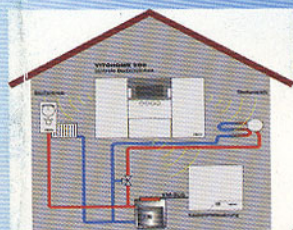
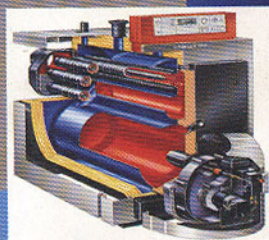


В.П.Шолудько, В.М.Боярчук,  
Я.В.Шолудько, М.А.Михалюк

# ТЕПЛОТЕХНІКА ТА ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОТИ



Навчальний посібник



*Присвячується 150-річчю  
Львівського державного  
аграрного університету*

# **ТЕПЛОТЕХНІКА ТА ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОТИ**

**Навчальний посібник**

За загальної редакції  
кандидата технічних наук, доцента  
***В. П. Шолудька***

**ЛЬВІВ “СПОЛОМ” 2007**

ББК – 31.31  
Т-34  
УДК 621.1.016.4

*Рекомендовано Міністерством аграрної політики України  
(Лист №18-128-13/737 від 04.07.2006р.)*

**Автори:**

***В.П. Шолудько, В.М. Боярчук,  
Я.В. Шолудько, М.А. Михалюк***

Т-34      Теплотехніка та використання теплоти.: Навч. Посібник /  
За заг. ред. **В.П. Шолудька**. – Львів: Сполом., 2007. – 190 с.

ISBN 966-665-439-3

Наведено методику, нормативні дані та вимоги для проектування, конструювання та розрахунку систем опалення і вентиляції сільськогосподарських будівель. Розроблені приклади практичних задач та їх розв'язування.

Рекомендовано для студентів сільськогосподарських вищих навчальних закладів очної та заочної форм навчання спеціальності 6.091.900 - "Енергетика сільськогосподарського виробництва".

**Рецензенти:**

***Й.С. Мисак*** – доктор технічних наук, професор,  
Завідувач кафедри теплотехніки і теплових електричних станцій  
(Національний університет Львівська політехніка);

***М.М. Семерак*** – доктор технічних наук, професор,  
Лауреат державної премії України в галузі науки і техніки  
(Львівський державний університет безпеки життєдіяльності);

ББК – 31.31

ISBN 966-665-439-3

© В.П. Шолудько, 2007  
© В.М. Боярчук, 2007  
© Я.В. Шолудько, 2007  
© М.А. Михалюк, 2007  
© В-во "СПЛОМ", 2007

**Присвячується 150-річчю  
Львівського державного аграрного  
університету**

**ПЕРЕДМОВА**

*Пропонований навчальний посібник написано для студентів, які навчаються за спеціальністю 6.091.900 - “Енергетика сільськогосподарського виробництва” ОКР “Бакалавр” у вищих аграрних навчальних закладах II-IV рівнів акредитації.*

*Велике значення в розвитку сільської теплоенергетики з її специфічними особливостями (велика роз’єднаність споживачів теплової енергії, надзвичайно нерівномірний характер і мала щільність теплових навантажень) має рівень підготовки фахівців, здатних розвивати і вдосконалювати цю галузь.*

*Важливою складовою, що сприяє закріпленню студентами теоретичних знань, придбанню практичних навичок, формуванню здібностей аналізувати і самостійно приймати конкретні інженерні рішення при вивченні дисципліни “Теплотехніка та використання теплоти”, є курсове проектування.*

*Спеціальної літератури з курсового проектування для підготовки інженерів-енергетиків сільськогосподарського виробництва на жаль не достатньо. Пропонований навчальний посібник якраз і призначений частково компенсувати цей недолік.*

*В навчальному посібнику описані вимоги до оформлення усіх розділів курсового проекту, викладені методики виконання гідравлічних та теплотехнічних розрахунків, систем опалення та вентиляції сільськогосподарських виробничих, громадських і житлових будівель і споруд, наведені приклади розрахунків і достатній обсяг довідкових матеріалів.*

*Автори висловлюють щире подяку рецензентам – завідувачу кафедри теплотехніки і теплових електричних станцій Національного університету “Львівська політехніка”, доктору технічних наук, професору Мисаку Й.С., Лауреату державної премії України в галузі науки і техніки, доктору технічних наук, професору Львівського державного університету безпеки життєдіяльності Семераку М.М., критичні зауваження яких сприяли поліпшенню змісту і якості посібника і редактору Забор М.М., яка внесла багато цінних виправлень.*

*Автори з вдячністю сприймуть усі поради і критичні зауваження щодо поліпшення змісту навчального посібника.*

**Автори**

## ВСТУП

Однією з головних умов піднесення економіки сільськогосподарського виробництва, перетворення сільських населених пунктів на селища з належним благоустроєм, забезпечення інфраструктури села постійними висококваліфікованими кадрами, підвищення ефективності праці, є ефективне вирішення проблем енергозабезпечення, зокрема розвиток теплопостачання і теплофікації.

Теплова енергія – один з основних видів енергії, що споживає людство. Вона забезпечує роботу і розвиток промислового та сільськогосподарського виробництва, створює сприятливі умови для життя та діяльності населення.

На потреби сільської місцевості в тепловій енергії витрачається близько 20 % всієї теплової енергії, яку споживає народне господарство України. У сільськогосподарському виробництві частка теплової енергії складає близько 80%.

Курсове проектування з теплотехніки і теплопостачання спрямоване на набуття студентами вмінь і навичок з проектування, конструювання і розрахунків систем опалення і вентиляції сільськогосподарських будівель.

Мета курсового проектування – систематизація, поглиблення і закріплення студентами знань з дисципліни “Теплотехніка та використання теплоти” та інших дисциплін навчального плану для спеціальності “Енергетика сільського виробництва”; вироблення системного підходу при розв’язуванні практичних задач теплофікації і вентиляції сільськогосподарських житлових, громадських і виробничих будівель; набуття навичок самостійної роботи з навчальною, періодичною, технічною літературою, патентними матеріалами, вироблення вміння аналізувати та приймати відповідні інженерні рішення.

Навчальний посібник доповнює навчальну, спеціальну та нормативну літературу, надає студентам необхідні поради і вказівки, нормативні дані та вимоги до проектування і розрахунку систем опалення і вентиляції сільськогосподарських будівель.

## 1. ОБСЯГ І СТРУКТУРА КУРСОВОГО ПРОЕКТУ

Курсовий проект складається з розрахунково-пояснювальної записки та графічної частини. Розрахунково-пояснювальна записка виконується від руки на білому папері формату А4 (210×297 мм). Обсяг записки повинен бути в межах 30 – 35 сторінок рукописного тексту.

Розрахунково-пояснювальна записка містить: титульний аркуш (дод. А), завдання на курсовий проект (дод. Б), реферат (анотацію), вступ, розрахункову частину, висновки, бібліографічний список, додатки.

Графічна частина проекту виконується на двох-трьох аркушах формату А1 (594×841 мм) або на аркушах інших форматів: А2 (420×594 мм), А3 (297×420 мм), А4 (210×297 мм), що підшиваються до розрахунково-пояснювальної записки.

Обсяг креслень графічної частини визначається керівником курсового проекту з наступного переліку:

- план розміщення теплотехнічних приладів і обладнання типового (першого) поверху;
- план розміщення теплотехнічних приладів і обладнання техпідпілля (підвалу, горища);
- аксонометрична схема опалення;
- схема теплового пункту із водозмішувальним пристроєм;
- схема водозмішувального пристрою;
- аксонометрична схема вентиляції;
- план і вертикальний перетин будівлі з вентиляційною схемою.

Обсяг розрахунково-пояснювальної записки і графічної частини може бути змінений, якщо після узгодження із керівником проекту один із розділів (підрозділів) проробляється виконавцем детальніше або якщо це зумовлено специфікою проекту, наприклад: проектування і розрахунок систем комбінованого опалення із застосуванням альтернативних джерел енергії; проектування і розрахунок місцевих систем опалення з автономним обладнанням; конструювання і розрахунок внутрішньо-стінового чи підлогового електричного, водяного або повітряного опалення; підбір багатофункціональних теплообчислювачів, з'єднаних з термодатчиками та водолічильниками; розробка програм для виконання проектувально-розрахункових операцій із застосуванням електронно-обчислювальних машин (ЕОМ), чи персонального комп'ютера (ПК) тощо.

Поглиблене вивчення одного із завдань курсового проекту спрямоване на заохочення студентів до наукової діяльності.



## 2. ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ

### 2.1. Вимоги до оформлення розрахунково-пояснювальної записки

Розрахунково-пояснювальна записка оформляється згідно з вимогами ДСТУ 3008-95, стандарту підприємства – СТП 049373.-01-87 [1; 2].

Текст записки потрібно писати чітко і розбірливо, дотримуючись таких розмірів полів на аркуші паперу формату А4: ліворуч – 35 мм, праворуч – 10 мм, зверху і знизу – 20 мм.

Заголовки розділів пишуть великими літерами симетрично до тексту. Заголовки підрозділів пишуть малими літерами (крім першої великої літери). Перенесення слів у заголовках не допускаються. Крапка в кінці заголовка не ставиться. Між заголовками розділів і текстом залишається вільний рядок. Заголовки підрозділів вільним рядком від тексту не відділяються. Кожний розділ необхідно писати з нового аркуша. Підрозділи продовжують писати на тій самій сторінці.

Скорочення слів та словосполучень у тексті розрахунково-пояснювальної записки не допускаються (крім слів і словосполучень, скорочення яких передбачене стандартом).

Розшифрування позначень у формулах здійснюється в порядку їх запису з вказуванням розмірності, наприклад:

$$Q = k \cdot F \cdot (T_g - T_z) \quad (2.1)$$

де  $Q$  – тепловтрати огорожувальною конструкцією будівлі,  $Вт$ ;

$k$  – коефіцієнт теплопередачі огорожувальної конструкції,  $Вт/(м^2 \cdot ^\circ K)$ ;

$F$  – площа поверхні огорожувальної конструкції,  $м^2$ ;

$T_g$  – температура в приміщенні будівлі,  $^\circ K$ ;

$T_z$  – температура зовнішнього середовища,  $^\circ K$ .

Рівняння та формули слід виділяти в тексті вільними рядками. Розмірність в кінці формули не ставлять. Її представляють при кінцевому числовому значенні, отриманому внаслідок розрахунку.

### 2.1.1. Нумерація в тексті записки

Сторінки розрахунково-пояснювальної записки нумеруються арабськими цифрами, які ставляться у верхньому правому кутку сторінки без крапки і рисок. Титульний аркуш, завдання і реферат (анотація) входять у загальну нумерацію, але номер сторінки на них не ставлять.

Розділи повинні мати порядкову нумерацію в межах всього проекту та позначатися арабськими цифрами без крапки в кінці. Розділи „Вступ” та „Висновки і пропозиції” не нумеруються. Підрозділи нумеруються арабськими цифрами в межах розділу. Номер підрозділу повинен складатися з номера розділу та порядкового номера підрозділу, розділених крапкою, наприклад, 4.1 (перший підрозділ четвертого розділу).

Пункти нумеруються арабськими цифрами в межах кожного підрозділу. Номер пункту складається з номерів розділу, підрозділу і пункту, розділених крапками. В кінці номера пункту крапка не ставиться, наприклад 5.2.1 (перший пункт другого підрозділу, п'ятого розділу).

Схеми, таблиці, креслення, ілюстрації, які розміщені на окремих аркушах розрахунково-пояснювальної записки проекту враховують у загальній нумерації сторінок. Ілюстрації позначаються словом “Рис.” та нумеруються послідовно арабськими цифрами в межах розділу, за винятком ілюстрацій, які є в додатках. Номер ілюстрації повинен складатися з номера розділу та порядкового номера ілюстрації в даному розділі, розділених крапкою. В кінці номера ілюстрації крапка не ставиться, наприклад: Рис. 3.2 (другий рисунок третього розділу).

Перелік деталей або елементів ілюстрацій пишуть послідовно після назви ілюстрацій, наприклад:

Рис. 3.2 Схеми місцевих систем повітряного опалення:

*a* – прямоточна; *б* – з частковою рециркуляцією; *в* – прямоточна рекуперативна; 1 – тепловий центр; 2, 3 і 5 – приточний, витяжний і рециркуляційний повітропроводи.

Таблиці нумеруються послідовно арабськими цифрами (крім таблиць, наведених у додатках) в межах розділу. Заголовок таблиці починається словом „Таблиця” з вказаним номером таблиці. Номер таблиці повинен складатися з номера розділу та порядкового номера таблиці, розділених крапкою. Слово таблиця з номером пишеться праворуч над таблицею, нижче подається назва таблиці, наприклад:



## Коефіцієнт запасу при виборі вентилятора.


При перенесенні частини таблиці на наступну сторінку праворуч над перенесеною частиною таблиці пишуть слова “Продовження табл.” із вказанням номера таблиці, наприклад:

## Продовження табл. 2.1.


Формули у записці нумеруються арабським цифрами в межах розділу. Номер формули складається з номерами розділу та порядкового номера формули в розділі, розділених крапкою. Після номера формули крапка не ставиться. Номер вказують праворуч, на рівні формули в круглих дужках, наприклад:



(2.1)

(перша формула другого розділу).

### 2.1.2. Посилання в тексті розрахунково-пояснювальної записки

Посилання на літературні джерела в тексті оформляються вказанням їх порядкових номерів, під якими вони розміщені у бібліографічному списку та виділяються двома квадратними дужками, наприклад, “... згідно з [3; 15]”, або “... у працях [17; 34; 36]”, або “... беручи до уваги твердження авторів [7]”.

У посиланнях на формули вказують їх порядковий номер у круглих дужках, наприклад, “... згідно з формулою (5.1)” або “... розрахунки проведемо за формулою (2.3)”.

На всі таблиці у тексті повинні бути посилання. Якщо в тексті є одна таблиця, то при посиланні на неї слово “таблиця” пишуть повністю, а якщо їх є декілька, то пишуть так: “... у табл. 3.2”.

У повторних посиланнях на ілюстрації та таблиці слід вказувати слова “дивись”, “згідно”, “відповідно до” і т.п., наприклад, “дивись табл. 1.6”.

### **2.1.3. Зміст розрахунково-пояснювальної записки**

Зміст записки повинен мати найменування всіх структурних елементів проекту, розділів, підрозділів, пунктів з вказанням сторінок, на яких розміщено початок матеріалів.

### **2.1.4 Оформлення бібліографічного списку**

Бібліографічний список повинен містити перелік літературних джерел, які використовувались студентом під час виконання проекту. Їх подають у порядку, за яким вони вперше згадуються у тексті записки.

У бібліографічному списку необхідно вказувати:

- для книжок (підручників, навчальних посібників, монографій, довідників та ін.) одного, двох або трьох авторів, заголовки книги в такому вигляді, в якому він вказаний на титульному аркуші і тією самою мовою, місце видання, видавництво, рік видання, кількість сторінок. Якщо авторів більше трьох, описування починають з назви книги, потім іде перелік авторів у тій послідовності, що й в оригіналі. Вказують тільки трьох перших авторів, а далі пишуть “та ін.”.

Місто (місце) видання пишуть повністю у називному відмінку, крім міст: Київ, Москва та Ленінград (Санкт-Петербург), які записують скорочено – К., М., Л., (СПб) [3].

Назву видавництва пишуть у називному відмінку, рік видання арабськими цифрами без слова “рік” і без скорочення “р.”. Після року видання ставлять крапку, потім – риску, кількість сторінок арабськими цифрами і скорочено замість слова “сторінок” – “с.”, наприклад:

1. Богословський В.М., Сканава А.Н. Отопление. – М.: Стройиздат, 1991. – 736 с.
2. Курсовое проектирование по теплотехнике и применению теплоты в сельском хозяйстве/Б.Х. Драганов, С.А. Ковалёв, В.А. Лазоренко и др.; Под. ред. Б.Х. Драганова. – М.: ВО Агропромиздат, 1991. – 176 с.

- для статей із журналів і збірників праць – прізвище та ініціали авторів, заголовки статті, найменування журналу або збірника, рік випуску, номер журналу або збірника праць, сторінки, на яких розміщена стаття, наприклад:

1. Шаповалов И.С., Андреевский А.К. Расчёт теплового режима в технических подпольях // Водоснабжение и санитарная техника. – 1980. – № 8. – С. 16 – 18.

- для винаходів (відкриттів) вказують номер авторського свідоцтва, патенту, державу, в якій воно видано, назву винаходу (відкриття), прізвища та ініціали авторів, видання, в якому опубліковано опис винаходу (відкриття), рік випуску та його номер, наприклад:

1. А.с. 659936 СССР, G 01 N 3/56. Способ непрерывного контроля работы пар трения, разделённых слоём проводящей электрический ток смазки / Б.И. Костецкий, В.П. Шолудько. – Опубл. 30.04 79. Бюл. № 16.

- для нормативно-технічної та проектної документації вказують номер документа, його назву, видавництво і рік видання, наприклад:

1. СНиП 2.05.05-86. Отопление, вентиляция и кондиционирование / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1987.

2. ДСТУ 3008-95. Документація, звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення. – К.: Держстандарт України, 1995.

Скорочення українських та російських слів і словосполучень у бібліографічному списку наведено у [3].

Літературні джерела іноземного походження у бібліографічному списку описуються мовою оригіналу.

### **3. ХАРАКТЕРИСТИКА ЕЛЕМЕНТІВ РОЗРАХУНКОВО-ПОЯСНЮВАЛЬНОЇ ЗАПИСКИ**

#### **3.1. Титульний аркуш**

Титульний аркуш виконується за встановленою формою (дод. А) і підписується студентом – автором проекту, керівником проекту та одним або двома членами комісії.

#### **3.2. Завдання на курсове проектування**

Завдання на курсове проектування видається на бланку встановленої форми (дод. Б).

Вихідні дані, що зведені у завданні (див. дод. Б), видаються керівником проекту.

Огороджувальна конструкція і матеріали конструкції вибираються за шифром залікової книжки з дод. Ж і 15, а умови експлуатації огороджувальної конструкції за дод. И.

Умовні позначення на кресленнях курсового проекту приймаються в основному за дод. 16, 17.

Решта необхідних для розрахунків даних знаходяться студентом за додатками, нормативною, довідковою та іншою літературою (див. бібліографічний список).

Завдання на проектування підписується керівником і студентом.

#### **3.3. Реферат**

Реферат – це скорочене викладення обсягу та змісту первинного документа, тобто розрахунково-пояснювальної записки та графічної частини, з основними розробками та висновками.

Реферат складається за наступним планом:

- номер за універсальним десятковим класифікатором (УДК);
- обсяг первинного документа (кількість сторінок текстової частини, ілюстрацій, таблиць, аркушів креслень та літературних джерел);
- тема проекту, автор, назва проекту, кафедра, місце виконання, рік;
- текст реферату містить: основну частину, яка відображає суть проекту та методи проектування; конкретні відомості, що розкривають зміст проекту; відомості про економічну ефективність проекту; сфера використання розробок проекту.

Викладення матеріалу у рефераті повинно бути точним і стислим. Слід використовувати вирази, які застосовують у наукових і технічних документах, стандартизовану термінологію, уникати незвичних термінів і символів.

Середній обсяг тексту реферату рекомендується 1200 рукописних знаків.

### **3.4. Зміст**

Зміст проекту пишеться на окремому аркуші (аркушах) паперу і охоплює всі складові проекту: реферат, вступ, розділи і пункти проекту, висновки і пропозиції, бібліографічний список і додатки з вказанням сторінок їх початку.

### **3.5. Вступ**

Вступ повинен коротко висвітлювати сучасний стан питання, що розглядається, а також актуальність теми курсового проекту.

### **3.6. Основний зміст проекту**

Основний зміст проекту охоплює наступні розділи:

- розрахунок тепловтрат приміщень будинку;
- конструювання та розрахунок системи опалення будинку;
- розрахунок і підбір водострумного змішувача;
- конструювання та розрахунок системи вентиляції будинку.

Детальніше про виконання основного змісту проекту див. у розділі 4.

### **3.7. Висновки і пропозиції**

У “Висновках і пропозиціях” наводяться основні висновки, які впливають із результатів проектування і розрахунків системи опалення і вентиляції сільськогосподарської будівлі, економії теплової енергії і тощо.

### 3.8. Додатки

Додатки оформляються як продовження розрахунково-пояснювальної записки або подаються у вигляді окремого самостійного документа.

У додатках наводяться матеріали, які не мають безпосередньо відношення до курсового проекту, але необхідні для зручнішого користування ним і здійснення перевірки проектних рішень.

Кожен додаток слід розпочинати, вказавши зверху посередині сторінки слово “Додаток” і в обґрунтованих випадках мати заголовок, який записують симетрично до тексту.

Якщо в розрахунково-пояснювальній записці додатків більше одного, їх позначають великими літерами українського алфавіту за винятком літер Г, Ґ, Є, І, Ї, Й, О, Ч, Ъ, наприклад: Додаток А, Додаток Б.

У разі повного використання літер української абетки допускається позначати додатки арабськими цифрами [1].

Ілюстрації, таблиці, розділи, підрозділи, пункти та формули в додатках, якщо вони є, нумерують у межах кожного додатка, причому ставиться велика літера, якою позначено додаток, другою є цифра, що означає порядковий номер ілюстрації в цьому додатку; розділені вони між собою крапкою, наприклад: Рис. А.5. Цей рисунок відноситься до додатка А і має порядковий номер п'ять.

На додатки посилаються безпосередньо в основному тексті розрахунково-пояснювальної записки.

Нумерація аркушів розрахунково-пояснювальної записки і додатків повинна бути наскрізною.



## 4.МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ

### 4.1. Розрахунок тепловтрат приміщень будівлі

Результати розрахунку тепловтрат приміщень житлового будинку використовуються при проектуванні системи опалення кожного опалюваного приміщення і будинку взагалі.

Найбільші втрати теплоти через окремі огорожі визначають за формулою:

$$Q_{\text{втр}} = \sum_{i=1}^n k_i F_i (T_{\text{в}} - T_{\text{з}}) \beta_i \quad (4.1)$$

де  $k_i$  – коефіцієнт теплопередачі  $i$ -тої огороджувальної конструкції, Вт/(м<sup>2</sup>·°К);

$F_i$  – площа поверхні  $i$ -тої огорожі (стіни, дверей, вікна, стелі та ін.), м<sup>2</sup>;

$T_{\text{в}}$  – розрахункова температура внутрішнього повітря, °К (приймається за дод. В);

$T_{\text{з}}$  – розрахункова температура зовнішнього повітря, °К;

$n_i$  – коефіцієнт, що враховує фактичне зниження розрахункової температури ( $T_{\text{в}} - T_{\text{з}}$ ) для огорожень, які відділяють опалювані приміщення від неопалюваних (підвал, горище та ін.), див. дод. Д;

$\beta_i$  – коефіцієнт, що враховує додаткові тепловтрати через огорожі.

Значення розрахункової температури зовнішнього повітря  $T_{\text{з}}$  приймається із врахуванням теплової інерції (масивності) огороджувальної конструкції (дод. Е), яку можна визначити з рівняння:

$$T_{\text{з}} = \frac{\sum_{i=1}^n R_i S_i T_{\text{в}} + T_{\text{вн}}}{\sum_{i=1}^n R_i S_i + 1} \quad (4.2)$$

де  $R_i$  – термічний опір  $i$ -того шару огороджувальної конструкції, (м<sup>2</sup>·°К)/Вт;

$S_i$  – розрахунковий коефіцієнт теплосвоєння  $i$ -го шару огороджувальної конструкції, Вт/(м<sup>2</sup>·°К), приймається за дод. Ж.

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_i} \quad (4.3)$$

де  $\delta_i$  – товщина  $i$ -того шару огороджувальної конструкції, м;

$\lambda_i$  – коефіцієнт теплопровідності  $i$ -го шару матеріалу огорожувальної конструкції Вт/(м·°К), приймається за дод. Ж.

Коефіцієнт теплопередачі огорожувальної конструкції визначається за формулою:

$$K = \frac{1}{R_{заг}}, \quad (4.4)$$

де  $R_{заг}$  – загальний термічний опір теплопередачі огорожувальної конструкції, (м<sup>2</sup>·°К)/Вт:

$$R_{заг} = R_B + R_T + R_3, \quad (4.5)$$

де  $R_B$  – термічний опір теплообміну на внутрішній поверхні огорожувальної конструкції, (м<sup>2</sup>·°К)/Вт;

$R_T$  – термічний опір теплопровідності огорожувальної конструкції, (м<sup>2</sup>·°К)/Вт;

$R_3$  – термічний опір теплообміну на зовнішній поверхні огорожувальної конструкції, (м<sup>2</sup>·°К)/Вт.

Якщо огороження багатошарове і складається з декількох шарів матеріалу, розміщеного перпендикулярно напрямку теплового потоку (наприклад, внутрішня штукатурка, цегляна кладка, зовнішня штукатурка), то термічний опір усієї огорожі буде дорівнювати сумі термічних опорів окремих шарів огорожі  $R_i$ :

$$R_T = \sum_{i=1}^n R_i \quad (4.6)$$

Плоский повітряний прошарок, розміщений в огорожі перпендикулярно тепловому потоку (рис. 4.1) також повинен бути врахований в цій сумі як додатковий послідовно розміщений опір теплопередачі через огорожувальну конструкцію.

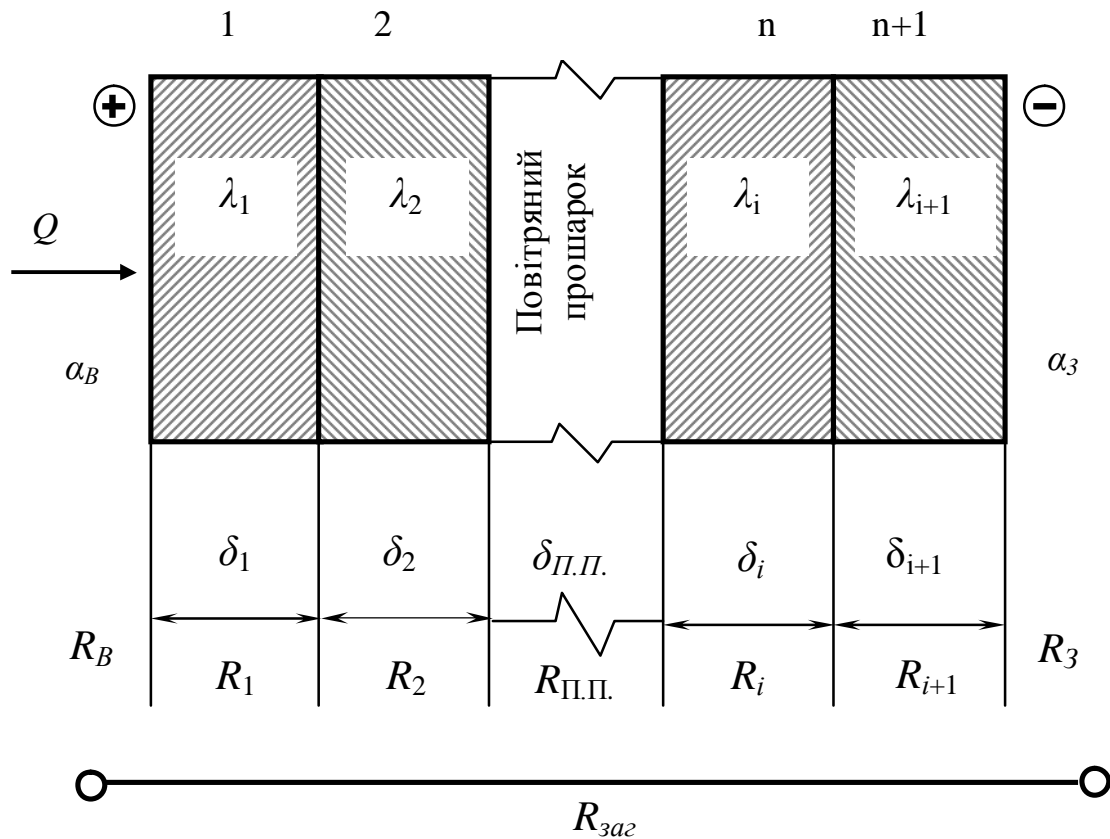


Рис.4.1. Теплопередача через багатошарову огорожувальну конструкцію з повітряним прошарком.

Таким чином, у загальному випадку багатошарової конструкції з повітряним прошарком, загальний опір теплопередачі через огорожу буде дорівнювати:

$$R_{заг} = \frac{1}{\alpha_3} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{\delta_{П.П.}}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_3} \quad (4.7)$$

де  $R_{П.П.}$  – термічний опір теплопередачі повітряного прошарку огорожі,  $(m^2 \cdot ^\circ K) / W$ , приймається за дод. Ц.

В розгорнутому вигляді рівняння (4.7) набуде вигляду:

$$R_{заг} = \frac{1}{\alpha_3} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{\delta_{П.П.}}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_3} \quad (4.8)$$

де  $\alpha_B$  – коефіцієнт теплообміну на внутрішній поверхні огорожувальної конструкції, Вт/(м<sup>2</sup>·°К);  
 $\delta_i$  – товщина і-того шару огорожі, в т.ч. і повітряного прошарку, м;  
 $\lambda_i$  – коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м<sup>2</sup>·°К);  
 $\alpha_3$  – коефіцієнт теплообміну на зовнішній поверхні огорожі, Вт/(м<sup>2</sup>·°К).

Термічний опір світлових прорізів і дверей приймається за дод. П.

Коефіцієнт теплообміну на внутрішній  $\alpha_B$  і зовнішній  $\alpha_3$  поверхнях залежить від умов конвективного і радіаційного теплообміну на цих поверхнях.

