

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ**  
**МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА**

***МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ***

**до практичної роботи з дисципліни**

***«ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ»***

(для студентів 2-5 курсів усіх форм навчання за напрямом підготовки  
0921 (6.060101) «Будівництво» та слухачів другої вищої освіти спеціальності  
7.092108 (7.06010107) «Теплогазопостачання та вентиляція»)

Методичні вказівки до практичної роботи з дисципліни «ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ» (для студентів 2-5 курсів усіх форм навчання за напрямом підготовки 0921 (6.060101) «Будівництво» та слухачів другої вищої освіти спеціальності 7.092108 (7.06010107) «Теплогазопостачання та вентиляція») / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; уклад.: О. М. Лобко. – Х: ХНАМГ, 2009. – 39 с.

Укладач: О. М. Лобко

Рецензент: доц., к.т.н. О. В. Ромашко

Рекомендовано кафедрою експлуатації газових теплових систем,  
протокол № 10 від 28.10.2009 р.

# 1. РОЛЬ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ У ПІДГОТОВЦІ ФАХІВЦІВ

**1.1. Мета вивчення** - оволодіння необхідним обсягом теоретичних і практичних, знань з питань призначення, класифікації, улаштування, характеристики систем теплопостачання і гарячого водопостачання, набуття практичних вмінь і навичок щодо використання цих знань в галузі проектування, ремонту і реконструкції систем теплопостачання. Оволодіння сучасними методами проектування та технічної експлуатації систем теплопостачання і гарячого водопостачання, формування професійних вмінь і навичок для прийняття самостійних рішень під час конкретної роботи в реальних умовах, виховання потреби систематичного поновлення своїх знань та творчого їх застосування у практичній діяльності.

**1.2. Предмет дисципліни** - процеси і обладнання для вироблення, транспортування, розподілу і використання теплової енергії у житлово-комунальному секторі господарства, обладнання для приготування і транспортування гарячої води; система організації, управління експлуатацією основного обладнання системи теплопостачання та гарячого водопостачання, економія енергетичних, матеріально-технічних ресурсів.

## 1.3. У результаті вивчення дисципліни студент повинен

**знати:** основні терміни й визначення з експлуатації систем теплопостачання; вимоги нормативних документів до проектування споруд теплопостачання, характеристику і сферу застосування систем і схем теплопостачання, призначення, класифікацію, улаштування, характеристик систем теплопостачання і гарячого водопостачання; заходи щодо експлуатації систем теплопостачання міст;

**вміти:** аналізувати й приймати рішення щодо вибору технологічних рішень систем та схем теплопостачання, виконувати розрахунок і обґрунтування систем теплопостачання, розподіляти і використовувати теплову енергію у житлово-комунальному секторі господарства, визначати й застосовувати обладнання для приготування і транспортування гарячої води, організовувати та керувати експлуатацією основного обладнання системи теплопостачання та гарячого водопостачання; оцінювати експлуатаційні характеристики інженерних систем

## 2. РОЗПОДІЛ ЧАСУ ЗА ТЕМАМИ, ФОРМАМИ Й ВИДАМИ НАВЧАЛЬНОЇ РОБОТИ

Зміст навчальної дисципліни (теми, підтеми)	Обсяг у годинах	
	Денне навчання	Заочне навчання
	П	П
<b>Тема 1.</b> Системи теплопостачання, їх класифікація, улаштування та енергозбереження	3	1
<b>Тема 2.</b> Схеми систем централізованого та децентралізованого теплопостачання	3	1
<b>Тема 3.</b> Альтернативні джерела енергії для систем теплопостачання	2	0,5
<b>Тема 4.</b> Теплові мережі, їх види та способи прокладання теплопроводів	3	0,5
<b>Тема 5.</b> Конструкції підігрівачів	3	0,5
<b>Тема 6.</b> Розрахунок підігрівачів систем теплопостачання і гарячого водопостачання	4	1
<b>Тема 7.</b> Схеми систем гарячого водопостачання	3	1
<b>Тема 8.</b> Проектування системи гарячого водопостачання	4	1,5
<b>Тема 9.</b> Розрахунок теплових потоків для жилих та громадських будов	4	1
<b>Тема 10.</b> Ремонт та реконструкція теплових мереж	2	0,5
<b>Тема 11.</b> Гідрравлічні розрахунки систем теплопостачання	4	1,5
<b>Тема 12.</b> Вибір насосів теплових мереж.	4	1
<b>Тема 13.</b> Корозія у системах теплопостачання	2	0,5
<b>Тема 14.</b> Вибір конструкції ізоляції теплових мереж	4	0,5
<b>Всього:</b>	<b>45</b>	<b>12</b>

## 3. МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ

Практична робота студента полягає у закріпленні теоретичних знань з дисципліни «Теплопостачання» і набуття практичних навичок у прийнятті самостійних рішень під час конкретної роботи в реальних умовах, оцінці фізичного зносу інженерних систем, планування заходів з технічної експлуатації, визначання теплових навантажень та проектування систем теплопостачання.

У процесі освоєння матеріалу студенти закріплюють одержані практичні й теоретичні знання з побудови схем гарячого водопостачання і теплових мереж, вміння знаходження потрібних формул, опановують роботу з науково-технічною та довідковою літературою.

## Практичне заняття № 1

### Системи теплопостачання, їх класифікація, влаштування та енергозбереження.

Потреби систем опалення, вентиляції, гарячого водопостачання і виробничо-технологічних процесів у теплоті задовольняються системами централізованого теплопостачання. Подача теплової енергії у приміщення для забезпечення в них комфортних параметрів внутрішнього повітря, приготування гарячої води для санітарно-гігієнічних потреб і для виконання технологічних процесів на промислових підприємствах потребує організації та функціонування спеціальних систем теплопостачання, які бувають місцевими, якщо вироблення теплоти відбувається в місці його споживання, або централізованими, якщо вироблення теплоти здійснюється спеціальними підприємствами. Такі підприємства називають джерелами теплопостачання.

Централізовані системи теплопостачання складаються з трьох основних елементів: джерело теплоти, теплові мережі, системи використання теплоти у споживачів. Джерела теплопостачання призначені для перетворення в теплову енергію, що міститься в органічному чи ядерному паливі, і нагрівання теплоносія (вода, водяна пара), який транспортує теплоту до споживачів.

Розрізняють дві системи централізованого теплопостачання: теплофікацію (комбіноване виробництво електроенергії і теплоти) і районне теплопостачання. У першій джерелом теплоти є теплоелектроцентраль (ТЕЦ), у другій-районна або квартальна котельня. Джерелами теплопостачання в містах є теплоелектроцентралі (ТЕЦ) і котельні, а у сільській місцевості - невеликі котельні й опалювальні печі. На відміну від ТЕЦ і великих котельень централізованого теплопостачання, вироблення теплоти в невеликих котельнях і опалювальних пічах потребує значних витрат некваліфікованої праці й сприяє суттєвому забрудненню навколишнього середовища.

Систему трубопроводів і спеціального обладнання, призначених для організації руху теплоносія від джерела до споживача і повернення охолодженого теплоносія до джерела теплопостачання, називають тепловими мережами. Залежно від кількості теплопроводів, які паралельно йдуть від джерел теплопостачання, системи централізованого теплопостачання поділяють на однотрубні й багатотрубні; за видом теплоносія на водяні й парові.

Парові системи розповсюджені в основному на промислових підприємствах, а водяні системи застосовують для теплопостачання житлово-комунального господарства. Основні переваги водяних теплових систем у порівнянні з паровими такі: немає потреби у встановленні громіздких і капіталоемких систем для збирання і транспортування конденсату у споживачів, можливість застосування якісного регулювання відпуску теплоти в широкому діапазоні зміни значень температури теплоносія; менші енергетичні втрати при транспортуванні; більша можлива відстань від джерела до споживача теплоти (20-30 км). Основні переваги парових систем у порівнянні з водяними: універсальність пари (можливість забезпечення як технологічних потреб промислових підприємств, так і опалювального навантаження в житлово-комунальному господарстві); можливість

роботи систем використання теплоти як на парі, так і на воді, що нагрівається у пароводяних теплообмінних апаратах; в безперервно працюючих паропроводах завдяки підтриманню високих температур і малої вологості в теплоізоляційних конструкціях менш інтенсивно відбувається зовнішня корозія трубопроводів.

Системи теплопостачання залежно від способу приєднання систем гарячого водопостачання до теплових мереж розподіляють на відкриті й закриті. У закритих системах трубопроводи системи гарячого водопостачання приєднують до теплових мереж через теплообмінні апарати, в яких відбувається нагрівання холодної води до потрібної температури теплоносієм (парою чи водою) з теплових мереж. У відкритих системах теплопостачання воду для потреб гарячого водопостачання беруть безпосередньо з теплової мережі.

Отже, відкриті системи відрізняються від закритих більшою потребою в підживленні, яке компенсує витрати води, що йде на безпосередній водо розбір із теплової мережі. Ця додаткова кількість води подається до системи теплопостачання із системи водо підготовки за допомогою підживлювального насоса. До підживлювальної води в разі відкритої системи теплопостачання ставлять такі ж самі високі вимоги, як і до питної водопровідної.

У баготрубних системах централізованого теплопостачання до споживача подаються різні теплоносії (пар, вода) або один вид теплоносія різного тиску й температури. Прийнята система теплопостачання визначає вибір способу приєднання споживачів до теплових мереж.

Комплекс інженерного обладнання, який зв'язує теплові мережі із споживачами теплоти і призначений для приймання, підготовки, розподілу, регулювання та обліку теплоносія, називається тепловим пунктом.

Теплові пункти бувають індивідуальні (ІТП) та центральні (ЦТП).

ІТП влаштовують безпосередньо в будівлі, де розміщені споживачі теплоти (системи опалення, гарячого водопостачання, вентиляції та кондиціонування повітря).

ЦТП розміщується в окремій будівлі для обслуговування великої групи будівель.

#### Енергозбереження в системах теплопостачання.

Енергозбереження в житлово - комунальному господарстві сьогодні особливо актуальне, оскільки саме під час упровадження енергоефективних заходів у споживача досягається максимальна економія енергоресурсів.

Для цілеспрямованої роботи з упровадження енергоефективних технологій, обладнання, систем та матеріалів у системах теплопостачання розробляються програми на основі сучасних концепцій, котрі містять перелік конкретних заходів щодо впровадження новітніх технологій, нового обладнання, сучасних систем та матеріалів.

До головних заходів щодо впровадження енергоефективних технологій в системах теплопостачання відносять:

- будівництво нових генеруючи потужностей з використанням енергоефективних технологій;

- прокладання нових та реконструкція існуючих теплових магістралей із використанням труб з пінополіуретановою теплоізоляцією, що забезпечує зниження теплових витрат у 2-3 рази, а також труб з полімерних матеріалів;

- будівництво тепло насосних установок, що використовують тепло землі;
- утеплення зовнішніх стінових та піддашних огорожень будівель з використанням жорстоких плит та гнучких матів
- оптимізація процесів горіння палива в котлах та впровадження оптимальних систем регулювання режимів спалювання палива з використанням ефективних горілочних пристроїв, які відповідають екологічним нормам та вимогам, засобів автоматики та контролю;
- оптимізація режимів роботи систем опалення, вентиляції та кондиціонування на основі використання автоматизованих теплових пунктів та термостатичних регуляторів;
- оптимізація водопідготовки на джерелах тепла з використанням сучасних засобів проти накипної та протикорозійної обробки води, які забезпечують виключення викидів забруднюючих речовин у мережі міської каналізації та водні об'єкти;
- упровадження раціональних схем тепло споживання установок на центральних теплових пунктах, які забезпечують мінімальне споживання мережевої води;
- заміна найбільш зношених ділянок теплових мереж, що перебувають в аварійному стані, на труби із заводською теплоізоляцією на основі пінополіуретану;
- заміна внутрішньодомових систем холодного та гарячого водопостачання з установкою приладів обліку та регулювання віддачі теплової енергії, включаючи перш за все системи панельного опалення.

## **Практичне заняття № 2**

### Схеми систем централізованого та децентралізованого теплопостачання

Розрізняють дві системи централізованого теплопостачання: теплофікацію і районне теплопостачання. У першій джерелом теплоти є теплоелектроцентральною (ТЕЦ), у другій-районна або квартальна котельня.

Котельні є основним джерелом теплопостачання для середніх (з чисельністю населення близько 100 тис.) і малих (до 50 тис.) міст. Залежно від величини теплового навантаження комунальні котельні, що призначені в основному для відпускання теплоти житловим і громадським будинкам, класифікують відповідно до структурних одиниць території міст: домові, групові, мікрорайонні, районні. Котельні установки розподіляють на парові й водогрійні. Котли, що здійснюють підігрівання води до потрібної температури, називають водогрійними. Котельні установки, призначені для вироблення водяної пари з необхідними параметрами (тиск, температура), називають паровими котлами або парогенераторами.

Принципова тепла схема опалювальної котельні із сталевими водогрійними котлами, що працюють на закриту систему теплопостачання, наведена на рис. 3.1. До складу котельні входить таке основне обладнання: водогрійні котли 1, сітвовий насос 2, група пристроїв для підготовки живильної води перед подачею її до котлів (апарат хімічного очищення води 7, деаератор 11, теплообмінний апарат для попереднього підігрівання сирогої води 8, і підігрівання хімоочищеної води 9,10), а також живильний 4 і підживлюючий 5 насоси.

