Це більш повне охолодження і менші витрати води, більш проста і економічна система регулювання теплового навантаження в установках споживачів. Кожний радіатор постачається водою однакової температури.

Регулювання теплового навантаження радіатора здійснюється зміною витрати вручну або за допомогою встановленого радіаторного вентиля чи термостатом. Основною функцією термостата є зменшення теплового навантаження радіатора, коли існує додаткове нагрівання радіатора від сонця або за рахунок інших факторів. Для забезпечення розрахункових значень теплових потоків і витрат усі частини установок, такі як радіатори, стояки і т. ін. повинні бути урівноважені за допомогою балансованих вентилів. Налаштування теплового навантаження, перепадів температури і витрат у радіаторах однотрубною системи здійснюється (на основі розрахунку

однотрубного контуру) за допомогою байпасних і радіаторних вентилів.

Окрім теплообмінників, термостатних і балансових вентилів, основними елементами сучасної схеми установок споживачів є циркуляційний насос, система підтримки перепаду тиску, регулювальний клапан із приводом, регуляторами і датчиком; розширювальна система, лічильник (система обліку) енергії, контролер опалення.

Модернізація існуючих в Україні установок опалення будівель пов'язана з відмовою від гідроелеваторів. Перший етап реконструкції, спрямований на регулювання витрати первинного потоку, може бути пов'язаний із заміною гідроелеватора на моторизований клапан і насос. Однак з урахування можливого збільшення тиску в трубопроводах, які подають теплоносій, установлені всередині будівлі радіатори повинні бути гідравлічно відокремлені (за допомогою теплообмінників) від розподільних мереж. Конструктивно модернізація може бути проведена за допомогою компактного змонтованого на рамі (за заказним проєктом) теплового пункту будівлі, який замінить систему опалення і гарячого водопостачання.

### **2.3.3 Концепція керування теплового навантаження**

У типових європейських системах централізованого теплопостачання використовується концепція регулювання теплового навантаження, що базується на керуванні витратою теплоносія за фіксованої температури у подавальному трубопроводі. Альтернативою є концепція регулювання температури теплоносія в подавальній мережі за фіксованої витрати води.

Концепція керування витратою теплоносія виявилася дуже вдалою для сучасних систем централізованого теплопостачання, де здебільшого споживання теплоти регулюється автоматично в установках споживачів.

Основними елементами системи керування витратою є:

- насоси з регульованою швидкістю обертання;
- один або кілька регуляторів перепаду тиску, розміщених на трубопроводах централізованої системи.

Швидкість обертання насоса і відповідно подача і напір, створений насосом, контролюються шляхом зміни перепаду тиску в системі. подача води здебільшого контролюється споживачем. Якщо споживачам потрібне тепло, вентиля радіаторів відкриваються (що досягається вручну або за допомогою автоматизованих систем регулювання температури) і потік води в системі збільшується. Збільшення потоку води (подачі) спричиняє збільшення перепаду тиску в системі та, як наслідок, збільшення швидкості обертання насоса.

Системою керування подачею успішно користуються за швидких змін теплового навантаження. Принципово, зміна навантаження відбувається з тією самою швидкістю, з якою перепад тиску у системі трубопроводів, тобто зі швидкістю звуку у воді (приблизно 1 000 м/с). Для порівняння, система з регульованою температурою здатна здійснити зміни теплового навантаження зі швидкістю порівняною зі швидкістю води в трубопроводі (становить 1–2 м/с). Таким чином, зміни теплового навантаження в системах з регульованою температурою часто будуть відбуватися впродовж кількох годин.

Системи керування подачею не лише підвищують технічний рівень регулювання, а й збільшують можливості енергозбереження. Під час використання насосів зі змінною

швидкістю обертання також зменшується споживання електроенергії, що пов'язано зі зміною напірної характеристики насоса за зміни швидкості обертання.

Стратегія керування при сумісній роботі в теплосистемі установок базового і пікового навантаження полягає в максимально повному використанні установок, що забезпечують найбільш дешеве постачання теплоти.