Коефіцієнт конвективного теплообміну на внутрішній вертикальній поверхні можна визначити за формулою:

$$\alpha_B = 1,43 \tau_6 (T_6 - \tau_6) \quad (4.9)$$

де 1,43 – множник пропорційності,  
 $\tau_6$  – температура внутрішньої поверхні огорожі, °К;

Різниця температур ( $T_6 - \tau_6$ ) визначається нормованою величиною  $\Delta t^H$ , яка для житлового приміщення, а також приміщень лікарень, дитячих садків, шкіл тощо буде становити для зовнішніх стін не більше 6°С, для горищного і безгорищного перекриття не більше 4,5°С, а для перекриття над підвалами і підпіллями – не більше 2,5°С.

Значення множника пропорційності у формулі (4.9) повинно бути збільшене на 30% (до 1,86) для горизонтальних поверхонь, через які теплота передається знизу вверху, і зменшене на 30% (до 1,0) для горизонтальних поверхонь за напрямку потоку теплоти зверху вниз.

Коефіцієнт променевого теплообміну для звичайного випадку теплопередачі може бути визначений за формулою:

$$\alpha_{pr} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{pr1}} + \frac{1}{\alpha_{pr2}}} \quad (4.10)$$

де  $t_1$  і  $t_2$  – температури поверхонь між якими проходить теплообмін, °С.

Множник  $b$  у цій формулі – температурний фактор, який в межах звичайного для огорожень діапазону температур можна визначити за наближеною формулою:

$$b = \frac{t_{вн} + t_{зовн}}{2} \quad (4.11)$$

Приведений коефіцієнт випромінювання  $C_{np}$  при довільному розміщенні поверхонь можна визначити із залежності:

$$C_{np} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_0} \quad (4.12)$$

де  $C_1$  і  $C_2$  - коефіцієнт випромінювання тіл, що теплообмінюються;  
 $C_0$  – коефіцієнт випромінювання абсолютно чорного тіла, який дорівнює  $5,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{°K}^4)$ . Для поверхонь в приміщенні коефіцієнти випромінювання, як правило, рівні:  $C = 5,22 \div 5,34$ , тому  $C_{np}$  можна прийняти в розрахунках рівним  $4,9$ .

Коефіцієнт опромінення  $\varphi_{1-2}$  для нашого випадку можна прийняти рівним одиниці ( $\varphi_{1-2} = 1$ ).

Таким чином, коефіцієнт теплообміну внутрішньої поверхні визначається за формулою:

$$K_{вн} = \frac{C_{np}}{C_0} \quad (4.13)$$

Для зовнішніх поверхонь огорожень при обдуванні їх вітром (найгірший варіант, коли повітряний потік перпендикулярний поверхні огорожі)  $\alpha_k$  визначиться із наступної залежності:

$$\alpha_k = 1 \sqrt{v} \quad (4.14)$$

де  $v$  – швидкість вітру, м/с (для наших умов  $v$  можна прийняти рівним від 3 до 7 м/с).

Згідно з [9] для розрахунків тепловтрат огорожувальними конструкціями приміщень будівлі  $\alpha_6$  і  $\alpha_3$  можна прийняти рівними (дод. К; Л)

Отже, тепловтрати приміщення дорівнюють сумі втрат теплоти через усі його зовнішні огороження, розраховані за формулою (4.1). Крім того, в цій сумі повинні бути враховані втрати або надходження теплоти

через внутрішні огороження, якщо температура повітря в сусідніх приміщеннях нижча або вища температури в даному приміщенні на 5°C або більше.

Для зручності проведення розрахунків тепловтрат вихідні та отримані розрахункові дані зводяться у таблицю (дод. М). Порядок заповнення цієї таблиці наведено в [6].

Згідно зі змінами до [7] територія України поділена на температурні зони за кількістю градусо-днів опалювального періоду, для яких встановлені мінімально допустимі значення опору теплопередачі  $R_0$  вікон і балконних дверей: для I зони ( $\geq 3501$  градусо-днів) – 0,5; для II зони (3001÷3500 градусо-днів) і III зони (2501÷ 3000 градусо-днів) – 0,42; для IV зони (<2500 градусо-днів) – 0,39. Ці зони визначаються за картою-схемою і орієнтовно приймаються територією областей з обласними центрами за дод. Н:

зона I – 1,2,3,4,7,8,9,14,15,17,18,20,22,23 і 25;

зона II – 5,6,10,11 і 24;

зона III – 13,19,21 і північна частина Республіки Крим;

зона IV – 4 і чорноморське побережжя Республіки Крим [8].

Розрахунок втрат теплоти через підлогу, розміщену на ґрунті, розраховують за зонами. Для цього поверхню підлоги ділять на смуги шириною 2000 мм, паралельні зовнішнім стінам (рис. 4.2).

Смугу, найближчу до зовнішньої стіни, позначають першою зоною, наступні дві смуги – другою і третьою, а решту поверхні підлоги – четвертою зоною.

Розрахунок тепловтрат кожної зони проводять за формулою (4.1), приймаючи  $n_i \cdot (1 + \beta_i) = 1$  [6].

За термічний опір приймають умовний опір теплопередачі, який для кожної зони неутепленої підлоги беруть рівним:

для I зони –  $R_{н.н.} = 2,1 \text{ (м}^2 \cdot \text{°K)/Вт}$ ;

для II зони –  $R_{н.н.} = 4,3 \text{ (м}^2 \cdot \text{°K)/Вт}$ ;

для III зони –  $R_{н.н.} = 8,6 \text{ (м}^2 \cdot \text{°K)/Вт}$ ;

для IV зони –  $R_{н.н.} = 14,2 \text{ (м}^2 \cdot \text{°K)/Вт}$ .



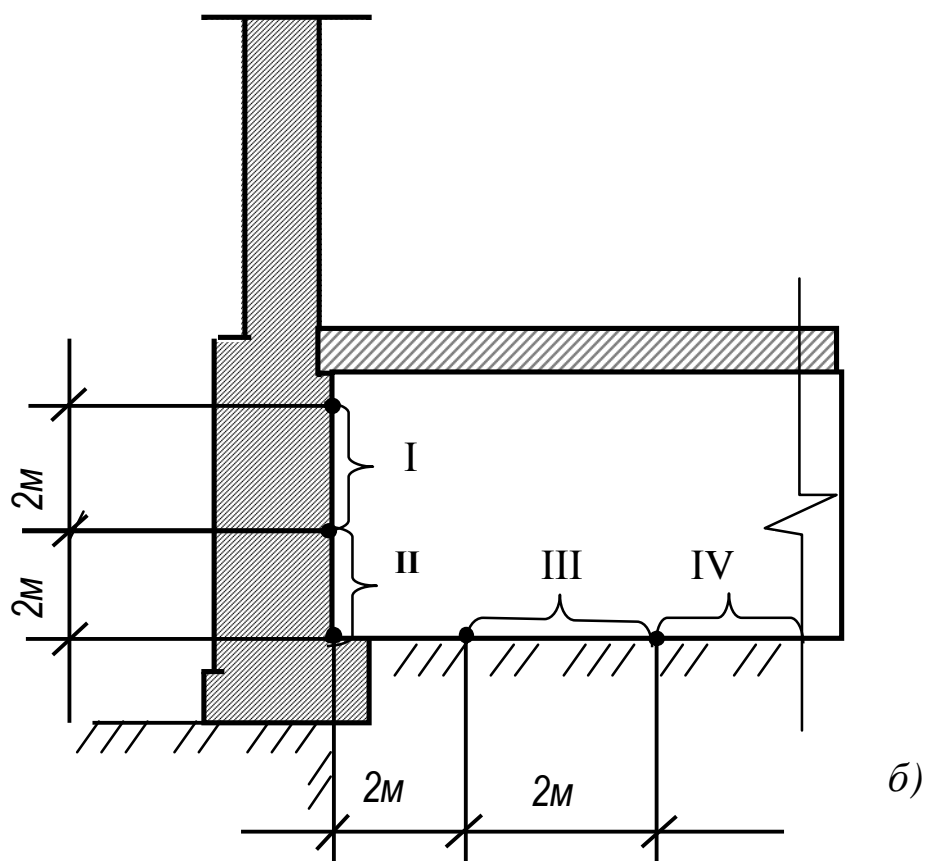
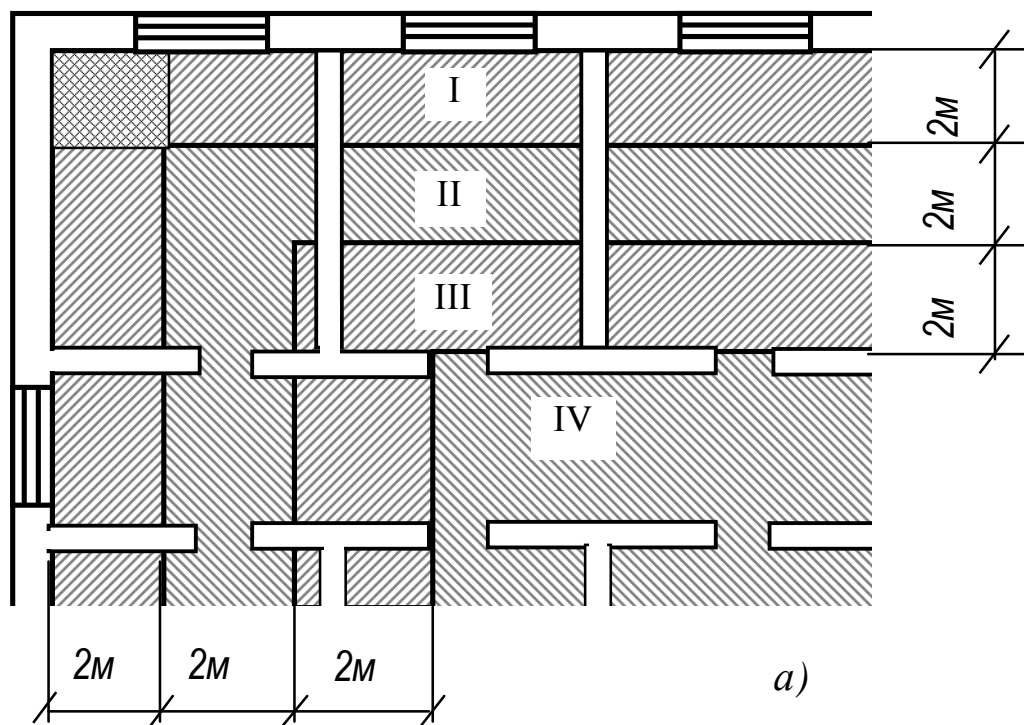


Рис.4.2. Розбивка поверхні підлоги і заглиблених частин зовнішніх стін на зони: *а* – поверхні підлоги; *б* – заглиблених частин зовнішніх стін; I – перша зона; II – друга зона; III – третя зона; IV – четверта зона.

Для утепленої підлоги термічний опір визначають за формулою [6]:

$$R_{y.n} = R_{n.n} + \sum \frac{\delta_{y.ш.}}{\lambda_{y.ш.}}, \quad (4.15)$$

де  $R_{y.n}$  – термічний опір утепленої підлоги, (м<sup>2</sup>·°К)/Вт;  
 $R_{n.n}$  – термічний опір неутепленої підлоги, (м<sup>2</sup>·°К)/Вт;  
 $\delta_{y.ш.}$  – товщина шару утеплення, м;  
 $\lambda_{y.ш.}$  – коефіцієнт теплопровідності шару утеплення, Вт/(м·°К).

Тепловтрати через підлогу на лагах розраховують також за зонами, тільки умовний термічний опір теплопередачі кожної зони підлоги на лагах приймають рівним [6]:

$$R_{n.n} = \dots \quad (4.16)$$

Підземні частини зовнішніх стін розглядаються при розрахунку тепловтрат як продовження підлоги. Схема розбивки на смуги-зони підземної частини зовнішніх стін показана на рис.4.2,б. Умовні термічні опори теплопередачі для зон приймаються такі самі, як і для утепленої підлоги. Утеплювальними шарами в даному випадку є конструкції зовнішніх стін.

Додаткові тепловтрати через огорожувальні конструкції враховуються добавками до основних тепловтрат.

Добавки до основних тепловтрат на орієнтацію за сторонами світу беруться відповідно до схеми (рис. 4.3).

Добавка на обдування зовнішніх огорожень вітром в районах, де розрахункова швидкість вітру не перевищує 5 м/с, а також для огорожень, захищених від вітру, робиться в розмірі 5% і 10% - для огорожень, не захищених від вітру. В місцевостях із швидкістю вітру від 5 до 10 м/с ці добавки повинні бути збільшені в 2 рази, а при швидкості вітру, більшій 10 м/с – в 3 рази.

Для України можна прийняти середню швидкість вітру за три найхолодніші місяці рівною 4,3 м/с [5].

Добавка на продування кутових приміщень, що мають дві і більше зовнішніх стін, приймається рівною 5% від основних тепловтрат.

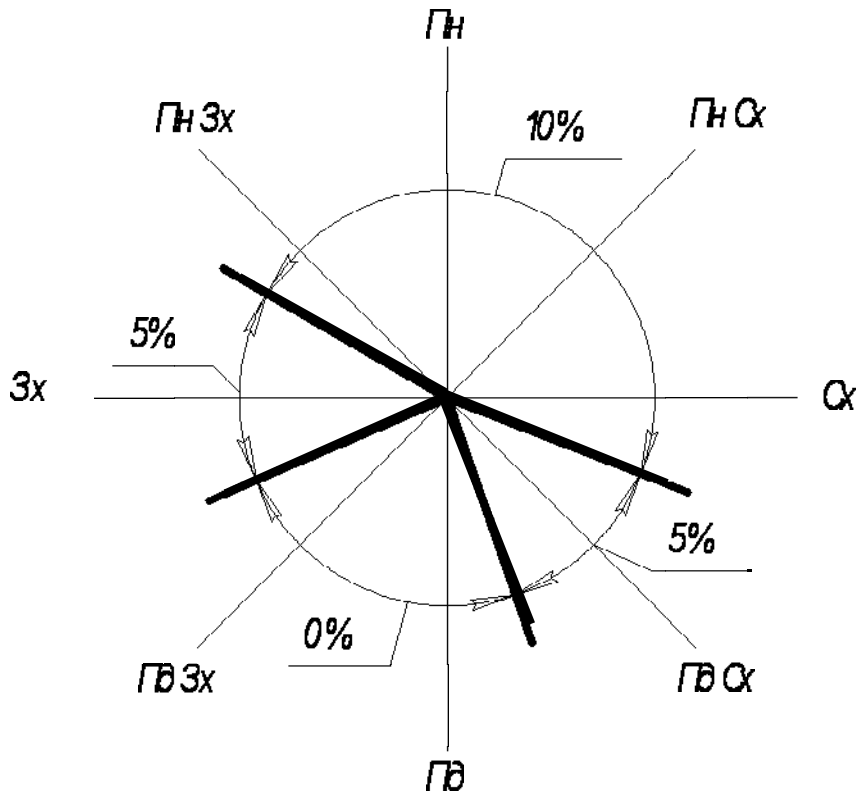


Рис.4.3. Добавки до основних тепловтрат залежно від орієнтації огороження за сторонами світу.

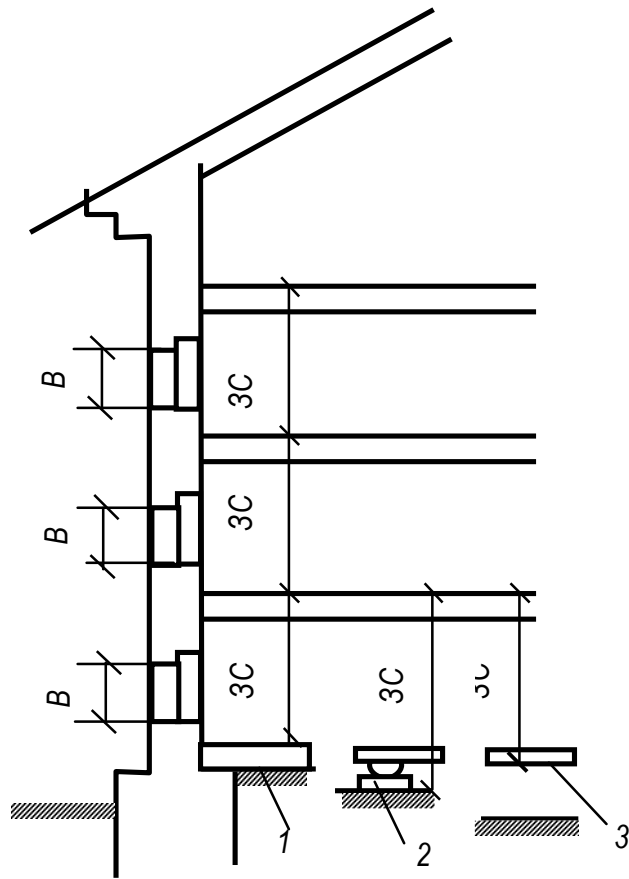
Добавка на нагрівання інфільтраційного повітря, що потрапляє у приміщення через нещільності вікон, дверей, воріт тощо, для житлових будівель може бути прийнята в межах 10% від основних тепловтрат.

Добавки на поверхи для багатоповерхових будинків висотою 3 – 8 поверхів з подвійними вікнами і за відсутності припливної вентиляції, що враховують додаткові затрати на нагрівання холодного повітря, яке потрапляє через огороження в приміщення, приймають за дод. Р [5].

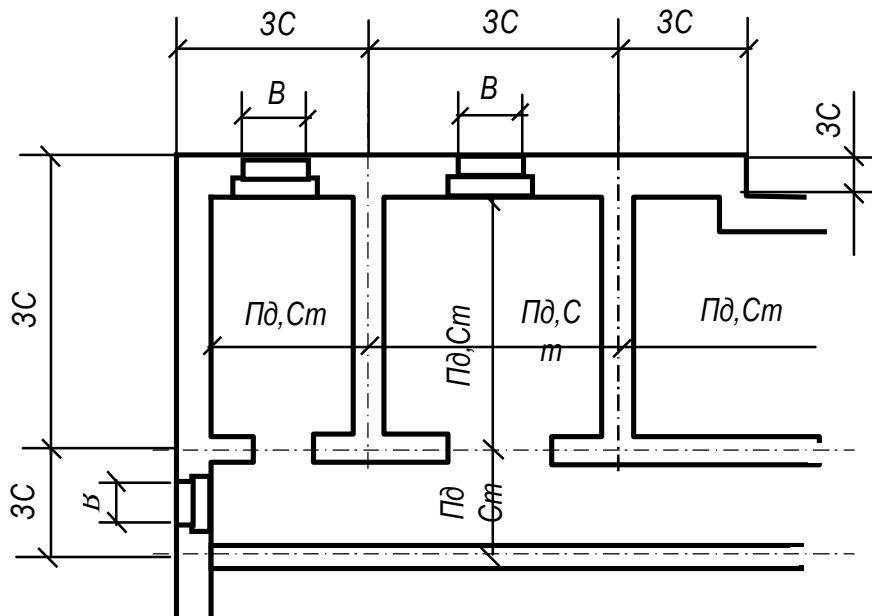
#### 4.2. Вимірювання площ зовнішніх огорожень приміщень

При підрахунку втрат теплоти через окремі огороження необхідно знати площу огорожень (4.1).

Площа окремих огорожень при підрахунку втрат теплоти, повинна визначитися із додержанням правил обмірювання (рис.4.4) [5].



*a*



*б*

Рис.4.4 Правила обмірювання площ огорожень, через які проходить втрата теплоти: *a* – в розрізі будинку; *б* – в плані будинку.

Правила обмірювання площ огорожень наступні:

- площі вікон ( $B$ ), дверей ( $D$ ) і ліхтарів ( $L$ ) вимірюються за найменшим будівельним прорізом;
- площі стелі ( $Cm$ ) і підлоги ( $Пд$ ) замірюються між осями внутрішніх стін і внутрішньою поверхнею зовнішньої стіни;
- площі зовнішніх стін ( $ЗС$ ) вимірюються в плані за зовнішнім периметром між осями внутрішніх стін і зовнішньому кутку стіни; за висотою – на першому поверсі (залежно від конструкції підлоги) або від зовнішньої поверхні підлоги до ґрунту, або від поверхні підготовки під конструкцію підлоги на лагах, або від нижньої поверхні перекриття над підпіллям чи неопалюваним підвальним приміщенням до чистої підлоги другого поверху; в середніх поверхах – від поверхні підлоги наступного поверху; у верхніх поверхах – від поверхні підлоги до верху конструкції горіщного або безгоріщного перекриття.

#### **4.3. Розрахункова теплова потужність системи опалення будинку**

Вибір системи опалення базується на врахуванні тепловтрат кожним опалювальним приміщенням і загальних тепловтрат будівлею, а також з врахуванням побутових тепловиділень [10] з розрахунку 21 Вт на 1м<sup>2</sup> площі житлових кімнат та кухонь:

$$Q_{\text{поб}} \quad (4.17)$$

де  $Q_{\text{поб}}$  – побутові тепловиділення, Вт;  
 $F_{\text{кв}}$  – площа житлової кімнати, кухні, м<sup>2</sup>.

Для зручності користування розрахунковими даними заповнюється таблиця (дод. С), де від значення тепловтрат відповідного приміщення (дод. М) віднімається  $Q_{\text{поб}}$ .

#### **4.4. Розрахунок тепловтрат будівлями за збільшеними показниками (теплотехнічна оцінка будинку)**

Для оцінки теплотехнічних показників прийнятої для розрахунків будівлі, а також для орієнтовних підрахунків потреби в теплоті для опалення цієї будівлі використовується питома теплова характеристика будівлі  $q_v$ .

Ця характеристика чисельно рівна тепловтратам  $1\text{ м}^3$  будівлі за годину при різниці температур між зовнішнім і внутрішнім повітрям  $1^\circ\text{C}$  і залежить вона, в основному, від об'єму будинку. Для житлових будинків орієнтовне значення  $q_V$  можна визначити за формулою [5]:

$$q_V = 0,37 \frac{1}{h}, \quad (4.18)$$

де  $h$  – висота будинку, м.

Попередній розрахунок  $\Sigma Q$  тепловтрат будинком з використанням  $q_V$  можна здійснити за формулою:

$$q_V = 0,37 \frac{1}{h}, \quad (4.19)$$

де  $a$  – коефіцієнт, що враховує вплив різниці температур ( $t'_e - t_e$ ) (приймається за дод. Т) або визначається за формулою:

$$a = 0,54 \frac{2}{t'_e - t_e}, \quad (4.20)$$

де  $V$  – об'єм будівлі за зовнішніми обмірами,  $\text{м}^3$ ;  
 $t'_e$  – середнє значення температури повітря в приміщеннях будівлі, приймається рівним  $t_e$  приміщень однакового призначення, що переважають у будинку (для житлового будинку – житлових кімнат).

Формула (4.19) може бути використана і для визначення орієнтовних тепловтрат окремих приміщень будинку [8]. У цьому випадку величина  $q_V$  приймається з поправочним коефіцієнтом, що враховує розміщення приміщення і поверх (дод. Ф).

Враховуючи те, що тепловтрати будівлі підраховані точнішим методом у підрозділі 4.1, то використовуємо формулу (4.19) для перевірки умови відповідності величини питомої теплової характеристики рекомендованому середньому значенню  $q_0$  (додаток У).

$$q = \frac{\Sigma Q}{V(t'_e - t_e)}, \quad (4.21)$$

де  $\Sigma Q$  – максимальна годинна втрата теплоти на опалення будівлі, розрахована за формулою (4.1), Вт.



### Контрольні питання

1. Як записується рівняння балансу витрат теплоти будівлею для визначення потужності системи опалення?
2. Як визначаються втрати теплоти через зовнішні огороження без світлових прорізів?
3. Як визначаються втрати теплоти через зовнішні огороження зі світловими прорізами?
4. Які втрати теплоти будівлею відносять до додаткових?
5. Які є джерела надходження теплоти у будівлю, крім системи опалення?
6. Як визначаються додаткові втрати теплоти будівлею на інфільтрацію повітря?
7. Як визначаються втрати теплоти будівлею залежно від орієнтації її відносно сторін світу?
8. Як враховують надходження теплоти в будівлю від сонячної радіації?
9. Як визначаються тепловтрати будівлі за збільшеними показниками?
10. Як визначається термічний опір теплопередачі огорожувальної конструкції?
11. Які конструктивні заходи необхідно передбачити для зменшення тепловтрат будівлі?
12. Які особливості розрахунку тепловтрат підлогою будівлі?
13. Як проводиться розрахунок тепловтрат заглибленими в землю огороженнями будівлі?
14. Як визначається коефіцієнт теплопередачі багат шарового огороження будівлі?
15. Які заходи передбачають для зменшення надходження теплоти в будівлю від сонячної радіації?
16. Як впливає наявність повітряного прошарку на тепловтрати огороженням?

### Приклад 4.1

*Визначити термічний опір, коефіцієнт теплопередачі та тепловтрати зовнішньої стіни розмірами  $12 \times 3,8$  м житлової будівлі, яка розміщена у м. Львові. Вологий режим нормальний, конструкція будівлі середньої масивності (інерційності). Будівля не захищена від вітру. Умови експлуатації огорожувальних конструкцій приймаємо по параметру А. Огорожувальна конструкція складається з трьох шарів:*

вапняно-піщаної штукатурки, цегляної кладки зі звичайної глиняної цегли на цементно-піщаному розчині і облицювання силікатною цеглою.

Користуючись дод. Ж визначимо теплотехнічні параметри матеріалів, які заносимо в табл. 4.1.

На рис. 4.5 показана розрахункова схема огорожувальної конструкції будівлі.

Враховуючи те, що конструкція огорожень будівлі середньої масивності, то, використовуючи формулу з дод. Е, визначимо розрахункову зимову температуру зовнішнього повітря:

$$t_{\text{вн}} = t_{\text{вн,н}} + \frac{t_{\text{вн,н}} - t_{\text{вн,д}}}{2} = 2 + \frac{2 - 2}{2} = 2 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Температури зовнішнього повітря найхолоднішої доби  $t_{3.1}$  і найхолоднішої п'ятиденки забезпеченістю 0,92 для м. Львова беремо з таблиці дод. Н.

Таблиця 4.1

Характеристика матеріалів огорожувальної конструкції.

<i>№ шару</i>	<i>Матеріал</i>	<i>Об'ємна маса (густина), <math>\gamma_0</math>, кг/м<sup>3</sup></i>	<i>Коефіцієнт теплопровідності, <math>\lambda</math>, Вт/м·°К</i>	<i>Коефіцієнт теплозасвоєння, <math>S</math>, Вт/м·°К</i>	<i>Товщина шару, <math>\delta</math>, м.</i>
1	2	3	4	5	6
I	Вапняно-піщана штукатурка	1600	0,76	8,69	0,02
II	Цегляна кладка зі звичайної глиняної цегли на цементно-піщаному розчині	1800	0,70	9,2	0,38

1	2	3	4	5	6
Ш	Облицювання – силікатна цегла на цементно- піщаному розчині	1800	0,76	9,77	0,25

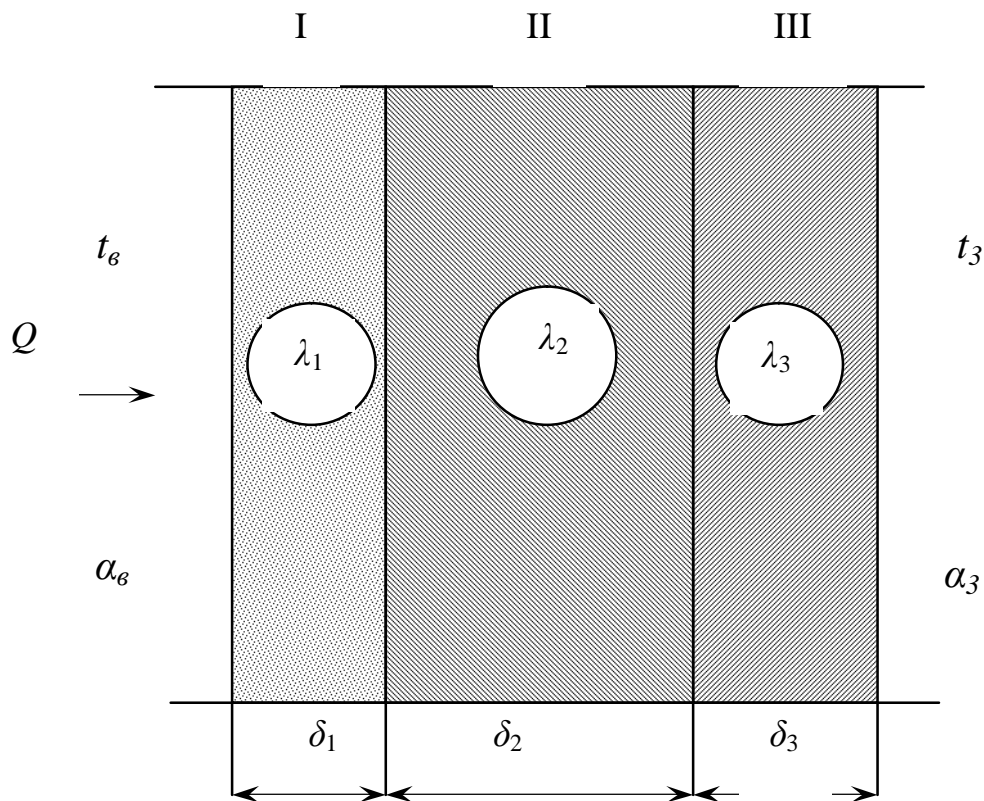


Рис.4.5. Розрахункова схема огорожувальної конструкції:  $\delta_1=0,02$  м;  $\delta_2=0,38$  м;  $\delta_3=0,25$  м. I, II і III – відповідно перший, другий і третій шари матеріалів огорожувальної конструкції.