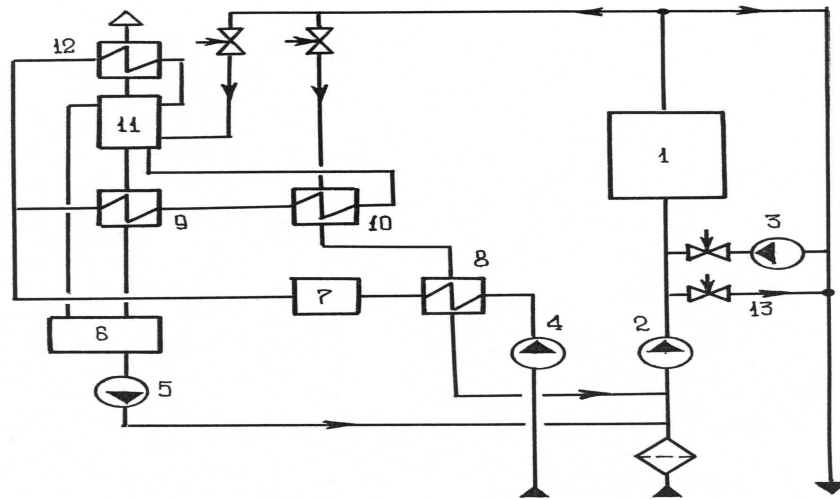


Рис.3.1 - Теплова схема опалювальної котельні з водогрійними котлами при закритій системі теплопостачання і водяних теплових мережах:  
 1 - котел; 2 - сітєвий насос; 3 - рециркуляційний насос; 4 - живильний насос;  
 5 - підживлюючий насос; 6 - бак підживлюючої води; 7 - апарат хімічного очищення води; 8 - підігрівник сирої води; 9, 10 - підігрівники хімоочищеної води;  
 11 - деаератор; 12 - охолоджувач випару; 13 - лінія перепуску

Вода із зворотної лінії теплових мереж з невеликим напором (20-40 м вод.ст.) надходить до сітєвого насосу. Туди надходить також вода від підживлюючого насосу для компенсації втрат води в теплових мережах. До сітєвого насосу подають і гарячу сітєву воду, теплота якої частково була використана для нагрівання води в теплообмінних апаратах 8, 10. При всіх режимах відпуску теплоти, крім пікового зимового, частина води із зворотної лінії по лінії перепуску 13 надходить в подавальну магістраль для змішування з нагрітою в котлах водою. Змінюючи пропорції потоків нагрітої і охолодженої води, можна забезпечити задану розрахункову температуру в подавальній магістралі теплової мережі.

Для великих промислових районів, теплоспоживання яких становить 2000 ГДж/рік і більше, економічно доцільним є теплопостачання від ТЕЦ. У тих випадках, коли потреба в теплоті не перевищує 400 ГДж/рік, спорудження теплоелектроцентралі, як правило, економічно не виправдане.

Принципова теплова схема ТЕЦ подана на рис. 3.2.



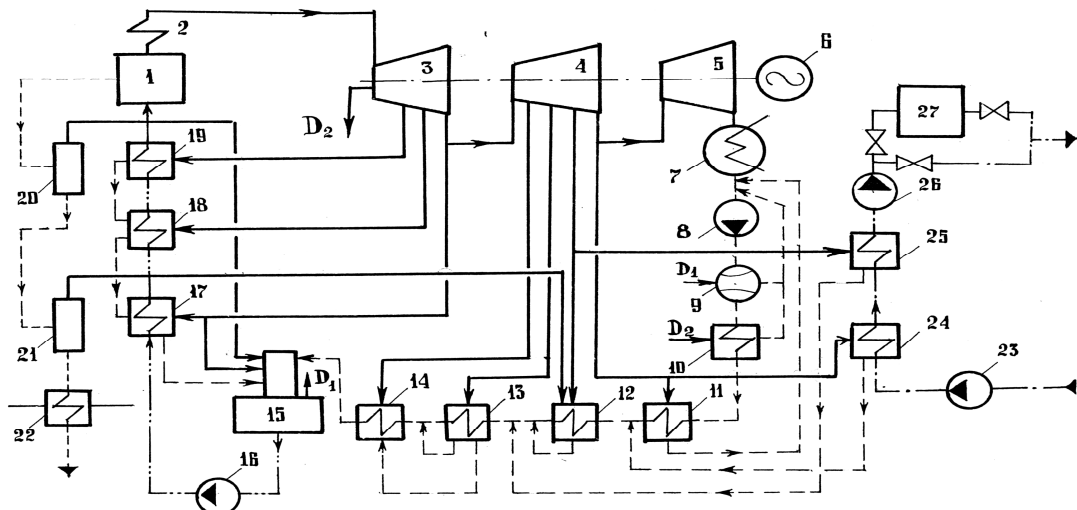


Рис. 3.2 - Принципова теплова схема ТЕЦ:

- 1 – парогенератор; 2 – пароперегрівник; 3, 4, 5 – парова турбіна:  
 3 – частина високого тиску, 4 – частина середнього тиску, 5 – частина низького тиску;  
 6 – електрогенератор; 7 – конденсатор; 8 – конденсатний насос; 9 – охолодник  
 ежекторної пари; 10 – підігрівник; 11-14 – підігрівники низького тиску;  
 15 – деаератор; 16 – живильний насос; 17-19 – підігрівники високого тиску;  
 20, 21 – розширники безперервної продувки; 22 – теплообмінний апарат;  
 23, 26 – сітьові насоси; 24, 25 – сітьові підігрівники; 27 – піковий водогрійний котел

Процеси нагріву води до температури кипіння, випаровування, перегріву насиченої пари відбуваються в парогенераторі 1 при спалюванні в топці котла відповідної кількості палива. Перегріта водяна пара з потрібними параметрами надходить до парової турбіни, яка складається з ступенів високого 3, середнього 4, низького 5 тиску. Відпрацьована пара після ступеня низького тиску надходить в конденсатор 7. Конденсат, що утворюється після відведення від пари теплоти, за допомогою конденсатного насосу 8 прокачують через тракт низького тиску, який складається з групи підігрівників низького тиску (11, 12, 13, 14), сальникового підігрівника 10 і охолодника ежекторної пари 9. Підігрівники низького тиску обігріваються парою з відборів турбіни. Сальниковий підігрівник призначений для утилізації теплоти низькопотенційних витоків  $D_2$  через лабіринтові ущільнення турбіни. Утилізація теплоти пари, необхідної для роботи ежекторів, відбувається в спеціальному теплообміннику - охолоднику 9. Призначення ежекторів у тепловій схемі ТЕЦ - створення необхідного розрідження в конденсаторі в момент запуску турбіни.

Потоки, що змішуються в деаераторі 15, утворюють живильну воду, яка живильним насосом 16 через підігрівники високого тиску 17, 18, 19 подається на вхід парогенератора.

Для утилізації теплоти продувочної води в поданій схемі використана двоступінчаста установка, до складу якої входять розширники безперервної продувки 20, 21, теплообмінний апарат 22, призначений для підігріву додаткової води. Воду з лінії продувки після її охолодження в теплообміннику 22 відводять в каналізацію. Відпуск теплоти для потреб опалення, вентиляції, гарячого водопостачання до водяних теплових мереж відбувається через сітьові

підігрівники 25, 24. При низьких температурах зовнішнього повітря догрів води можна здійснювати також в піковому водогрійному котлі 27. Необхідний напір води в теплових мережах створюється сітьовими насосами 23, 26.

При виборі обладнання ТЕЦ і плануванні їх роботи, так само, як і будь-якого джерела тепlopостачання, як правило, користуються графіками річного навантаження, в яких витрати теплоти на опалення і вентиляцію прийнято визначати залежно від тривалості дії даної температури зовнішнього повітря. Графік будують у двох квадрантах із загальною віссю ординат, на якій відкладають витрати теплоти. По осі абсцис в лівому квадранті відкладають температури зовнішнього повітря, в правому - тривалість спостереження даної температури зовнішнього повітря в годинах за рік. Тривалість спостереження температур визначають для конкретної місцевості з довідкової і нормативної літератури з кліматології.

Поряд з подальшим удосконаленням систем централізованого тепlopостачання, останнім часом спостерігається тенденція розвитку **децентралізованого тепlopостачання** у вигляді влаштування індивідуальних місцевих котелень, які розміщують поблизу, або безпосередньо у будинках. Такі котельні працюють переважно на газовому паливі. Вони характеризуються високим ступенем автоматизації, який забезпечує значення коефіцієнтів корисної дії на рівні 90%, і розраховані на різну теплову продуктивність для систем опалення і гарячого водопостачання житлових і громадських будинків.

Використання місцевих джерел для тепlopостачання групи будинків, окремого будинку або його частини можливе у випадку значної віддаленості споживачів теплоти від теплових мереж централізованого тепlopостачання, при високому ступені зносу теплових мереж, або якщо теплова потужність джерела не була розрахована на перспективу і не може забезпечити певний рівень теплоспоживання. Висновок про доцільність того чи іншого варіанта тепlopостачання повинен формуватися на підставі техніко-економічного аналізу для кожного конкретного випадку з урахуванням місцевих умов. При порівнянні варіантів необхідно забезпечити однакові економічні й енергетичні умови зіставлення, які полягають в наступному:

- повна взаємозамінність варіантів, тобто постачання споживачам теплової енергії однакової якості і в однаковій кількості;
- розгляд кожного з варіантів в оптимальних для нього умовах, тобто при оптимальних параметрах і режимах роботи обладнання ;
- визначення техніко-економічних показників при однаковому рівні цін.

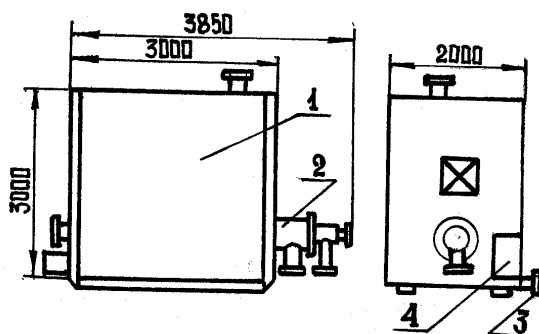


Рис. 3.3 – Загальний вигляд водогрійного котла КБН-Гн-3,15М  
1 – корпус; 2 – газовий пальник; 3 – патрубок для приєднання вентилятора; 4 – автоматика

### **Практичне заняття № 3**

#### **Альтернативні джерела енергії для систем тепlopостачання**

До альтернативних джерел енергії для систем тепlopостачання відносять установки і пристрої, які використовують енергію вітру, води, сонця, фіто маси, геотермальну енергію, а також тепло, що міститься в землі, повітрі і воді.

За оцінками вчених, річний обсяг заміщення органічного палива пристроями нетрадиційної енергетики може скласти 0,6млн. т. у.п., що відповідає 0,05% від загального виробництва енергоресурсів.

Практичне значення для систем тепlopостачання на найближчий час будуть мати органічне та ядерне паливо, геотермальна та сонячна енергія.

До штучним видам енергії, котрі використовують для виробництва тепла на тепlopостачання, належать «вторинні енергоресурси» промислових заводів та електрична енергія.

Широку увагу в нинішній час приділяють органічному паливу: твердому, рідкому та газоподібному.

Геотермальна енергія у вигляді гарячої води й пару застосовується для тепlopостачання і здобуття електроенергії (Нова Зеландія, США, Казахстан, Ісландія, Камчатка, Середня Азія). Використовування геотермальної енергії не впливає безпосередньо на оточуюче середовище.

Досліди ООН довели, що геотермальна енергія може бути здобута майже всюди (у одних районах землі геотермальні води і порожнечі високого тиску знаходяться відносно близько до поверхні, в інших - глибше). Крім того, низько потенційне тепло у вигляді гарячої води або пари може бути здобуте у наслідок перекачки води до магматичних слоїв літосфери вулканів, тому геотермальна енергія віднесена до найбільш перспективним видам енергії для одержання потенційного палива.

Вторинні енергетичні ресурси (ВЕР) у теперішній час знаходять своє призначення на деяких промислових підприємствах для здобуття тепла на тепlopостачання і електроенергії.

ВЕР з'являються на промислових підприємствах другорядно-у процесі виробництва основних видів продукції. До них належать: фізичне тепло, надмірний тиск відходів продукції, а також горючих відходів, потенціал котрих не використовується у технологічних циклах.

### **Практичне заняття № 4**

#### **Теплові мережі, їх елементи і види та способи прокладки теплопроводів**

Трубопроводи, якими теплота від джерел тепlopостачання подається споживачам, називаються тепловими мережами, або теплопроводами. За кількістю паралельно прокладених трубопроводів, що здійснюють цей зв'язок, розрізняють однотрубні, двотрубні (відкриті й закриті) і багато трубні.

За призначенням теплові мережі поділяють на такі категорії: магістральні, що йдуть від джерела теплоти до території мікрорайонів, населених пунктів або промислових підприємств та розподільчі - від магістральних теплових мереж по території мікрорайонів або промислових підприємств. Магістральні мережі

характеризуються більш високими параметрами теплоносія, ніж це необхідно для внутрішніх систем теплоспоживання.

За конструкцією розрізняють променеві (тупикові) і кільцеві теплові мережі. Перші простіші, дешевші й зручніші в експлуатації, застосовуються частіше при наявності одного джерела тепlopостачання (рис. 3.4,а). Недоліком такої схеми є припинення подачі теплоносія всім споживачам при виникненні аварії на будь-якій ділянці. Ця проблема частково може бути вирішена встановленням резервних перемичок. Кільцеві тепломережі (рис. 3.4,б) дорожчі за тупикові, але вони забезпечують повне резервування та безперебійність в подачі теплоти всім споживачам. За нормальних умов кільцеві мережі працюють як променеві, при цьому засувки на кільцях закриті. Кільцеві мережі застосовують лише для таких споживачів, відключення яких навіть на короткий час абсолютно недопустиме з технологічних міркувань.