**Керування обладнанням.** Контролери опалення регулюють температуру в подавальному трубопроводі залежно від зовнішньої температури і керують нічним зниженням температури.

Контролери гарячої води підтримують необхідну температуру води за різних подач.

Програмовані контролери можуть мати такі типові функції керування:

- зовнішня поправкова крива для регулювання температури в подавальному трубопроводі;
- обмеження потужності й подачі;
- нічне зменшення температури в подавальному трубопроводі;
- облік енергії;
- регулювання витрати гарячої води;
- подавання сигналів тривоги за температурами, ушкодженням насосів, високою потужністю тощо.

Вільно програмовані контролери забезпечують більш високий рівень пристосованості і можуть виконувати різні додаткові функції, наприклад, контролювання змінної швидкості обертання насосів, подавання сигналів тривоги у разі крадіжки зі зломом і т. ін.

Центральні системи управління і контролювання компонують за вимогою споживача. Можуть використовуватися різні комунікації, наприклад, радіо-модеми. Дають інформацію у заданій формі з теплопунктів почергово або сумовано в одному повідомленні. Мають

кілька рівнів захисту, що дозволяє різним категоріям персоналу користуватись лише їх розділами.

### 2.3.4 Облік теплоти

Сучасні установки тепlopостачання будівель обладнані лічильниками, які враховують усю теплову енергію, підведену до будівлі, зокрема і для опалення, гарячого водopостачання.

Розподіл оплати за опалення базується на квартирному обліку, який може здійснюватися на основі непрямих вимірів. Для цього кожний радіатор обладнують лічильником-розподільником теплоти, за допомогою якого визначається відносна частка використаної теплоти. Оплата за гаряче водopостачання здійснюється на основі показань витратоміра або лічильника-розподільника, встановленого на квартирному вводі.

Вимірювання споживання теплоти в системах централізованого тепlopостачання базується на двох принципах: вимірювання об'єму води, що проходить через установки споживачів, і вимірювання енергії.

Для вимірювання енергії, споживаної установкою, необхідне вимірювання потоку води, що проходить через установку споживача і вимірювання різниці температур між подавальним і зворотним потоками, а також розрахунок (інтегрування) кількості споживаної теплоти.

Вимірювачі витрати води за принципом дії можна поділити на:

- механічні, що використовують обертання крильчатки або турбіни;
- магнітно-індукційні, що базуються на законі Фарадея (індукційна електрична напруга пропорційна швидкості (витраті) води;

– ультразвукові, що базуються на вимірюванні різниці часу передавання ультразвукових хвиль у напрямку і проти напрямку течії води.

Метою установлення вимірювачів є створення технічної бази для розподілу експлуатаційних витрат між індивідуальними споживачами.

Такий підхід базується на установленні лічильника в будівлі і використанні лічильників-розподільників для визначення розподілу теплоти між окремими споживачами. Використання розподільників регулюється законодавствами Франції, Німеччини; ними оснащені 75 % будівель у Данії з централізованими системами опалення. Розподільники бувають випарного тиску й електронні, їх використовують також для обліку витрат гарячої і холодної води.

## **2.4 Сучасні системи опалення і гарячого водопостачання**

Під час будівництва замиського будинку часто більша увага приділяється обробленню і інтер'єру, водночас мало уваги звертається на внутрішні інженерні комунікації й мережі, хоча насправді оброблення і інтер'єр є лише зовнішньою складовою затишку і комфорту приміщення, зокрема і будівлі загалом. Насправді, як можна говорити про затишок у приміщенні, якщо температура приміщення вища або нижча від комфортної; як можна говорити про комфорт, якщо приміщення погано вентилується або кондиціонер установлений таким чином, що замість того, щоб створити прохолоду в жаркий день, в усьому приміщенні дає струмінь холодного повітря в якусь одну точку приміщення. Не в'яжеться з поняттям затишку і комфорту запахи і шуми із системи каналізації. Не секрет, що вартість інженерних систем будівлі становить від 10 %

до 25 % загальної вартості будівництва, і, враховуючи зацікавленість тих, хто задумав будівництво та облаштування свого родового гнізда, ми спробуємо розповісти, на що варто витратити гроші і чого (у сенсі затишку і комфорту) можна очікувати від тих або інших витрат.