Визначимо термічні опори теплопровідності кожного шару зовнішньої стіни, використовуючи формулу (4.3) і дані таблиці 4.1:

- вапняно-піщаної штукатурки:

$$R_1 = \frac{0,020}{0,076} \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°К}}{\text{Вт}};$$

- цегляної кладки зі звичайної глиняної цегли на цементно-піщаному розчині:

$$R_2 = \frac{0,38}{0,70} \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°К}}{\text{Вт}};$$

- облицювання із силікатної цегли на цементно-піщаному розчині:

$$R_3 = \frac{0,05}{0,76} \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°К}}{\text{Вт}}.$$

Загальний термічний опір теплопровідності визначимо за формулою (4.6):

$$R = \sum_{i=1}^n \frac{R_i}{\alpha_i} = \frac{0,020}{0,076} + \frac{0,38}{0,70} + \frac{0,05}{0,76} \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°К}}{\text{Вт}}.$$

Загальний термічний опір теплопередачі визначається за формулою (4.8):

$$R = \frac{1}{\alpha_B} + \frac{1}{\alpha_3} + \frac{1}{\alpha_L}.$$

У цій формулі  $\alpha_B$  і  $\alpha_3$  можна визначити за формулами (4.9)...(4.14) або вибрати із дод. К і Л. Згідно з дод. К і Л:

$$\alpha_B = 8,7 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°К}}; \quad \text{і} \quad \alpha_3 = 23 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°К}}.$$

Таким чином, загальний термічний опір огорожувальної конструкції буде становити:

$$R_{\Sigma} = 0,17 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°К}}{\text{Вт}}$$

Користуючись формулою (4.4), визначимо коефіцієнт теплопередачі огорожувальної конструкції будівлі:

$$K = \frac{1}{R_{\Sigma}} = \frac{1}{0,17} = 5,88 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°К}}$$

Тепловтрати огорожувальної конструкції визначаються за формулою (4.1):

$$Q_{\Sigma} = K \cdot F_{\Sigma} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}})$$

Площа зовнішньої стіни буде дорівнювати:

$$F_{\Sigma} = 100 \text{ м}^2$$

Згідно з дод. Д для зовнішньої стіни  $n = 1$ .

За умовою задачі будівля не захищена від вітру, тому додаткові втрати теплоти будуть становити 10% від основних. Температура внутрішнього повітря для житлової будівлі, розміщеної в районі з температурою зовнішнього повітря, вищою  $-31^{\circ}\text{C}$  і забезпеченістю 0,92 (м. Львів), згідно з дод. В буде становити  $+18^{\circ}\text{C}$ .

Отже, втрати теплоти зовнішньою стіною будівлі без врахування додаткових втрат становитимуть:

$$Q_{\Sigma} = 5,88 \cdot 100 \cdot (18 - (-31)) \cdot 0,92 = 100000 \text{ Вт}$$

Тепловтрати зовнішньою стіною із врахуванням додаткових тепловтрат (будівля не захищена від вітру) дорівнюватимуть:

$$Q_{\Sigma} = 100000 \cdot 1,1 = 110000 \text{ Вт}$$

### Приклад 4.2

Визначити тепловтрати зовнішньою стіною розмірами 12 x 3,8 м з трьома подвійними вікнами у дерев'яних окремих рамах розмірами 1,5 x 1,3 м кожне, будівлі, що розміщена у м. Львові. Умови експлуатації будівлі і конструкція зовнішньої стіни такі самі, як у прикладі 4.1.

Згідно з розрахунками у прикладі 4.1, тепловтрати зовнішньою стіною розмірами 12 x 3,8 м із врахуванням додаткових тепловтрат становлять  $Q_{ст} = 101,2$  Вт.

Тепловтрати такою самою стіною тільки з трьома вікнами визначаються за формулою:

$$Q_{ст} = Q_{ст}^{б.в.} - Q_{вік}$$

де  $Q_{ст}^{б.в.}$  - тепловтрати стіни без врахування тепловтрат вікнами, Вт;

$Q_{вік}$  - тепловтрати через три вікна, Вт.

Виконаємо розрахунок тепловтрат вікнами, визначивши попередньо їх загальну площу:

$$F_{вік} = 3 \cdot 1,5 \cdot 1,3 = 5,85 \text{ м}^2.$$

Використовуючи формулу (4.4) і дані дод. П, визначимо коефіцієнт теплопередачі вікон:

$$k_{вік} = \frac{1}{R_{вік}} = \frac{1}{0,12} = 8,33 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°К}}$$

Отже, враховуючи формулу (4.1):

$$Q_{вік} = k_{вік} \cdot F_{вік} \cdot \Delta t_{вн-зов} = 8,33 \cdot 5,85 \cdot 10 = 486,7 \text{ Вт.}$$

Тепловтрати вікон із врахуванням додаткових тепловтрат становитимуть:

$$Q_{вік} = 486,7 \text{ Вт.}$$



Коефіцієнт теплопередачі визначимо за формулою (4.4):

$$k_{\text{нв}} = \frac{1}{\frac{1}{R_{\text{вн}}} + \frac{1}{R_{\text{ст}}} + \frac{1}{R_{\text{вн}}}} \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°К}}$$

Тепловтрати стіни з повітряним прошарком без вікон будуть становити:

$$Q_{\text{ст}} = k_{\text{нв}} \cdot F_{\text{ст}} \cdot \Delta T \quad \text{Вт.}$$

Загальні тепловтрати зовнішньою стіною з повітряним прошарком і трьома вікнами становитимуть:

$$Q_{\text{ст}} = k_{\text{нв}} \cdot F_{\text{ст}} \cdot \Delta T \quad \text{Вт}$$



## **5. КОНСТРУЮВАННЯ І РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ БУДІВЛІ**

### **5.1. Вимоги до системи опалення**

Як будівельно-технічна установка система опалення повинна відповідати наступним основним вимогам [9]:

- санітарно-гігієнічним (забезпечувати потрібні внутрішні температури за нормами БНіП із збереженням інших показників мікроклімату приміщень);
- економічним (економити ресурсозатрати);
- будівельно-монтажним (узгоджуватися конструктивно з архітектурно-планувальними рішеннями будівлі, забезпечувати зручний монтаж і ремонт системи);
- експлуатаційним (бути зручною і простою, безпечною, безшумною, надійною і довговічною, комфортною і сучасною у користуванні та при ремонті);
- естетичним (вписуватись в інтер'єр приміщення, мати мінімальні розміри і не займати зайвої площі).

### **5.2. Вибір і конструювання системи опалення будівлі**

Призначення, конструкція та умови експлуатації будівель визначають особливості теплового режиму приміщень і, відповідно, конструкцію, параметри і режим роботи системи опалення.

Цивільні і виробничі будівлі з постійним тепловим режимом поділяють на чотири групи [6].

Житлові будинки відносять до другої групи, де передбачається водяне опалення з радіаторами і конвекторами, з вмонтованими в зовнішні будівельні конструкції нагрівними елементами і стояками [6]. Граничну температуру теплоносія – води приймають рівною 85 °С (металеві нагрівні прилади) і 95°С (бетонні прилади), щоб температура поверхні нагрівних приладів не перевищувала 75°С.

При виборі системи опалення для забезпечення заданого теплового режиму опалюваних приміщень враховують також конструктивні та експлуатаційні умови і обмеження, встановлені на основі проектування й експлуатації систем.

Для вибраної системи опалення будинку описуються основні класифікаційні ознаки та обґрунтовуються техніко-економічні показники.

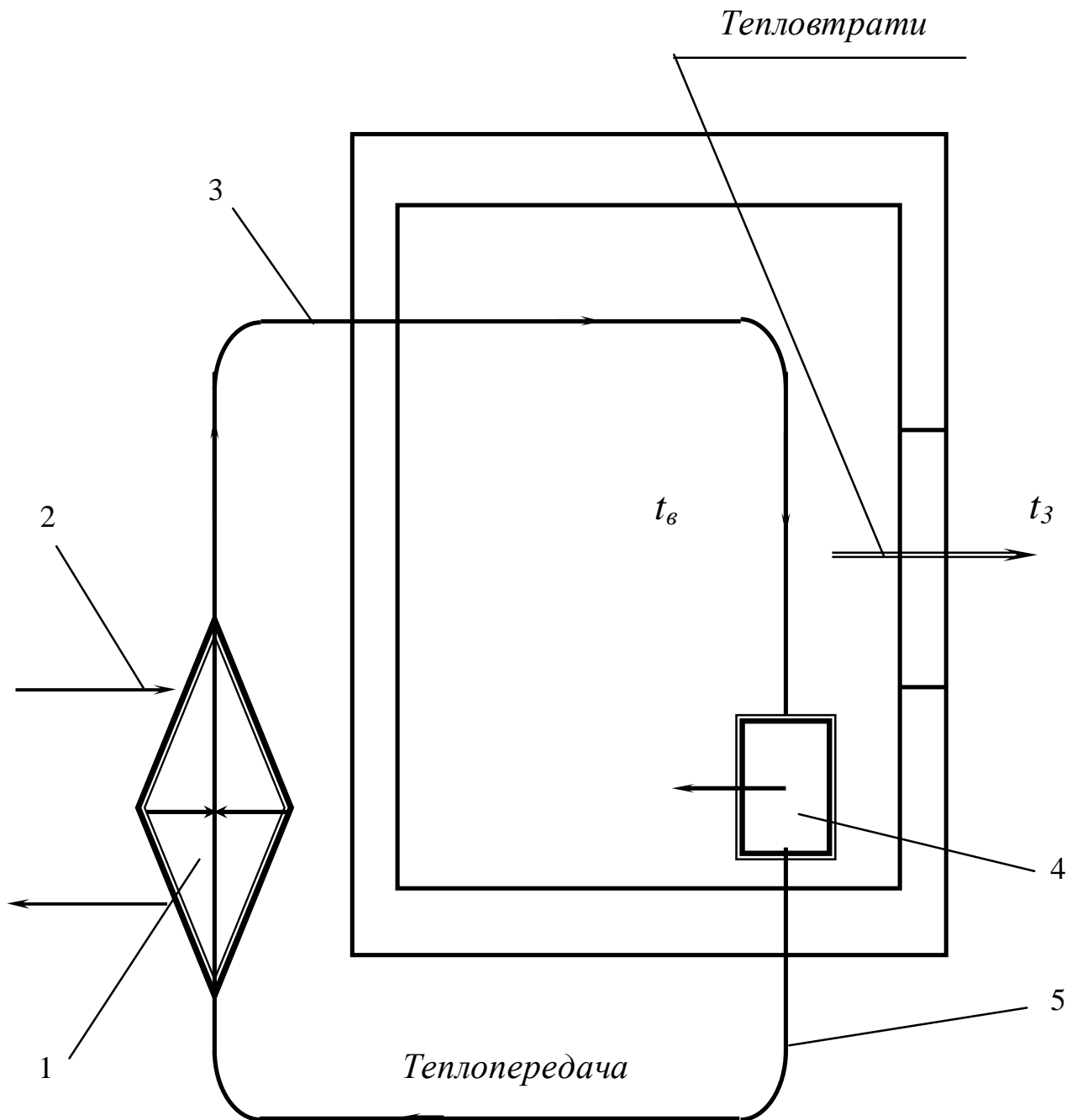


Рис.5.1 Принципова схема системи опалення:  
 1 – теплообмінник (теплогенератор); 2 – підведення первинного теплоносія (паливо); 3 – подавальний теплопровід;  
 4 – опалювальний прилад; 5 – зворотний трубопровід.

Основними конструктивними елементами системи опалення є (рис.5.1):

- *джерело теплоти (генератор теплоти)* – виробляє теплову енергію, що віддається теплоносію (воді, водяній парі, повітрю; теплообмінник при централізованому теплопостачанні);
- *теплопроводи* – елемент для транспортування теплоти від теплогенератора до споживача теплоти (опалювальні прилади);
- *опалювальні прилади* – передають теплову енергію від теплоносія внутрішньому повітрю опалювального приміщення.

Системи опалення класифікують ще за іншими ознаками:

- за видом теплоносія (водяні, парові, повітряні, комбіновані);
- за способом розведення теплоносія і за розташуванням внутрішніх гарячих магістралей (з верхнім і нижнім розведенням, горизонтальні і вертикальні);
- за радіусом дії: *місцеві*, коли теплогенератор, теплопроводи, опалювальні прилади конструктивно об'єднані в одному просторі, що знаходяться в одному опалювальному приміщенні (опалювальні печі на твердому і рідкому паливі, електроопалення та ін.); *центральні*, коли від одного теплогенератора опалюються кілька приміщень однієї будівлі (будинкові – від котельні в опалюваній будівлі) чи багатьох (районні - від районної котельні для групи будівель, від ТЕЦ – *централізовані*);
- за напрямом руху води у подавальній і зворотних магістралях (тупикові і з попутнім рухом теплоносія);
- за видом переважаючої тепловіддачі опалювальних приладів (конвективні і променеві);
- за способом розташування опалювальних приладів в опалюваному приміщенні (зовнішнє – біля стін, підвіконників і внутрішнє – підлогове, внутрістінове, панельне тощо).

Для опалення житлових будинків використовують водяне опалення з примусовою циркуляцією теплоносія і з природною циркуляцією (гравітаційне).

Принципова схема водяного опалення з примусовою циркуляцією теплоносія при місцевому теплопостачанні від водонагрівальної котельні, розташованої в опалюваному будинку або біля нього, показана на рис. 5.2, а.

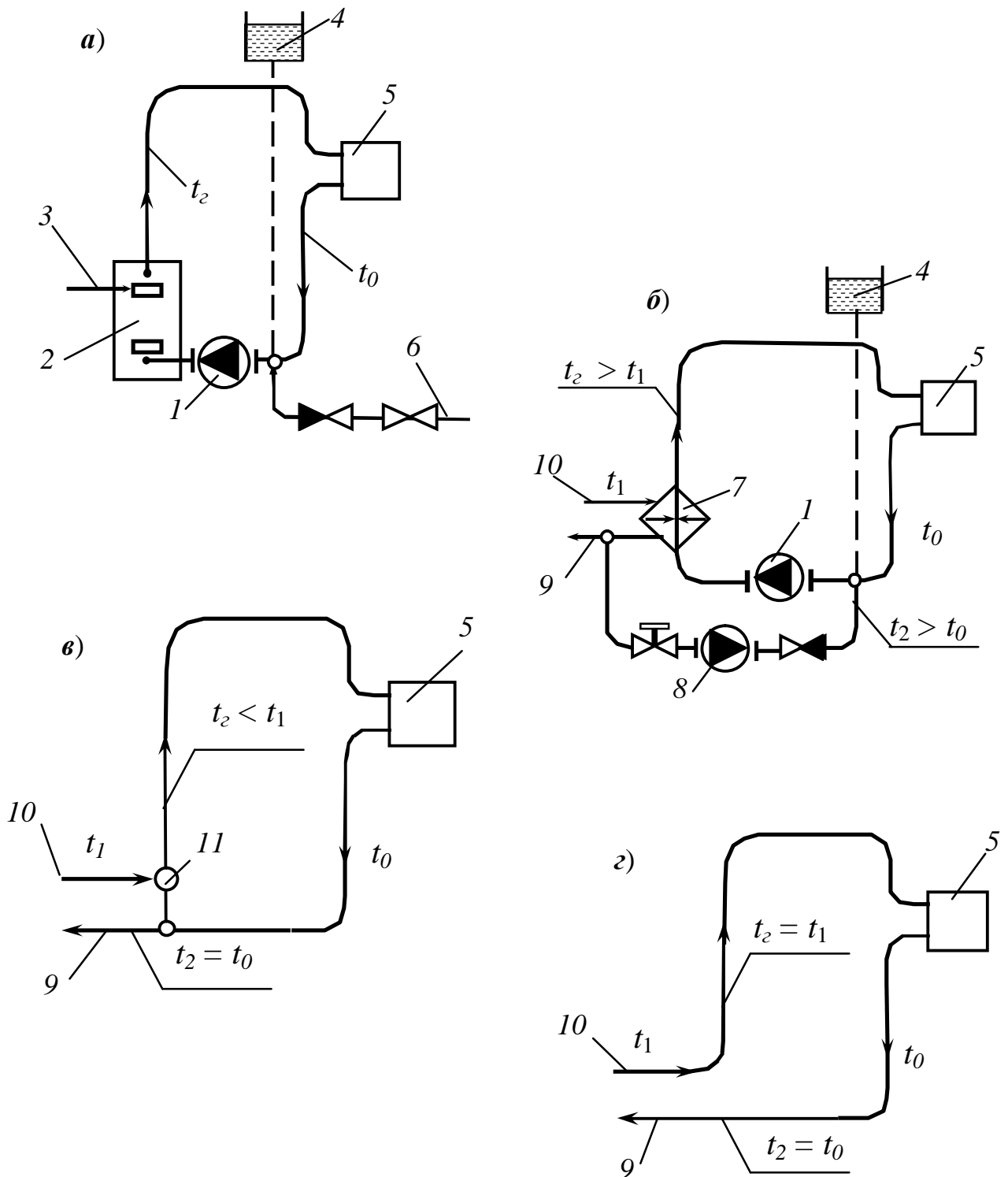


Рис.5.2. Принципові схеми помпового водяного опалення при місцевому теплопостачанні, а, і під'єднані до зовнішньої тепломережі централізованого теплопостачання (б, в, з): 1 – помпа циркуляційна; 2 – котел; 3 – подача палива; 4 – розширювальний резервуар; 5 – опалювальний прилад; 6 – водопровід; 7 – теплообмінник; 8 – підживлювальна помпа; 9, 10 – зовнішній зворотний і подавальний теплопроводи; 11 – змішувальна установка (елеватор).

Воду, що нагрівається в котлі 2 (котлах), переміщує циркуляційна помпа 1, яка ввімкнена в загальну циркуляційну магістраль, до якої, як показано на схемі, під'єднаний також розширювальний резервуар 4. Систему заповнюють від водогінної мережі або водопроводу.

При централізованому водяному теплопостачанні застосовують три способи приєднання зовнішньої теплової мережі:

- незалежна схема під'єднання системи помпового водяного опалення (див.рис.5.2, б);
- залежна схема під'єднання системи опалення зі змішуванням води (див.рис.5.2, в);
- замкнена прямоточна схема під'єднання системи опалення до зовнішніх теплопроводів (див.рис.5.2, г).

Незалежна схема під'єднання системи помпового водяного опалення близька за своїми елементами до системи при місцевому теплопостачанні і відрізняється лише тим, що котли замінюють теплообмінниками і систему заповнюють деаерованою водою із зовнішньої теплової мережі, використовуючи високий тиск у ній або спеціальну підживлювальну помпу, якщо тиск у мережі недостатній.

При незалежній схемі під'єднання створюється місцевий теплогідравлічний режим у системі опалення при зниженій температурі гарячої води ( $t_2 < t_1$ ). Первинна вода після теплообмінних апаратів повинна мати температуру  $t_2$  дещо вищу від температури охолодженої (зворотної) води  $t_0$ , тобто  $t_2 > t_0$ .

Якщо, наприклад, розрахункова температура зворотної води буде становити  $65^\circ\text{C}$ , то температура  $t_2$  повинна бути не меншою  $70^\circ\text{C}$ .

Незалежну схему під'єднання використовують тоді, коли в системі не допускається підвищення гідростатичного тиску (за умови міцності опалювальних приладів) до тиску, під яким є вода у зворотному теплопроводі.

Залежна схема під'єднання системи опалення зі змішуванням води (див.рис.5.2, в) простіша за конструкцією і в обслуговуванні (в ній відсутні теплообмінники, розширювальний резервуар і підживлювальна помпа). Цю схему вибирають тоді, коли в системі опалення необхідно мати температуру  $t_2 < t_1$  і допускається підвищення гідростатичного тиску до тиску, під яким є вода у зворотному теплопроводі.

Змішування зворотної води із системи опалення з високотемпературною водою із зовнішнього подавального теплопроводу здійснюється з допомогою змішувального апарату – помпи або водоструминного елеватора (дод. Я, рис.Я.2).

Залежна прямиоточна схема під'єднання системи опалення до зовнішніх теплопроводів найпростіша за конструкцією і в обслуговуванні (в системі відсутні такі елементи, як теплообмінник або змішувальна установка, циркуляційна і підживлювальна помпи і розширювальний резервуар). Прямиоточну схему (див. рис.5.2, з) застосовують, коли в системі допускається подача високотемпературної води ( $t_2 = t_1$ ) і значний гідростатичний тиск або при прямій подачі низькотемпературної води.

Принципова схема водяного опалення з природною циркуляцією теплоносія показана на рис. 5.3.

Нагріта у котлі 1 вода головним стояком 2 піднімається до подавального трубопроводу 4 і далі по ньому подається до опалювального приладу 5.

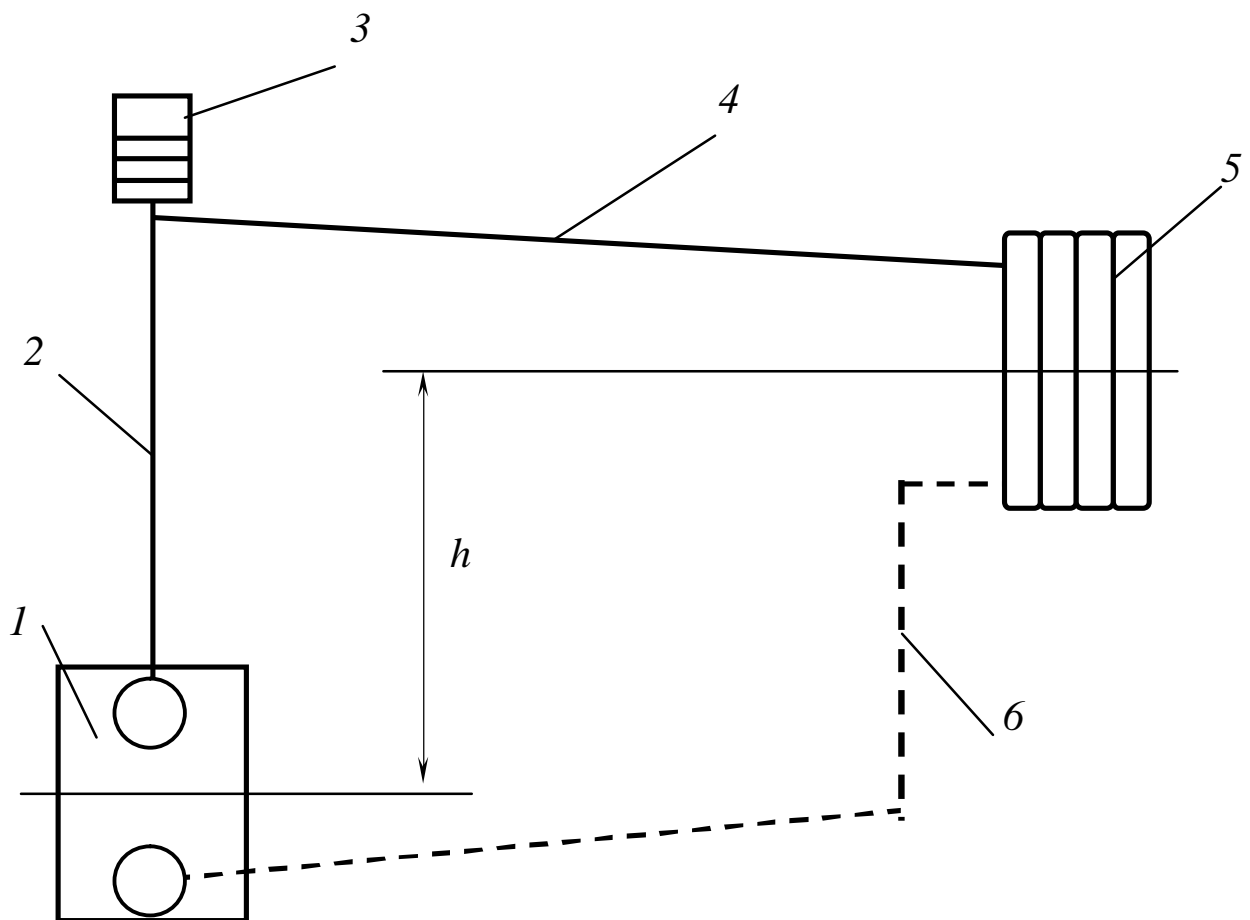


Рис.5.3. Принципова схема водяного опалення з природною циркуляцією теплоносія: 1 – котел; 2 – головний стояк; 3 – розширювальний резервуар; 4 – подавальний трубопровід; 5 – опалювальний прилад; 6 – зворотний трубопровід.

Віддавши опалювальному приладу 5 частину теплоти, вода по зворотному трубопроводу 6 повертається у котел 1. Циркуляція у такій системі опалення відбувається постійно за рахунок різниці густин холодної і гарячої води.

Оскільки об'єм води при нагріванні збільшується, то для запобігання підвищення тиску і можливим при цьому аваріям, система опалення в найвищій точці обладнана розширювальним резервуаром 3, який з'єднаний з атмосферою. При заповненні системи опалення водою через розширювальний резервуар видаляється повітря. Крім того, запас води в ньому служить для підживлення системи при її охолодженні і для компенсації невеликих втрат води системою.

Детальніше про водяне опалення з природною циркуляцією теплоносія можна ознайомитись у [4-6; 8].

Після опису характерних ознак вибраної системи опалення переходять до конструювання вузлів, трубопроводів, опалювальних приладів тощо. Для цього на планах (чи першого, чи верхнього) поверху і техпідпілля (чи підвалу, чи горища) схематично показують опалювальні прилади, стояки, арматуру, магістралі, пристрої, агрегати, вузли (тепловий пункт). Потім за даними з цих планів (довжинами відгалужень від стояків до приладів, трубопроводів, магістралей; розташуванням запірно-регулювальної арматури і обладнання) з урахуванням висот поверхів викреслюється (в масштабі плану 1:100 чи збільшеному 1:50) аксонометрична схема опалення будинку. Наступним кроком проектування є розрахунок за цією схемою опалювальних приладів та гідравлічний розрахунок трубопроводів системи, за результатами якого на аксонометричній схемі проставляються діаметри всіх трубопроводів.

У житлових будинках найбільшого застосування набули водяні системи опалення. Далі викладені загальні рекомендації до конструювання цих опалювальних систем [9].

Водяні системи опалення з природною циркуляцією теплоносія можуть бути використані у будинках невеликих розмірів, з радіусом дії до 30м. і з висотою розташування середини найнижче розміщеного опалювального приладу відносно середини теплогенератора (котла)  $h = 3$  м. і більше. У внутріквартирній системі опалення опалювальний прилад і котел можна розташовувати на одному рівні.

У сучасних будівлях переважають вертикальні системи опалення з примусовою циркуляцією води (за допомогою водяних pomp).

Вибір верхнього чи нижнього розведення гарячих магістралей залежить від наявності планувально-об'ємних та теплоізоляційних характеристик підвалу, горища будівлі, її розмірів і форми (кількості поверхів, співвідношення висоти, довжини та ширини), призначення

(житловий будинок, гуртожиток, лікарня, дитячий садок, тощо). У більшості випадків перевага надається нижньому розведенню теплоносія.

Хороші техніко-економічні показники в однотрубних систем опалення (близько 5...15 % економії на довжині, масі труб, на трудовитратах при монтажу порівняно з двотрубними). Однотрубні системи в експлуатації гідравлічно стійкіші. Їх рекомендують використовувати у будівлях, що мають більше трьох поверхів.

Двотрубні системи опалення з верхнім розведенням теплоносія рекомендується використовувати у будівлях до трьох поверхів включно, з нижнім – для вищих будівель. Двотрубні будівлі забезпечують подачу води однакової температури до опалювальних приладів на кожному поверсі без попереднього регулювання кранами (необхідного в однотрубних системах), їх вигідно експлуатувати за необхідності поквартального обліку теплоти (встановлення теплових лічильників). Розрахункова поверхня нагріву опалювальних приладів виходить дещо меншою, ніж в однотрубній системі. Двотрубні системи опалення з нижнім розведенням теплоносія гідравлічно стійкіші від двотрубних з верхнім розведенням.

Найбільш індустріально та економічно вигідними є однотрубні системи з нижнім розведенням теплоносія з одностороннім приєднанням приладів і з триходовими кранами [8]. Однак при цьому не завжди враховуються вимоги комфорту: при індустріальній технології конструювання (тобто з максимальною уніфікацією вузлів і деталей для швидкого монтажу й ремонту систем) вертикальні стояки прокладаються на відстані 150 мм від краю віконного прорізу зі стандартною довжиною відгалужень до нагрівальних приладів 350 мм. Нагрівальні прилади вимушено зміщують від осі вікна у бік стояка.

Для запобігання сирості стін стояки бажано прокладати в утворених зовнішніми стінами кутах або якнайближче до них. Проходи труб через стіни, перекриття і перегородки виконують у металевих гільзах із зазором для врахування зміни розмірів труб від коливань температури води. У будівельних конструкціях трубопроводи розташовують, орієнтуючись на дані, наведені у дод. X.

На планах вказуються прив'язки осей трубопроводів до перекриття, стін і колон будівлі для того, щоб визначити довжини трубопроводів при гідравлічному розрахунку та для виконання монтажних робіт.

У розрахунково-пояснювальній записці потрібно вказати назву елементів опалювальної системи (приладів, арматури, трубопроводів, обладнання тощо) за відповідними ДСТУ, згідно з [104 11].



При прокладанні подавальних і зворотних магістралей ухили трубопроводів спрямовуються у бік водопропускних, а підйоми – у бік пристроїв для видалення повітря.

Подавальна магістраль на горищі прокладається на відстані  $\geq 1000$  мм від внутрішньої поверхні стіни, а зворотна – на відстані  $\geq 110$  мм від стін підвалу чи підпільного каналу. Відкриті ділянки трубопроводів у неопалюваних приміщеннях (горище, підвал) теплоізолюються.

Повітрозабирачі у системах з примусовою циркуляцією води встановлюють, як правило, у найвищих точках системи. У системах з нижнім розведенням для видалення повітря також використовують повітряні крани, у верхніх нагрівальних приладах – спеціальну повітровідвідну систему [4-6; 8].