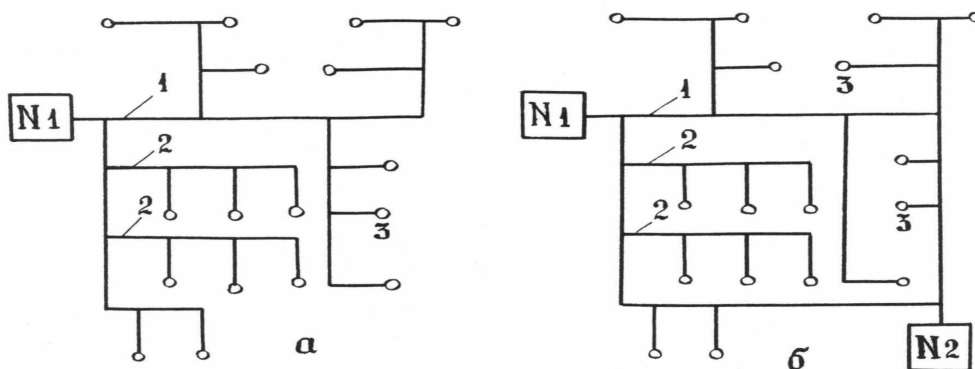


Рис. 3.4 - Схеми теплових мереж:

а – тупикова; б – кільцева; N1, N2 – джерела тепlopостачання;  
1 – магістральні мережі; 2 – розподільчі мережі; 3 – відгалудження.

До основних елементів міських теплових мереж належать трубопроводи, компенсатори, рухомі й нерухомі опори, теплова ізоляція.

Компенсатори. Теплові подовження трубопроводів при температурі теплоносія від 50°C й більше повинні сприйматися спеціальними компенсуючими пристроями, що оберігають трубопровід від виникнення неприпустимих деформацій і напруги.

За принципом дії компенсатори розподіляють на дві групи:

- 1) гнучкі, або радіальні, що сприймають подовження трубопроводу вигином або крученням криволінійних ділянок труб;
- 2) осьові, в яких подовження сприймається телескопічним пересуванням труб або стисканням пружких вставок.

Найбільшого застосування в практиці набули гнучкі компенсатори різної конфігурації, виготовлені із самого трубопроводу і засновані на реалізації принципу вільної компенсації (П - подібні, Z - подібні, ліроподібні тощо). Компенсація лінійних подовжень забезпечується пересуванням плечей конструкції компенсатора.

Осьові компенсатори бувають двох типів: сальникові і лінзові.

Опори, що призначені для сприйняття вагового навантаження, можуть бути двох типів: рухомі й нерухомі. Нерухомі опори призначені для закріплення трубопроводу в характерних точках мережі (місця відгалужень, встановлення арматури тощо) і сприймають зусилля, що виникають у місці фіксації як у

радіальному, так й осьовому напрямках під дією ваги, температурних деформацій і внутрішнього тиску. Рухомі опори сприймають вагу теплопроводу і забезпечують його вільне пересування при температурних деформаціях.

Теплову ізоляцію наносять на теплопровід для зменшення втрат теплоти в оточуюче середовище. Конструкція теплоізоляції може складатись як з одного шару, так і з декількох. В останньому випадку крім основного теплоізоляційного шару, виготовленого з матеріалів з низьким коефіцієнтом теплопровідності (мінеральна вата, скловата, азбест, пінополіуретан, пінополістирол тощо), конструкція містить гідроізоляцію, шар, що захищає основний шар від механічних пошкоджень.

Прокладка теплових мереж. Для теплових мереж використовують такі основні способи прокладки:

підземна прокладка - безканальна, в непрохідних каналах, у напівпрохідних каналах, у прохідних каналах, в загальних колекторах разом з іншими інженерними комунікаціями;

надземна прокладка - на естакадах або на висотних опорах; на низьких опорах, по стінах зовні або всередині споруди.

Для житлових районів міст, виходячи з архітектурних міркувань, застосовують підземні методи прокладки теплових мереж. Надземні в житлових районах використовують як виняток в особливо важких ґрунтових умовах.

У напівпрохідних і прохідних каналах теплопроводу прокладають з іншими комунікаціями. Канали збирають із залізобетонних елементів, виготовлених на спеціальних підприємствах. Напівпрохідні канали використовують в місцях перетину залізниць і автострад. Трубопроводи, що прокладені в таких каналах можна оглядати і ремонтувати без порушення покриття доріг. У прохідних каналах забезпечується постійний доступ обслуговуючого персоналу до інженерних комунікацій для контролю і ремонту. У вуличних і внутрішньоквартальних колекторах, крім теплопроводів, припустиме розміщення кабелів зв'язку і силових кабелів.

## **Практичне заняття №5**

### **Конструкції підігрівачів**

При незалежному приєднанні систем опалення до теплових мереж, а також для нагріву холодної води в процесі отримання гарячої води в центральних теплових пунктах використовують швидкісні водонагрівачі та пластинчасті теплообмінники.

Швидкісний водонагрівач (рис.3.5.) складається з окремих секцій, які з'єднуються калачами. Корпус секцій виконано із сталевих труб діаметром 57...530 мм. Всередині корпусу розміщені трубні ґратки, в які за вальцьовано латунні трубки діаметром до 16 мм (при підготовці води для систем гарячого водопостачання) або сталеві трубки діаметром 16 мм. У цих водонагрівачів гріюча вода або пара проходить між трубним простором, а вода з холодного теплопроводу, яку нагрівають, проходить всередині трубок, нагріваючись під час свого руху до потрібної температури.

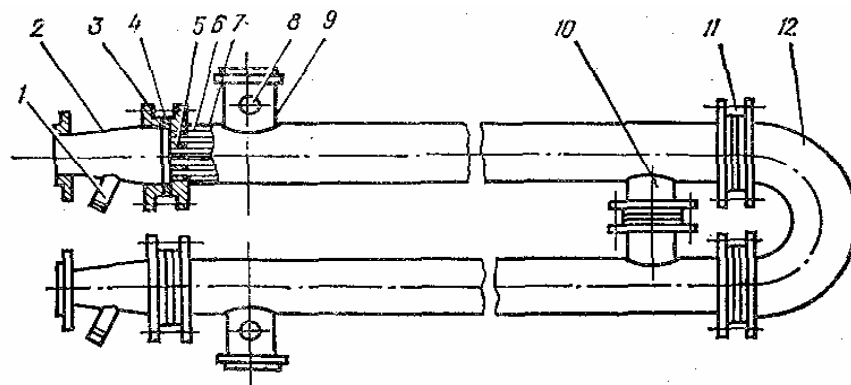


Рис.3.5-Швидкісний водопідігрівач

1,8-штуцера, 2-перехідний патрубок, 3-фланець, 4- прокладка, 5-трубна решітка, 6-трубка, 7-корпус, 9- з'єднувальний патрубок, 10-перепускний патрубок, 11- болт с гайкой, 12-калач

Пластинчасті теплообмінники виробляють в трьох модифікаціях: розбірні, напіврозбірні, нерозбірні.

Розбірні пластинчасті теплообмінники використовуються у тих випадках, коли необхідно забезпечити доступ до поверхні пластин для періодичного очищення від накипу і забруднень.

У тих випадках, коли одне з робочих середовищ не залишає на поверхні забруднень (хімічно оброблена вода теплових мереж, водяна пара тощо) і поверхня не потребує механічного очищення, використовуються напіврозбірні пластинчасті теплообмінні апарати. Основним елементом конструкції теплообмінника є блок з двох зварних пластин, які збираються на рамі теплообмінника так само як й розбірного.

Умовою застосування зварних теплообмінників є відсутність у процесі експлуатації нерозчинних відкладень на поверхні теплообміну (теплоносії пара-пара).

На рис. 3.6 показана конструкція розбірного теплообмінника. Апарат складається з групи пластин 15, встановлених на верхній горизонтальній штанзі 7. Кінці верхньої і нижньої штанг закріплені в нерухомій плиті 3 і на стійці 9. Пластини за допомогою натискної плити 8 і гвинта 10 стискають в загальний пакет. Середовище, що нагрівається може входити в апарат через штуцер 1, розміщений на опорній плиті, і через верхній кутовий отвір 4 (в першій зліва пластині) надходить до колектора 1 розподіляється по каналах, що утворились між пластинами при їх стисканні. Виходячи з каналів, речовина, що нагрівається, збирається в колектор 14 і через штуцер 11 виходить з апарата.

Рух середовищ в теплообміннику організується за протиточною схемою. Гріюча речовина надходить в апарат через штуцер 12, приходить через нижній колектор і розподіляється по своїх каналах. Через верхній колектор і штуцер 2 гріюча речовина виходить з апарата.

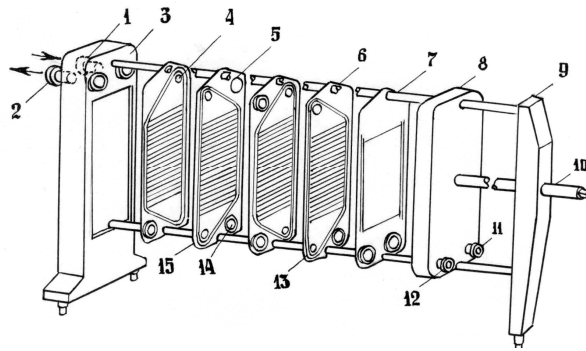


Рис. 3.6 - Розбірний пластинчастий теплообмінник:

- 1 – штуцер для входу середовища, що гріється; 2 – штуцер для входу середовища, що гріє; 3 – нерухома плита; 4 – кутовий отвір; 5 – малі гумові прокладки; 6, 15 – група пластин; 7 – горизонтальна штанга; 8 – натискна плита; 9 – стійка; 10 – гвинт; 11, 12 – штуцер; 13 – великі гумові прокладки; 14 – колектор

### Практичне заняття №6

Розрахунок підігрівачів систем теплопостачання і гарячого водопостачання

#### Приклад 1

Обчислити теплообмінну поверхню і втрати тиску і вибрати типорозмір кожухотрубчатого водоводяного підігрівника для підігріву води при одноступінчатій паралельній схемі підключення в системі гарячого водопостачання, за наведеними нижче даними:

Таблиця 3.1- Розрахункові дані для обчислення теплообмінної поверхні і втрати тиску кожухотрубчатого і водоводяного підігрівника

Варіанти	А	Б	В
<b>Розрахункові дані</b>			
Навантаження системи опалення, $Q_{0 \max}$ , Вт	520000	600000	650000
Витрати гарячої води в годину найбільшого її споживання $G_{h \max}$ , кг/с	2,6	2,9	3,2
Температура гріючого теплоносія: подавальний теплопровід $T_1$ , °C зворотній теплопровід $T_2$ , °C	150 70	150 70	150 70
Температура гріючого теплоносія в точці злому графіка температур: подавальний теплопровід $T_1$ , °C зворотній теплопровід $T_2$ , °C	77 42	77 42	77 42
Температура холодної води $t_x$ , °C	5	5	5
Температура гарячої води $t_r$ , °C	55	55	55
Сумарний термічний опір відкладень на внутрішній і зовнішній поверхнях трубок апарата $\Gamma_1 + \Gamma_2$ , м <sup>2</sup> ·°C/Вт	0,00048	0,00052	0,0056

Ви рішення завдання для варіанта А наведено нижче

1. Витрати теплоти на потреби гарячого водопостачання

$$Q_{h, \max} = G_{h, \max} \times c(t_r - t_x) = 2,6 \times 4187(55 - 5) = 0,544 \times 10^6 \text{ Вт.}$$

2. Витрати гріючого теплоносія (сітьової води) для нагрівання води на потреби гарячого водопостачання

$$G_T = \frac{Q_{h,\max}}{c(\tau_1' - \tau_2')} = \frac{0,544 \times 10^6}{4187(77 - 42)} = 3,71 \text{ кг/с.}$$

3. Витрати сітьової води на ввіді в тепловий пункт

$$G_d = G_T + G_o = G_T + \frac{Q_{o,\max}}{c(\tau_1 - \tau_2)} = 3,71 + \frac{0,52 \times 10^6}{4187(150 - 70)} = 5,26 \text{ кг/с.}$$

4. Середня логарифмічна різниця температур

$$\Delta t_M = 22 \text{ }^\circ\text{C} \left\{ \begin{array}{l} 77^\circ\text{C} \rightarrow 42^\circ\text{C} \\ 55^\circ\text{C} \leftarrow 5^\circ\text{C} \end{array} \right\} \Delta t_B = 37 \text{ }^\circ\text{C},$$

$$\overline{\Delta t} = \frac{37 - 22}{\ln(37/22)} = 28,85 \text{ }^\circ\text{C}.$$

5. Попередньо прийнявши швидкість води в трубках  $\omega_T^* = 1 \text{ м/с}$ , знаходимо потрібну площу перерізу трубок

$$f_T^* = \frac{G_{h,\max}}{\omega_T^* \times \rho} = \frac{2,6}{1 \times 1000} = 0,0026 \text{ м}^2,$$

$\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$  - густина води.

6. За дод.5 обираємо підігрівник, в якого площа перерізу трубок була б найближчою до розрахованої в п.5 величини. Конструктивні характеристики обраного апарата (№=08) з довжиною трубок 4 м: площа поверхні теплообміну однієї секції  $f_0 = 3,54 \text{ м}^2$ ; площа перерізу трубок  $f_T = 0,00293 \text{ м}^2$ ; площа перерізу міжтрубного простору  $f_M = 0,005 \text{ м}^2$ ; еквівалентний діаметр міжтрубного простору  $d_e = 0,0155 \text{ м}$ ; діаметр трубок (внутрішній/зовнішній) 14/16 мм.