### **2.4.1 Опалювання**

Від того, наскільки якісно і грамотно спроектована і виготовлена система опалення, залежить, чи будуть люди, які мешкають у будівлі, згадувати про те, що опалення існує. Водночас однаково неприємна як дуже висока, так і дуже низька температура приміщень. Важливе значення для оформлення інтер'єру відіграє і тип опалювальних приладів, і наявність видимих ділянок труб системи опалення. Значний вплив на комфортність приміщення має наявність або відсутність теплої підлоги. Достатньо важливий тип використовуваного котла і системи автоматики.

Розглянемо ці складові частини системи опалення детальніше.

### **2.4.2 Опалювальні прилади (радіатори)**

Існує декілька видів опалювальних приладів, що розрізняються за технологією виготовлення і використовуваного матеріалу.

#### ***Чавунні секційні радіатори (ЧСР)***

Цей тип опалювальних приладів відомий усім. Основні позитивні якості ЧСР – це довговічність матеріалу (слабо схильний до корозії), відносно низька ціна (4–5 \$ за 1 секцію) і можливість роботи приладів за високого тиску в тепломережі (до 16 кгс/см<sup>2</sup>). Недоліки – це громіздкість



приладів, достатньо непоказний зовнішній вигляд, відсутність хорошого обробного забарвлення і ймовірність розгерметизації стиків між секціями. Потужність радіаторів щодо тепловіддачі достатньо низька. Зараз на ринку з'явилися імпорتنі ЧСР, практично позбавлені перелічених недоліків, але ціна на них така сама або вища, ніж у біметалічних радіаторів.

### ***Біметалічні секційні радіатори (БСР)***

БСР є секціями з легких сплавів із вбудованими каналами з неіржавіючої сталі. БСР мають усі позитивні експлуатаційні якості ЧСР, робочий тиск підвищений до  $25 \text{ кгс/см}^2$  та позбавлені негативних якостей, властивих ЧСР.

### ***Алюмінієві секційні радіатори (АСР)***

АСР відрізняються від БСР тим, що тіло секції є литтям із легкого сплаву, канали в якій не підсилені сталлю. Робочий тиск – до  $16 \text{ кгс/см}^2$ .

### ***Сталеві панельні радіатори (СПР)***

СПР є нерозбірною зварною конструкцією з декоративним покриттям, добре вписуються в інтер'єр приміщення, мають високу тепловіддачу. Недоліком СПР є достатньо низький робочий тиск (до  $10 \text{ кгс/см}^2$ ), що дещо звужує коло застосування. СПР не можна застосовувати у висотних будинках на нижніх поверхах.

## **2.4.3 Конвектори**

Хоча всі вищеперелічені опалювальні прилади працюють за конвективним принципом, окремо прийнято розглядати як конвектори опалювальні прилади, що конструктивно є трубою для теплоносія, на яку нанесене обрешення. Уся конструкція закривається декоративним кожухом. Конвектори працюють під тиском, на який розраховані труби основи. Вартість може коливатися в

значних межах залежно від виробника приладу і матеріалів, вживаних під час виготовлення.

#### **2.4.4 Трубопроводи**

Трубопроводи для підведення теплоносія до опалювальних приладів можуть бути виготовлені із сталевих водогазопровідних труб, із мідних труб і з полімерних матеріалів (металопластикові труби, поліпропіленові труби і труби з поперечно шитого поліпропілену). Порівняльне оцінювання труб із різних матеріалів – це тема для окремої розмови, а зараз досить сказати лише, що магістралі із сталевих труб не підходять для прихованого підведення до радіаторів. Решту всіх труб можна «ховати» під обробними матеріалами з додержанням певних технологій монтажу системи. Ще необхідно відзначити, що не допускається монтаж системи опалення з мідних труб, якщо як опалювальні прилади вибрані алюмінієві секційні радіатори.