Схеми повітрозбірників показані на рис. 5.4.

Горизонтальні розвідні магістральні трубопроводи (гарячої, охолодженої води) укладають з підйомом (ухил 0,002 – 0,005) до крайніх стояків (останніх за напрямом руху гарячої води). У системах з природною циркуляцією води ухил збільшується до 0,005...0,01. Трубопроводи діаметром більше 50 мм у системах з примусовою циркуляцією допускається прокладати горизонтально без ухилу.

При монтажі стояків центрального опалення двотрубних систем подавальний стояк завжди монтується праворуч від зворотного (при погляді на них з боку приміщення) на відстані  $80 \pm 5$  мм. Компенсатори бажано встановлювати на горизонтальних ділянках трубопроводів.

У системах з примусовою циркуляцією доцільно використовувати попутний рух гарячої та охолодженої води. Такі системи порівняно з тупиковими мають дещо більшу загальну довжину трубопроводів, але в них краще врівноважені циркуляційні кільця і відповідно рівномірніше прогріваються всі опалювальні прилади. Нагрівальні прилади необхідно розміщувати під вікнами або під зовнішніми стінами. На сходових клітках будинків до чотирьох поверхів допускається розташування усіх приладів на першому поверсі. На сходових клітках встановлюють самостійні однотрубні проточні стояки з приладами. У тамбурах із зовнішніми дверима нагрівні прилади не встановлюють.

Приєднання трубопроводів до опалювальних приладів систем водяного опалення здійснюється за схемами, показаними у дод. 1.

Із конструктивно-монтажних міркувань краще одностороннє під'єднання приладів до стояка. Різностороннє (двостороннє) доцільніше при кількості секцій радіатора більше 25 для доброго прогрівання теплообмінних приладів. Відстані від штукатурки стін до стояків та до приладів при відкритому прокладанні наведено, наприклад, у [12].

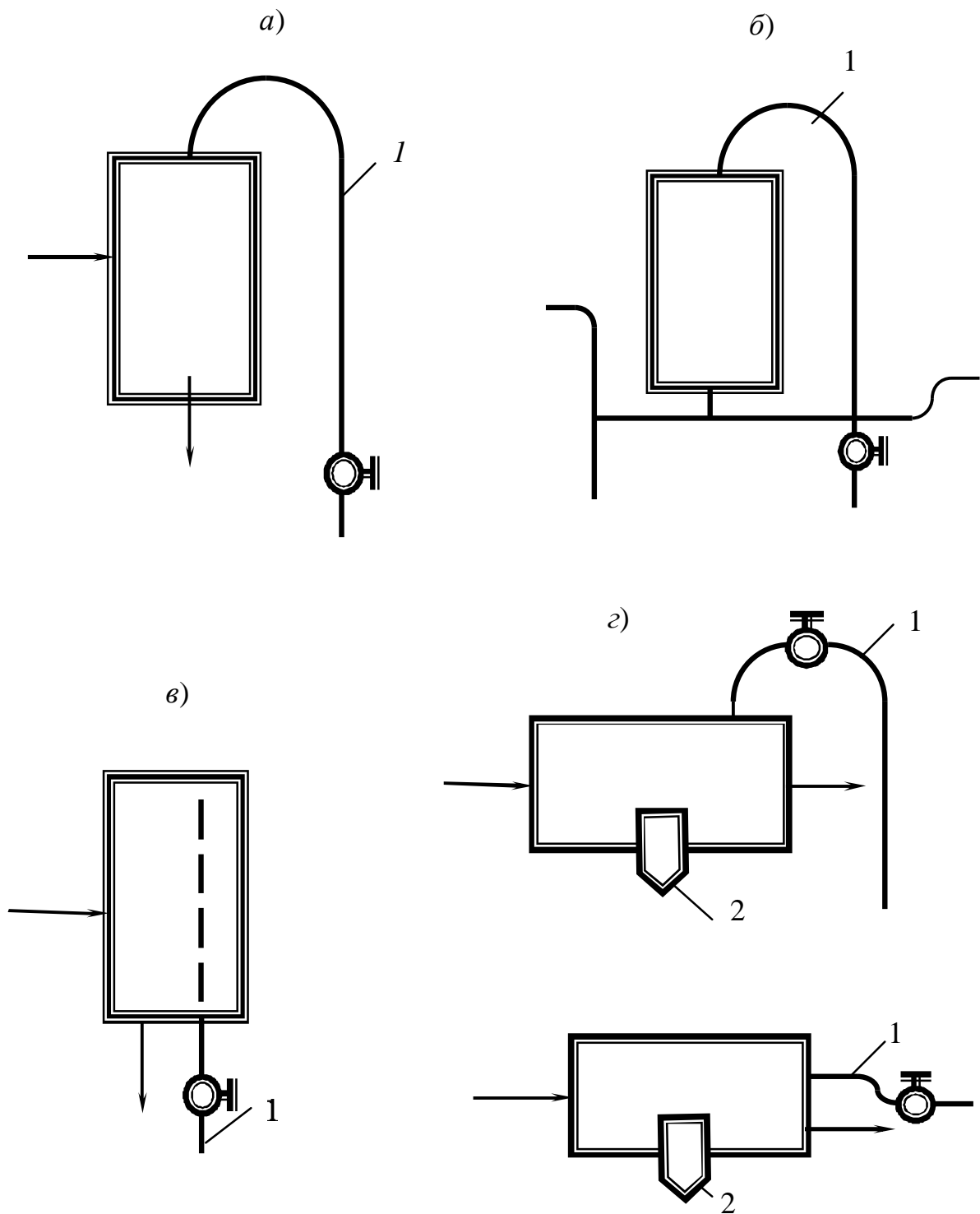


Рис. 5.4. Повітрозбірники: *а* – кінцевий протічний для встановлення на останньому стояку; *б* – непротічний для системи з нижнім розведенням, що встановлюється на повітряній лінії; *в* – з внутрішньою відвідною трубкою; *г* – горизонтальні протічні. 1 – трубка для випускання повітря; 2 – патрубок для спускання бруду.

### 5.3. Розрахунок і підбір опалювальних приладів

Для передачі теплоти від теплоносія опалюваному приміщенню використовують різної конструкції і виду опалювальні прилади (нагрівальні прилади).

За конструкцією і видом тепловіддачі опалювальні прилади поділяються на радіатори, конвектори, гладкі та ребристі труби, опалювальні панелі, а за матеріалом, з яких вони виготовлені, на металеві (сталеві, чавунні, виготовлені зі сплавів на основі алюмінію і міді), неметалеві (керамічні, фарфорові) і комбіновані (скляні, пластмасові або металеві канали у бетоні та інші).

Детальніше з конструкцією, видом і техніко-економічними показниками опалювальних пристроїв можна ознайомитись у літературних джерелах, поданих у бібліографічному списку.

З врахуванням прийнятого виду опалювального приладу, визначеного місця його в приміщенні і способу під'єднання до трубопроводів системи опалення проводиться теплотехнічний розрахунок нагрівного приладу. Мета розрахунку, як правило, полягає у визначенні площі поверхні нагріву приладу, яка б забезпечила при заданих умовах роботи передачу розрахункової кількості теплоти від теплоносія до приміщення. При цьому нагріта поверхня опалювального приладу повинна мати температуру не вищу допустимої за санітарно-гігієнічними вимогами.

Для розрахунку площі опалювального приладу потрібно знати його необхідну тепловіддачу  $Q_{np}$ . Вона може бути визначена із загальної потреби в теплоті приміщення  $Q$  з врахуванням теплоти, яка виділяється з неізолюваних поверхонь трубопроводів, що розміщені у приміщенні  $Q_{np}$ , за формулою:

$$Q_{np} = \frac{Q - Q_{\text{неізолюваних поверхонь}}}{\eta} \quad (5.1)$$

Тепловіддача відкрито прокладених у приміщенні неізолюваних трубопроводів визначається із рівняння [4; 6]:

$$Q_{np} = \sum (q_1 + q_2) \cdot L \quad (5.2)$$

де  $q_1$  – тепловіддача 1 м неізолюваної вертикальної труби, Вт/м;

$q_2$  – тепловіддача 1 м неізолюваної горизонтальної труби, Вт/м;

$l_1$  і  $l_2$  – відповідно довжини вертикальних і горизонтальних труб, прокладених у межах приміщення, м.

Тепловіддачу 1 м неізолюваних вертикальних і горизонтальних труб приймають за дод. 25, виходячи з діаметра і розміщення труб, а також різниці температури теплоносія на вході і виході розраховуваної ділянки.

Точніші розрахунки тепловіддачі відкрито прокладених у приміщенні неізолюваних трубопроводів можна отримати за формулою:

$$Q_{\text{тр}} = F_{\text{тр}} \cdot k_{\text{тр}} \cdot (t_{\text{тр}} - t_{\text{в}}) \cdot b_{\text{тр}} \quad (5.3)$$

де  $F_{\text{тр}}$  – площа поверхні неізолюваного трубопроводу постійного діаметра, м<sup>2</sup>;

$$F_{\text{тр}} = \pi \cdot d_{\text{зовн}} \cdot l \quad (5.4)$$

де  $d_{\text{зовн}}$  – зовнішній діаметр трубопроводу, м;

$l$  – довжина трубопроводу, м;

$k_{\text{тр}}$  – коефіцієнт теплопередачі трубопроводу, Вт/(м<sup>2</sup>·°К);

$t_{\text{тр}}$  – температура теплоносія у трубопроводі, °К;

$t_{\text{в}}$  – температура повітря у приміщенні, °К;

$b_{\text{тр}}$  – коефіцієнт, що враховує розташування трубопроводу, ( $b_{\text{тр}}= 1$  – для підводок до приладів;  $b_{\text{тр}}= 0,5$  – для вертикальних труб (стояків);  $b_{\text{тр}}= 0,75$  – для трубопроводів, прокладених над підлогою приміщення;  $b_{\text{тр}}= 0,25$  – для трубопроводів, прокладених під стелею приміщення).

З іншого боку, тепловіддачу відкрито прокладених у приміщенні неізолюваних трубопроводів можна визначити за формулою:

$$Q_{\text{тр}} = f_{\text{тр}} \cdot \text{екм} \quad (5.5)$$

де  $f_{\text{тр}}$  – площа 1м довжини неізолюваних сталевих трубопроводів магістралей, стояків, підводок і “зчіпок”, екм.

Тут **екм** – 1 *еквівалентний квадратний метр* – площа зовнішньої поверхні нагрівального приладу з тепловіддачею 506 Вт (435 ккал/год.) при різниці середніх температур 64,5°С, параметрах теплоносія 95/70°С і

витраті теплоносія (води) через прилад в кількості 17,4 кг/год. за схемою “зверху-вниз”, або відносній витраті  $\bar{G}_{\text{НС}}$ .

Середня температура води у приладі визначається за формулою:

$$t_{np} = \frac{t_2 + t_0}{2}, \quad (5.5)$$

При стандартних значеннях  $\frac{t_2}{t_0} = \frac{90}{70} \text{ } ^\circ\text{C}$ ,  $t_{np} = \frac{90+70}{2} = 80 \text{ } ^\circ\text{C}$

і при стандартній температурі повітря в приміщенні ( $t_{\text{в}} = 18 \text{ } ^\circ\text{C}$ ), різниця середніх температур буде становити:

$$\Delta t_{np} = t_{np} - t_{\text{в}} \quad (5.7)$$

де  $\Delta t$  – стандартна різниця середніх температур ( $\Delta t = 82,5 - 18 = 64,5 \text{ } ^\circ\text{C}$ );

$t_{np}$  – розрахункова середня температура нагрівального приладу,  $^\circ\text{C}$ ;

$t_{\text{в}}$  – розрахункова температура повітря в приміщенні,  $^\circ\text{C}$ .

$f_{np}$  – приймається пропорційно зовнішньому діаметру труби і визначається за формулами:

- для труб  $d_y \leq 32 \text{ мм.}$ :

$$f_{np} = \frac{d_y}{32} \quad (5.8)$$

- для труб  $d_y > 32 \text{ мм.}$

$$f_{np} = \frac{d_y}{32} \quad (5.9)$$

або приймається за умовним діаметром труби (див дод. III).

Тепловіддача з 1 екм окремих ділянок трубопроводів з постійним умовним діаметром визначається за формулою [5]:

$$Q_{\text{в}} = \dots \quad (5.9)$$

Для формули (5.4) приймається:

$$Q_{tr} = Q_0 \cdot b_1 \quad (5.11)$$

де  $b_1$  – коефіцієнт, що враховує зниження температури води при русі її по трубопроводах системи опалення (див. дод. 2).

У загальному випадку тепловіддача з 1 екм поверхні опалювального приладу визначається за формулою:

$$Q_{tr} = K_{np} \cdot F_0 \quad (5.12)$$

де  $K_{np}$  – коефіцієнт теплопередачі приладу, Вт/(м<sup>2</sup>·°К) (для  $\Delta t = 64,5^\circ\text{C}$  приймається за дод. 3);  
 $\Delta t$  – визначається за формулою (5.6).

Для закритих (схованих) теплопроводів, або відкритих, але ізольованих  $Q_{tr} = 0$ , тому, що їх тепловіддача становить біля 5 % від загальної потреби в теплоті  $Q$  приміщення (див. 5.1) і нею можна знехтувати.

Площа поверхні нагрівального приладу, переведена в одиниці екм, визначається за формулою:

$$F_0 = \frac{Q}{q_0 \cdot b_1 \cdot b_2 \cdot b_3 \cdot b_4} \quad (5.13)$$

де  $F_0$  – площа тепловіддавальної поверхні опалювального приладу, екм;  
 $q_0$  – визначається за формулою (5.10) або для стандартно розташованих радіаторів – за формулою (5.12);  
 $b_1$  – визначається як у формулі (5.10);  
 $b_2$  – коефіцієнт, що враховує розташування приладу (приймається за дод. 4);  
 $b_3$  – коефіцієнт, що враховує спосіб підведення теплоносія до приладу і відносну витрату води через прилад (приймається за дод. 5);  
 $b_4$  – коефіцієнт, що враховується для радіаторів залежно від передбачуваної кількості секцій ( $b_4 = 0,95$  – до 5 секцій;  $b_4 = 1$  – від 5 до 10 секцій;  $b_4 = 1,05$  – від 10 до 20 секцій;  $b_4 = 1,1$  – більше 20 секцій).

Кількість секцій у радіаторі визначається за формулою:

$$n = \frac{F_0}{f_0}, \quad (5.14)$$

де  $f_0$  – площа поверхні нагрівання однієї секції, екм (вибирається з дод. 3).

В однотрубних системах опалення значення температур на вході і виході з приладу є різні для кожного з них.

Температуру теплоносія на вході будь-якого нагрівального приладу або в будь-якій точці однотрубного стояка можна визначити за формулою:

$$t_{вх} = t_c + (t_c - t_v) \frac{\sum_{i=1}^n Q_{np,i}}{Q_{ст}} \quad (5.15)$$

Розрахункова середня температура нагрівального приладу визначиться як середнє арифметичне між температурою теплоносія на вході приладу ( $t_{вх}$ ) і його температурою на виході, тобто:

$$t_{ср} = \frac{t_{вх} + t_{вих}}{2} \quad (5.16)$$

У формулах (5.13) і (5.14) позначення означають:

$\sum_{i=1}^n Q_{np}$  – сума теплових навантажень приладів, приєднаних до стояка

перед приладом за напрямом руху води (сума потужностей опалювальних приладів, що розташовані перед приладом який підлягає даному розрахунку), Вт;

$Q_{ст}$  – теплове навантаження стояка (сума потужностей всіх опалювальних приладів стояка), Вт;

$\Delta t_{np,i}$  – температурний перепад у  $i$ -тому опалювальному приладі, °К;

$$\Delta t_{np,i} = \frac{Q_{np,i}}{G_{ст} \cdot c_p}; \quad (5.17)$$

де  $Q_{np}$  – теплове навантаження приладу (приладів), приєднаного до стояка, (див. (5.1)), Вт;  
 $G_{np}$  – витрата теплоносія через прилад, кг/год.;

$$G_{np} = \frac{Q_{np}}{c_m (t_2 - t_1)} \quad (5.18)$$

де  $G_{cm}$  – витрата теплоносія через стояк, кг/год.;

$$G_{cm} = \frac{Q_{cm}}{c_m (t_2 - t_1)} \quad (5.19)$$

де  $a_{zam}$  – коефіцієнт затікання води у прилад (показує, яка частина води в частках від  $G_{cm}$  проходить через прилад), залежить від діаметра труб і швидкості води у стояку, рівний у проміжних системах опалення при односторонньому приєднанні ( $a_{zam}=1$ ) і при двосторонньому – ( $a_{zam}=0,5$ ); у системах з обвідною ділянкою (приєднаною паралельно до приладу) –  $a_{zam}=0,3...0,4$ . Додаткові дані про  $a_{zam}$  у [5; 6; 8].

Тепловіддачу на певній ділянці відкрито прокладеного теплопроводу можна отримати, беручи до уваги формулу (5.2), тобто:

$$q_{tr} = \frac{Q_{tr}}{l_{tr}} \quad (5.20)$$

де  $q_{tr}$  – тепловіддача одного метра труби, Вт/м;  
 $l_{tr}$  – довжина труби, м.

З іншого боку, тепловіддачу на цій ділянці теплопроводу можна отримати з рівняння

$$G_{div} = C_m (t_{поч} - t_{кін}) \quad (5.21)$$

де  $G_{div}$  – витрата теплоносія на розраховуваній ділянці теплопроводу, кг/год.;

$C_m$  – теплоємність теплоносія, Дж/(кг·°С);

$t_{поч}$  і  $t_{кін}$  – відповідно температура теплоносія на початку і в кінці ділянки, °С.

Прирівнявши праві частини формул (5.20) і (5.21), отримаємо:





звідки можна визначити температуру теплоносія в кінці розраховуваної ділянки:

$$t_{\text{кінцю}} = \frac{q_{\text{нгр}} \cdot l_{\text{тр}}}{C_m \cdot G_{\text{дл}}}$$

або

$$t_{\text{кінцю}} = \frac{3,6 \cdot q_{\text{нгр}} \cdot l_{\text{тр}}}{C_m \cdot G_{\text{дл}}} \quad (5.22)$$

де 3,6 – щперевідний коефіцієнт з Вт у Дж;

$q_{\text{нгр}}$  – тепловіддача одного метра теплопроводу, Вт/м (приймається за дод. 25);

$l_{\text{тр}}$  – довжина теплопроводу, м;

$C_m$  – теплоємність теплоносія ( $C_m = 4187 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$ );

$G_{\text{дл}}$  – витрати теплоносія на розраховуваній ділянці, кг/год.

Підставивши значення  $C_m$  у формулу (5.22) отримаємо:

$$t_{\text{кінцю}} = \frac{3,6 \cdot q_{\text{нгр}} \cdot l_{\text{тр}}}{4187 \cdot G_{\text{дл}}} \quad (5.23)$$

У двотрубних системах водяного опалення за температуру води, що входить у кожний нагрівальний прилад, приймають початкову температуру гарячої води в системі  $t_2$ , за температуру води, що виходить із приладу, - кінцеву температуру охолодженої води у системі  $t_1$ . Тоді, враховуючи формулу (5.6), середня температура води у приладі буде:

$$t_{\text{ср}} = \frac{t_1 + t_2}{2} \quad (5.24)$$

Середній температурний напір визначається з врахуванням формули (5.7), тобто:

$$\Delta t_{\text{ср}} = \frac{t_1 + t_2}{2} \quad (5.25)$$

Для визначення площі поверхні нагрівального приладу, крім екм, починаючи з 1984 року використовують фізичні квадратні метри – м<sup>2</sup>.

Загальний тепловий потік нагрівального приладу зумовлюється його поверхневою густиною (щільністю), тобто значенням питомого теплового потоку, що передається від теплоносія через 1 м<sup>2</sup> площі приладу в навколишнє середовище.

При теплоносії воді, густина теплового потоку визначається зі співвідношення:

$$q_{np} = k_{np} \cdot \Delta T \quad (5.26)$$

де  $q_{np}$  - питомий тепловий потік, Вт/м<sup>2</sup>;

$k_{np}$  - коефіцієнт теплопередачі нагрівального приладу,  $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}$ .

Коефіцієнт теплопередачі  $k_{np}$  приймається за дод. 26 або визначається за емпіричною формулою:

$$k_{np} = \frac{m \cdot n \cdot p}{\dots} \quad (5.27)$$

де  $m$ ,  $n$  і  $p$  - експериментальні величини, що відображають конструктивні і гідравлічні особливості приладу і його коефіцієнт теплопередачі (приймаються за дод. 27).

Розрахункова площа нагрівального приладу у фізичних квадратних метрах визначається за формулою:

$$F_p = \frac{Q_{np}}{q_{np}}, \quad (5.28)$$

де  $Q_{np}$  - визначається за формулою (5.1), Вт.

Кількість секцій у радіаторі визначають за формулою:

$$n = \frac{F_p}{f \cdot b_1 \cdot b_2 \cdot b_3 \cdot b_4} \quad (5.29)$$

де  $f$  - площа однієї секції прийнятого радіатора, м<sup>2</sup>;

$b_1$ ,  $b_2$ ,  $b_3$ ,  $b_4$  - визначаються як у формулі (5.13).

Результати розрахунків заносяться у таблицю (дод. Щ).

## 5.4. Гідравлічний розрахунок системи опалення

Найпоширенішою системою опалення сільськогосподарських будівель є водяна система опалення з природною або примусовою циркуляцією води.

Після вибору системи опалення будівлі, згідно з вимогами розділу 5.2, виконуються проектно-розрахункові роботи, основні результати яких заносяться у таблицю (див. дод. 18) та викреслюється аксонометрична схема системи опалення у наступній послідовності [9]:

- на викреслених планах (М 1:100; М 1:50) типового поверху та підвалу (техпідпілля, горища) розташовують опалювальні прилади, стояки, магістральні трубопроводи, розширювальний резервуар, повітрозбірники, тепловий пункт (котел);
- викреслюють розрахункову аксонометричну схему трубопроводів системи опалення, як правило, в масштабі планів горища, підвалу, техпідпілля;
- на аксонометричній схемі вказують теплові навантаження на кожен прилад;
- вибирається головне циркуляційне кільце системи з найменшим циркуляційним тиском на 1 м довжини трубопроводу (гідравлічно найневигідніше);
- головне циркуляційне кільце розбивається на ділянки;
- визначається витрата води, що протікає по розрахунковій ділянці;
- для вибраного головного циркуляційного кільця визначається розрахунковий циркуляційний тиск  $\Delta p_p$ ;
- визначають орієнтовну втрату тиску на тертя, що припадає на 1 м довжини кільця трубопроводу;
- підбираються діаметри труб для ділянок;
- визначають втрати тиску у місцевих опорах;
- визначають суму втрат тиску  $Rl$  і  $Z$  для кожної ділянки, після чого знаходять суму втрат тиску у системі  $\sum Rl + Z$ .

На планах і аксонометричній схемі стояки, повітрозбирачі, засувки, вентиля, компенсатори, елеватор, котел, розширювальний резервуар, грязьовики, конденсатовідвідники тощо позначаються скорочено або умовно (див. дод. 17).

На кресленнях стояки позначають у вигляді зарисьованого круга діаметром 2...3 мм; нагрівні прилади – на вигляді зверху: прямокутник довжиною 15 мм і шириною 2 мм; на вигляді спереду (на аксонометричній схемі): прямокутник довжиною 15 мм і висотою 10 мм. Рекомендується

нумерація в порядку під'єднання до подавальної (або зворотної) магістралі системи опалення будинку і послідовна нумерація в порядку розташування стояків вздовж зовнішньої стіни за планом будинку [5; 8]. Ухили труб магістральних теплопроводів показують стрілками, над якими вказується величина ухилу.

При виборі головного циркуляційного кільця дотримуються умови [9]:

$$\Delta p_p \leq \frac{\rho g \sum l}{1000} \quad (5.30)$$

де  $\Delta p_p$  - розрахунковий циркуляційний тиск у кільці, Па;  
 $\sum l$  - довжина кільця, м.

В однотрубних системах для схем з попутнім рухом теплоносія головне циркуляційне кільце проходить через один із середніх з найбільшим тепловим навантаженням стояків, у двотрубних системах – через нижній прилад такого стояка.

В однотрубних системах для тупикових схем руху теплоносія головне циркуляційне кільце проходить, як правило, через найвіддаленіший стояк; у двотрубних системах для тупикових схем руху теплоносія – через нижній прилад такого стояка.

Наведені рекомендації з вибору головного (найневигіднішого) циркуляційного кільця справедливі для систем опалення з природною і примусовою циркуляцією.

Для кожної ділянки визначається її порядковий номер відповідно до послідовності розрахунку головного циркуляційного кільця і теплове навантаження  $Q$  – кількість теплоти, що віддав або повинен віддати теплоносій через опалювальні прилади, яка відповідає сумі кількості теплоти на усіх опалювальних приладах, розташованих у системі до розглядуваної ділянки (для ділянок подавальних магістралей) або після неї (для ділянок зворотних магістралей), а також враховані тепловтрати у трубопроводах.

Якщо такою ділянкою є стояк, то її теплове навантаження рівне тепловому навантаженню на стояк. Крім того, для кожної ділянки визначається загальна довжина трубопроводів лише цієї ділянки  $l$ . Отримані дані заносяться в таблицю (див. дод. 18).

Позначають ділянку наступним чином:

$$\textcircled{24} \frac{1348}{15,0},$$

- де 24 – номер ділянки (№);  
 1348 – теплове навантаження ділянки  $Q$ , Вт;  
 15,0 – довжина трубопроводів ділянки  $l$ , м;

Витрату води, що протікає по розрахунковій ділянці, можна визначити із залежності:

$$G = 3,6 \frac{Q}{C(t_2 - t_0)} \quad (5.31)$$

- де  $G$  – витрата води на розрахунковій ділянці, кг/год.;  
 3,6 – перевідний коефіцієнт з Вт у Дж;  
 $Q$  – теплове навантаження ділянки, Вт;  
 $C$  – питома масова теплоємність води ( $C \approx 4,19$  кДж/кг °К);  
 $t_2$  – температура гарячої води ( $t_2 = 95^\circ\text{C}$ );  
 $t_0$  – температура охолодженої води ( $t_0 = 70^\circ\text{C}$ ).

Витрата охолодженої води, що підмішується до гарячої в елеваторі, визначається за формулою:

$$G_{\Sigma} = G_M \frac{t_2^M - t_0^M}{t_2 - t_0} \quad (5.32)$$

- де  $G_{\Sigma}$  – витрата води, що циркулює в системі опалення при температурі  $t_2$  і  $t_0$ , кг/год.;  
 $G_M$  – витрата гарячої води, що надходить з теплової мережі (наприклад від ТЕЦ, районної котельні) при температурі гарячої і охолодженої води, відповідно  $t_2^M$  і  $t_0^M$ , кг/год.;  
 $\Sigma Q$  – сумарна витрата теплоти на систему опалення або теплове навантаження системи, Вт (приймається з дод. С з врахуванням тепловтрат трубопроводів).

Розрахунковий циркуляційний тиск для вибраного головного циркуляційного кільця для систем з природною циркуляцією визначається за формулою:

$$\Delta p = \rho g \sum_{i=1}^m h_i - \rho g \sum_{j=1}^n h_j \quad (5.33)$$

де  $\Delta p$  – природний (гравітаційний) тиск, Па.

$$\Delta p_{mp} = \rho g \sum_{i=1}^m h_i - \rho g \sum_{j=1}^n h_j \quad (5.34)$$

де  $\Delta p_{mp}$  - додатковий природний циркуляційний тиск від охолодження води у трубопроводах, Па;

$$\Delta p_{mp} = \rho g \sum_{i=1}^m h_i - \rho g \sum_{j=1}^n h_j \quad (5.35)$$

де  $g$  - прискорення вільного падіння ( $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ );  
 $i, j$  – порядкові номери в окремому стояку (двох стояках для двотрубної системи) умовних точок охолодження, розташованих вертикально посередині приладу ( $i=1...m$ ) або середині ділянки труби між приладами ( $j=1...n$ );  
 $h_i, h_j$  – висота по вертикалі від середини котла чи елеваторного вузла до відповідної умовної точки охолодження приладу або середини ділянки труби, м ;  
 $\rho_i, \rho_j, \rho_{i+1}, \rho_{j+1}$  – густина води при температурі води на вході ( $t_{вх}$ ) і на виході ( $t_{вих}$ ) для приладу або ділянки труби.

Величину  $\Delta p_{mp}$  можна не розраховувати, а визначити за таблицями або, наприклад, з графіка (рис.5.5).

При визначенні  $\Delta p$  для двотрубних систем, необхідно враховувати ту особливість, що прилад кожного поверху характеризується температурою і густиною теплоносія на вході (рис.5.5) і на виході (рис.5.5), однаковими для всіх приладів, а також висотою розташування центру приладу над центром котла, або точкою нагрівання у тепловому пункті (ТП)  $h_i$ , що залежить від поверху розташування приладу.