7. Дійсна швидкість води:

в трубках

$$\omega_T = \frac{G_{h,\max}}{f_T \times \rho} = \frac{2,6}{0,00293 \times 1000} = 0,89 \text{ м/с},$$

в міжтрубному просторі

$$\omega_M = \frac{G_T}{f_M \times \rho} = \frac{3,71}{0,005 \times 1000} = 0,74 \text{ м/с}.$$

8. За відомими значеннями швидкостей і температур води визначають коефіцієнти теплообміну між гріючим теплоносієм і поверхнею трубок ( $\alpha_M$ ) [6]

$$\alpha_M = \frac{[1630 + 21 \cdot \bar{t} - 0,044 \cdot (\bar{t})^2] \cdot \omega_M^{0,8}}{d_e^{0,2}} \quad (3.1)$$

$$= \frac{(1630 + 21 \times 59,5 - 0,04 \times 59,5^2) \cdot 0,74^{0,8}}{0,0155^{0,2}} = 4951 \text{ Вт/м}^2 \text{ К},$$

де  $\bar{t}$  - середня температура гріючої води в межах теплообмінника (або окремої секції) водопідігрівної установки;  $\bar{t}_h$  - те саме для води, що нагрівається;  $d_e$  - еквівалентний діаметр міжтрубного простору обраного водопідігрівника (див. дод.5);  $d_{тр}$  - внутрішній діаметр трубок трубного пучка;



$t_M = 0,5(\tau'_1 + \tau'_2) = 0,5(77 + 42) = 59,5 \text{ }^\circ\text{C}$  - середня температура сітьової води в апараті.

9. Коефіцієнт теплообміну між стінками трубок і водою, що нагрівається

$$\alpha_H = (1630 + 21 \times 30 - 0,04 \times 30^2) \frac{0,89^{0,8}}{0,014^{0,2}} = 4758 \text{ Вт/м}^2 \text{ К,}$$

$\bar{t}_H = 0,5(t_{\Gamma} + t_X) = 0,5(5 + 55) = 30 \text{ }^\circ\text{C}$  - середня температура гарячої води в апараті.

10. Коефіцієнт теплопередачі (3.9)

$$K = \left[ \left( \frac{1}{\delta_M d_3} + \frac{1}{2\lambda} \lg \frac{d_3}{d_{\text{тр}}} + \frac{1}{\delta_H d_{\text{тр}}} \right) d_{\text{cp}} + r_1 + r_2 \right]^{-1}, \quad (3.2)$$

де  $d_3$  - зовнішній діаметр трубок;  $\lambda$  - коефіцієнт теплопровідності матеріалу трубок;  $d_{\text{cp}} = 0,5(d_3 + d_{\text{тр}})$  - середній діаметр трубок пучка.

$$K = \frac{1}{\frac{0,015}{4951 \times 0,016} + \frac{\ln(0,016/0,014)}{2 \times 63} + \frac{1}{4758 \times 0,014}} = 1098 \text{ Вт/м}^2 \text{ К,}$$

$$d_{\text{cp}} = 0,5(d_3 + d_{\text{в}}) = 0,5(0,016 + 0,014) = 0,015 \text{ м - середній діаметр трубок,}$$

$$\lambda = 63 \text{ Вт/м К - коефіцієнт теплопровідності матеріалу трубок.}$$

11. Площа поверхні теплообміну водопідігрівної установки

$$F = \frac{Q_{h,\text{max}}}{k \times \Delta t} = \frac{0,544 \times 10^6}{1098 \times 28,85} = 17,16 \text{ м}^2.$$

12. Кількість секцій

$$n = \frac{F}{f_o} = \frac{17,16}{3,54} = 4,85 = 5 \text{ шт.}$$

13. Втрати тиску в апараті:

- водою, що нагрівається

$$P_{\Gamma} = 7,5\omega_{\Gamma}^2 n = 7,5 \times 0,89^2 \times 5 = 29,7 \text{ кПа} = 3,03 \text{ м вод. ст.}$$

- сітьовою водою

$$P_M = 25\omega_M^2 n = 25 \times 0,74^2 \times 5 = 68,45 \text{ кПа} = 6,98 \text{ м вод. ст.}$$

#### Приклад 2

Для вихідних даних прикладу 1 виконати розрахунок пластинчатого теплообмінного апарату з пластинами з нержавіючої сталі, поверхнею  $F_1 = 0,5 \text{ м}^2$

Вирішення завдання для варіанту А наведено нижче:

Розрахунок теплообмінника проводимо з використанням коефіцієнта теплової ефективності. Приймаючи значення коефіцієнтів, що враховують накипоутворення на поверхнях пластин для сітьової води  $K_{\text{нак},1} = 1,2$ , для води,

що нагрівається  $K_{\text{нак},2}=1,8$ , за (3.10) обчислюємо критерій  $z$  (витрати речовин і перепади тиску прийняти такими самими, як у попередньому прикладі).

$$z = \frac{G_1}{G_2} \left( \frac{K_{\text{нак},1} \cdot \Delta P_2}{K_{\text{нак},2} \cdot \Delta P_1} \right)^{0,571}, \quad (3.3)$$

де  $G_1, G_2$  - витрати речовин;  $\Delta P_1, \Delta P_2$  - перепади тиску для відповідних теплоносіїв;  $K_{\text{нак},1}, K_{\text{нак},2}$  - коефіцієнти, що враховують накипоутворення на теплообмінній пластині, приймається за табл. 3.2.

Таблиця 3.2 - Значення коефіцієнта, що враховує накипоутворення на поверхнях пластин  $K_{\text{нак}}$

Характеристика поверхні, умови роботи	$K_{\text{нак}}$
Чиста поверхня, що працює в умовах хіміччищеної води	1,0-1,2
Забруднена поверхня, що працює в умовах: - незалежного приєднання системи опалення з підживленням водопровідною водою	2,0-2,2
- системи гарячого водопостачання а) одноступінчаста схема, II ступінь двоступінчастої схеми	1,8-2,0
б) I ступінь двоступінчастої схеми	1,4-1,6

$$z = \frac{3,71}{2,6} \times \left( \frac{1,2 \times 29700}{1,8 \times 68450} \right)^{0,571} = 0,703.$$

Приймаємо схему з одним теплообмінним апаратом на ступені.

2. Розрахункове значення коефіцієнта теплової ефективності теплообмінника за наступною формулою

$$\varepsilon_p = \frac{Q}{Q_{\text{max}}} = \frac{Q_{h,\text{max}}}{G_M c (\tau_1' - t_x)} = \frac{0,544 \times 10^6}{2,6 \times 4187 (77 - 5)} = 0,694.$$

де  $W_M = G_M \cdot C$ ;  $G_M$  - величина меншої з двох витрат робочих середовищ.

3. Відносна витрата речовин

$$\bar{W} = \frac{G_M c}{G_6 c} = \frac{2,6}{3,71} = 0,7.$$

4. Середня температура робочих середовищ

$$t_{\text{ср}} = \frac{\tau_1' + \tau_2' + t_\Gamma + t_x}{4} = \frac{77 + 42 + 55 + 5}{4} = 44,75.$$

5. За табл. 3.10 вибираємо коефіцієнт  $K_\phi = 0,97$

Таблиця 3.3 - Величина коефіцієнта  $K_\phi$

Середня температура $^{\circ}\text{C}$	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
$K_\phi$	0,8	0,87	0,94	1,0	1,06	1,12	1,17	1,22	1,27	1,3	1,33

Таблиця 3.4 - Еталонні значення питомого параметра теплообмінника  $\Phi_y$  і коефіцієнта Б

Тип пластины	Р 0,05	Н 0,1	РС 0,25	Р 0,3р	РС 0,35	РС 0,5р	РС 0,53	Р 0,6р	Н 1,0
$\Phi_y$	1,07	1,67	1,40	1,42	1,17	0,68	1,04	1,42	0,94
Б	0,742	0,494	0,221	0,25	0,289	0,0585	0,157	0,085	0,01319

6. Приймаючи за табл. 3.11. для пластины РС0,5р значення еталонного питомого параметра  $\Phi_y=0,68$  і значення коефіцієнта  $\beta=0,8$ , за (3.4) обчислюємо величину параметра

$$\Phi_y^p = v_3 \cdot K_\phi \cdot \Phi_y, \quad /3.4/$$

де  $v_3$  - коефіцієнт, що враховує зменшення коефіцієнта теплопередачі через термічний опір накипу і забруднень на пластинах (приймається згідно з опитними даними залежно від якості води; при відсутності даних припустимо приймати для водопровідної води  $v_3 = 0,75 - 0,85$ , для води з теплових мереж  $v_3 = 1$ ).

$$\Phi_y^p = 0,8 \times 0,97 \times 0,68 = 0,53$$

7. Кількість ходів теплообмінника

$$X = \frac{\sqrt{0,7}}{0,53(1+0,7)} \ln \frac{1-0,7 \times 0,694}{1-0,694} = 2,73.$$

Прийнято  $X=3$ .

8. Кількість паралельно задіяних каналів:

$$G_1 = 3,71 \times 3600 = 13,36 \times 10^3 \text{ кг/год}$$

- для сітьової води

$$n_1 = 1 + 0,0585 \times 13,36 \times 10^3 \left( \frac{3 \times 1,2}{68450} \right)^{0,571} = 3,81 = 4,$$

- для води, що нагрівається

$$n_2 = 1 + 0,0585 \times 0,36 \times 10^3 \left( \frac{3 \times 1,8}{29700} \right)^{0,571} = 5,006 = 5$$

$$G_2 = 2,6 \times 3600 = 9,36 \times 10^3 \text{ кг/год.}$$

9. Потрібна площа поверхні теплообмінника

$$F = (2 \times 3 \times 5 - 1) 0,5 = 14,5 \text{ м}^2.$$

## Практичне заняття №7

### Схеми систем гарячого водопостачання

Система гарячого водопостачання будівель призначена для безперебійної подачі води з температурою 50-75 °С у кількостях, необхідних для задоволення господарсько-побутових і виробничих потреб. Система гарячого водопостачання може бути місцевою і централізованою.

Місцеву систему гарячого водопостачання влаштовують у невеликих будівлях, де вода нагрівається у кожного споживача або у невеликій їх групі. Вода із системи холодного водопостачання подається до місцевого водонагрівача, де паливо, що згоряє, або інше джерело енергії нагріває воду. Гаряча вода надходить до споживача по розподільній мережі. В якості водонагрівачів використовують: змішувик, розташований у топчній камері кухонної газової плити; водогрійну колонку для ванн, яка працює на твердому паливі; газовий ємкісний водонагрівач; газовий проточний водонагрівач. Найбільш широкі розповсюдження знайшли газовий ємкісний і газовий проточний водонагрівачі.

Централізовані системи гарячого водопостачання (ЦСГВ) будівель влаштовують при наявності ТЕЦ або районної котельні і приєднують до теплових мереж за відкритою або закритою схемами.

У відкритій схемі ЦСГВ гаряча вода споживачу надходить із трубопроводу теплової мережі, попередньо змішуючись з охолодженою водою у терморегуляторі.

У закритій схемі ЦСГВ, що найбільш розповсюджена, підготовка води, транспортування її до споживачів і підтримання циркуляції гарячої води з метою запобігання її втрат здійснюються у теплових пунктах: центральних – для групи будівель; індивідуальних – для однієї будівлі.

Циркуляційна ЦСГВ будівель складається із розвідних і циркуляційних магістральних трубопроводів, подавальних і циркуляційних стояків, які мають рушникосушарки, перемичок, підводок до приладів, арматури, баків-аккумуляторів (якщо вони передбачені проектом), контрольно-вимірювальних і регулювальних приладів. У ЦСГВ без циркуляції води циркуляційні розвідні магістралі, стояки і перемички відсутні.

У ЦСГВ з нижньою розводкою (рис. 3.6, а, б) циркуляційна магістраль 2 і циркуляційні стояки 4 прокладають паралельно розвідним магістралям 1 і подавальним стоякам 3. Магістралі проходять у підвалах або підлогових каналах. Недоліком цієї схеми є значна довжина трубопроводів.

У ЦСГВ з нижньою розводкою і секційними вузлами (рис. 3.6, в) на 3-8 подавальних стояків 3 прокладають один циркуляційний стояк 4, що дозволяє зменшити довжину трубопроводів системи. У будівлях висотою до 12 поверхів включно застосовують секційні вузли з нижньою розводкою, коли подавальні стояки 3 приєднують до розвідної магістралі 1, а циркуляційний стояк 4 – до перемички 7, яка прокладена на технічному поверсі будівлі або під стелею верхнього поверху.

Встановлення водорозбірної арматури на циркуляційних стояках (рис. 3.6, г) знижує металоємність системи.

ЦСГВ з верхньою розводкою і секційними вузлами (рис. 3.6, д) використовують в будівлях висотою більше 12 поверхів. У цьому випадку гаряча вода із розвідної магістралі по головному стояку 8 надходить до кільцевої перемички 7. При цьому у технічному підпіллі циркуляційні стояки можуть бути закільцьовані нижньою перемичкою, до якої приєднують циркуляційний магістральний трубопровід.

Улаштування системи гарячого водопостачання повинно відповідати вимогам СНиП 2.04.01-85.

Системи гарячого водопостачання повинні монтуватись із оцинкованих труб на різьбових з'єднаннях. З'єднувати оцинковані труби допускається дуговою зваркою у середовищі двоокису вуглецю. Розвідні магістралі і стояки системи гарячого водопостачання повинні бути теплоізовані.

У системі гарячого водопостачання використовують водорозбірну і змішувальну арматуру, а також запірну арматуру за конструкцією аналогічною тій, що використовується у системі холодного водопостачання.