#### **2.4.5 Теплі підлоги**

Істотну роль у підвищенні комфорту в приміщенні відіграють так звані «теплі підлоги» або підлоги з підігрівом.

На цей час на ринку пропонують два види теплої підлоги (ТП):

- підігрівання підлоги за рахунок циркуляції теплоносія по трубах, прокладених у підлозі (водяні ТП);
- підігрівання підлоги за рахунок тепла, що виділяється струмопровідним джгутом (електричні ТП).

З визначення типів теплої підлоги бачимо, що різниця полягає лише у вигляді енергії, вживаної для підігрівання. Комфорт під час використання теплої підлоги

досягається за рахунок перерозподілу тепла в опалювальному приміщенні.

Необхідно зазначити, що використання теплої підлоги не виключає застосування радіаторів для відсічення холодних потоків від вікон.

## **2.4.6 Котельне устаткування**

Зазвичай опалювання міського житла забезпечується від централізованих котелень і міських тепломереж, тоді як опалювання заміських будинків переважно здійснюється від власних (автономних) джерел тепла і лише зрідка від котельної, що працює на групу будівель.

Ринок котельного устаткування в Україні достатньо насичений. Практично всі провідні західні фірми, що виробляють котельне устаткування, мають у нас свої представництва. Вітчизняні котли хоч і широко представлені на ринку, але конкуренції з імпортними зразками за споживчими якостями поки не витримують, у той самий час практично всі закордонні виробники розробляють і поставляють на український ринок котли, адаптовані для наших умов.

### ***Багатопаливні котли***

Практично всі фірми випускають котли, що працюють на рідкому паливі й газі, а деякі фірми додають опцію твердого палива. Необхідно відзначити, що багатопаливні котли з огляду на конструкції пальника досить шумні.

### ***Газові котли, що працюють без електрики***

Зараз основна маса котлів призначена для роботи в системах опалювання з примусовою циркуляцією теплоносія, і в типовому для України випадку вимкнення електроенергії котел просто зупиняється і не працює, поки немає електрики. Такі фірми, як «Беретта», «Юнкерс» і

«Протерм», розробили і поставляють на ринок котли, що працюють у гравітаційних системах опалювання. Ці котли без будь-яких переробок системи можна ставити замість вітчизняних АОГВ. Негативною якістю котлів, що працюють на гравітаційному принципі, є мала продуктивність за гарячою водою і відключення контурів теплої підлоги (якщо вони є) під час вимкнення електрики.

#### **2.4.7 Системи керування котельною**

Система керування котельним устаткуванням залежно від призначення котельної (лише опалювання однієї будівлі, опалювання і гаряче водопостачання, наявність контурів теплої підлоги, опалювання і ГВС декількох будівель), може варіюватися від простої, виконаної на термостатичних регуляторах, до складної з мікропроцесорним регулюванням. Усе залежить від бажання господаря і від фірми-виробника котельного устаткування. Вибір устаткування й алгоритму керування відбувається на етапі проектування.

### **Висновки до розділу 2**

Найбільш поширеними в Україні є системи централізованого теплопостачання. У діючих системах практично відсутні індивідуальні тепломіри, лічильники гарячої води, регулятори теплоспоживання, акумулювальні ємності. Недостатня кількість теплообмінників, групових тепломірів, насосів із регульованою частотою обертання та іншого вимірювального і регульовального обладнання. Однотрубна система опалення ускладнює використання систем індивідуального регулювання теплопостачання. Теплові мережі є найбільш слабким ланцюгом у системах теплопостачання.

Системи теплопостачання повинні відповідати вимогам економічності, надійності, регульованості, екологічної чистоти тощо.

Безканальне прокладання теплотрас із використанням попередньо ізольованих труб має значні економічні і технологічні переваги порівняно з традиційним канальним прокладанням тепломереж у прохідних або непрохідних залізобетонних каналах.