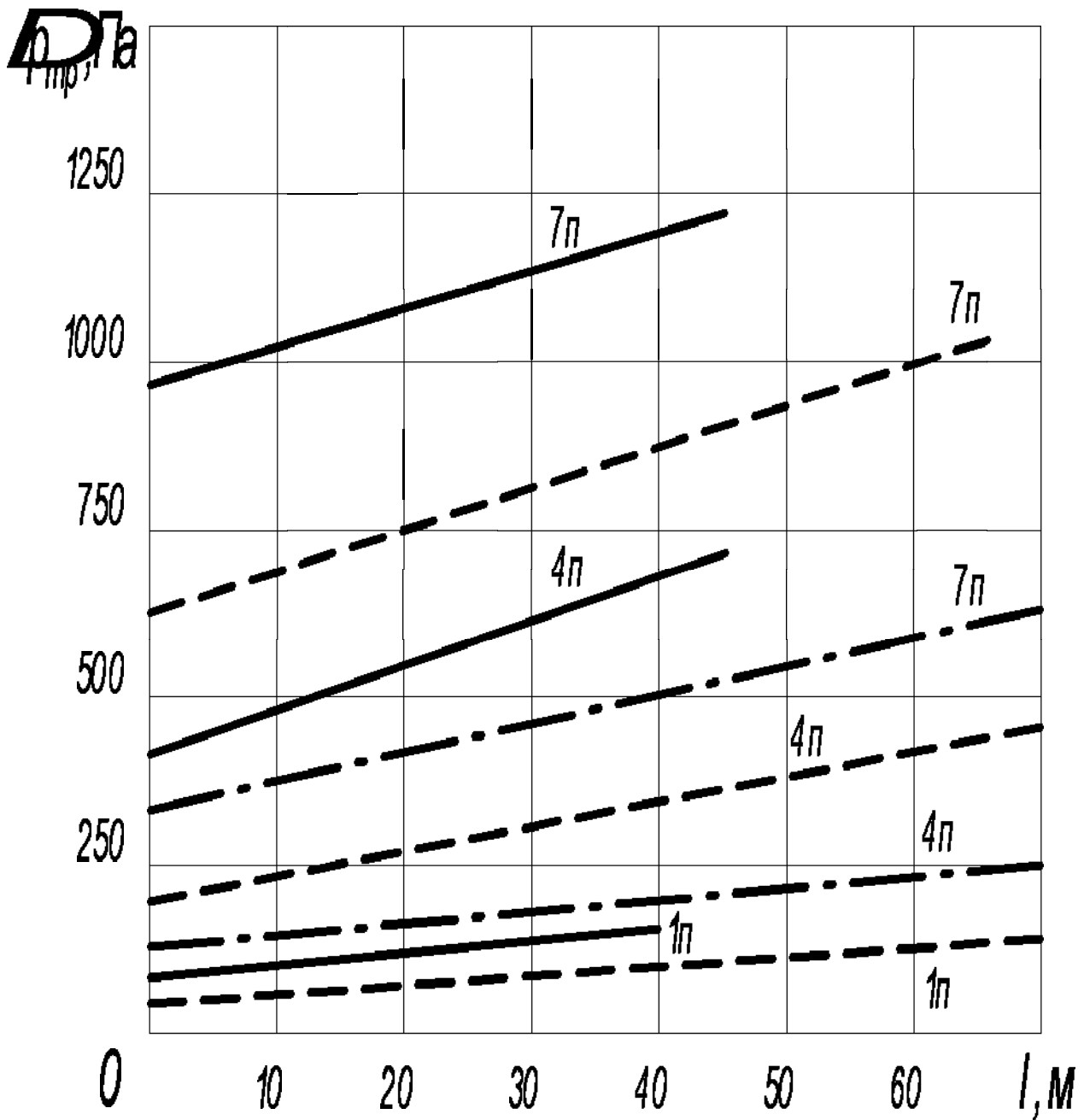


Рис.5.5. Графік для визначення додаткового природного тиску від охолодження води в трубопроводах системи [5]:

- двотрубна система з природною циркуляцією;
  - двотрубна система із примусовою циркуляцією;
  - однострубна система з примусовою циркуляцією;
- $l$  – горизонтальна відстань від головного стояка до горизонтального; 1п...7п – номер поверху будівлі.

Тоді, виходячи з формули (5.34), для опалювального приладу, що знаходиться на  $i$ -му поверсі, природний циркуляційний тиск становитиме:

$$\Delta p_{ci} = \rho_0 g h_i \left( \frac{t_{2i}}{t_0} - 1 \right) \quad (5.36)$$

Тобто циркуляційне кільце через прилад кожного поверху має різні значення  $\Delta p_i$ , пропорційні  $h_i$ , тому циркуляційний тиск найменший (найгірша циркуляція) для приладів першого поверху (найнижче розташування опалювального приладу). Враховуючи це, розрахунок починають з нижнього приладу системи опалення.

Беручи до уваги складність гідравлічного узгодження циркуляційних кілець приладів різних поверхів, застосування двотрубних систем з природною циркуляцією теплоносія і верхнім його розведенням обмежене і рекомендується для будівель до 4-х поверхів. У цих системах також не допускається встановлення приладів нижче середини котла або нижче точки нагрівання у ТП.

При визначенні  $\Delta p$  в однотрубних системах враховують те, що опалювальні прилади в них з'єднані послідовно і в зв'язку з цим у системі виділяють самостійну ділянку – один стояк (або одну петлю – горизонтальний трубопровід) із послідовно з'єднаними приладами з температурою ( $t_2 / t_0$ ) і густинами води ( $\rho_2 / \rho_0$ ). У вибраному стояку (петлі) температура води на вході і на виході з приладів (як і в труб, що їх з'єднують) поступово знижується, а відповідні густини води збільшуються: від  $\rho_2$  – для першого за рухом води приладу стояка – для останнього приладу стояка.

Відповідно до формули (5.34) природний циркуляційний тиск стояка однотрубною системи буде становити:

$$\Delta p_{ci} = \rho_0 g h_i \left( \frac{\rho_2}{\rho_0} - 1 \right) \quad (5.37)$$

де  $h_1, h_2, \dots, h_i$  – висота розташування над центром котла (або точки нагрівання у ТП) розрахункової точки приводу (для непротічних систем – точки, в якій зворотна труба приладу з'єднується зі стояком), починаючи з першого за рухом води стояка, м;

$\rho_2, \rho_{ex2}, \dots, \rho_{exi}$  та  $\rho_{ex1}$  – густини води на вході та на виході з приладів, починаючи з першого за рухом води і закінчуючи



останнім, тобто  $\rho_{вхi}$  і  $\rho_{вихi}$  відповідає  $t_{вхi}$ ,  $t_{вихi}$  кожного приладу, кг/м<sup>3</sup>.

Значення  $\rho_{вхi}$  і  $\rho_{вихi}$  підбирається відповідно температурам на вході і виході  $i$ -го приладу.

Температури теплоносія на вході і виході опалювального приладу визначають за формулами (5.15...5.19).

У системах з примусовою циркуляцією теплоносія розрахунковий циркуляційний тиск визначається за формулою [9]

$$\Delta p_{\Sigma} = \Delta p_{\text{пр}} + \beta \Delta p_{\text{пр}} \quad (5.38)$$

де  $\Delta p_{\text{пр}}$  – тиск, що створюється водяною помпою чи елеватором додатково до природного  $\Delta p_{\text{пр}}$ , Па;

$\beta$  – коефіцієнт, що враховує рекомендовану нормами частку природного циркуляційного тиску системи, рівний для двотрубних систем – 0,4...0,5; для однотрубних – 1.

$\Delta p_{\text{пр}}$  – задається у завданні на курсовий проект, Па.

Для систем довільної довжини тиск  $\Delta p_{\text{пр}}$  можна визначити за формулою:

$$\Delta p_{\text{пр}} = \frac{\rho g H}{1000} \quad (5.39)$$

де  $\sum l$  – сума довжин ділянок кільця (визначається з аксонометричної схеми системи опалення і заноситься у таблицю додатку 18).

У формулі (5.38)  $\Delta p$  визначається за формулою (5.36) або (5.37), а  $\Delta p_{\text{пр}}$  розраховується за формулою (5.35) або визначається з графіка (рис. 5.5).

Коли природний тиск менший 10 % від створюваного водяною помпою, тобто виконується умова:

$$\Delta p + \Delta p_{\text{пр}} < 0,1 \Delta p_{\text{пр}} \quad (5.40)$$

то його значенням в розрахунках нехтують, і тоді формула (5.38) набуде вигляду:

$$\Delta P_p = \sum \Delta P_p \quad (5.41)$$

Орієнтовна питома втрата тиску на тертя, що припадає на 1 погонний метр довжини кільця трубопроводу, визначається розрахунком трубопроводів за питомими втратами:

$$R_{op} = \frac{\sum \Delta P_p}{L} \quad (5.42)$$

де  $R_{op}$  – орієнтовна питома втрата тиску на тертя, Па/м;

$f$  – частка втрат на тертя (приймається для систем з природною циркуляцією – 0,5; примусовою – 0,65);

$\Delta P_p$  і  $\sum L$  – визначається за формулами (5.38) і (5.39).

За таблицею для гідравлічного розрахунку трубопроводів систем водяного опалення, наведеною у [8], підбираються діаметри труб  $d$  розраховуваних ділянок.

Для передбачуваного діаметра труб  $d_y$  ділянок та визначеної з дод. 18 витрати води  $G$ , визначається питома втрата тиску  $R$  і швидкість теплоносія у трубопроводі  $v$ . При цьому для малих діаметрів трубопроводів (підведення до опалювальних приладів) приймають, як правило,  $R$  значно меншим  $R_{op}$ , та мінімальні швидкості. В інших випадках, враховуючи, що  $R \approx R_{op}$ , величини  $R$  можуть бути більшими чи дещо меншими  $R_{op}$ , а швидкості вибираються більшими або рівними  $v_{max}$ .

Втрати тиску на тертя у трубопроводах визначаються за формулою

$$\Delta P_p = R \cdot l \quad (5.43)$$

де  $R$  - питома витрата тиску на тертя води зі стінками трубопроводу на ділянці довжиною  $l$ , Па/м;

$l$  - довжина ділянки трубопроводу, м.

Значення  $d$ ,  $v$ ,  $R$  і  $R \cdot l$  заносяться у таблицю (дод. 18).

Для визначення втрати тиску у місцевих опорах використаємо наступну формулу:



Значення  $Z$ , як і  $R \cdot l$  можна знайти на номограмі [8 с. 132-133].

Сума втрат тиску у системі визначається із залежності:

$$p_{\text{сист}} = \sum(R \cdot l + Z), \text{ Па.}$$

Отримані дані  $Re$ ,  $Z$  і  $\sum(R \cdot l + Z)$  заносяться у таблицю (див. дод. 18)

За отриманими результатами для одного циркуляційного кільця перевіряється умова:


$$(5.48)$$

тобто сума втрат тиску у розглядуваному кільці повинна бути на 5...10% меншою розрахункового циркуляційного тиску (формула (5.36)).

Якщо умова не виконується то проводять повторні розрахунки, приймаючи нові значення  $d$  і  $v$  окремих ділянок, та знаходять відповідні їм значення  $R$ ;  $R \cdot l$ ;  $\sum \xi$ ;  $Z$ ;  $R \cdot l + Z$ .

Розраховане головне циркуляційне кільце приймається основним, з результатами гідравлічного розрахунку якого узгоджуються відповідні значення  $d, v, Rl + Z$  інших циркуляційних кілець, в яких відбувається розділення або злиття теплоносія, тобто у кожному з таких кілець є півкільця, одне з яких не розраховане, а інше співпадає з частиною ділянок головного циркуляційного кільця.

### Контрольні питання

1. Як класифікують системи опалення?
2. Які основні вимоги ставляться до систем опалення будівель?
3. Які вимоги ставляться до систем опалення з природною (гравітаційною) циркуляцією теплоносія?
4. Які вимоги ставляться до розміщення місцевих теплових пунктів?
5. Які переваги і недоліки мають водяні і парові системи опалення?
6. Коли доцільно використовувати централізовані системи опалення?
7. Що ви розумієте під термінами “центральне опалення”, “централізоване опалення”, “місьцеве опалення”?
8. Як класифікуються нагрівальні прилади?
9. Яким вимогам повинні відповідати нагрівальні прилади?

10. Як визначають площу поверхні і кількість елементів нагрівальних приладів водяних систем опалення?
11. Які є способи приєднання нагрівальних приладів до стояків систем опалення?
12. Які чинники впливають на тепловіддачу нагрівальних приладів?
13. Які є способи регулювання тепловіддачі нагрівальних приладів?
14. Як прокладають розвідні теплопроводи систем опалення?
15. Як класифікують системи опалення залежно від способу розведення теплоносія?
16. Які переваги і недоліки мають однотрубні і двотрубні системи опалення?
17. Як класифікують повітрозбірники і як їх під'єднують до систем опалення?
18. Які елементи входять у схему місцевого теплового пункту?
19. Які особливості гідравлічного розрахунку однотрубних і двотрубних систем опалення?
20. Які умови вибору розрахункового кільця (півкільця) при гідравлічному розрахунку систем опалення?
21. Як розраховують гідравлічні лінійні і місцеві втрати тиску систем опалення?
22. Які вимоги ставляться до прокладання стояків систем опалення?
23. Які перспективи застосування електричного і комбінованого опалення?
24. Які існують вимоги до проектно-розрахункових робіт при проектуванні систем опалення будівель?
25. Як позначають розрахункові ділянки систем опалення?
26. Для чого в теплових пунктах використовують водозмішувальні пристрої?

### Приклад 5.1

*Визначити кількість секцій нагрівального приладу (чавунного радіатора М-140-А0), встановленого на третьому поверсі (будівля триповерхова) біля зовнішньої стіни під підвіконником без ніші на відстані 40 мм від нього. Приміщення має висоту 3,0 м; температура в приміщенні  $t_{в} = 19^{\circ}\text{C}$ ; теплове навантаження приладу  $Q_{п} = 1000 \text{ Вт}$ . Радіатор під'єднаний до однотрубного проточно-регульованого стояка з діаметром  $d = 20 \text{ мм}$  системи водяного опалення з верхнім розведенням теплоносія при  $t_{г} = 90^{\circ}\text{C}$  і витратою теплоносія через стояк  $G_{ст} = 0,1 \text{ м}^3/\text{год}$ .*

кг/год. Від стояка радіатор розміщений на відстані 0,5 м і приєднаний до нього через кран КРТ підводкою  $d_3=2$  мм.

Визначимо витрату теплоносія через прилад за формулою (5.18):

$$G_{\text{прилад}} = \dots \text{ кг/год.}$$

де  $\alpha_{\text{зан}}$  - коефіцієнт затікання води у прилад (  $\alpha_{\text{зан}} = 1$  для систем з обвідною ділянкою, приєднаною паралельно до приладу).

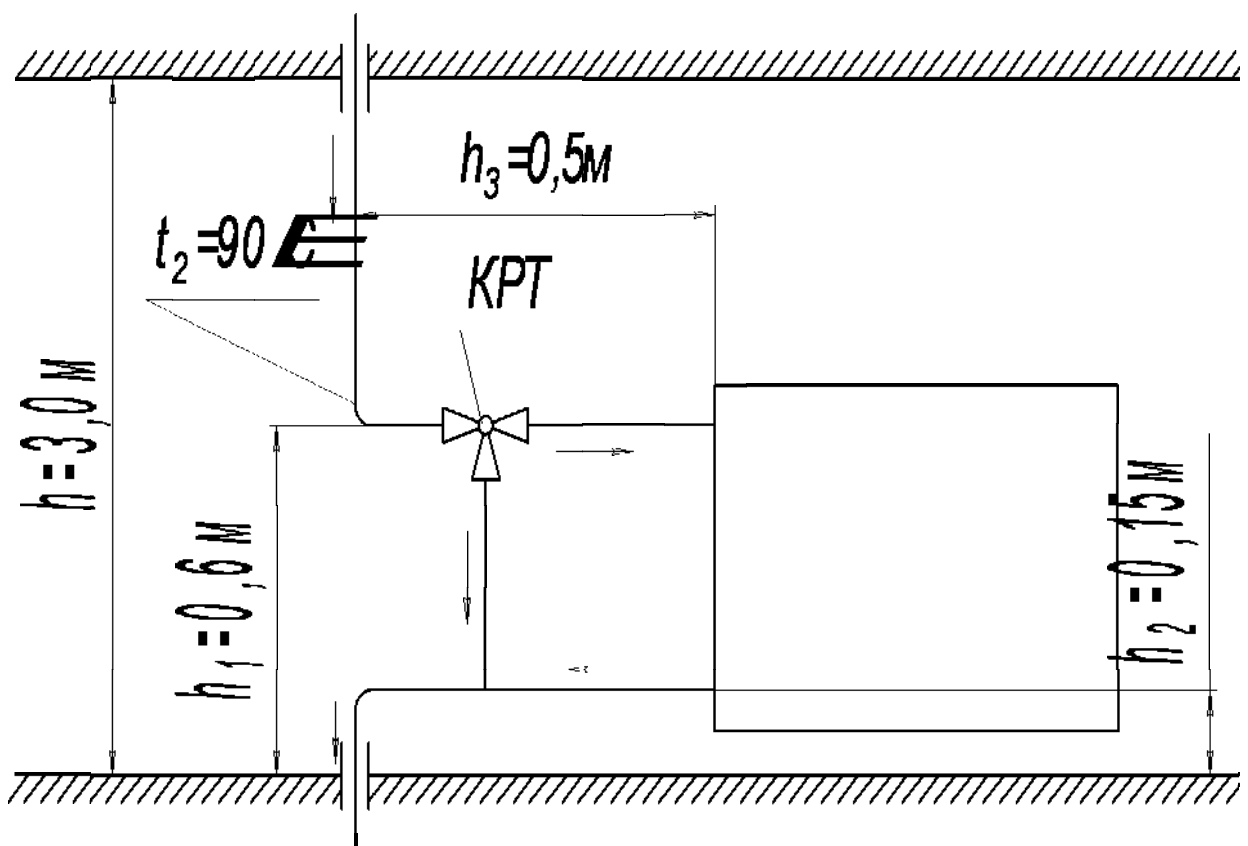


Рис. 5.6. Схема для визначення кількості секцій нагрівального приладу однотрубної водяної системи опалення з верхнім розведенням теплоносія.

За формулою (5.17) визначимо температурний перепад у нагрівальному приладі:

$$\Delta t_{\text{гр}} = \frac{Q_{\text{гр}}}{G_{\text{гр}} \cdot c_{\text{гр}}} = \frac{1000}{1000 \cdot 4200} = 0,24^{\circ}\text{C}.$$

Визначимо середню температуру теплоносія у приладі за формулою (5.16):

$$t_{\text{ср}} = \frac{t_{\text{вх}} + t_{\text{вих}}}{2} = \frac{100 + 100,24}{2} = 100,12^{\circ}\text{C}.$$

За формулою (5.7) визначимо середню різницю температур:

$$\Delta t_{\text{ср}} = t_{\text{гр}} - t_{\text{ср}} = 100 - 100,12 = -0,12^{\circ}\text{C}.$$

Тепловіддача з 1 екм поверхні стандартно розташованого опалювального приладу визначається за формулою (5.11) з врахуванням даних дод. 26 для радіатора М-140-А0.

$$Q_{\text{в}} = K_{\text{в}} \cdot F_{\text{в}} \cdot \Delta t_{\text{ср}} = 100 \cdot 100 \cdot 0,12 = 12000 \text{ Вт/екм}.$$

Користуючись даними умови задачі (див. рис. 5.6), формулою (5.2) і даними дод. 25, визначимо тепловіддачу відкрито прокладених у приміщенні неізольованих труб.

За умовою задачі довжина вертикальних труб буде дорівнювати:

- з діаметром  $d = 2 \text{ мм}$

$$L_{\text{в}} = \frac{Q_{\text{в}}}{k_{\text{в}} \cdot \Delta t_{\text{ср}}} = \frac{12000}{100 \cdot 0,12} = 1000 \text{ м}.$$

$$L_{\text{г}} = \frac{Q_{\text{г}}}{k_{\text{г}} \cdot \Delta t_{\text{ср}}} = \frac{1000}{100 \cdot 0,24} = 417 \text{ м}.$$

- з діаметром  $d = 2 \text{ мм}$

$$L_{\text{в}} = \frac{Q_{\text{в}}}{k_{\text{в}} \cdot \Delta t_{\text{ср}}} = \frac{12000}{100 \cdot 0,12} = 1000 \text{ м}.$$

Довжина горизонтальних труб з  $d_f=2$  мм:

$$L_{25}^h=2 \text{ м.}$$

Тоді згідно з даними дод. 25:

- для вертикального теплопроводу:  $d_f=2$  мм;

$$L_{25}^v=2 \text{ м; } q_f=9 \text{ Вт/м;}$$

- для вертикального теплопроводу:  $d_f=2$  мм;

$$L_{25}^v=0 \text{ м; } q_f=9 \text{ Вт/м;}$$

- для вертикального теплопроводу:  $d_f=2$  мм;

$$L_{20}^v=0 \text{ м; } q_f=7 \text{ Вт/м;}$$

- для горизонтального теплопроводу:  $d_f=2$  мм;

$$L_{20}^h=0 \text{ м; } q_f=9 \text{ Вт/м;}$$

- для горизонтального теплопроводу:  $d_f=2$  мм;

$$L_{20}^h=0 \text{ м; } q_f=9 \text{ Вт/м.}$$

Отже, загальна тепловіддача відкрито прокладених у приміщенні теплопроводів буде становити:



$$F_0 = \frac{Q_{\text{пр}}}{q} = \frac{1126}{670} = 1,68 \text{ м}^2 \text{ Вт.}$$

Необхідна тепловіддача опалювального приладу визначається за формулою (5.1):

$$Q_{\text{пр}} = F_0 \cdot q = 1,68 \cdot 670 = 1126 \text{ Вт.}$$

Площа поверхні нагрівального приладу визначається за формулою (5.13):

$$F_0 = \frac{Q_{\text{пр}}}{q} \cdot b_1 \cdot b_2 \cdot b_3 \cdot b_4 = \frac{1126}{670} \cdot 10 \cdot 30 \cdot 50 \cdot 70 = 1,68 \cdot 105000 = 176400 \text{ екм,}$$

де  $b_1, b_2$  - приймаються відповідно з додатків 2 і 4;

$b_3$  - коефіцієнт, що залежить від способу підведення теплоносія до нагрівального приладу і відносної його витрати, яка визначається за формулою (див. дод. 5):

$$b_3 = \frac{Q_{\text{пр}}}{Q_{\text{пр}}} = 1$$

При  $g > 7$ , згідно дод. 5,  $b_3 = 10$ ;

$b_4 = 1$ , бо передбачається до 6 секцій в радіаторі.

Користуючись даними додатку 3 і формулою (5.13), визначимо кількість секцій в радіаторі:

$$n = \frac{F_0 \cdot q}{f \cdot Q_{\text{с}}} = \frac{1,68 \cdot 670}{0,35 \cdot 1126} \approx 2,8 \text{ шт.}$$

Приймаємо радіатор М-140-А0, який складається із 6 секцій.

### Приклад 5.2

Визначити кількість секцій чавунного радіатора РД-90С, встановленого біля зовнішньої стіни у ніші глибиною 180 мм на віддалі від підвіконника 48 мм чотириповерхового житлового будинку у двотрубній системі водяного опалення з нижнім розведенням теплоносія, якщо  $t_2=9^\circ\text{C}$ ,  $t_6=7^\circ\text{C}$  і  $t_8=2^\circ\text{C}$ . Теплове навантаження приладу  $Q=1400$  Вт. Висота приміщення  $h=3$  м, витрата теплоносія в стояку  $G_{ст}=0,5$  кг/год., діаметр труб  $d_t=2$  мм.

За формулою (5.22) визначимо кінцеву температуру теплоносія в подавальному стояку біля нагрівального приладу на 4-му поверсі, попередньо визначивши довжину стояка:

$$l_{ст} = 3 \text{ м},$$

де  $l_{ст}$  - висота стояка від точки приєднання його до тепломережі до перекриття над підвалом (техпідпіллям), м.

Тоді

$$t_6 = 7^\circ\text{C},$$

де  $q_{тр}$  - приймається за додатком 25 при  $t_2=9^\circ\text{C}$ ; для теплопроводу  $d_t=2$  мм;

$$C_m - \text{теплоємність теплоносія } \left( \frac{0,9 \text{ кДж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \right);$$
$$G_{ст} = 0,5 \text{ кг/год.}$$

Середню температуру води в радіаторі визначимо, скориставшись формулою (5.6):

$$t_{ср} = 5,5^\circ\text{C}.$$

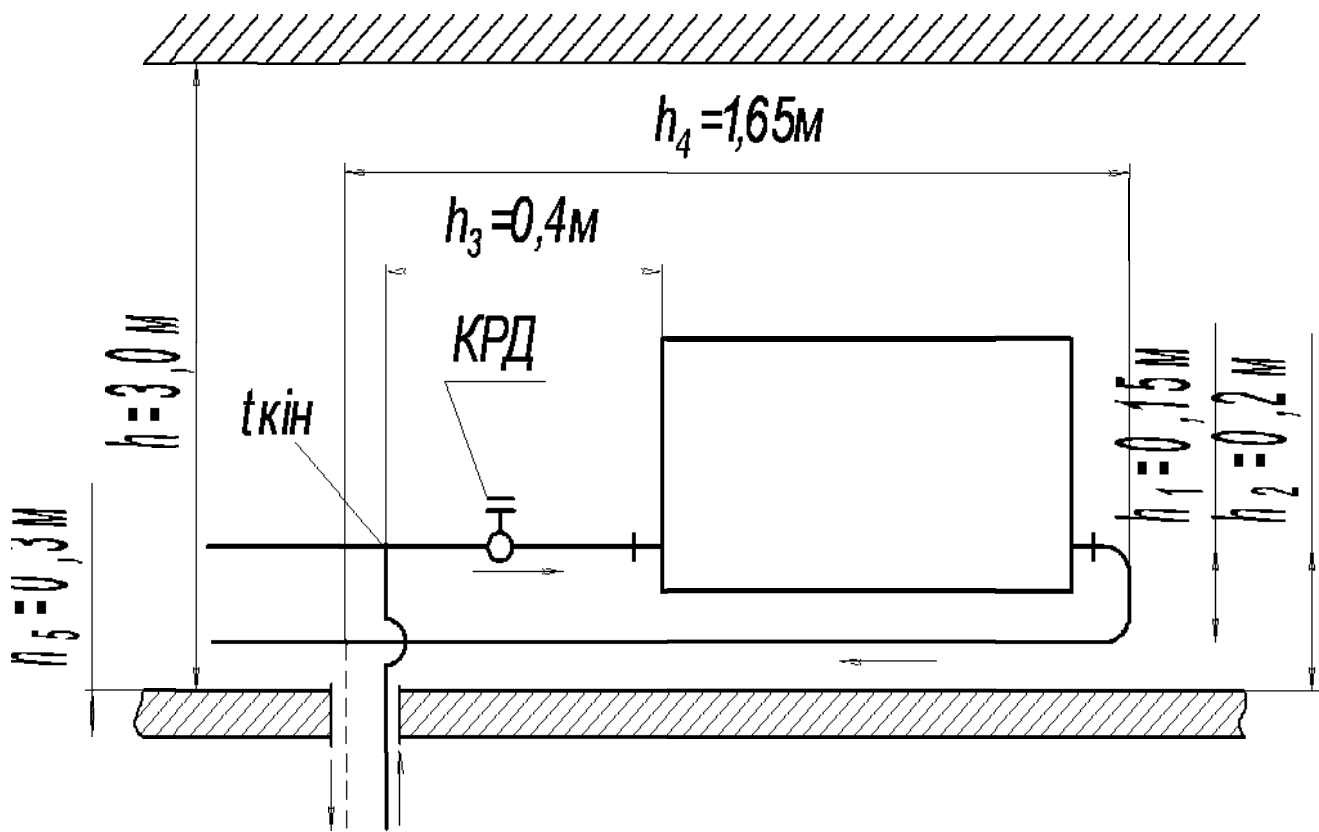


Рис. 5.7. Схема для визначення кількості секцій нагрівального приладу двотрубної водяної системи опалення з нижнім розведенням теплоносія.

Температурний напір визначиться за формулою (5.7):

$$\Delta t_{\text{кін}} = \dots \text{°C}$$

Тепловіддача з 1 екм поверхні стандартно розташованого приладу визначається за формулою (5.12) з врахуванням даних дод. 3 для радіатора РД-90С:

$$Q_{\text{в}} = \dots \text{Вт/екм.}$$

Користуючись даними умови задачі (див. рис. 5.7), формулою (5.2) і даними дод. 25, визначимо тепловіддачу відкрито прокладених у приміщенні труб.

За умовою задачі довжина труб буде дорівнювати:

- вертикальних труб  $d_f=2$  мм

$$L_{\text{в}}=0,2 \text{ м};$$

- горизонтальних труб  $d_f=2$  мм

$$L_{\text{г}}=0,2 \text{ м}.$$

Згідно з даними дод. 25:

- для вертикальної труби:

$$t_{\text{св}}=200^\circ\text{C}; \quad d_f=2 \text{ мм};$$

$$t_{\text{ср}}=100^\circ\text{C}; \quad q=7 \text{ Вт/м};$$

- для вертикальної труби:

$$t_{\text{св}}=200^\circ\text{C}; \quad d_f=2 \text{ мм};$$

$$t_{\text{ср}}=100^\circ\text{C}, \quad q=4 \text{ Вт/м};$$

- для горизонтальної труби:

$$t_{\text{св}}=200^\circ\text{C}; \quad d_f=2 \text{ мм};$$

$$t_{\text{ср}}=100^\circ\text{C}, \quad q=9 \text{ Вт/м};$$

- для горизонтальної труби:

$$t_{\text{св}}=200^\circ\text{C}; \quad d_f=2 \text{ мм};$$

$$t_{\text{ср}}=100^\circ\text{C}, \quad q=6 \text{ Вт/м}.$$

Виходячи із наведених попередньо даних, визначимо загальну тепловіддачу теплопроводів за формулою (5.2):

$$Q_{\text{в}}=1,2 \text{ Вт}.$$

Площа поверхні нагрівального приладу визначиться за формулою (5.13):

$$F_0 = \frac{Q}{k_1 k_2 k_3 k_4} = \frac{1728}{5,82} = 296,9 \text{ м}^2$$

де  $b_1$  і  $b_2$  приймаються за дод. 2 і 4;

$b_3$ - коефіцієнт, що залежить від способу підведення теплоносія до нагрівального приладу і відносної його витрати, яка становить (див. дод. 5).

$$F_0 = \frac{Q}{k_1 k_2 k_3 k_4} = \frac{1728}{5,82} = 296,9 \text{ м}^2$$

при  $g = 28$ , згідно додатку 5,  $b_3 = 11$ ;

$b_4 = 10$  - передбачається від 10 до 20 секцій приладі.