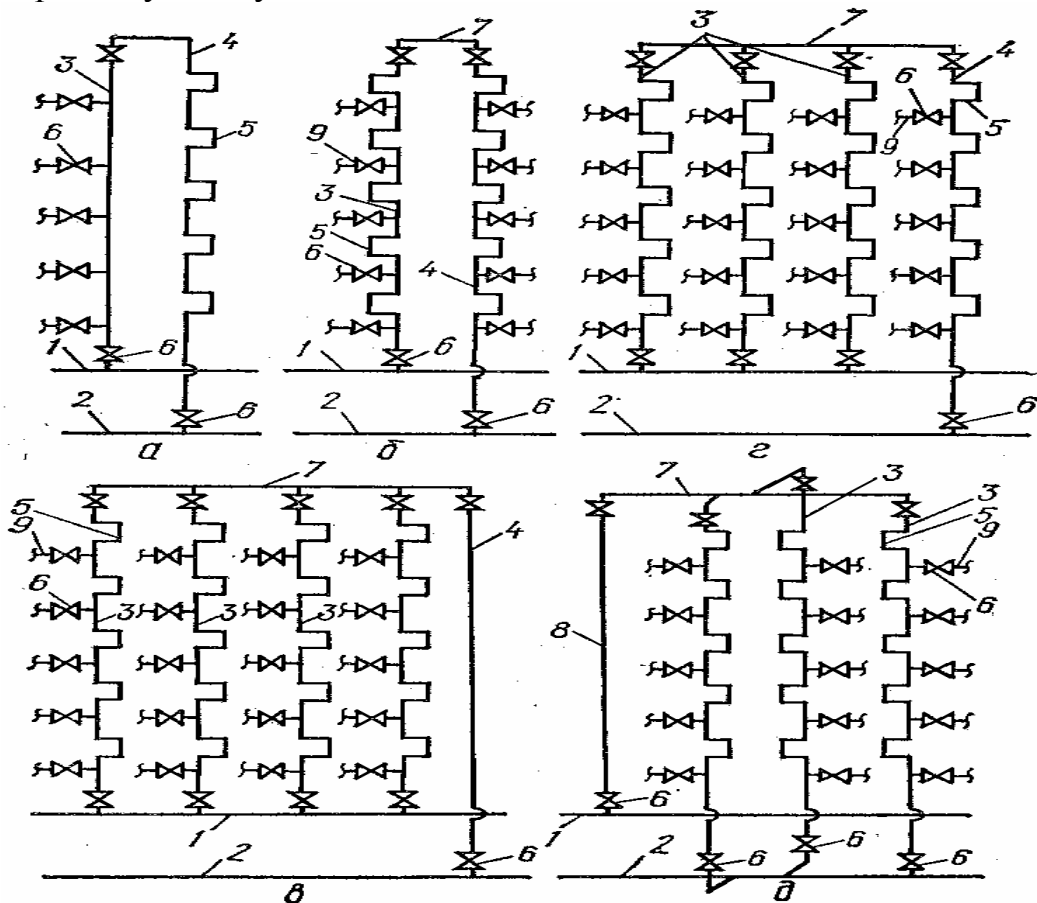


Рис. 3.6. Схеми приєднання водорозбірних і циркуляційних стояків системи гарячого водопостачання будівель:

*а* – з нижньою розводкою і парно закільцьованими стояками з водорозбірною арматурою на водорозбірному стояку; *б* – з нижньою розводкою і парно закільцьованими стояками з водорозбірною арматурою, встановленою на водорозбірному і циркуляційному стояках; *в* – з секційними вузлами з циркуляційним стояком; *г* – з секційними вузлами з циркуляційно-водорозбірним стояком; *д* – з верхньою розводкою; 1 – розвідні магістралі; 2 – циркуляційні магістралі; 3 – подавальні стояки; 4 – циркуляційні стояки; 5 – рушникосушарки; 6 – арматура; 7 – перемички; 8 – головний стояк; 9 – підводки.

## Практичне заняття №8

### Проектування системи тепlopостачання

Розрахувати секцію системи централізованого гарячого водопостачання згідно наведених нижче даних:

Таблиця 3.5- Варіанти завдань для розрахунку систем централізованого гарячого водопостачання

Варіанти	А	Б	В
<b>Дані для проектування</b>			
Кількість поверхів	12	9	5
Кількість квартир	48	36	20
Кількість квартир на одному поверсі:			
- однокімнатних:	1	1	1
- двокімнатних:	1	1	1
- трикімнатних:	2	2	2
Кількість мешканців в квартирах:			
- однокімнатних:	2	2	2
- двокімнатних:	3	3	3
- трикімнатних:	4	4	4
Кількість водорозбірних приладів	2	2	2
Норма витрати за одну годину найбільшого споживання води	$g_{hr,u}^h = 10$ л/год		
Витрати води диктуючим приладам	$g_0 = 0,18$ л/с		

Вирішення завдання для варіанта А наведено нижче:

Загальний вигляд секційного вузла показаний на рис. 3.7.

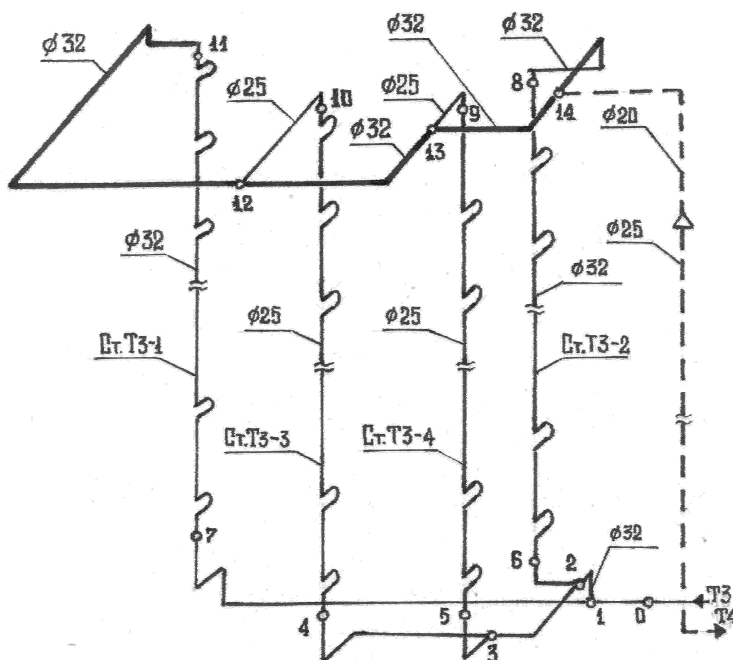


Рис. 3.7 - Аксонометрична схема секційного вузла

Розрахункову витрату гарячої води водорозбірними стояками в режимі водорозбору визначаємо за формулою (3.5) з урахуванням знижувального коефіцієнта 0,7

$$q_{st}^h = 0.7 \cdot 5 \cdot q_0 \cdot b_{st}, \quad (3.5)$$

Коефіцієнт  $b$  для ділянки системи знаходять залежно від загальної кількості водорозбірних пристроїв, приєднаних до стояка на ділянці (дод.1), обчислюючи вірогідність їх дії за формулою (3.6):

$$P = \frac{q_{hTu} \cdot U}{q_0 \cdot N \cdot 3600}, \quad (3.6)$$

де  $q_{hTu}$  - норма витрати води одним споживачем за годину найбільшого споживання води (дод. 4), л/год.;  $U$  - кількість споживачів;  $q_0$  - витрата води водорозбірним пристроєм, л/с;  $N$  - кількість пристроїв на ділянці.

- для стояка, що обслуговує однокімнатні квартири, (Ст Т3-4)

$$P_1 = \frac{10 \times 12 \times 2}{0,18 \times 24 \times 3600} = 0,015; \quad N \times P_1 = 24 \times 0,015 = 0,314;$$

$$\alpha_1 = 0,597; \quad g_{st,1}^h = 0,7 \times 5 \times 0,18 \times 0,597 = 0,376 \text{ л/с};$$

- для стояка, що обслуговує двокімнатні квартири, (Ст Т3-3)

$$P_2 = \frac{10 \times 12 \times 3}{0,18 \times 24 \times 3600} = 0,023; \quad N \times P_2 = 0,552; \quad \alpha_2 = 0,709;$$

$$g_{st,2}^h = 0,7 \times 5 \times 0,18 \times 0,709 = 0,447 \text{ л/с};$$

- для стояка, що обслуговує трикімнатні квартири, (Ст Т3-2, Ст3-1)

$$P_3 = \frac{10 \times 12 \times 4}{0,18 \times 24 \times 3600} = 0,031; \quad N \times P_3 = 0,744; \quad \alpha_3 = 0,829;$$

$$g_{st,3}^h = 0,7 \times 5 \times 0,18 \times 0,829 = 0,522 \text{ л/с}.$$

Витрати гарячої води в цілому на секційний вузол, що обслуговує 96 водорозбірних приладів, визначаємо за формулою (3.7):

$$q_h = 5 \cdot b \cdot q_0, \quad (3.7)$$

$$P = \frac{10 \times 156}{0,18 \times 96 \times 3600} = 0,0257; \quad N \times P = 2,467; \quad \alpha_{uz} = 1,63;$$

$$g_{uz}^h = 5 \times 0,18 \times 1,63 = 1,47 \text{ л/с}.$$

Діаметри ділянок трубопроводів секційного вузла, що показані на рис. 3.7, встановлені за номограмою (дод.2) за умови, щоб в режимі водорозбору швидкість води не перевищувала 1,5 м/с [5].

Водопровідні стояки прокладають неізолюваними, інші трубопроводи в межах підвалу і технічного поверху мають шар теплоізоляції. Знаючи діаметри трубопроводів на ділянках, за допомогою дод.3 знаходимо питомі втрати теплоти через поверхні труб. Знаючи довжину розрахункових ділянок, за формулою (3.8) обчислюємо теплові втрати на ділянках:

$$Q_i = q_0 \cdot l_i, \quad (3.8)$$

де  $q_0$  - втрати теплоти трубами секційного вузла залежно від умов прокладки трубопроводу і його діаметра  $l_i$  - довжина ділянки.

Результати розрахунків зводимо до табл. 3.6.

Таблиця 3.6 - Тепловий і гідравлічний розрахунок секційного вузла

№ ділянки	Діаметр	Довжина, м	Теплові втрати		Режим циркуляції			
			Q <sub>0</sub> , Вт/м	Q, Вт (4.54)	Витрата g <sup>circ</sup> , л/с	1 + K <sub>1</sub>	Втрати тиску	
							питомі, Па/м	на ділян- ці, Па
6-8	32	57,6	29,35	1690,56	0,0625	1,5	7,5	648
5-9	25	57,6	24,01	1382,98	0,0625	1,5	35	3024
4-10	25	57,6	24,01	1382,98	0,0625	1,5	35	3024
7-11	32	57,6	29,35	1690,56	0,0625	1,5	7,5	648
1-2	32	0,96	21,81	20,94	0,1875	1,2	50	57,6
2-6	32	1,0	21,81	21,81	0,0625	1,2	7,5	9,0
2-3	32	4,4	21,81	95,96	0,125	1,2	25	132
3-5	25	1,0	19,14	19,14	0,0625	1,2	35	42
3-4	25	2,0	19,14	38,28	0,0625	1,2	35	84
1-7	32	7,5	21,81	168,58	0,0625	1,2	7,5	67,5
11-12	32	9,6	18,91	181,54	0,0625	1,2	7,5	86,4
12-10	25	3,1	16,59	51,42	0,0625	1,2	35	130,2
12-13	32	3,25	18,91	61,45	0,125	1,2	25	97,5
13-9	25	0,75	16,59	12,44	0,0625	1,2	35	31,5
13-14	32	6,3	18,91	119,13	0,1875	1,2	50	378
8-14	32	2,7	18,91	51,06	0,0625	1,2	7,5	24,3

Сумарні втрати теплоти трубопроводами секційного вузла становлять 6983,59 Вт.

Приймаючи величину охолодження гарячої води  $\Delta t=8,5$  °С, коефіцієнт  $\beta=1,3$ , за формулою (3.9) знаходимо витрату гарячої води через секційний вузол в режимі циркуляції:

$$q_{uz}^{circ} = \frac{BQ_{us}^{BT}}{Dt \cdot c}, \quad (3.9)$$

де  $Dt$ - нормативна величина охолодження води на шляху від подавального розвідного трубопроводу до найбільш віддаленої водорозбірної точки у вузлі (приймають рівною 5 °С для будівель до 4-х поверхів і 18,5°С для будівель більше 4-х поверхів);  $B$  - конструктивний параметр системи, що залежить від співвідношення втрат тиску у подавальному і циркуляційному трубопроводах.

$$g_{uz}^{circ} = 1,3 \frac{6983,59}{4190 \times 8,5} = 0,25 \text{ л/с.}$$

Вважаючи, що циркуляційна витрата води розподіляється по всіх стояках рівномірно, знаходимо витрату через один стояк

$$g_{st}^{circ} = g_{uz}^{circ} / n = 0,25/4 = 0,0625 \text{ л/с.}$$

Значення витрати гарячої води на ділянках вузла в режимі циркуляції і відповідні втрати тиску наведені в табл. 3.2. За цими даними визначаємо втрати тиску в подавальній частині секційного вузла через кожний стояк від точки приєднання до подавальної магістралі (т. 1) до точки приєднання до циркуляційного стояка (т. 14):



$$H_{st,1}^{cir} = H_{1-7} + H_{7-11} + H_{11-12} + H_{12-13} + H_{13-14} =$$

$$= 67,5 + 648 + 86,4 + 97,5 + 378 = 1277,4 \text{ Па};$$

$$H_{st,2}^{cir} = H_{1-2} + H_{2-6} + H_{6-8} + H_{8-14} = 57,6 + 9,0 + 648 + 24,3 = 738,9 \text{ Па};$$

$$H_{st,3}^{cir} = H_{1-2} + H_{2-3} + H_{3-4} + H_{4-10} + H_{10-12} + H_{12-13} + H_{13-14} =$$

$$57,6 + 132 + 84 + 3024 + 130,2 + 97,5 + 378 = 3803,3 \text{ Па};$$

$$H_{st,4}^{cir} = H_{1-2} + H_{2-3} + H_{3-5} + H_{5-9} + H_{9-13} + H_{13-14} =$$

$$= 57,6 + 132 + 42 + 3024 + 31,5 + 378 = 3665,1 \text{ Па}.$$

Втрати тиску по окремих стояках вузла відрізняються за величиною, тому їх усереднюють і таким чином знаходять втрати тиску в подавальній частині секційного вузла:

$$H_{stm}^{cir} = \frac{H_{st1}^{cir} + H_{st2}^{cir} + \dots + H_{stn}^{cir}}{n}, \quad (3.10)$$