На сьогодні необхідне розроблення оптимальних схем і визначення структури енергетичного балансу теплопостачання міст, окремих районів, підприємств тощо. Це дає можливість:

- перерозподілити теплові навантаження для максимально можливого завантаження найбільш економічних теплоджерел;

- здійснювати переведення в резерв, консервацію або ліквідацію найбільш неефективних джерел;

- переводити частину котелень на роботу в піковому режимі, розробляти схеми їх спільної роботи з базовими джерелами;

- удосконалити схеми теплових мереж для забезпечення можливості повного завантаження ефективних теплоджерел, а також розумно поєднати надійність та мінімальні теплові втрати;

- визначити райони й окремі будівлі, теплопостачання яких доцільно здійснювати від децентралізованих джерел;

- розробити заходи щодо зростання енергоефективності;

- оптимізувати температурний графік для кожного теплоджерела, визначити необхідність зміни схеми теплопостачання (з відкритої на закриту, із залежної на незалежну) і методу регулювання (якісне, кількісне, ступінчасте);

- визначити резерви теплової потужності в районах міста;
- визначити роботи для нетарифного фінансування з бюджетів і можливих інвестиційних проєктів.

Структура енергетичного балансу багато в чому визначає можливості енергозбереження в різних напрямках і оптимальне поєднання енергоощадних заходів. Знання цієї структури дає можливість ухвалювати економічно обґрунтовані інженерні рішення для зниження енергоспоживання і досягти максимального енергозбереження за мінімальних капітальних та експлуатаційних витрат. Енергоощадні заходи в житлових будинках повинні бути такими, щоб споживач отримував реальне зниження розміру оплати за теплову енергію та теплоносій, і водночас в усіх приміщеннях квартир додержувалися комфортні умови проживання, передбачені державним стандартом щодо параметрів мікроклімату в приміщеннях житлових будинків та санітарними правилами і нормами для житлових будівель і приміщень. Ідеологія Постанови Кабінету Міністрів України від 27.06.2000 р. № 1040, якою затверджені «Невідкладні заходи щодо виконання «Комплексної програми енергозбереження України» та проєкту «Цільової програми стабілізації роботи та розвитку комунальної теплоенергетики», розробленого Держбудом України, ґрунтується на стимулюванні діяльності лізингодавців із постачання енергоефективного обладнання та матеріалів, гарантованого повернення коштів за рахунок економії енергоносіїв, накопичення таких коштів на окремих рахунках підприємств та використання їх постійно для енергоощадних заходів «револьверним» ефектом.

## Контрольні запитання до розділу 2

1 Які системи централізованого опалення найбільш поширені в Україні?

2 Джерела теплоти в системах централізованого теплопостачання.

3 Енергоносії в системах опалення.

4 Назвіть недоліки і переваги парової системи опалення.

5 Які переваги водяної системи опалення порівняно з паровою?

6 Однотрубна система опалення, принцип роботи, опалювальні прилади.

7 Чим відрізняються між собою відкрита та замкнена системи централізованого опалення?

8 Назвіть переваги багатотрубної централізованої системи опалення порівняно з іншими системами опалення.

9 Що таке елеватор в системах гарячого водопостачання? Принцип роботи.

10 Назвіть переваги двотрубної опалювальної системи над однотрубною.

11 Сутність технологій каналного та безканалного прокладання теплотрас. Недоліки і переваги.

12 Що таке попередньо ізольовані труби? Матеріали, які використовують під час виготовлення таких труб.

13 Технології виробництва попередньо ізольованих труб. Підприємства-виробники.

14 Які переваги попередньо ізольованих труб над неізольованими з погляду їх використання в теплових мережах?

15 Системи аварійної сигналізації та виявлення місць витікання теплоносія в теплотрасах. Принципи роботи.

16 Що ви розумієте під концепцією керування тепловим навантаженням теплосистеми?

17 Які ви знаєте вимірювачі витрат теплоносія (лічильники) в системах тепlopостачання? Принцип їх роботи.