Користуючись даними додатку 3 і формулою (5.13), визначимо кількість секцій в радіаторі РД-90С:

$$n = \frac{F_0}{f_0} = \frac{296,9}{27,5} = 10,8 \text{ шт.}$$

Приймаємо 11 секцій для радіатора РД-90С.

### Приклад 5.3

Виконати гідравлічний розрахунок трубопроводів двотрубної системи водяного опалення з верхнім розведенням теплоносія (рис.5.8) із природною циркуляцією.

Температура гарячої води  $t_2 = 95^\circ\text{C}$ , охолодженої до  $t_0 = 70^\circ\text{C}$ . Перепад температури  $\Delta t = t_2 - t_0 = 95 - 70 = 25^\circ\text{C}$ . Теплові навантаження на розрахункові ділянки вказано на аксонометричній схемі водяного опалення (рис.5.8). Теплове навантаження на ділянках фактично вказує не на кількість теплоти, а на витрату теплоносія, тому на відповідних ділянках охолодженої води від нагрівальних приладів проставляється та сама кількість теплоти, що й на подавальних трубопроводах.

З рис.5.8 видно, що найдовше кільце проходить через нагрівальний прилад А першого поверху. Пронумеруємо ці ділянки арабськими цифрами від 1 до 13 і вкажемо на них теплове навантаження та довжини.

Очевидно, що для цього кільця питома втрата тиску буде найменшою.

Розрахунковий циркуляційний тиск визначимо, використавши залежності (5.33...5.36):

$$\begin{aligned} \Delta p_1 &= q \cdot h_1 (\rho_{70} - \rho_{95}) + \Delta p_{mp} = \\ &= 9,81 \cdot 3,0 (978 - 962) + 110 \approx 581 \text{ Па}, \end{aligned}$$

де  $\Delta p_{mp} \approx 110$  Па – додатковий тиск від охолодження води, прийнятий для двотрубної системи з природною циркуляцією теплоносія при горизонтальній протяжності системи до 25 м. (див. рис. 5.5)

Орієнтовна питома втрата тиску на тертя, що припадає на 1 пог. м довжини кільця трубопроводу визначиться за формулою (5.42)

$$\begin{aligned} R_{op} &= \frac{0,025}{0,1} \cdot \frac{581}{0,1} = \\ &= 142,75 \text{ Па/м} \end{aligned}$$

Витрата води, що проходить по розрахунковій ділянці визначиться з допомогою формули (5.31):

$$G = \frac{0,1}{0,025} \cdot \frac{581}{142,75} = 16,4 \text{ м}^3/\text{год}$$

Задаючись таким діаметром труби, щоб втрати тиску на тертя для ділянки, що розраховується (наприклад для ділянки 1,  $R_1$ ), були близькі за значенням до розрахованої орієнтовної втрати тиску розрахункового кільця  $R_{op} = 5,5 \frac{\text{Па}}{\text{м}}$ , за номограмою (рис.5.9) для труби прийнятого діаметра ділянки (наприклад,  $d_1$ ) знаходимо швидкість води  $v$  і динамічний тиск  $p_d$ .

Сума значень коефіцієнтів місцевих опорів для кожної ділянки виявляється з аксонометричної схеми (рис. 5.8) і визначається відповідно до дод. 19.

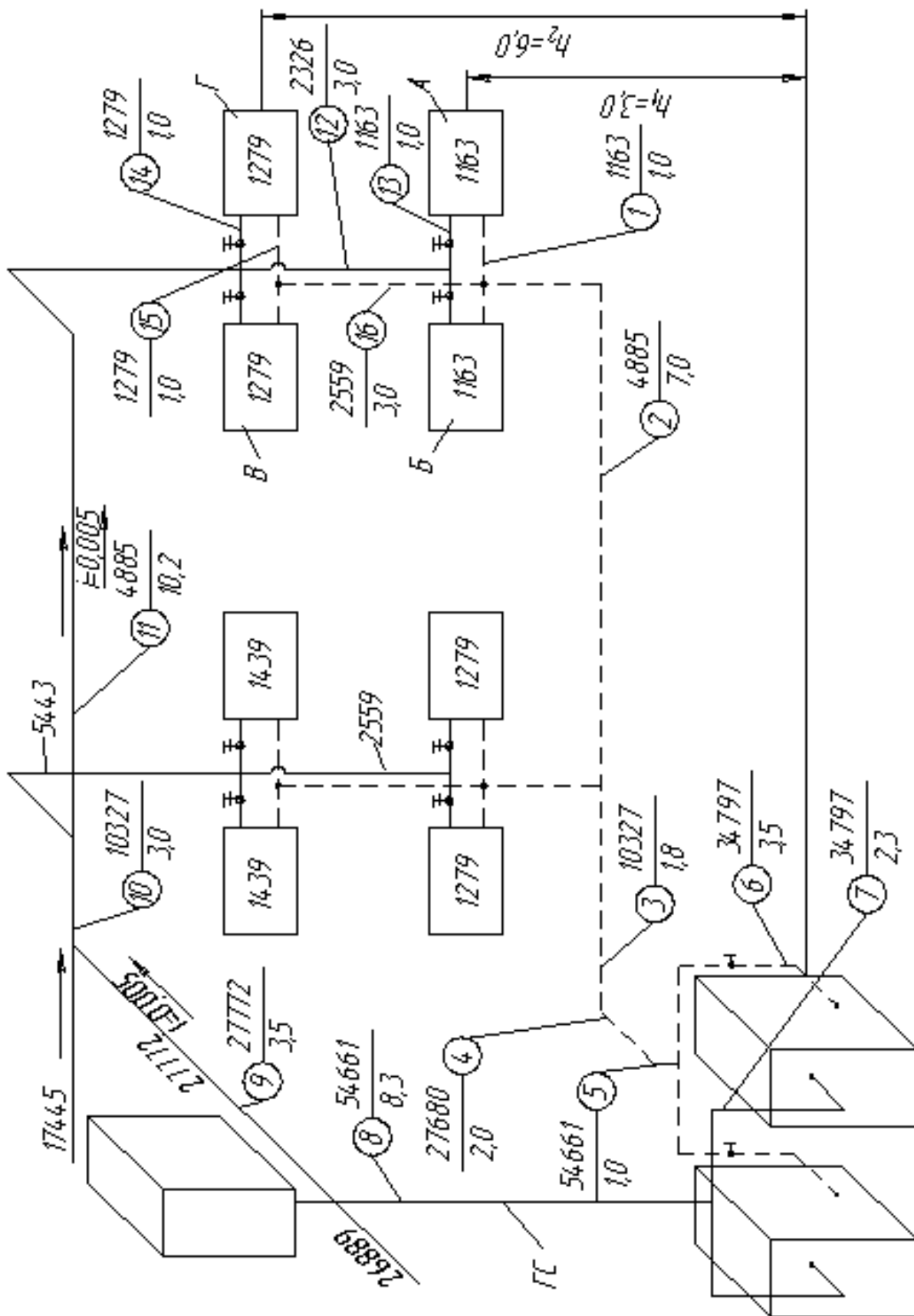


Рис. 5.8. Розрахункова аксонометрична схема двотрубної системи водяного опалення з верхнім розведенням теплоносія і з природною циркуляцією.





Розглянемо, наприклад, ділянку 1 з нагрівальним приладом А. Теплове навантаження  $Q_1 = 1163 \text{ Вт}$ ,  $G_1 = 40 \frac{\text{кг}}{\text{год}}$ . На номограмі (див.

рис. 5.9) похилі лінії, що відповідають значенню  $R_1 = R_{op} \approx 5,5 \frac{\text{Па}}{\text{м}}$  і

$G_1 = 40 \frac{\text{кг}}{\text{год}}$ , перетинаються в точці, яка розміщена за межами практично

мінірисьного для труб водяного опалення діаметра  $d_y = 15 \text{ мм}$ . Приймаємо у нашому розрахунку цей діаметр і знаходимо, що при  $d_1 = 15 \text{ мм}$  і

$G_1 = 40 \frac{\text{кг}}{\text{год}}$  шукані розрахункові значення будуть рівними  $R_1 = 3,0 \frac{\text{Па}}{\text{м}}$ ;

$v_1 = 0,057 \frac{\text{м}}{\text{с}}$  і  $R_1 = 15 \text{ Па}$ .

Оскільки довжина ділянки  $l_1 = 1,0 \text{ м}$ , то втрати тиску на тертя у трубопроводі згідно з формулою (5.33) становитимуть:

$$R \cdot l_1 = 15 \cdot 1 = 15 \text{ Па.}$$

Перейдемо до підрахунку коефіцієнтів місцевих опорів на першій ділянці.

У нашому випадку нагрівальний прилад у розрахунковому кільці системи опалення встановлений у нішу, підведення до приладу прямі, без згинів. Отже, згідно з дод. 19, половина нагрівального приладу (враховуючи і вихід з радіатора)  $\xi = 1,0$  і хрестовина на повороті  $\xi = 3,0$ ;

$$\Sigma \xi = 1,0 + 3,0 = 4,0.$$

Тоді, використовуючи формулу (5.34), визначимо втрати тиску у місцевих опорах:

$$Z_1 = \xi \cdot R_1 = 4,0 \cdot 3,0 = 12 \text{ Па.}$$

Загальні втрати тиску на тертя і місцеві опори для ділянки 1 будуть становити:

$$(Rl+Z) = R_1 \cdot l_1 + Z_1 = 3,0 + 6,12 = 9,12 \text{ Па.}$$

У таблицю дод. 18 заносимо вже відомі величини, визначені в головному циркуляційному кільці.

У графу 1 розрахункової таблиці трубопроводів заносимо номери ділянок розрахованого кільця.

У графу 2 – теплове навантаження відповідних ділянок  $Q$ , Вт.

У графу 3 – витрати теплоносія на ділянках  $G$ ,  $\frac{\text{кг}}{\text{год}}$ .

У графу 4 – довжини ділянок  $l$ , м.

У графі 5 вказується діаметр трубопроводу ділянки, визначений за номограмою (див. рис. 5.9)  $d$ , м.

У графі 6 проставляється швидкість теплоносія  $v$ ,  $\frac{\text{м}}{\text{с}}$ , визначена за допомогою цієї ж номограми.

У графі 8 проставляється втрата тиску на тертя за довжиною трубопроводу ділянки, яка визначається добутком значень граф 4 і 7,  $R \cdot l$ , Па.

У графу 9 заносяться значення суми коефіцієнтів місцевих опорів  $\Sigma \xi$ .

У графі 10 проставляються значення втрат тиску на місцеві опори  $Z$ , Па, у графі 11 –  $\Sigma(R \cdot l + Z)$ , Па.

Як показують розрахункові дані таблиці дод. 18, сумарне значення втрат тиску на тертя і на подолання місцевих опорів теплоносієм становить 499,47 Па, тобто виконується умова:

$$\Delta p_1 > \Sigma(Rl + Z); 581 > 499,7 \text{ Па.}$$

Запас тиску буде дорівнювати:



Враховуючи, що запас тиску на не передбачувані місцеві опори, які можуть виникнути при монтажі системи, виявився дещо більший 10%, то зміни в розрахунок трубопроводів не заносимо.

Виконаємо розрахунок трубопроводів циркуляційного кільця через нагрівальний прилад Г другого поверху (див. рис. 5.8).

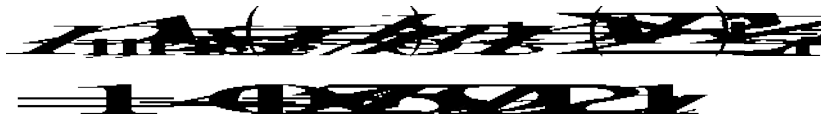
Визначимо розрахунковий циркуляційний тиск за формулами (5.23...5.26):



В розрахункове циркуляційне кільце нагрівального приладу  $\Gamma$  входять уже враховані ділянки 2 ... 11 циркуляційного кільця через нагрівальний прилад  $A$  і нові ділянки 14, 15, 16.

Визначати повторно втрати тиску на ділянках 2...11 і діаметри трубопроводів, які вже визначені недоцільно.

Доцільно визначити розрахунковий тиск який може бути витрачений на ділянках 14, 15, 16.



Визначимо орієнтовну питому втрату тиску на тертя:

$$R_{\text{ор}} = \frac{\rho f \cdot A_{\text{д.б.г.}}}{\Sigma_{\text{д.б.г.}}} = \frac{0,0559}{10,1030} = \frac{205}{5,3} \text{ Па} / \text{м}$$

Користуючись номограмою (див. рис.5.9) підбираємо діаметри труб, знаходимо значення  $R$ ,  $\nu$  і заносимо в решту граф таблиці дод. 18.

Знаходимо коефіцієнти місцевих опорів:

*Ділянка 14.*

Хрестовина на повороті  $\zeta = 2,0$ . Кран подвійного регулювання  $d = 15\text{мм}$ ;  $\zeta = 4,0$ . Половина радіатора  $\zeta = 1,0$ .  $\Sigma \zeta_{14} = 7,0$ .

*Ділянка 15.*

Половина радіатора  $\zeta = 1,0$ . Трійник на повороті  $\zeta = 1,5$ ;  $\Sigma \zeta_{15} = 2,5$ .

*Ділянка 16.*

Скоба  $d = 20$ ,  $\zeta = 2,0$ . Хрестовина на прохід  $\zeta = 2,0$ ;  $\Sigma \zeta_{16} = 4,0$ .

Визначимо орієнтовну питому втрату теплоносія, що проходить по розрахункових ділянках:

Ділянка 14.

$$\frac{G_{14}}{G_{15}} = \frac{44 \frac{\text{кг}}{\text{год}}}{44 \frac{\text{кг}}{\text{год}}};$$

Ділянка 15.

$$\frac{G_{15}}{G_{16}} = \frac{44 \frac{\text{кг}}{\text{год}}}{88 \frac{\text{кг}}{\text{год}}};$$

Ділянка 16.

$$\frac{G_{16}}{G_{17}} = \frac{88 \frac{\text{кг}}{\text{год}}}{88 \frac{\text{кг}}{\text{год}}}.$$

При  $R_{op} = 53,2 \frac{\text{Па}}{\text{м}};$   $G_{14} = G_{15} = 44 \frac{\text{кг}}{\text{год}};$  (див. рис. 5.9);

$$d_{14} = d_{15} = 15 \text{ мм}; \quad R_{14} = R_{15} = 4,8 \frac{\text{Па}}{\text{м}};$$

$$P_{14} = P_{15} = 25 \text{ Па}; \quad v_{14} = v_{15} = 0,067 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

При  $R_{op} = 53,2 \frac{\text{Па}}{\text{м}};$   $G_{16} = 88 \frac{\text{кг}}{\text{год}};$  (див. рис. 5.7)

$$d_{16} = 20 \text{ мм}; \quad R_{16} = 5,2 \frac{\text{Па}}{\text{м}};$$

$$P_{16} = 25 \text{ Па}; \quad v_{16} = 0,071 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Використавши формулу (5.44), визначимо втрати тиску на місцевих опорах цих ділянок:

$$Z_{14} = \Sigma \xi_{14} \cdot P_{b14} = 7,0 \cdot 2,24 \approx 15,7 \text{ Па};$$

$$Z_{15} = \Sigma \xi_{15} \cdot P_{b15} = 2,5 \cdot 2,24 \approx 5,6 \text{ Па};$$

$$Z_{16} = \Sigma \xi_{16} \cdot P_{b16} = 4,0 \cdot 2,52 \approx 10,1 \text{ Па}.$$

Визначимо втрати тиску на тертя у трубопроводах розрахункових ділянок:

$$\Delta p_{14.15.16} = 20,5 + 10,4 + 25,7 = 56,6 \text{ Па};$$

$$\Delta p_{2 \dots 11} = 45,7 + 28,1 + 34,4 + 4,0 + 90,1 +$$

$$+ 103,6 + 33,1 + 28,5 + 25,6 + 67,9 = 461 \text{ Па}.$$

Загальні втрати тиску на тертя і місцеві опори для цих ділянок будуть становити:

$$\Delta p_{14.15.16} = 56,6 \text{ Па};$$

$$\Delta p_{2 \dots 11} = 461 \text{ Па};$$

$$\Delta p_{\text{заг}} = 56,6 + 461 = 517,6 \text{ Па}.$$

Отримані результати розрахунків заносимо у відповідні графи таблиці дод. 18.

Визначимо загальні втрати тиску в циркуляційному кільці нагрівального приладу  $G$  (див. табл. дод. 18).

$$\Sigma(R \cdot l + Z)_{14.15.16} = 20,5 + 10,4 + 25,7 = 56,6 \text{ Па}$$

$$\Sigma(R \cdot l + Z)_{2 \dots 11} = 45,7 + 28,1 + 34,4 + 4,0 + 90,1 +$$

$$+ 103,6 + 33,1 + 28,5 + 25,6 + 67,9 = 461 \text{ Па}$$

$$\Delta p_{\text{заг}} = \Sigma(R \cdot l + Z)_{14.15.16} + \Sigma(R \cdot l + Z)_{2 \dots 11} =$$

$$= 56,6 + 461 = 517,6 \text{ Па}.$$

Запас тиску буде становити:

$$\Delta p_{\text{заг}} = 517,6 \text{ Па}$$

Як видно з розрахунків загальні втрати тиску в циркуляційному кільці нагрівального приладу Г складають 517,6 Па, що менше розрахункового на 50,8 %. Запас дуже великий (більше 10 %), необхідно його знизити за рахунок зменшення діаметру трубопроводу з 20 мм до 15 мм (менші діаметри трубопроводів систем водяного опалення не застосовуються).

Визначимо місцеві опори на ділянці 16 при  $d_{16} = 15$  мм.

Скоба  $d = 15$ ,  $\xi = 3,0$ .

Хрестовина на прохід  $\xi = 2,0$ ;  $\Sigma\xi_{16} = 5,0$ .

$$\begin{aligned} \text{При} \quad R_{op} &= 53,2 \frac{\text{Па}}{\text{м}} ; & G_{16} &= 88 \frac{\text{кг}}{\text{год}} ; \\ d'_{16} &= 15 \text{ мм}; & R'_{16} &= 25 \frac{\text{Па}}{\text{м}} ; \\ \dot{R}_{16} &= 8 \text{ Па}; & v'_{16} &= 0,13 \frac{\text{м}}{\text{с}} ; \end{aligned}$$

Тоді:

$$Z'_{16} = \Sigma\xi_{16} \cdot ; \quad P'_{v16} = 5,0 \cdot 8,5 = 42,5 \text{ Па};$$

~~$$R_{16} = 53,2 \cdot 8 = 425,6 \text{ Па};$$~~

~~$$R_{16} = 425,6 + 42,5 = 468,1 \text{ Па}.$$~~

Втрати тиску в циркуляційному кільці після внесення змін будуть становити:

~~$$R_{16} = 468,1 \cdot 0,8 = 374,5 \text{ Па};$$~~
~~$$R_{16} = 374,5 + 42,5 = 417 \text{ Па};$$~~

Загальні втрати тиску в циркуляційному кільці приладу Г після внесення змін:

$$\Delta p_{за} = \Sigma(R \cdot l + Z)_{2 \dots 11} + \cancel{\Sigma(Z)_{11}} =$$

$$= 461 + 148,4 = 609,4 \text{ Па.}$$

Запас тиску буде становити:

$$\Delta p_{за} = 609,4 \text{ Па}$$

Запас тиску дуже великий (більше 10 %), приймати менший діаметр трубопроводу неможливо, залишається встановити кран подвійного регулювання, за допомогою якого можна буде змінювати необхідне регулювання опалювального приладу.

#### Приклад 5.4

*Виконати гідравлічний розрахунок трубопроводів однотрубної системи водяного опалення із замикаючими ділянками, з природною циркуляцією теплоносія. Температура гарячої води  $t_2 = 95^\circ\text{C}$ , охолодженої  $t_o = 70^\circ\text{C}$ . Перепад температури  $\Delta t = 25^\circ\text{C}$ . Теплові навантаження на розрахункові ділянки вказано на аксонометричній схемі водяного опалення (рис. 5.10)*

Виберемо перше розрахункове кільце. В однотрубній системі із замикаючими ділянками, як і у двотрубній, ним буде найбільше за довжиною циркуляційне кільце. Але тут є і свої відмінності, бо у двотрубній системі розрахункове кільце проходить через кожен нагрівальний прилад, тобто розрахункових кілець буде стільки, скільки є нагрівальних приладів і перше розрахункове кільце обов'язково має проходити через нагрівальний прилад нижнього поверху. В однотрубній системі розрахункові кільця проходять, як правило, через замикаючі ділянки стояків, минаючи підведення до нагрівальних приладів. Це дає змогу визначити температуру теплоносія на ділянках стояка, не знаючи коефіцієнта затікання  $\alpha_{зат.}$  і виключаючи температуру води у зворотних підведеннях до нагрівального приладу. Таким чином, перше розрахункове кільце буде: 1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11.







де  $\rho_i$  – густина води при  $i$ -й температурі (див. дод. 23);  
 $\Delta p_{mp} \approx 0.5 \Delta p = 0.5 \cdot 250 = 125 \text{ Па}$  (див. дод. 22).

Визначаємо орієнтовну втрату тиску на тертя за формулою(5.42):

$$R_{op} = \frac{125 \cdot 0.0015^5}{0.0015^5} = 10,55 \text{ Па/м};$$

За значенням  $R_{op} = 10,55 \text{ Па/м}$ , користуючись монограмою (рис.5.9), визначаємо діаметри трубопроводів стояка, а також діаметри замикаючих ділянок і підведень до нагрівних приладів. Отримані результати заносимо в таблицю дод. 24.

Проведемо розрахунок трубопроводів малих циркуляційних кілець на стояку, задавшись коефіцієнтом затікання  $\alpha_{зам} = 0,4$ .

Спочатку визначимо витрату води через стояк за формулою(5.19):

$$G_{ст} = 0,34 \cdot 344 = 120 \text{ кг/год.}$$

За формулою (5.18) визначимо витрату теплоносія через прилад:

$$G_{np} = \alpha_{зам} \cdot G_{ст} = 0,4 \cdot 120 = 48 \text{ кг/год.}$$

Тоді витрата води на замикаючій ділянці буде становити:

$$G_{з.д.} = G_{ст} - G_{np} = 120 - 48 = 72 \text{ кг/год.}$$

Беручи до уваги орієнтовну втрату тиску на тертя  $R_{op}$ , визначаємо діаметри трубопроводів малого циркуляційного кільця. Дані заносимо в таблицю дод. 24.

Визначаємо коефіцієнти місцевих опорів на ділянках малого кільця нагрівального приладу  $B$  третього поверху (див.рис.5.8 і дод. 19).

*Ділянка 4.*

Два трійники на прохід

$$\xi_4 = 1,0 \cdot 2 = 2,0;$$

$$\sum \xi_4 = 2,0.$$

*Ділянка 12.*

За діаметру трубопроводу	$d_{12} = 20 \text{ мм};$
трійник на повороті	$\xi_{12} = 1,5;$
кран подвійного регулювання	$\xi_{12} = 2,0;$
половина нагрівального приладу	$\xi_{12} = 1,0;$
	$\sum \xi_{12} = 4,5$

За діаметру трубопроводу	$d_{12} = 15 \text{ мм};$
трійник на повороті	$\xi_{12} = 1,5;$
кран подвійного регулювання	$\xi_{12} = 4,0;$
половина нагрівального приладу	$\xi_{12} = 1,0;$
	$\sum \xi_{12} = 6,5.$

*Ділянка 13*

Половина нагрівального приладу	$\xi_{13} = 1,5;$
трійник на повороті	$\xi_{13} = 1,5;$
	$\sum \xi_{13} = 2,5.$

Визначаємо гідравлічні втрати в підведених до нагрівального приладу *B* третього поверху, використовуючи дані дод. 24.

Фактичні гідравлічні втрати будуть становити:

$$\begin{aligned} \Delta P_{\phi} &= \sum (R \cdot l + z) = (R_{12} \cdot l_{12} + z_{12}) + (R_{13} \cdot l_{13} + z_{13}) = \\ &= (1,0 + 3,6) + (1,0 + 2,0) = 7,6 \text{ Па.} \end{aligned}$$

Визначимо розрахунковий тиск у малому циркуляційному кільці.

Спочатку визначимо температуру води у зворотному трубопроводі підведення до нагрівного приладу. Враховуючи те, що через прилад циркулює 48 кг/год теплоносія за коефіцієнту затікання  $\alpha_{зам} = 0,4$ , і використовуючи температурний перепад у нагрівальному приладі *B*.

$$t_0 = 11,5 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Тоді температура води у зворотному підведенні нагрівального приладу  $B$  буде становити:

$$t_n = 11,5 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

де  $t_0$  – температура води у зворотному підведенні нагрівального приладу  $B$ ,  $^\circ\text{C}$ ;

$t_n$  – температура води в подавальному підведенні нагрівального приладу  $B$ ,  $^\circ\text{C}$ .

Визначимо розрахунковий тиск у малому кільці нагрівального приладу  $B$  третього поверху (ділянка 4) для розрахунку підведень:

$$\Delta p_e = \Delta p_{z,d} + gh$$

де  $\Delta p_e$  – розрахунковий тиск у малому кільці нагрівального приладу  $B$ , Па;

$\Delta p_{z,d}$  – втрати тиску на замикаючій ділянці 4;

$$\Delta p_{z,d} = R \cdot l + Z = 1,6 + 3,0 = 4,6 \text{ Па};$$

$\rho_{np}$  – густина води в приладі,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;

$$\rho_{np} = \frac{\rho_5 \rho_3}{2},$$

$\rho_{np}$  – густина води в замикаючій ділянці 4,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;

$$\Delta p_e = 4,6 + \left( \frac{999,8}{2} \cdot 3,0 \right) = 1499,9 \text{ Па}.$$

Таким чином фактичні гідравлічні втрати становлять  $\Delta p_\phi = 7,6$  Па, а розрахунковий тиск близько 38 Па, що значно більше 10%.

Виходячи з цього, розрахунок малого циркуляційного кільця необхідно повторити і внести певні зміни в розрахунок. У даному випадку доцільно змінити діаметр підведення на менший або змінити коефіцієнт затікання.

Внесемо в розрахунок  $d = 15$  мм за попередньо прийнятого коефіцієнту затікання  $\alpha_{зам} = 0,4$ . Заново провівши розрахунки, результати його заносимо в таблицю дод. 24.

Визначимо неузгодженість між фактичним і розрахунковим тисками.



Таким чином, розбіжність з розрахунковим тиском складає 3.42%, що є в межах допустимого.

Теплове навантаження приладів А і Б першого і другого поверхів не відрізняється від теплового навантаження нагрівального приладу В третього поверху, а гідравлічна характеристика підведень також ідентична. Можна припустити, що і коефіцієнт затікання залишається таким самим ( $\alpha_{зам} = 0,4$ ).

Тоді за діаметра підведень  $d = 15$  мм фактичні втрати тиску у підведеннях будуть такими, як у підведеннях нагрівального приладу В третього поверху, тобто 39,3 Па.

У зв'язку зі зміною температури води в нагрівальних приладах першого і другого поверхів, буде змінюватися і природний тиск малих циркуляційних кілець в які входять ці прилади.

Перерахунок розрахункових тисків і порівняння їх із фактичними проводяться аналогічно попереднім розрахункам.

## 6. ПІДБІР ЕЛЕВАТОРА ТЕПЛОВОГО ПУНКТУ

Змішувальну установку (змішувальна водяна помпа або водоструминний елеватор) застосовують у системі опалення для зниження температури води, що надходить із зовнішнього теплопроводу (мережі), до температури  $t_2$ , допустимої в системі (див. рис. 5.2). Зниження температури відбувається при змішуванні високотемпературної води  $t_1$  із зворотною (охолодженою до температури  $t_0$ ) водою місцевої системи опалення (див.рис.5.2, в).

Високотемпературна вода подається в точку змішування під тиском у зовнішньому теплопроводі, що створюється мережевою циркуляційною помпою на тепловій станції.

Кількість високотемпературної води  $G_1$  при відомій тепловій потужності системи  $Q_c$  буде тим менша, чим вища температура  $t_1$  [6] .

Потік охолодженої води з температурою  $t_0$  у зворотному теплопроводі ділиться на два: перший у кількості  $G_0$  спрямовується до точки змішування, другий далі прямує по зворотному теплопроводу.

Відношення мас двох змішуваних потоків води – охолодженої  $G_0$  і високотемпературної  $G_1$  – називають коефіцієнтом змішування:

$$q_{zm} = \frac{G_0}{G_1} \quad (6.1)$$

Коефіцієнт змішування може бути виражений через температури [8]:

$$q_{zm} = \frac{G_1(t_1 - t_2)}{G_0(t_2 - t_0)} \quad (6.2)$$

У розрахунках коефіцієнт змішування беруть із запасом на 15%, тобто:

$$q_{zm} = 1,15 \cdot \frac{G_1(t_1 - t_2)}{G_0(t_2 - t_0)} \quad (6.3)$$

Коефіцієнт змішування потрібен для визначення основного розміру елеватора – діаметра горловини переходу камери змішування у дифузор (дод. Я):

$$d_2 = \sqrt{\frac{G_{зм}}{P_{сист}}}, \quad (6.4)$$

де  $d_2$  – діаметр горловини елеватора, м;  
 $G_{зм}$  – кількість змішаного теплоносія, що циркулює у системі опалення, т/год.;  
 $P_{сист}$  – гідравлічний опір системи опалення, кПа.