За (3.10) знаходимо втрати тиску в подавальній частині секційного вузла

$$H_{stm}^{cir} = \frac{1277,4 + 738,9 + 3803,3 + 3665,1}{4} = 2371,2 \text{ Па}.$$

Задаючись втратами тиску у вузлі в режимі циркуляції  $H=40000$  Па, знаходимо втрати тиску в циркуляційному стояку

$$H_{cir,st} = H_{uz}^{cir} - H_{stm}^{cir} = 40000 - 2371,2 = 37628,8 \text{ Па}.$$

Питомі втрати тиску в циркуляційному стояку знаходимо за (3.11.)

$$H_m = \frac{H_{cir,st}}{l_{cir,st}(1+K_1)} = \frac{37628,8}{41(1+1,1)} = 834 \text{ Па/м}.$$

Згідно з дод.2 при витраті води через циркуляційний стояк  $g_{st}^{cir}=0,25$  л/с і діаметрі  $d=20$  мм величина питомих втрат тиску становить  $i=2000$  Па/м, для  $d=25$  мм  $i=490$  Па/м. Тому до проектування приймаємо стояк, складений з двох частин:  $d_1=20$  мм,  $l_1=10$  м,  $d_2=25$  мм,  $l_2=31,0$  м. Дійсні втрати тиску в такому стояку

$$H_{st}^{cir} = 2000 \times 10 \times (1 + 0,1) + 490 \times 31 \times (1 + 0,1) = 38709,0 \text{ Па}$$

Дійсні втрати тиску у вузлі при циркуляційному режимі

$$H_{uz} = H_{st}^{cir} + H_{stm}^{cir} = 38709,0 + 2371,2 = 41080,2 \text{ Па}.$$

Перевищення розрахункових витрат тиску у порівнянні з прийнятими становить

$$\frac{41080,2 - 40000}{41080,2} \times 100\% = 2,7\% < 5\%, \text{ що є припустимим}.$$

Втрати теплоти циркуляційним стояком

$$Q_{st}^{cir} = 10 \times 26,68 + 31 \times 31,44 = 1241,44 \text{ Вт}.$$

Розрахункові втрати тиску в режимі водорозбору

$$N_{uz}^h = \alpha N_{stm}^{cir} \times \left( \frac{g_{uz}^h}{g_{uz}^{cir}} \right)^2 = 0,4 \times 2371,2 \times \left( \frac{1,47}{0,25} \right)^2 = 32786,2 \text{ Па}$$

$\alpha = 0,4$  - коефіцієнт, який враховує конструкцію секційного вузла.

Основні результати розрахунків зведені до табл. 3.7.

Таблиця 3.7 - Показники роботи секційного вузла

Величина	Позначення	Розмірність	Значення
Етажність будинку			12
Кількість квартир			48
Розрахункові витрати води:			
- в режимі водорозбору	$g_{uz}^h$	л/с	1,47
- в режимі циркуляції	$g_{uz}^{cir}$	л/с	0,25
Теплові втрати:			
- в подавальній частині вузла	$Q_{uz}^h$	Вт	6983,59
- в циркуляційному стояку	$Q_{st}^{cir}$	Вт	1241,44
Розрахункові втрати тиску:			
- в режимі водорозбору	$N_{uz}^h$	Па	32786,2
- в режимі циркуляції	$N_{uz}$	Па	41080,2

### Практичне заняття №9

#### Розрахунок теплових потоків для жилих та громадських будов

Розрахувати необхідну кількість теплоти, яку споживають жителі населеного пункту, який складається з 4-х мікрорайонів.

Схема населеного мікрорайону приведена на рис. 3.8.

Таблиця 3.8- Варіанти завдань для розрахунку кількості теплоти, яку споживають жителі населеного пункту

Варіант	А	Б	В
Дані для розрахунку			
Щільність забудови мікрорайонів, $d$ , м <sup>2</sup> /га.	3500	4000	4200
Норма житлової площі, м <sup>2</sup> на 1 людину	18	18	18
Норма витрати гарячої води на одного споживача:			
- в житлових будівлях а, л/добу	115	115	115
- в громадських спорудах в, л/добу	25	25	25
Норма витрат теплоти на опалення житлових будинків $q_0$ , Вт/м <sup>2</sup>	84	84	84
Коефіцієнти, що враховують теплові витрати на опалення і вентиляцію громадських будівель $k_1=0,25$ , $k_2=0,4$			

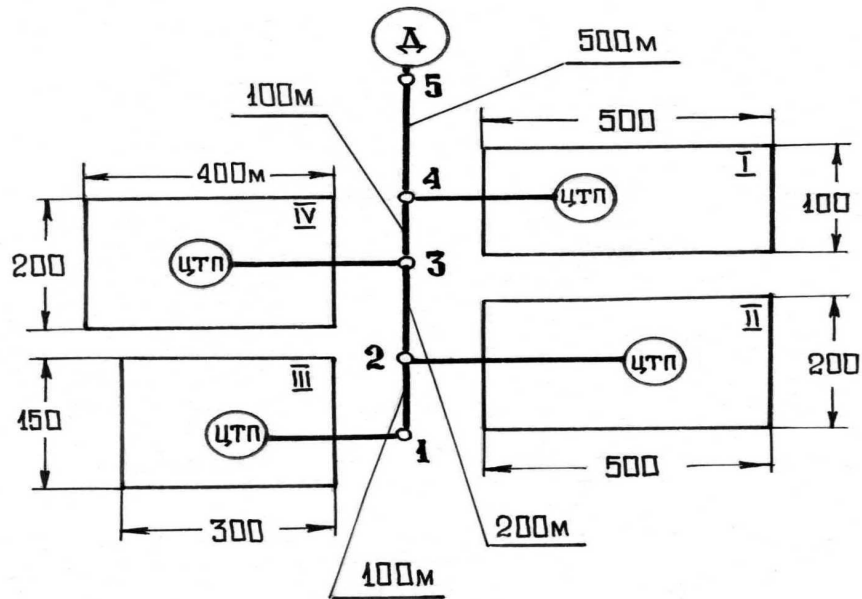


Рис. 3.8 – Розрахункова схема теплопостачання міста  
 I...IV номери мікрорайонів; Д- джерело теплопостачання;  
 ЦТП- центральний тепловий пункт

Вирішення завдання для варіанта А наведено нижче:

1. Площа території мікрорайону А

$$500 \times 100 = 50000 \text{ м}^2 = 5 \text{ га}$$

2. Житлова площа будинків мікрорайону

$$A_1 = F_1 d = 5 \times 3500 = 17500 \text{ м}^2.$$

3. Тепловий потік на опалення будівель першого мікрорайону

$$Q_{o,\max} = q_0 A_1 (1 + K_1) = 84 \times 17500 (1 + 0,25) = 1,84 \times 10^6 \text{ Вт.}$$

4. Тепловий потік на вентиляцію будівель

$$Q_{v,\max} = q_0 A_1 K_1 K_2 = 84 \times 17500 \times 0,25 \times 0,4 = 0,147 \times 10^6 \text{ Вт.}$$

5. Кількість мешканців першого мікрорайону

$$m_1 = A_1 / 18 = 17500 / 18 = 972.$$

6. Тепловий потік для потреб гарячого водопостачання

$$Q_{h,\max} = \frac{2,4m(a+b)(t_{\Gamma} - t_x)c}{24 \times 3600} = \frac{2,4 \times 972(115 + 25)(55 - 5)4187}{24 \times 3600} = 0,79 \times 10^6 \text{ Вт,}$$

де  $t_{\Gamma} = 55^{\circ}\text{C}$  - температура гарячої води;  $t_x = 5^{\circ}\text{C}$  - температура холодної води;  $c = 4187 \text{ Дж/кг} \times ^{\circ}\text{C}$  - питома теплоємність води.

7. Сумарне теплове навантаження мікрорайону

$$Q_1 = Q_{o,\max} + Q_{v,\max} + Q_{h,\max} = (1,84 + 0,147 + 0,79) \times 10^6 = 2,77 \times 10^6 \text{ Вт.}$$

Аналогічно визначаємо теплове навантаження інших мікрорайонів. Результати розрахунків наведені в табл. 3.9.

Таблиця 3.9 - Показники теплоспоживання мікрорайонів міста

№ м/р	F, га	A, м <sup>2</sup>	Q <sub>o,max</sub> × 10 <sup>6</sup> Вт	Q <sub>в,max</sub> × 10 <sup>6</sup> Вт	m, чол.	Q <sub>h,max</sub> × 10 <sup>6</sup> Вт	Q × 10 <sup>6</sup> Вт
1	5	17500	1,84	0,147	972	0,79	2,77
2	10	35000	3,675	0,294	1944	1,58	5,55
3	8	28000	2,94	0,235	1555	1,26	4,44
4	4,5	15750	1,65	0,13	875	0,71	2,49

### Практичне заняття № 10

#### Ремонт та реконструкція теплових мереж

Результати систематичних спостережень, ревізій і експлуатаційних випробувань мереж, тепломережі, що повідомляються управлінню, у вигляді щомісячних технічних звітів, використовуються для складання загального об'єму технічних заходів щодо відновлення і вдосконалення системи теплопостачання. У наслідки аналізу розробляється план попереджувальних ремонтів. Ремонти бувають капітальними і поточними.

Поточний ремонт є комплекс профілактичних заходів, що виконуються систематично з метою попередження передчасного зносу окремих елементів системи теплопостачання і усунення дрібних дефектів. Роботи по поточному ремонту проводять регулярно протягом всього опалювального сезону і виконуються обхідниками мереж і черговими теплових пунктів в ході експлуатації. Дрібний профілактичний ремонт, як, наприклад, ліквідація течі сальникових ущільнень, фланцевих з'єднань, чищення дренажів, воздушників і т.д. Поточний ремонт більш великого устаткування і вузлів конструкції може виконуватися при короткочасному відключенні ділянок мережі.

Капітальний ремонт призначений для повного відновлення зношених елементів і реконструкції системи із застосуванням більш економічного і сучасного устаткування. Ремонт проводять в літній період. Матеріали, що прийшли в непридатність при капітальному ремонті замінюють на нові, Проте відсоток заміни не повинен перевищувати встановлені норми річних витрат матеріалів сну ремонт і реконструкцію теплових мереж.

Під час ремонту перевіряється робота попутного дренажу, йоржами прочищаються змулені дренажні труби. При низькій фільтрації засипки проводять часткове оновлення матеріалу або її промивку, а також прокладають додаткові дренажні труби. При засипки траншеї ґрунт ретельно утрамбовують і потім планують. Повністю ремонтують автоматичне відкачування води з дренажних напрямків в камерах, перевіряють роботу датчиків рівня, що автоматично включають дренажні пристрої.

## Практичне заняття №11

### Гідравлічні розрахунки систем теплопостачання

Основним завданням гідравлічного розрахунку теплових мереж є визначення діаметрів теплопроводів і гідравлічних втрат тиску в них при вибраному діаметрі теплопроводів за даною витратою теплоносія.

За даними практичного заняття № 3 визначити діаметри теплопроводів на ділянках 1-2, 2-3, 3-4, 4-5 і розрахувати на них витрати тиску.

Таблиця 3.10- Варіанти завдань для розрахунку витрат тиску теплопроводів

Варіанти	А	Б	В
<b>Дані для розрахунку</b>			
Питомі витрати тиску $i$ , мм вод.ст./м.	$i \leq 5$	$5 < i < 8$	$i > 10$

Розрахунок для варіанта А наведений нижче:

#### 1. Теплове навантаження ділянок головної магістралі теплотраси.

Ділянка (1 - 2)

$$Q_{1-2} = Q_2 = 5,55 \times 10^6 \text{ Вт.}$$

Ділянка (2 - 3)

$$Q_{2-3} = Q_2 + Q_3 = (5,55 + 4,44) \times 10^6 = 9,99 \times 10^6 \text{ Вт.}$$

Ділянка (3 - 4)

$$Q_{3-4} = Q_2 + Q_3 + Q_4 = (9,99 + 2,49) \times 10^6 = 12,48 \times 10^6 \text{ Вт.}$$

Ділянка (4 - 5)

$$Q_{4-5} = Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_1 = (12,48 + 2,77) \times 10^6 = 15,25 \times 10^6 \text{ Вт.}$$

#### 2. Витрати сітьової води на ділянці (1-2)

$$G_{1-2} = \frac{Q_{1-2}}{c(\phi_1 - \phi_2)} = \frac{5,55 \times 10^6}{4187(150 - 70)} = 16,57 \text{ кг/с,}$$

$\tau_1 = 150^\circ\text{C}$ ,  $\phi_2 = 70^\circ\text{C}$  - температура води в подавальному і зворотному трубопроводах теплової мережі відповідно  $c = 4187 \text{ Дж/кг}\times^\circ\text{C}$ .

3. При визначених витратах води в трубопроводі й заданих величинах питомих втрат тиску для кожного з варіантів за допомогою номограм (дод.2) знаходимо діаметри трубопровода і відповідні дійсні питомі втрати тиску на ділянці (1 - 2):

варіант А -  $d = 200 \text{ мм}$ ,  $i_d = 1,9 \text{ мм вод.ст./м}$ .

#### 4. Втрати тиску на ділянці (1 - 2):

$$H_{1-2} = i_d \times l_{1-2} (1 + K_m);$$

$$H_{1-2} = 1,9 \times 100 (1 + 0,3) = 247 \text{ мм вод.ст.}$$

$K_m = 0,3$  - коефіцієнт, що враховує втрати тиску в місцевих опорах теплової мережі.

Аналогічно визначаємо діаметри і витрати тиску на інших ділянках теплотраси. Результати гідравлічного розрахунку подані в табл. 3.11.

Таблиця 3.11 - Результати гідравлічного розрахунку ділянок головної магістралі теплової мережі

№ ділянки	Теплове навантаження	Витрата води, л/с	Довжина ділянки	№ варіанта	Діаметр, мм	Втрати тиску	
						Питомі, мм/м	На Ділянці Н, мм
1-2	$5,55 \times 10^6$	16,57	100	А	200	1,9	247
2-3	$9,99 \times 10^6$	29,8	200	А	250	2,5	650
3-4	$12,48 \times 10^6$	37,3	100	А	250	3,0	390
4-5	$15,25 \times 10^6$	45,5	500	А	250	4,0	2600

5. Втрати тиску в трубопроводах головної магістралі в цілому (від точки 1 до точки 5) для варіанта А

$$H_1 = \Delta H_{1-2}^1 + \Delta H_{2-3}^1 + \Delta H_{3-4}^1 + \Delta H_{4-5}^1 = 247 + 650 + 390 + 2600 = 3887 \text{ мм вод. ст.} = 3,89 \text{ м вод. ст.}$$

### Практичне заняття №12

#### Вибір насосів теплових мереж

За даними практичного заняття № 4 Визначити потужність насосних установок і витрати електроенергії для транспортування теплоносія за опалювальний період для варіантів наведених нижче:

Таблиця 3.12- Дані для розрахунку потужності насосних установок і витрати електроенергії для транспортування теплоносія

Варіанти	А	Б	В
<b>Дані для розрахунку</b>			
Необхідний напір сітьових насосів на вводі в мікрорайон $H_M$ , м вод.ст.	35	35	35
Втрати тиску в трубопроводах від точки 1 до точки 5 $\Delta H$ , м вод.ст.	3,89	3,89	3,89
$G_g$ , кг/с витрати сітьової води для забезпечення теплопостачання міста в цілому (витрати води через ділянку 4-5)	42,78	53,39	130,16
$G$ , $\text{м/с}^2$ - прискорення земного тяжіння	9,8		
$\eta_H$ -К.К.Д. насосів	0,65		
$n_0$ , днів тривалість опалювального сезону	189		

Розрахунок для варіанта А приведений нижче:

1. Необхідній напір сітьових насосів з урахуванням втрат тиску в подавальному і зворотньому трубопроводах теплотраси

$$H = 2\Delta H + H_M,$$

$H_M = 35$  м вод.ст. - необхідний напір води на вводі в мікрорайон - (прийнятий однаковим для всіх мікрорайонів)

$$H_1 = 2 \times 3,89 + 35 = 42,78 \text{ м вод. ст.},$$

2. Потужність насосних установок

$$N = \frac{HGg}{1000\eta_H},$$

$G=45,5$  кг/с - витрата сітьової води для забезпечення тепlopостачання міста в цілому (витрата води через ділянку 4 - 5);  $g=9,8$  м/с<sup>2</sup> - прискорення вільного падіння;  $\eta_n$  - К.К.Д. насосів (прийнятий рівним 0,65).

$$N_I = \frac{42,78 \times 45,5 \times 9,8}{1000 \times 0,65} = 29,35 \text{ кВт},$$

3. Витрати електроенергії для транспортування теплоносія за рік (за опалювальний період)

$$N_e = N \times n_0 \times 24$$

$n_0=189$  діб - тривалість опалювального періоду;

$$NeA = 29,35 \times 189 \times 24 = 13313 \text{ кВт} \times \text{рік}$$

### Практичне заняття №13

#### Корозія і накип у системах тепlopостачання

Боротьба з корозією є одним з найважливіших завдань служби експлуатації. Корозія скорочує термін служби теплових мереж до 10-15 років, що складає близько 30% від тривалості експлуатації. Згідно теорії максимальна швидкість корозії відбувається при температурах 70-85 С0.

У діючому теплопроводі виникає внутрішня і зовнішня корозія.

Внутрішню корозію викликає кисень, що міститься в сітьовій воді або конденсаті. Внутрішній корозійний процес протікає по-різному, у зв'язку з чим розрізняють виразкову і розосереджену корозію. Виразкова корозія спостерігається переважно в нижчих застійних ділянках трубопроводів, устаткування, приладів, де накопичується конденсат, шар шламу і корозійні відкладення. З часом процес виразкової корозії призводить до крізного протравлення металу, що виводить з ладу вузла обладнання, ділянки мережі невеликої протяжності.

У водяних мережах разом з виразковою корозією спостерігається розосереджена корозія, захоплююча трубопроводи на великій довжині.

Основними напрямками по боротьбі з внутрішньою корозією в системах тепlopостачання є:

- 1) зниження коррозійної активності води за рахунок зменшення вмісту в ній агресивних компонентів (кисень, вільна вуглекислота і ін.)
- 2) підвищення антикорозійної стійкості систем тепlopостачання шляхом покриття поверхні металу спеціальними плівками, що захищають від корозії
- 3) виготовлення елементів систем тепlopостачання з матеріалів, стійких проти корозії

Для зниження коррозійної активності використовують два способи:

фізичний – видалення агресивних газів шляхом деаерації і хімічний – скріплення агресивних компонентів хімічними реагентами.

Підготовка підпиточної води для теплових мереж проводиться звичайно в джерелах тепла шляхом пом'ягчення початкової водопровідної або природної (поверхневої або артезіанської) води в Na- і H-катионоаих фільтрах для її дегазації в атмосферних або вакуумних деаераторах.

Зовнішня корозія металу є наслідком хімічних або електрохімічних реакцій, що виникають під впливом навколишнього середовища. При хімічній корозії метали безпосередньо вступають в хімічне з'єднання з активними газами та рідиною, що насичують середовище. У ґрунтах містяться багато агресивних елементів, що викликають електрохімічні реакції, тому корозію труб в ґрунті називають ґрунтовою. Ґрунтова корозія найчастіше зустрічається при безканальній прокладці теплопроводів, оскільки хімічні з'єднання, що вимиваються вологою з ґрунту і теплоізоляції, мають вільний доступ до поверхні труб.

Повноцінний захист труб від зовнішньої корозії здійснюється із застосуванням комплексу технічних заходів, розроблених на основі вивчення всіх особливостей місцевих умов. У загальному випадку комплексні засоби захисту передбачають підготовку траси, вибір способу прокладки, якісне антикорозійне покриття. Ефективність захисту залежить від того, наскільки повно враховані якість ґрунту, режими роботи мереж і інші особливості.

Електричну корозію металу викликає блукаючий електричний потенціал між ґрунтом і трубопроводом. Корозія під впливом блукаючих струмів протікає швидко, але захвачує невеликі ділянки труб, розташованих поблизу зони розсіювання електрики.

Засоби захисту мереж від блукаючих струмів діляться на пасивні і активні. До пасивного захисту відносяться заходи, що збільшують перехідний опір між ґрунтом і трубопроводом. До активних способів захисту відносяться дренажні, катодні і протекторні пристрої.

### Практичне заняття № 14

#### Вибір конструкції ізоляції теплових мереж

Визначити питомі втрати теплоти при двотрубному безканальному прокладанні водяної теплової мережі згідно даних наведених нижче:

Таблиця 3.13- Дані для визначення витрат теплоти при двотрубному безканальному прокладанні водяної теплової мережі.

Дані для розрахунку	А	Б	В
Діаметр теплопроводів, мм	350	300	200
$\lambda_{гр}, \text{Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$ -коефіцієнт теплопровідності ґрунта	1,74		
$t_{гр}, ^\circ\text{C}$ -температура ґрунта	5		
$H, \text{м}$ -глибина розміщення осі трубопровода	1,5		
$\lambda_{із}, \text{Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$ -коефіцієнт теплопровідності основного теплоізоляційного шару	0,045		
Товщина основного теплоізоляційного шару, мм	60		
$K, \text{мм}$ -відстань між осями трубопроводів	700		
Температура теплоносія:			
подавальний теплопровід $t_1, ^\circ\text{C}$	90		
зворотній теплопровід $t_2, ^\circ\text{C}$	50		

Вирішення завдання для варіанта А наведено нижче:

1. Термічний опір основного теплоізоляційного шару

$$R_1^{із} = \frac{\ln(d_{із} / d)}{2\pi\lambda_{із}} = \frac{\ln(470 / 350)}{2 \times 3,14 \times 0,045} = 1,043 \text{ (м } ^\circ\text{C)/Вт.}$$



2. Термічний опір ґрунту

$$R_{1\text{гр}} = \frac{\ln(4H/d_{i3})}{2\pi\lambda_{\text{гр}}} = \frac{\ln(4 \times 1,5/0,47)}{2 \times 3,14 \times 1,74} = 0,233 \text{ (м } ^\circ\text{C)/Вт.}$$

3. Фактор термічного опору взаємного впливу теплопроводів при двотрубному безканальному прокладанні

$$R_o = \frac{\ln\sqrt{1+(2H/K)^2}}{2\pi\lambda_{\text{гр}}} = \frac{\ln\sqrt{1+(2 \times 1,5/0,7)^2}}{2 \times 3,14 \times 1,74} = 0,136 \text{ (м } ^\circ\text{C)/Вт.}$$

4. Коефіцієнт, що визначає додатковий термічний опір для подавального трубопровода,

$$\psi_1 = \frac{(t_2 - t_{\text{гр}})R_1 - (t_1 - t_{\text{гр}})R_o}{(t_1 - t_{\text{гр}})R_2 - (t_{21} - t_{\text{гр}})R_o}.$$

5. Оскільки умовами завдання передбачена однакова товщина ізоляційного шару для подавального і зворотнього трубопроводів, маємо

$$R_1 = R_1^{i3} + R_1^{\text{гр}} = R_2 = 1,043 + 0,233 = 1,276 \text{ (м } ^\circ\text{C)/Вт,}$$

$$\psi_1 = \frac{(50 - 5)1,276 - (90 - 5)0,136}{(90 - 5)1,276 - (50 - 5)0,136} = 0,448.$$

6. Додатковий термічний опір взаємного впливу трубопроводів для подавального трубопровода

$$R_{\text{дод,1}} = \psi_1 R_o = 0,448 \times 0,136 = 0,061 \text{ (м } ^\circ\text{C)/Вт.}$$

7. Повний термічний опір для подавального трубопровода

$$R_{1,1} = R_{1,1}^{i3} + R_{1,1}^{\text{гр}} + R_{\text{дод,1}} = 1,043 + 0,233 + 0,061 = 1,337 \text{ (м } ^\circ\text{C)/Вт.}$$

8. Питомі теплові втрати подавальним трубопроводом

$$q_1 = \frac{t_1 - t_{\text{гр}}}{R_{1,1}} = \frac{90 - 5}{1,337} = 63,58 \text{ Вт/м.}$$

9. Коефіцієнт, що визначає додатковий термічний опір для зворотнього трубопровода,

$$\psi_2 = \frac{(t_1 - t_{\text{гр}})R_2 - (t_2 - t_{\text{гр}})R_o}{(t_2 - t_{\text{гр}})R_1 - (t_1 - t_{\text{гр}})R_o} = \frac{(90 - 5)1,276 - (50 - 5)0,136}{(50 - 5)1,276 - (90 - 5)0,136} = 2,23.$$

10. Додатковий термічний опір взаємного впливу трубопроводів для зворотнього трубопровода

$$R_{\text{дод,2}} = \psi_2 R_o = 2,23 \times 0,136 = 0,303 \text{ (м } ^\circ\text{C)/Вт.}$$

11. Повний термічний опір для зворотнього трубопровода

$$R_{1,2} = R_{1,2}^{i3} + R_{1,2}^{\text{гр}} + R_{\text{дод,2}} = 1,043 + 0,233 + 0,303 = 1,58 \text{ (м } ^\circ\text{C)/Вт.}$$

12. Питомі теплові втрати зворотнім трубопроводом

$$q_2 = \frac{t_2 - t_{\text{гр}}}{R_{1,2}} = \frac{50 - 5}{1,58} = 28,5 \text{ Вт/м.}$$

13. Сумарні питомі втрати теплоти при двотрубному прокладанні

$$q = q_1 + q_2 = 63,58 + 28,5 = 92,08 \text{ Вт/м.}$$

## 4. ЗАСОБИ КОНТРОЛЮ І КРИТЕРІЇ ОЦІНКИ ЗНАНЬ

### Засоби контролю

**Поточний контроль** проводиться за результатами тестування і результатами курсового проекту.

**Підсумковий контроль**- шляхом складання іспиту.

### Методи і критерії оцінювання знань

**«Відмінно»** – за національною шкалою; **«А»** (91-100% набраних балів) – за шкалою ECTS – виставляється за наступних умов:

1. Творчий підхід до засвоювання матеріалу, повнота і правильність виконання завдання.
2. Вміння застосовувати різні принципи й методи в конкретних ситуаціях.
3. Глибокий аналіз фактів та подій, спроможність прогнозування результатів від прийнятих рішень.
4. Чітке, послідовне викладання відповіді на папері.
5. Вміння пов'язати теорію і практику.

**«Добре»** – за національною шкалою; **«В»** (81-90% набраних балів), **«С»** (71-80% набраних балів) – за шкалою ECTS – виставляється за наступних умов:

1. Мають місце деякі непринципові помилки несуттєвого характеру у викладанні відповідей при повних знаннях програмного матеріалу.
2. Переважання логічних підходів перед творчими у відповідях на питання.
3. Не завжди правильне прогнозування подій від прийнятих рішень.
4. Вміння пов'язати теорію з практикою.

**«Задовільно»** – за національною шкалою; **«D»** (61-70% набраних балів), **«E»** (51-60% набраних балів) – за шкалою ECTS – виставляється за наступних умов:

1. Репродуктивний підхід до засвоювання і викладання матеріалу.
2. Недостатня повнота викладання матеріалу, але при обов'язковому виконанні (можливо з несуттєвими помилками) тих завдань, що пов'язані з розв'язанням практичних задач.
3. Неглибокі знання основного матеріалу, наявність великої кількості неточностей у викладанні матеріалу.
4. Нечітке викладання матеріалу на папері, порушення логічної послідовності при викладанні матеріалу.
5. Утруднення при практичному втіленні прийнятих рішень.