Кількість теплоносія, що циркулює у системі опалення визначається за формулою:

$$G_{зм} = \frac{\sum Q}{3,6 \cdot C \cdot (t_2 - t_1)}, \quad (6.5)$$

де  $\sum Q$  – сумарна витрата теплоти на опалення, Вт;  
 $C$  – теплоємність води, кДж/кг °К;  
 $3,6$  – коефіцієнт перекладу одиниць Вт у кДж/год.

Після вибору серійного елеватора (дод. Ю), що має діаметр горловини, близький до розрахованого, можна визначити діаметр сопла за формулою:

$$d_c = \frac{d_2}{1 + q_{зм}}, \quad (6.6)$$

де  $d_c$  – діаметр сопла, мм.

Тиск перед елеватором, як правило, у 5-10 разів більший від тиску у місцевій системі опалення і визначити його можна за формулою:

$$P_{сист} = \frac{G_{зм}^2}{P_{сист}}, \quad (6.7)$$

де  $P_{сист}$  – гідравлічний опір системи опалення (визначається у підрозділі 5.4), Па .

Один елеватор можна використати у системі опалення з тепловим навантаженням до 350 кВт [9].

У графічній частині курсового проекту необхідно накреслити:

- схему приєднання системи опалення до теплової мережі з елеватором (дод. Я, рис. Я.2), на якій вказується номер вибраного елеватора;
- збірне креслення елеватора (розріз) з визначеними діаметрами горловини і сопла в масштабі М1:5 (М1:4) (дод. Я, рис. Я.1);
- схему теплового пункту (ТП) (дод. Я, рис. Я.3 і Я.4).

### Приклад 6.1

Місцевий тепловий пункт обслуговує систему опалення споживачів загальною потужністю  $365$  кВт. Температура теплоносія у системах опалення  $169$ °С, у тепловій мережі  $161$ °С. Підібрати водоструминний змішувач (елеватор) для даного теплового пункту, якщо гідравлічний опір системи опалення  $16$  Па.

За формулою (6.5) визначаємо кількість змішаної води, що циркулює в системі опалення споживачів:

$$G_{zm} = \frac{3650}{C(t_2 - t_1) \cdot 1000} = \frac{365000}{4199791000} \approx 21 \frac{\text{т}}{\text{год}}$$

Коефіцієнт змішування визначається за співвідношенням (6.2):

$$\mu = \frac{4199791000}{365000} = 11506.28$$

Розрахунковий коефіцієнт змішування визначимо за співвідношенням (6.3):

$$\mu_{\text{розр}} = \frac{11506.28}{1.1} = 10460.25$$



За формулою (6.4) визначаємо діаметр горловини водоструминного змішувача:

$$d_g = 1,5 \sqrt{\frac{G_{\text{вм}}^2 (H_{\text{вм}})^2}{P_{\text{вст}}}} =$$

$$= 1,5 \sqrt{\frac{2,3^2 \cdot (114)^2}{180}} \approx 2,9 \text{ м}$$

За таблицею дод. Ю, вибираємо елеватор №4 в якого  $d_g = 3 \text{ мм}$ .

Користуючись формулою (6.6), визначаємо діаметр сопла елеватора:

$$d_s = \frac{d_g \cdot 30}{19,1144} \approx 4 \text{ мм}$$

Конструктивні параметри елеватора показані в дод. Я (рис. Я.1), а їх числові значення – в дод. Ю.

## 7. РОЗРАХУНОК ВЕНТИЛЯЦІЇ

Системи вентиляції з природною циркуляцією повітря широко застосовуються в сільськогосподарських приміщеннях. Така вентиляція розраховується на температуру зовнішнього повітря  $+5^{\circ}\text{C}$ . За вищих температур зовнішнього повітря приміщення житлового будинку провітрюють, відкриваючи кватирки і стулки вікон.

У каналних системах природної витяжної вентиляції повітря переміщується в каналах і повітропроводах під дією природного тиску, який виникає внаслідок різниці тисків зовнішнього холодного повітря і теплого внутрішнього повітря (рис. 7.1).

Природний тиск у цих системах визначають за формулою:

$$P_{np}^i = \rho_3 h_i - \rho_в h_i \quad (7.1)$$

де  $P_{np}^i$  – природний тиск у системі вентиляції  $i$ -того каналу, Па;  
 $h_i$  – висота повітряного стовпа, яку визначають від центра витяжного отвору до вихідного отвору витяжної шахти, м;  
 $\rho_3$  – густина зовнішнього повітря ( $\rho_3 = 1,27 \text{ кг/м}^3$  при  $t_3 = +5^{\circ}\text{C}$ );  
 $\rho_в$  – густина внутрішнього повітря,  $\text{кг/м}^3$  (дод. 6).

Для житлових будівель розрахунок мережі повітропроводів починають з орієнтовного підбирання їх поперечних перетинів, виходячи з допустимих швидкостей руху повітря в них. Для систем з природною циркуляцією повітря можна орієнтовно приймати для каналів верхнього поверху швидкість  $\omega = 0,6 \text{ м/с}$ , для каналів нижнього поверху і збірних каналів горища  $\omega = 1 \text{ м/с}$  і для витяжної шахти –  $\omega = 1 \dots 1,5 \text{ м/с}$ .

Розрахунок починають з незадовільно розміщеного каналу, в якому можлива питома втрата тиску має найменше значення.

Спочатку визначають сумарну довжину повітропроводу за формулою:

$$L_{\text{сум}}^i = \sum_{j=1}^n l_j \quad (7.2)$$

де  $L_{\text{сум}}^i$  – сумарна довжина  $i$ -го повітропроводу, м;  
 $l_i$  – довжина  $i$ -тої ділянки повітропроводу, м.

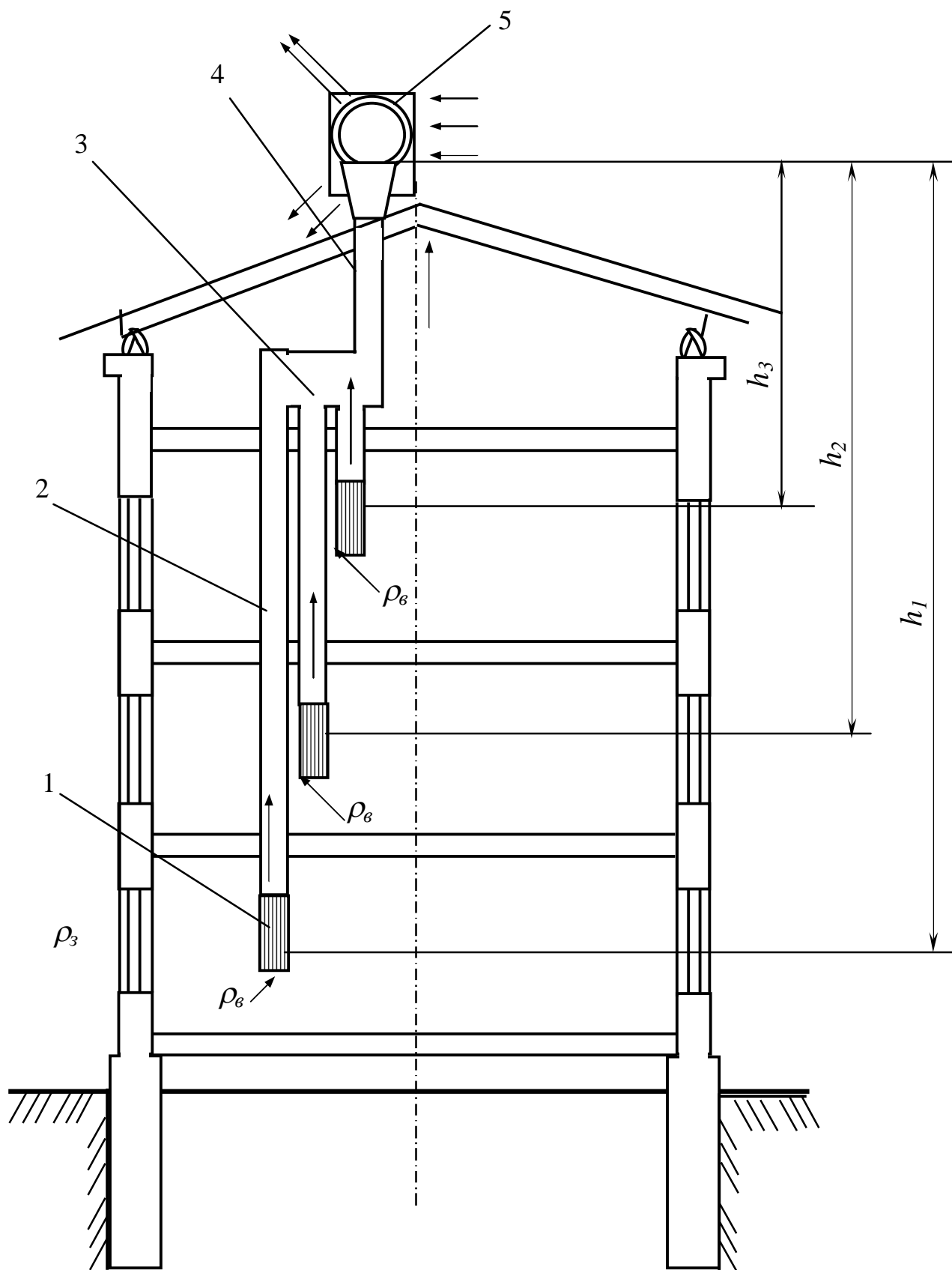


Рис.7.1. Канальна система витяжної природної вентиляції в триповерховому будинку: 1 – жалюзійна ґратка; 2 – витяжний канал; 3 – збірний канал; 4 – витяжна шахта; 5 – дефлектор.

Питому витрату тиску визначають, користуючись залежністю:

$$P_{\text{пит}} = \frac{P_{\text{пр}}}{L_{\text{сум}}}, \quad (7.3)$$

де  $P_{\text{пит}}$  – питома витрата тиску, Па.

Приступають до розрахунку каналів, для яких питома втрата тиску має найменше значення.

Для визначення площі перетину каналу задаються швидкістю руху повітря у ньому і визначають кількість повітря, що буде видалена з приміщення, використовуючи дані дод. 7 за формулою:

$$V = v \cdot F, \quad (7.4)$$

де  $V$  – об'єм повітря, яке необхідно видалити із приміщення, м<sup>3</sup>/год;  
 $v$  – величина вентиляційного об'єму в приміщенні, м<sup>3</sup>/год.  
на 1 м<sup>2</sup> площі, або загальна кількість вентиляційного повітря (див. дод. 7), м<sup>3</sup>/год;  
 $F$  – площа приміщення, м<sup>2</sup>.

Тоді площа поперечного перетину каналу, жалюзійної ґратки тощо буде становити:

$$f_i = \frac{V_i}{3600 \omega_i}, \quad (7.5)$$

де  $V_i$  – об'єм повітря, що видаляється з  $i$ -го приміщення, м<sup>3</sup>;  
 $f_i$  – площа поперечного перетину  $i$ -го каналу, жалюзійної ґратки тощо, м<sup>2</sup>;  
 $\omega_i$  – прийнята швидкість руху повітря в  $i$ -му каналі, жалюзійній ґратці, м/с.

Користуючись даними розрахунку  $f$  і даними дод. 8 і 9, приймають площу поперечного перетину каналу, жалюзійної ґратки.

При прийнятих поперечних перерізах каналу, ґратки визначають фактичну швидкість повітря за формулою:

$$\omega_{\phi}^i = \frac{V_i}{3600\phi_i}, \quad (7.6)$$

де  $\omega_{\phi}^i$  – фактична швидкість повітря в  $i$ -му каналі, ґратці, м/с.

Оскільки вибраний канал прямокутної форми, то для визначення втрат тиску на тертя необхідно визначити за дод. 8 еквівалентний діаметр  $d_e$ .

За таблицею (дод. 10) розрахунку повітропроводів при визначених фактичній швидкості та еквівалентному діаметрі  $d_e$  встановлюють втрату тиску на тертя  $R$  у повітропроводі.

Тоді втрати тиску на тертя у повітропроводі визначають за добутком:

$$Rl \cdot \beta,$$

де  $l$  – довжина повітропроводу, м;

$\beta$  – коефіцієнт шорсткості, приймається з дод. 21.

За даними дод. 11 визначають суму коефіцієнтів місцевих опорів  $\sum \xi$ .

За швидкістю  $i$  знайденою сумою коефіцієнтів місцевих опорів у дод. 12 знаходять втрати на місцеві опори  $z$ .

Сумарні втрати тиску будуть становити:

$$p_{\text{сум}} = Rl \cdot \beta + Z + Z_{\text{гр}}, \quad (7.7)$$

де  $p_{\text{сум}}$  – сумарні втрати тиску в повітропроводі, Па;

$Z$  – втрати тиску на місцеві опори, Па;

$Z_{\text{гр}}$  – втрати тиску на вході ґратки, Па.

Для знаходження втрат тиску у жалюзійній ґратці спочатку визначають коефіцієнт її місцевого опору  $\xi_p$  за дод. 11, а відтак динамічний тиск, враховуючи раніше визначену фактичну швидкість повітря в ній, за формулою:

$$P_{\omega} = \frac{\omega_{\phi}^2}{2} \cdot \rho_{\phi} \quad (7.8)$$

де  $P_{\omega}$  – динамічний тиск у жалюзійній ґратці, Па;

$\omega_{\phi}$  – фактична швидкість повітря в жалюзійній ґратці, м/с (визначається за формулою (7.6));

$\rho_{\phi}$  – густина внутрішнього повітря, кг/м<sup>3</sup> (визначається як у формулі (7.1)).

При цьому втрати тиску в жалюзійній ґратці становитимуть:

$$Z_{\phi} = \frac{P_{\omega}}{\rho_{\phi} \cdot g} \quad (7.9)$$

Якщо сумарна втрата тиску на тертя, а також місцеві опори  $p_{\text{сум}}$  менша природного тиску  $p_{\text{пр}}$ , визначеного за формулою (7.1) (відповідно до поверху, для якого робиться розрахунок повітропроводу), то отримані поперечні перетини каналу приймаються як остаточні.

Неузгодженість розрахункових тисків визначають за формулою:

$$H_{\phi} = \frac{P_{\text{пр}} - P_{\text{сум}}}{P_{\text{пр}}} \cdot 100\% \quad (7.10)$$

Отримані розрахункові дані заносять у таблицю (див. дод. 13).

У графічній частині курсового проекту необхідно накреслити:

- аксонометричну схему вентиляції будинку;
- розгортку вентиляційних каналів одного з приміщень у масштабі 1:100, або 1:50.

## Контрольні питання

1. Як класифікуються системи вентиляції?
2. За якою формулою визначається природний тиск у каналних системах природної вентиляції?
3. Які вимоги ставляться до систем вентиляції житлових будівель?
4. Що ви розумієте під виразом „вентиляційний об’єм приміщення”?
5. Що ви розумієте під виразом „кратність повітрообміну”?
6. Які чинники впливають на втрати тиску у вентиляційних каналах?
7. За якою формулою визначається динамічний тиск?
8. З яких складових формуються втрати тиску у вентиляційних каналах?
9. За якою формулою визначають втрати тиску на тертя у повітропроводах?
10. Які вимоги ставляться до розміщення елементів природної вентиляційної системи?

## Приклад 7.1

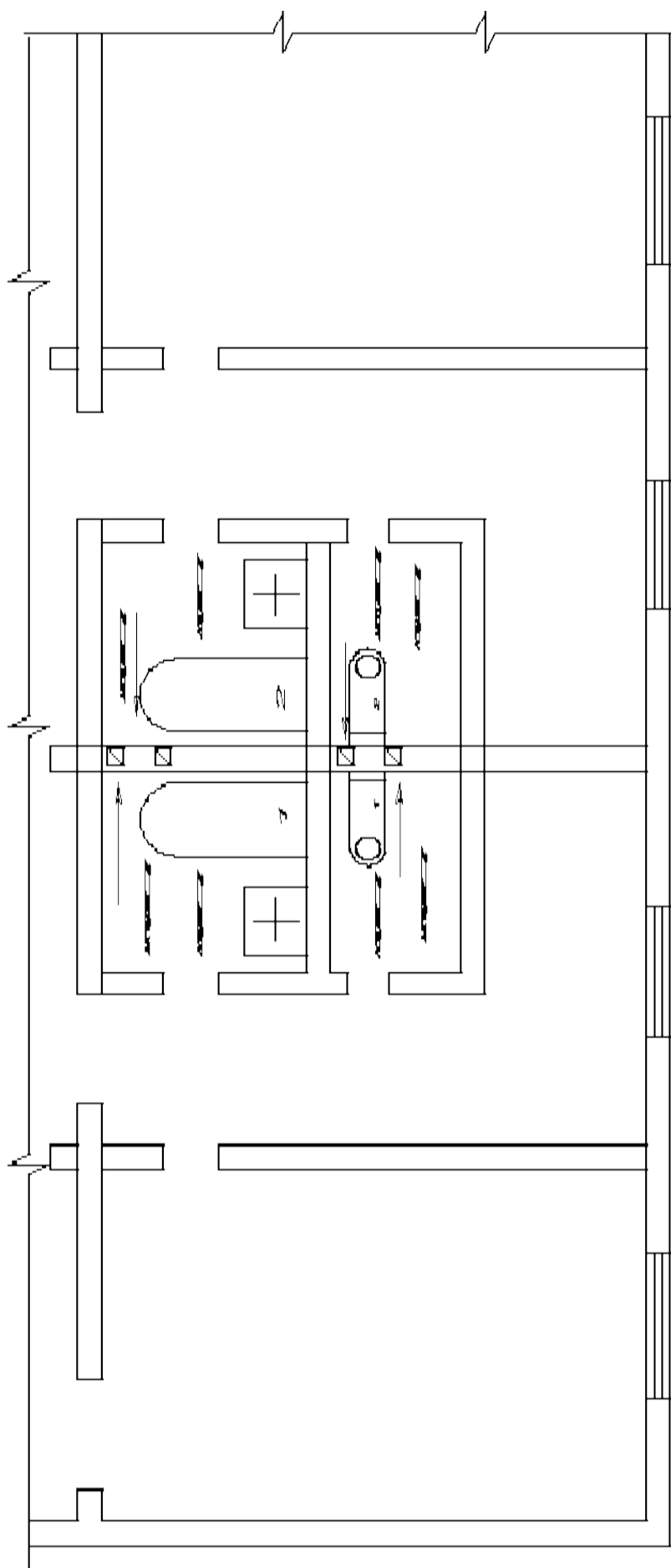
*Розрахувати природну витяжну систему вентиляції ванних кімнат і санвузлів двоповерхового житлового будинку.*

*Витягування повітря проводиться з верхньої зони приміщення на висоті 0,5 м від стелі. Висота поверхів, включаючи товщину перекриття – 3,0 м. Висота горища під коником – 2,3 м. Приплив повітря самовільний. Повітропроводи прокладені в цегляній стіні (розміри каналів 130x130 мм). На горищі канали сходяться у гіпсошляковий короб.*

*Схеми поверхів із вентиляційними каналами та розрахункова аксонометрична схема природної вентиляції подані на рис. 7.2 (а, б, в) і рис. 7.3*

Природна вентиляція розраховується на температуру зовнішнього повітря  $t_3 = 5^\circ\text{C}$ . За дод. 7 визначаємо розрахункові температури внутрішнього повітря і вентиляційні об’єми:

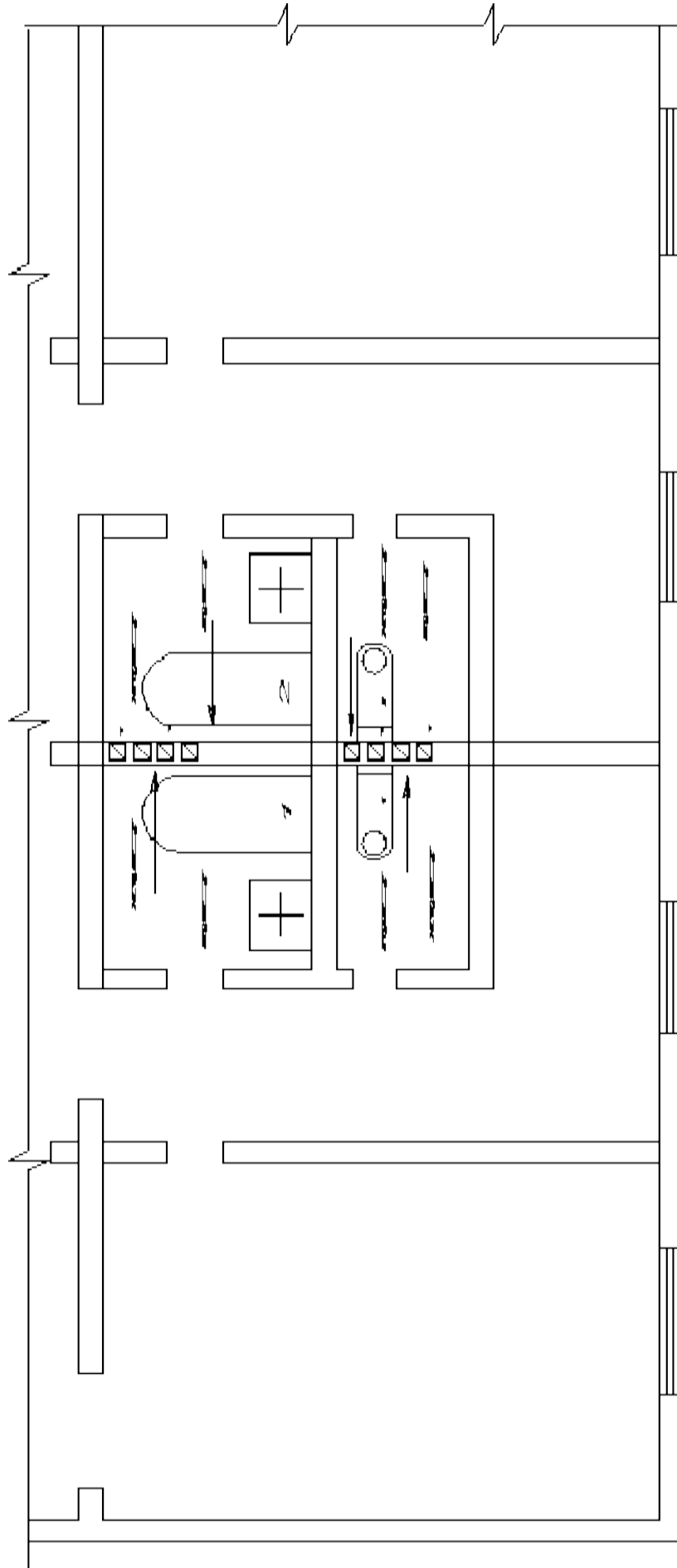
- для індивідуальної ванни  $t_6 = 2^\circ\text{C}$ ,
- для індивідуального туалету  $t_6 = 1^\circ\text{C}$ .



*a)* план першого поверху

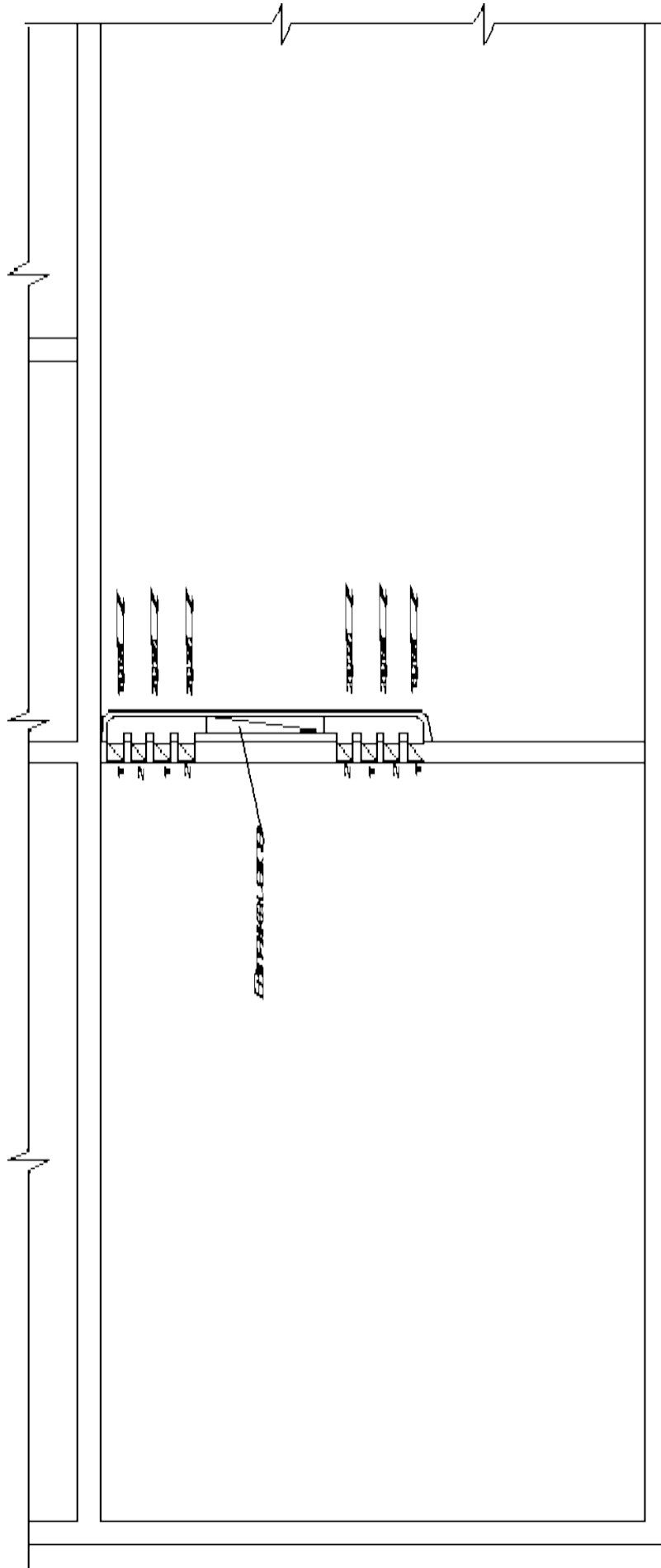
Рис. 7.2, а. До прикладу розрахунку природної вентиляції (плани поверхів і горіща з вентиляційними каналами).





б) план другого поверху

Рис. 7.2, б. До прикладу розрахунку природної вентиляції (плани поверхів і горища з вентиляційними каналами).



е) план горища

Рис. 7.2, в. До прикладу розрахунку природної вентиляції (плани поверхів і горища з вентиляційними каналами).

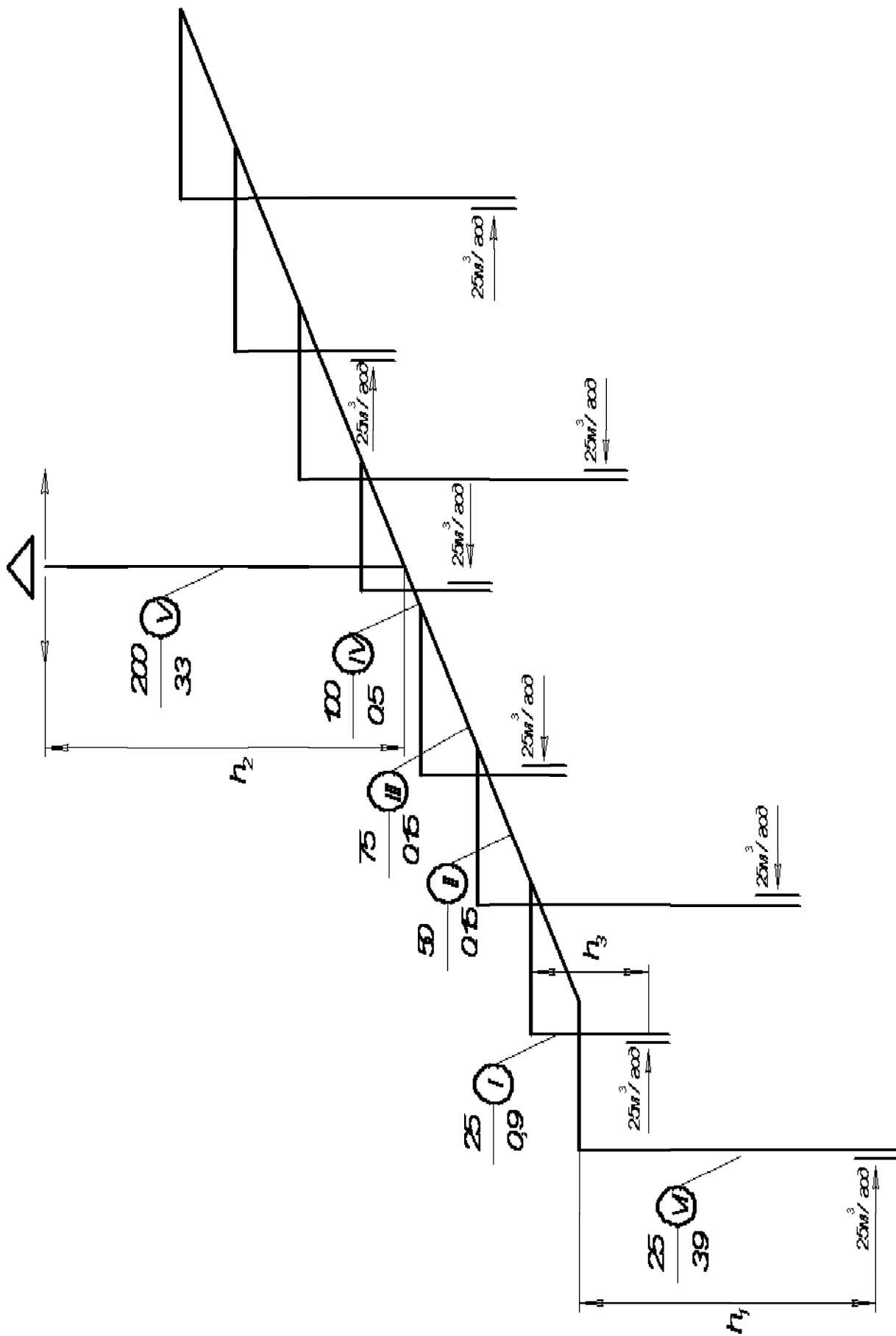


Рис. 7.3. До прикладу розрахунку природної вентиляції (розрахункова аксонометрична схема).