**«Незадовільно з можливістю повторного оцінювання»** – за національною шкалою; **«FX»** (26-50% набраних балів) – за шкалою ECTS – виставляється за наступних умов:

1. Відсутність знань з більшої частини матеріалу, погане засвоєння принципів положень курсу.
2. Наявність грубих, принципів помилок при практичному виконанні отриманих завдань.

**«Незадовільно з обов'язковим повторним вивченням»** – за національною шкалою; **«F»** (0-25% набраних балів) – за шкалою ECTS – виставляється за наступних умов:

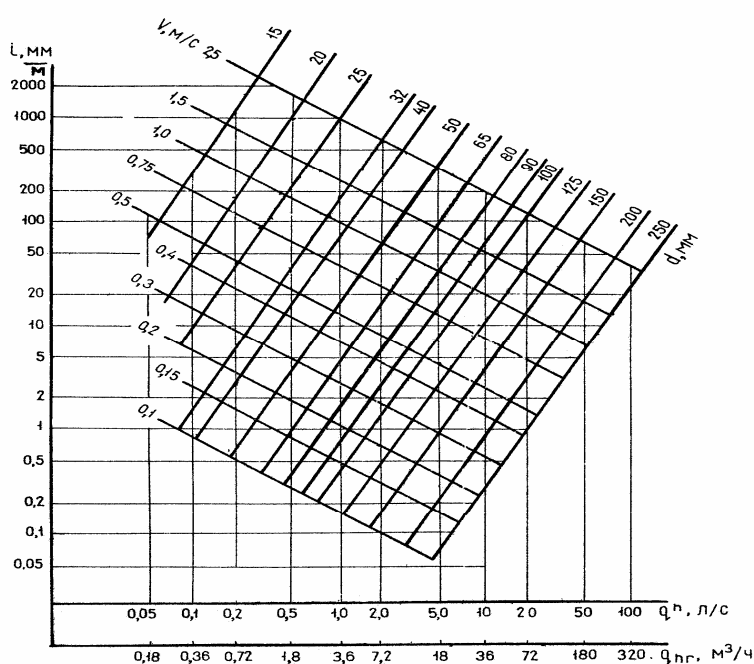
1. Невиконання або виконання з великими помилками тих завдань, що пов'язані з розв'язанням практичних задач.
2. Неграмотне і неправильне викладання відповідей на папері.

## ДОДАТКИ

Таблиця Д1 - Значення коефіцієнтів б при  $P \leq 0.1$  та будь-якої кількості N і також при  $P > 0,1$  і  $N > 200$

(N·P)	б	(N·P)	б	(N·P)	б	(N·P)	б	(N·P)	б
0.015	0.2	0.125	0.373	1.4	1.168	20	6.893	140	34.96
0.015	0.202	0.15	0.399	1.6	1.261	25	8.192	160	39.46
0.016	0.205	0.175	0.425	1.8	1.35	30	9.457	180	43.95
0.018	0.21	0.20	0.449	2.0	1.437	35	10.70	200	48.43
0.020	0.215	0.25	0.493	2.5	1.644	40	11.92	250	59.38
0.022	0.219	0.30	0.534	3.0	1.84	45	13.13	300	70.29
0.024	0.224	0.35	0.573	3.5	2.029	50	14.32	350	81.12
0.026	0.228	0.4	0.61	4.0	2.21	55	15.51	400	91.90
0.028	0.233	0.5	0.678	4.5	2.386	60	16.69	450	102.63
0.030	0.237	0.6	0.742	5.0	2.558	65	17.85	500	113.32
0.035	0.247	0.7	0.803	6.0	2.891	70	19.02	600	134.6
0.040	0.256	0.8	0.86	7.0	3.212	75	20.18	700	155.77
0.045	0.265	0.9	0.916	8.0	3.524	80	21.33	800	176.87
0.05	0.273	1.0	0.969	9.0	3.828	85	22.48	900	197.9
0.06	0.289	1.1	1.021	10	4.126	90	23.62	1000	218.87
0.07	0.304	1.2	1.071	12	4.707	95	24.77	1250	271.14
0.08	0.318			14	5.27	100	25.91	1600	343.9
0.09	0.331			16	5.821	110	28.18	1800	426.8
0.10	0.343			18	6.362	120	30.44		

Рисунок Д2 - Номограма для гідравлічного розрахунку сталевих труб для систем гарячого водопостачання



Таблиця ДЗ - Теплові втрати трубопроводів секційних вузлів гарячого водопостачання (для закритих систем тепlopостачання)

Місце і спосіб прокладання	Теплові витрати 1 м трубопроводу для діаметрів, Вт/м						
	15	20	25	32	40	50	70
Головні подавальні стояки, ізолювані при прокладанні в комунікаційній шахті	-	-	-	-	19,72	22,16	27,14
Водорозбірні стояки без пристроїв для сушіння рушників, ізолювані при прокладанні в комунікаційній шахті або в шахті сантехнічної kabіни	11,25	12,53	13,8	15,66	-	-	-
Те саме з пристроями для сушіння рушників	-	20,65	24,01	29,35	-	-	-
Водорозбірні стояки не ізолювані при прокладанні їх в шахті сантехнічної kabіни, комунікаційній шахті або відкрито у ванній кімнаті (подавальні)	24,01	29,6	35,03	43,8	-	-	-
Розподільчі трубопроводи в підвалах та на сходових клітках, ізолювані	15,66	17,4	19,14	21,8	24,13	27,14	33,18
Те саме на теплому горищі, ізолювані	13,45	15,08	16,59	18,9	20,76	23,43	28,53
Циркуляційні трубопроводи в підвалах, ізолювані	12,64	14,03	15,43	18,68	19,37	21,81	26,68
Те саме на теплому горищі, ізолювані	10,44	11,63	12,76	14,62	16,01	18,1	22,16
Те саме в приміщенні квартири, не ізолювані	23,2	28,53	33,87	42,46	49,9	60,32	83,52
Те саме на сходових клітках, не ізолювані	27,26	33,52	39,67	49,65	58,35	70,53	98,02
Циркуляційні стояки, при прокладанні в сантехнічних kabінах або у ванних кімнатах, ізолювані	9,74	10,9	11,95	13,57	14,96	16,94	20,65
Те саме, не ізолювані	21,56	26,68	31,44	39,44	46,4	53,03	77,95

Прийнято, що потрібна циркуляційна витрата секційного вузла розподіляється рівномірно по всіх водорозбірних стояках незалежно від діаметра і місця їх розташування:

Таблиця Д4- Норми витрати гарячої води при температурі 55°C на гаряче водопостачання житлових і громадських будівель.

Споживачі	Розмірність	Норма витрати, л/добу
1.Житлові будинки квартирному типу		
З централізованим гарячим водопостачанням, обладнані умивальниками, мийками і душем	1 мешканець	85
З сидячими ваннами обладнаними душем	-	90
З ваннами довжиною від 1500 до 1700 мм, обладнаними душем	-	105
Висотою понад 12 поверхів з централізованим гарячим водо-постачанням та підвищеними вимогами до їх благоустрою.	-	115
2. Гуртожитки		
Із загальним душем	-	50
Із душем у всіх житлових кімнатах	-	60
Із загальними кухнями й блоками душових на поверхах	-	80
3. готелі та пансіонати		
Із загальними душем та ванною	1 місце	70
Із душем у всіх окремих номерах	-	140
3. Лікарні		
Із загальним душем та ванною	1 ліжко	75
Із санузлами, наближеними до палатних	-	90
Із водогрязелікуванням	-	300
4. Магазины		
Продовольчі	1 працюючий в зміну	65
Промтоварні		5

Таблиця Д5- Технічна характеристика водоводяних підігрівників довжиною 4 м

№ підігрівника	Внутрішній діаметр корпусу, мм	Кількість трубок	Площа поверхні теплообміну секції, м <sup>2</sup>	Площа перерізу, м <sup>2</sup>		Еквівалентний діаметр міжтрубного простору, м
				трубок	міжтрубного простору	
2	50	5	0,75	0,00062	0,00116	0,0129
4	69	7	1,31	0,00108	0,00233	0,0164
6	82	12	2,24	0,00185	0,00287	0,0133
8	106	19	3,54	0,00293	0,005	0,0155
10	158	37	6,9	0,0057	0,0122	0,0207
12	207	64	12	0,00985	0,02079	0,0215
14	259	109	20,3	0,01679	0,03077	0,0195
16	309	151	28	0,02325	0,04464	0,0208
18	359	216	40,1	0,03325	0,0578	
20	408	283	52,5	0,04356	0,0719	
22	512	450	83,4	0,06927	0,1154	

Таблиця Д6-Питомі витрати теплоти 1м ізольованого паропроводу з урахуванням додаткових втрат теплоти арматурою, опорами, компенсаторами при різниці температур між парою і оточуючим середовищем 1<sup>0</sup>С, Вт/м<sup>0</sup>С

Зовнішній діаметр труби, мм	Надземне прокладання			Прокладання у непрохідних каналах		
	Температура пари <sup>0</sup> С					
	200	250-300	350-450	200	250-350	350-450
45	0,545	0,534	0,534	0,534	0,534	0,522
57	0,603	0,592	0,592	0,58	0,568	0,557
70	0,661	0,661	0,65	0,638	0,638	0,626
89	0,719	0,708	0,684	0,696	0,673	0,661
108	0,79	0,766	0,754	0,754	0,724	0,719
133	0,858	0,835	0,824	0,824	0,8	0,79
159	0,928	0,905	0,89	0,89	0,87	0,858
219	1,09	1,08	1,06	1,044	1,03	1,01
273	1,24	1,218	1,17	1,195	1,17	1,125
325	1,39	1,36	1,31	1,33	1,3	1,26
377	1,53	1,47	1,415	1,485	1,415	1,37
426	1,55	1,51	1,415	1,5	1,415	1,36
478	1,67	1,59	-	1,61	1,52	1,45
529	1,75	1,69	-	1,68	1,64	1,54
630	1,96	1,87	-	1,88	1,8	1,705
720	2,12	2,03	-	2,03	1,95	1,86
820	2,35	2,25	-	2,26	2,17	2,06
920	2,64	2,48	-	2,53	2,39	2,26
1020	2,91	2,75	-	2,78	2,64	2,48

Таблиця Д7 -Теплові втрати ізольованих трубопроводів квартальної мережі водопостачання для різних умов прокладання

Діаметр, мм	Втрати теплоти 1м трубопроводу, Вт/м			
	Подавальний		Циркуляційний	
	У підвалі	У каналі	У підвалі	У каналі
200	63,34	56,26	51,16	43,85
150	48,72	43,38	42,92	33,756
125	50,11	42,20	40,48	34,68
100	42,92	38,05	34,57	29,696
80	37,12	32,94	29,93	25,64
70	33,18	29,23	26,68	22,85
50	27,14	24,01	21,81	18,68
40	24,13	21,34	19,37	16,59

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Михеев М. А., Михеева И. М. Основы теплопередачи. - М.: Энергия, 1973. - 320 с.
2. Теплоснабжение / А.А.Ионин, Б.М.Хлыбов, В.Н.Братенков и др. Под ред. А.А.Ионина. М.: Стройиздат, 1982. – 336 с.
3. Шульга М.О., Алексахин О. О. Теплопостачання та гаряче водопостачання: Навч. посібник. - Х.: ХНАМГ, 2004.
4. Гидравлические и тепловые режимы теплофикационных систем. М.: Энергоатомиздат, 1986. – 320 с.
5. Внутренние санитарно-технические устройства/ Под ред. И.Г.Старовойта. Ч. 2. Водопровод и канализация. - М.: Стройиздат, 1992
6. Повышение эффективности работы систем горячего водоснабжения/ Н.Н.Чистяков, М.М.Грудзинский, В.И.Ливчак и др. - М.: Стройиздат, 1982. - 314 с.
7. Бакалін Ю.І. Енергозбереження та енергетичний менеджмент. – Х: БУРУНІК, 2006.- 304 с.
8. В. Е. Козин, Т. А, Левина, А, П. Марков, И. Б. Пронина, В. А. Слемзин. Теплоснабжение: Научн. пособие. - М.: Высш. школа, 1980. - 408 с.
9. СНиП 2.04.07-86. Тепловые сети. – М. Стройиздат, 1988. – 46 с.

## Зміст

	Стор.
1. Роль навчальної дисципліни у підготовці фахівців.....	3
2. Розподіл часу за темами, формами й видами навчальної роботи.....	4
3. Методичні вказівки до практичних занять.....	4
4. Засоби контролю та критерії оцінки знань.....	34
Додатки.....	35
Список літератури.....	39

## Навчальне видання

Методичні вказівки до практичної роботи з дисципліни «ТЕПЛОПОСТА-  
ЧАННЯ» (для студентів 2-5 курсів усіх форм навчання за напрямом підготовки  
0921 (6.060101) «Будівництво» та слухачів другої вищої освіти спеціальності  
7.092108 (7.06010107) «Теплогазопостачання та вентиляція»).

Укладач: **Лобко** Ольга Миколаївна

*Відповідальний за випуск* А. В. Ромашко

*Редактор* М. З. Аляб'єв

*Комп'ютерне верстання* Ю. П. Степась

План 2009, поз. 174 М

---

Підп. до друку 27.11.2009  
Друк на ризографі  
Тираж 50 пр.

Формат 60 x 84 1/16  
Ум. друк. арк. 2,4  
Зам. №

Видавець і виготовлювач:  
Харківська національна академія міського господарства,  
вул. Революції, 12, Харків, 61002  
Електронна адреса: rectorat@ksame.kharkov.ua  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:  
ДК № 731 від 19.12.2001