Вентиляційний об'єм як для індивідуальної ванни, так і для індивідуального туалету становить 25 м<sup>3</sup>/год. За дод. 6 визначаємо густину повітря для розрахункових температур:  $\rho_{в}$  кг/м<sup>3</sup>;  $\rho_{г}$  кг/м<sup>3</sup>;  $\rho_{с}$  кг/м<sup>3</sup>. Поперечні перетини каналів у стінках задані, поперечний перетин коробка на горищі визначимо розрахунком.

Визначимо різницю гравітаційних тисків. Враховуючи, що в будівлі тільки природна витяжна вентиляція, то площину рівних тисків на поверххах можна прийняти біля стелі приміщення. У цьому випадку різниця гравітаційних тисків буде рівна добутку різниці густин зовнішнього і внутрішнього повітря на висоту від площини рівних тисків до центра повітровипускного отвору шахти.

Визначимо розрахункові тиски у вітках каналів індивідуальної ванни та індивідуального туалету першого поверху (див. рис. 7.1) за формулою (7.1)

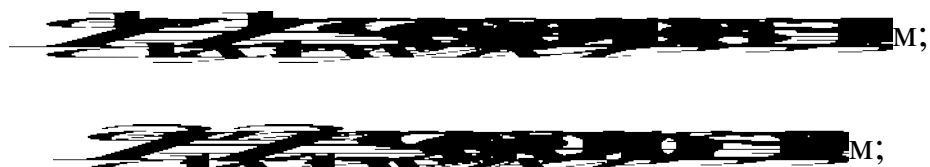


де  $p_1^в$  і  $p_1^т$  - розрахункові тиски відповідно у вітках вентиляційних каналів ванн і туалетів першого поверху, Па.

Те ж саме у вітках вентиляційних каналів другого поверху:



Сумарні довжини повітропроводів визначаються за формулою (7.2):



~~\_\_\_\_\_~~ м;

~~\_\_\_\_\_~~ м,

де  $L_{\text{сум}}^{e1}$  – сумарна довжина повітропроводу першої ванни першого поверху, м (див. рис. 7.3);

$L_{\text{сум}}^{m1}$  – сумарна довжина повітропроводу першого туалету першого поверху, м;

$L_{\text{сум}}^{e2}$  – сумарна довжина повітропроводу другої ванни першого поверху, м;

$L_{\text{сум}}^{m2}$  – сумарна довжина повітропроводу другого туалету першого поверху, м;

$L_{\text{сум}}^{e1}$  – сумарна довжина повітропроводу першої ванни другого поверху, м;

$L_{\text{сум}}^{m1}$  – сумарна довжина повітропроводу першого туалету другого поверху, м;

$L_{\text{сум}}^{e2}$  – сумарна довжина повітропроводу другої ванни другого поверху, м;

$L_{\text{сум}}^{m2}$  – сумарна довжина повітропроводу другого туалету другого поверху, м.

Питомі втрати тисків визначимо, користуючись формулою (7.3) для:

– вентиляційного каналу 1-ої ванни 1-го поверху:

$$\Delta P_{\text{вент}} = \frac{\rho \cdot L_{\text{сум}}^{e1}}{5} \text{ Па};$$

– вентиляційного каналу 2-ої ванни 1-го поверху:

$$\Delta P_{\text{вент}} = \frac{\rho \cdot L_{\text{сум}}^{e2}}{5} \text{ Па};$$

– вентиляційного каналу 1-го туалету 1-го поверху:

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{30}{5} \text{ Па;}$$

– вентиляційного каналу 2-го туалету 1-го поверху:

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{30}{5} \text{ Па;}$$

– вентиляційного каналу 1-ої ванни 2-го поверху:

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{37}{5} \text{ Па;}$$

– вентиляційного каналу 2-ої ванни 2-го поверху:

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{37}{5} \text{ Па;}$$

– вентиляційного каналу 1-го туалету 2-го поверху:

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{178}{5} \text{ Па;}$$

– вентиляційного каналу 2-го туалету 2-го поверху:

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{178}{5} \text{ Па.}$$

Далі розраховуємо ділянки I-II-III-IV-V (див. рис. 7.2), для яких питома втрата тиску вийшла найменшою ( $\beta_{\text{min}}$  Па).

### Ділянка I

Для визначення площі перерізу каналу на цій ділянці задамося швидкістю руху повітря  $w = 0,35$  м/с. При цій швидкості і кількості повітря, що видаляється із туалету -  $V = 2$  м<sup>3</sup>/год, площа перерізу каналу визначається за формулою (7.5):

$$f_1 = \frac{25}{3600} \approx 0,007 \text{ м}^2.$$

Приймаємо для ділянки I цегляний канал  $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2}$  цегли. Площа перерізу каналу за дод. 8 становить 0,02 м<sup>2</sup>. При цій площі перерізу каналу фактична швидкість руху повітря визначається за формулою (7.6) і буде становити:

$$w = \frac{25}{3600 \times 0,02} \approx 0,35 \text{ м/с}.$$

Оскільки вибраний канал прямокутної форми, то для визначення втрат тиску на тертя визначимо за дод. 8 еквівалентний діаметр  $d_e = 1$  см.

Користуючись даними таблиці дод. 10, визначимо втрати тиску на тертя  $R$ . При фактичній швидкості повітря в каналі  $w = 0,35$  м/с і  $d_e = 1$  см втрата тиску на тертя на 1 м довжини повітропроводу буде становити  $R = 0,0001$  Па, а на всій ділянці I довжиною 0,5 м з урахуванням коефіцієнта шорсткості (див. дод. 21), який при швидкості 0,35 м/с для цегляного каналу буде приблизно дорівнювати  $\beta = 0,0001$ .

$$\beta = 0,0001 \text{ Па}.$$

Користуючись дод. 11, знаходимо суму коефіцієнтів місцевих опорів ділянки:

- вхід у жалюзійну ґратку з поворотом потоку -  $\xi = 0,5$ ;





$$F = 50 \text{ м}^2$$

Приймаємо поперечний переріз гіпсошлакового короба розміром 150x150 мм.

Тоді фактична швидкість в каналі буде становити:

$$v = \frac{50}{3600} \text{ м/с}$$

Еквівалентний діаметр визначимо за формулою:

$$d_{\text{екв}} = \dots \text{ м}$$

При  $d = 0.1 \text{ м}$  і  $v = 0.06 \text{ м/с}$  згідно дод. 10  $R_{\text{т}} = 0.1 \text{ Па}$ .

Втрати тиску на тертя при  $L = 0.1 \text{ м}$  будуть становити:

$$\Delta P_{\text{т}} = \dots \text{ Па}$$

Для гіпсошлакових плит (див. дод. 21)  $R_{\text{пл}} = 0.1 \text{ Па}$ .

На ділянці II є тільки один місцевий опір через трійник при проходженні вентиляційного повітря в наступну ділянку III. За дод. 11  $\xi = 0.5$  і  $\Sigma \xi = 0.5$ .

При  $v = 0.06 \text{ м/с}$  і  $\Sigma \xi = 0.5$ , згідно з дод. 12  $R_{\text{л}} = 0.01 \text{ Па}$ .

Тоді

$$\Delta P_{\text{л}} = \dots \text{ Па}$$

### Ділянка III

На III ділянці проходить 75 м<sup>3</sup>/год. вентиляційного повітря і, якщо швидкість руху повітря становить 1,0 м/с, то площа перерізу гіпсошлакового каналу повинна бути рівною:

$$F = \frac{75}{3600 \cdot 1} \text{ м}^2.$$

Приймаємо переріз каналу 200x150 мм, тоді фактична швидкість повітря в каналі буде становити:

$$v = \frac{75}{3600 \cdot 0,0225} \text{ м/с.}$$

Еквівалентний діаметр буде мати значення:

$$d_e = \frac{200 \cdot 150}{200 + 150} \text{ м.}$$

При  $d_e = 117$  мм і  $v = 3,06$  м/с  $R_{\text{з}} = 0,01$  Па (див. дод. 10).

Втрати тиску на тертя при  $L_3 = 0,1$  будуть становити:

$$\Delta P_{\text{тр}} = 0,003 \text{ Па.}$$

На ділянці III є тільки один місцевий опір – трійник. За дод. 11  $\xi_{\text{т}} = 0,2$  і  $\Sigma \xi = 0,2$ .

При  $v = 3,06$  м/с і  $\Sigma \xi = 0,2$ , згідно з дод. 12  $Z_3 = 0,004$  Па.

Тоді

$$\Delta P_{\text{тр}} = 0,003 \text{ Па.}$$

Ділянка IV

На цій ділянці через канал проходить 100 м<sup>3</sup>/год вентиляційного повітря і при швидкості його руху 1 м/с площа перерізу каналу буде становити:

$$f_4 = \frac{100}{3600} \text{ м}^2.$$

Прийmemo перетин каналу розміром 200x200 мм. Тоді фактична швидкість повітря в каналі буде:

$$v_4 = \frac{100}{3600} \text{ м/с}.$$

Еквівалентний діаметр буде становити:

$$d_4 = \frac{200}{2} \text{ м}.$$

При  $d_4 = 200$  мм і  $v_4 = 1$  м/с  $R_4 = 0$  Па.

Втрати тиску на тертя при  $L_4 = 0$  м будуть становити:

$$\Delta P_{\text{тр}} = 0 \text{ Па}.$$

Трійник прямокутної форми:  $\xi = 1$  і  $\Sigma \xi = 1$ .

При  $v_4 = 1$  м/с і  $\Sigma \xi = 1$ ;  $Z_4 = 0$  Па.

Тоді:

$$\Delta P_{\text{тр}} = 0 \text{ Па}.$$

Ділянка V

Через канал шахти проходить  $200 \text{ м}^3/\text{год.}$  вентиляційного повітря.

Швидкість руху повітря  $1 \text{ м/с.}$

Площа перетину каналу буде становити:

$$f = \frac{200}{3600} \text{ м}^2.$$

Приймаємо канал шахти розміром  $300 \times 300 \text{ мм}$ , тоді фактична швидкість повітря у ній буде становити:

$$v = \frac{200}{3600} \text{ м/с.}$$

Еквівалентний діаметр буде становити:

$$d_e = \frac{200}{3600} \text{ м.}$$

При  $d_e = 3 \text{ мм}$  і  $v = 1 \text{ м/с}$   $R = 0 \text{ Па.}$

Втрати тиску на тертя при  $L = 3 \text{ м}$  будуть рівними:

$$R_{\text{тертя}} = 0 \text{ Па.}$$

Коефіцієнт місцевого опору при виході вентиляційного повітря із шахти  $\xi = 1$  і  $\Sigma \xi = 1$ .

При  $v = 1 \text{ м/с}$  і  $\Sigma \xi = 1$ ;  $Z = 0 \text{ Па.}$

Тоді

$$Z_{\text{вихід}} = 0 \text{ Па.}$$

Ділянка VI

Через канал VI ділянки проходить 25 м<sup>3</sup>/год. вентиляційного повітря.  
Площа перерізу каналів розміром 130x130 мм.

Визначимо швидкість повітря в каналі:

$$v = \frac{25}{3600 \cdot 0,13 \cdot 0,13} \text{ м/с.}$$

Еквівалентний діаметр

$$d_{\text{екв}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,13 \cdot 0,13}{\pi}} \text{ м.}$$

При  $d = 1$  мм і  $v = 0,1$  м/с  $R = 0$  Па.

Втрати тиску на тертя по довжині

$$\Delta P_{\text{тр}} = R \cdot L \text{ Па}$$

Коефіцієнти місцевих опорів визначають з дод. 11:

- вхід у жалюзійну ґратку  $\xi = 2$ ;
- два прямокутні коліна  $\xi = 1,5$ ;
- трійник на проході повітря в ділянку II  $\xi = 1$ .

$$\xi_{\text{сум}} = 2 + 1,5 + 1 = 4,5$$

За дод. 12 визначаємо втрату тиску на місцеві опори – при  $v = 0,1$  м/с і  $\xi = 4,5$ ;  $\Delta P = 0$  Па.

Тоді

$$\Delta P_{\text{сум}} = \Delta P_{\text{тр}} + \Delta P_{\text{місц}} \text{ Па.}$$

Отримані результати розрахунків заносимо у таблицю (див. дод. 13).

Як показали розрахунки, запас тиску, особливо для ванн і санвузлів першого поверху, великий. Зниження його можливе трьома шляхами:

- зміною перерізу каналу;
- встановленням шибера;
- встановленням вентиляційної ґратки з регулювальним пристроєм.

Враховуючи те, що канали розміщені в цегляній стіні (канали менших розмірів у цегляних стінах не робляться), їх перетин змінити неможливо, то для зміни тиску у каналі необхідно застосовувати два інші варіанти:

- встановлення шибера;
- встановлення вентиляційної ґратки з регулювальним пристроєм.

## Бібліографічний список

1. ДСТУ 3008-95 Документація, звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення. – К.: Держстандарт України, 1995.- 275 с.
2. Стандарт підприємства (СТП) 049373.01-87 Дипломні і курсові проекти (роботи). Загальні вимоги до оформлення. – Дубляни: ЛСГІ, 1987.-38 с.
3. Дипломне та курсове проектування / Д.Г.Войтюк, О.В.Дацишин, В.С.Колісник та ін.; За ред. О.В.Дацишина.- К.: Урожай, 1996.- 192 с.
4. Сканава А.Н. Конструирование и расчёт систем водяного и воздушного отопления зданий.- М.: Стройиздат, 1983.- 304 с.
5. Богословський В.Н., Щеглов В.П. Отопление и вентиляция.- М.: Стройиздат, 1991.- 303 с.
6. Богословський В.Н., Сканава А.Н. Отопление.- М.: Стройиздат, 1991.- 736 с.
7. СНиП II-3-795\*\* Строительная теплотехника.- М.: Стройиздат, 1991.- 40 с.
8. Тихомиров В.К. Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция .-М.: Стройиздат, 1981.-272с.
9. Проектування і розрахунок опалення житлових будинків. Методичні поради / С.В.Синій – Луцьк: ЛДТУ, 1999.- 52 с.
10. Журавлёв Б.А. Слесарь-сантехник: Справочник.- М.: Стройиздат,1988.- 352 с.
11. Орлов К.С. Санитарно-технические устройства сельских зданий: Учебник.- М.: Агропомиздат, 1986.- 237 с.
12. Будасов Б.В. и др. Строительное черчение.- 4-е изд.- М.: Стройиздат, 1990.- 464 с.
13. СНиП 2.04.05.-86. Отопление, вентиляция и кондиционирование.- М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1987.-64с.
14. Жуковский С.С., Лабай В.Й. Системи енергопостачання і забезпечення мікроклімату будинків та споруд: Навчальний посібник для ВЗО.- Львів: Астрономо-геодезичне товариство, 2000.- 259с.
15. СНиП 2.01.01.-82. Строительная климатология и геофизика.- М.: Стройиздат,1983.-136с.
16. Тихомиров В.К., СергеенкоЭ.С. Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция: Учебник для вузов. - М.: Стройиздат, 1991. – 480 с.

# **ДОДАТКИ**



Додаток А

МІНІСТЕРСТВО АГРАРНОЇ ПОЛІТИКИ УКРАЇНИ  
ЛЬВІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет

Кафедра енергетики

РОЗРАХУНКОВО-ПОЯСНЮВАЛЬНА  
ЗАПИСКА

ДО КУРСОВОГО ПРОЕКТУ НА ТЕМУ :  
**"ОПАЛЕННЯ І ВЕНТИЛЯЦІЯ  
БУДІВЛІ"**

З ДИСЦИПЛІНИ:  
"ТЕПЛОТЕХНІКА ТА ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОТИ"

Виконав ст.гр. \_\_\_\_\_  
( підпис ) ( прізвище та ініціали )

Керівник проекту: \_\_\_\_\_  
( підпис ) ( прізвище та ініціали )

Члени комісії: 1. \_\_\_\_\_  
( підпис ) ( прізвище та ініціали )  
2. \_\_\_\_\_  
( підпис ) ( прізвище та ініціали )

Місце виконання – рік

Додаток Б

ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ  
НА КУРСОВИЙ ПРОЕКТ  
НА ТЕМУ:  
**“ОПАЛЕННЯ І ВЕНТИЛЯЦІЯ  
БУДІВЛІ”**

студент \_\_\_\_\_ група \_\_\_\_\_  
кафедра енергетики .., факультет \_\_\_\_\_

Виконати проект опалення та вентиляції  
будівлі за вихідними даними

1. Місце будівництва \_\_\_\_\_
2. Тип будівлі \_\_\_\_\_
3. Варіант плану будівлі \_\_\_\_\_
4. Орієнтація повздовжньої осі будівлі з \_\_\_\_\_ на \_\_\_\_\_
5. Кількість поверхів, шт. \_\_\_\_\_
6. Висота поверху, м. \_\_\_\_\_
7. Вид системи опалення:  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
13. Система під'єднана:  
а) до теплової мережі через \_\_\_\_\_  
б) до \_\_\_\_\_
14. Температура теплоносія, гарячого/охолодженого, °C:  
а) у тепломережі  $t_1/t_0 =$  \_\_\_\_\_  
б) у системі опалення  $t_2/t_0 =$  \_\_\_\_\_
15. Тиск, створений змішувальним пристроєм, кПа: \_\_\_\_\_

Виконати розрахунок природної  
вентиляції даної сільськогосподарської будівлі

Завдання видано: \_\_\_\_\_

Термін здачі курсового проекту: \_\_\_\_\_

Завдання отримав: \_\_\_\_\_

( підпис )

( прізвище та ініціали )

Завдання видав: \_\_\_\_\_

( підпис )

( прізвище та ініціали )

Місце виконання – рік

## Додаток В

**Розрахункова температура  
внутрішнього повітря приміщення**

<i>Назва приміщення</i>	$t_g \text{ } ^\circ\text{C}$	$T_g \text{ } ^\circ\text{K}$
Житлова кімната будинку, квартири гуртожитку	18	291
Житлова кімната будинку в районах з температурою найхолоднішої п'ятиденки (забезпеченість 0,92, температура $-31^\circ\text{C}$ і нижча)	20	293
Номер готелю	20	293
Кухня в квартирах з газовою або електричною плитами	15	288
Ванна індивідуальна	25	298
Суміщений санвузол (ванна і туалет)	25	298
Туалет індивідуальний	16	289
Туалет загальний	16	289
Сходова клітка	16	289
Для важкої фізичної праці	12	285
Для легкої фізичної праці	16	289

Додаток Д

**Значення коефіцієнта  $n$  на розрахункову  
різницю температур ( $T_e - T_3$ ) [5]**

<i>Назва огороження</i>	Коефіцієнт $n$
Зовнішні стіни, плоскі покрівлі (суміщені дахи) і перекриття над проїздами	1
Горищні перекриття і суміщені дахи з вентиляльованими продухами	0,9
Перекриття над холодними підпіллями, розміщеними вище рівня землі.	0,75
Перекриття над неопалюваними підвалами за наявності вікон у зовнішніх стінах підвалу	0,6
Перекриття над неопалюваними підвалами за відсутності вікон у зовнішніх стінах підвалу	0,4

## Додаток Е

### Розрахункова температура зовнішнього повітря

<i>Теплова інерція огорожі</i>	<i>Теплова масивність</i>	<i>Розрахункова температура зовнішнього повітря</i>
Незначна	$D \leq 1,5$	$t_{3.min}$
Мала	$1,5 < D \leq 4$	$t_{3.1}$
Середня	$4 < D \leq 7$	$\frac{t_{3.1} + t_{3.5}}{2}$
Велика	$D < 7$	$t_{н.5}$

#### **Примітка.**

$t_{3.min}$  – абсолютна мінімальна температура для даної місцевості;

$t_{3.1}$  – середня температура найхолоднішої доби;

$t_{3.5}$  – середня температура найхолоднішої п'ятиденки, визначена по найбільш суворих зимах за останні п'ятдесят років.

Значення вказаних температур вибираються з дод. Н.

Додаток Ж

Теплотехнічні показники будматеріалів і конструкцій

Шифр	МАТЕРІАЛ	Об'ємна маса (густина) $\gamma_0, \text{кг/м}^3$	Розрахункові коефіцієнти			
			теплопровідності $\lambda, \text{Вт/м} \cdot \text{К}$		теплотасвоєння $S, \text{Вт/м}^2 \cdot \text{К}$	
			А	Б	А	Б
1	2	3	4	5	6	7
1.	Залізобетон	2500	1,92	2,04	17,98	16,95
2.	Пемзобетон	1000	0,30	0,34	4,69	5,20
3.	Керамзитобетон на керамзитовому піску і керамзитопінобетон	500	0,17	0,23	2,55	3,25
4.	Перлібетон	600	0,19	0,23	3,24	3,84
5.	Шлакопемзобетон	1000	0,19	0,23	3,24	3,84
6.	Шлакопемзопіно- і шлакопемзогазобетон	800	0,29	0,35	4,46	5,15
7.	Вермикулібетон	300	0,09	0,11	1,52	1,83
8.	Газо- і пінобетон, газо- і піносилікат	300	0,11	0,13	1,68	1,95
9.	Цементно-піщаний розчин	1800	0,76	0,93	9,60	11,09
10.	Складний розчин: пісок, вапно, цемент	1700	0,70	0,87	8,95	10,42
11.	Вапняно-піщаний розчин	1600	0,70	0,81	8,69	9,76

Продовження дод. Ж

1	2	3	4	5	6	7
12.	Листи гіпсові обшивні (суха штукатурка)	800	0,19	0,21	3,34	3,36
13.	Цегляна кладка на цементно-піщаному розчині, цегла глиняна звичайна	1800	0,70	0,81	9,20	10,12
14.	Те саме, силікатна цегла	1800	0,76	0,87	9,77	10,90
15.	Те саме, силікатна цегла одинадцятипустотна ц.	1500	0,70	0,81	8,59	9,63
16.	Вапно	2000	1,16	1,28	12,77	13,70
17.	Гравій керамзитовий	800	0,21	0,23	3,36	3,60
18.	Гравій шунгізовий	400	0,13	0,14	1,87	2,03
19.	Мати мінераловатні	75	0,06	0,064	0,55	0,61
20.	Перлітопластбетон	200	0,052	0,06	0,93	1,01
21.	Плити мінераловатні	50	0,052	0,06	0,42	-0,48
22.	Те саме	300	0,087	0,09	1,32	1,44
23.	Пінополістирол	100	0,041	0,052	0,65	0,82
24.	Пінопласт ПХВ-1 і ПВ-1	125	0,06	0,064	0,86	0,99

Продовження дод. Ж

1	2	3	4	5	6	7
25.	Те саме	$\leq 100$	0,05	0,052	0,68	0,8
26.	Поліуритан	80	0,05	0,05	0,67	0,70
27.	Асфальтобетон	2100	1,05	1,05	16,43	16,43
28.	Руберойд, пергамід, толь	600	0,17	0,17	3,53	3,53
29.	Лінолеум	180	0,38	0,38	8,56	8,56
30.	Сталь	7850	58	58	126,5	126,5
31.	Чавун	7200	50	50	112,5	112,5
32.	Алюміній	2600	221	221	407	326
33.	Мідь	8500	407	407	326	326
34.	Скло віконне	2500	0,76	0,76	10,79	10,79
35.	Сосна/ дуб вздовж волокон	500/ 700	0,29/ 0,35	0,35/ 0,41	5,56/ 6,9	6,33/ 7,83

*Зауваження: А, Б – умови експлуатації за дод. И*



Додаток И

Умови експлуатації огороджувальних конструкцій залежно від вологісного режиму приміщень і зон вологості [7]

Режим приміщення	Вологість внутрішнього повітря $\varphi$ , % при його температурі $t_v$ , °C			Умови експлуатації А і Б в зонах вологості		
	$t_v \leq 1$	<del>1 &lt; <math>t_v</math> &lt; 2</del>	$t_v > 2$	Суха	Нормальна	Волога
Сухий	<del><math>\varphi \leq 6</math></del>	<del><math>\varphi \leq 5</math></del>	<del><math>\varphi \leq 4</math></del>	А	А	Б
Нормальний	<del>6 &lt; <math>\varphi</math> &lt; 7</del>	<del>5 &lt; <math>\varphi</math> &lt; 6</del>	<del>4 &lt; <math>\varphi</math> &lt; 5</del>	А	Б	Б
Вологий	$\varphi > 7$	<del>6 &lt; <math>\varphi</math> &lt; 7</del>	<del>5 &lt; <math>\varphi</math> &lt; 6</del>	Б	Б	Б
Мокрий	–	$\varphi > 7$	$\varphi > 6$	Б	Б	Б

Додаток К

Значення коефіцієнта тепловіддачі  $\alpha_B$  [1]

Внутрішня поверхня огороджувальних конструкцій	$\alpha_B$ , Вт/м <sup>2</sup> °К
Стін, підлог, гладких стель, стель з виступаючими ребрами при $h/a \leq 0,3$ ( $h$ – висота ребер; $a$ – відстань між гранями сусідніх ребер)	8,7
Стель з виступаючими ребрами при $h/a > 0,3$	7,6

Додаток Л

**Значення коефіцієнта  
тепловіддачі  $\alpha_3$ ,  $Вт/м^2 \cdot К$  [1]**

<i>Зовнішня поверхня огороджувальної конструкції</i>	<i><math>\alpha_3</math>, <math>Вт/м^2 \cdot К</math></i>
Зовнішніх стін, покриття, перекриття над проїздами і над холодними без огороджувальних стінок підпіллями у північній будівельно-кліматичній зоні	23
Перекриття над холодними підвалами, взаємодіючими із зовнішнім повітрям; перекриття над холодними з огороджувальними стінками підпіллями і холодними поверхнями у північній будівельно-кліматичній зоні	17
Перекриття горищні і над неопалюваними підвалами зі світловими прорізами у стінах	12
Перекриття над неопалюваними підвалами без світлових прорізів у стінах, розташованими вище рівня ґрунту і над неопалюваними техпідпіллями, розташованими вище рівня ґрунту	6



Додаток Н

Температура зовнішнього повітря [8]

<i>Шифр</i>	<i>Місто</i>	<i>Температура <math>t_z</math>, °C забезпеченістю 0,92 найхолоднішої</i>	
		<i>добы</i>	<i>п'ятиденки</i>
1	Вінниця	-26	-21
2	Дніпропетровськ	-26	-23
3	Донецьк	-27	-23
4	Житомир	-25	-22
5	Запоріжжя	-25	-22
6	Івано-Франківськ	-24	-20
7	Кіровоград	-26	-22
8	Київ	-26	-22
9	Луганськ	-29	-25
10	Луцьк	-24	-20
11	Львів	-23	-19
12	Миколаїв	-23	-20
13	Одеса	-21	-18

<i>Шифр</i>	<i>Місто</i>	<i>Температура <math>t_3</math>, °C забезпеченістю 0,92 найхолоднішої</i>	
		<i>добы</i>	<i>п'ятиденки</i>
14	Полтава	-27	-23
15	Рівне	-25	-21
16	Сімферополь	-20	-16
17	Суми	-28	-24
18	Тернопіль	-24	-21
19	Ужгород	-22	-18
20	Харків	-28	-23
21	Херсон	-23	-19
22	Хмельницький	-25	-21
23	Черкаси	-26	-22
24	Чернівці	-24	-20
25	Чернігів	-27	-23
26	Феодосія	-19	-15

## Додаток П

### Термічний опір теплопередачі заповнень дверей і світлових прорізів

Конструкція заповнення отворів	Приведений опір теплопередачі, $R_0$ , $\text{м}^2 \cdot \text{°К} / \text{Вт}$
Зовнішні дерев'яні двері і ворота одинарні	0,21
Зовнішні дерев'яні двері і ворота подвійні	0,43
Двері скляні одинарні	0,15
Двері скляні подвійні	0,27
Внутрішні двері одинарні	0,34
Магазинні вітрини, що вентилюються	0,21
Вітражі зі стальними рамами	0,26
Одинарне вікно у дерев'яній рамі	0,18
Одинарне вікно у металевій рамі	0,15
Подвійне вікно у дерев'яній спареній рамі	0,39
Подвійне вікно у дерев'яних окремих рамах	0,42
Подвійне вікно у металевих окремих рамах	0,34
Подвійні засклення вітрин у металевих окремих рамах	0,31
Потрійне засклення у дерев'яних окремих рамах	0,55
Потрійне засклення у металевих окремих рамах	0,46

*Зауваження: Значення  $R_0$  дано при відношенні заскленої площі до площі заповнення світлового прорізу 0,75 – 0,85.*

*При менших відношеннях  $R_0$  необхідно збільшити на 10%, при більших – зменшити на 5%.*

Додаток Р

Добавки до основних тепловтрат приміщень на підігрівання повітря, що надходить шляхом інфільтрації через нещільності огорожень, %

Кількість поверхів у будівлі	Поверх, що підлягає розрахунку							
	1	2	3	4	5	6	7	8
3	5	-	-	-	-	-	-	-
4	10	5	-	-	-	-	-	-
5	10	10	5	-	-	-	-	-
6	15	10	5	5	-	-	-	-
7	20	15	10	5	-	-	5	-
8	20	15	10	10	5	-	-	5

Додаток С

Зведені загальні тепловтрати приміщень будівлі

№ приміщення	$Q_{поб.}, Вт$	$Q - Q_{поб.}, Вт$			Всього, Вт $\sum Q_n + x \cdot Q_c + Q_v$ ( $x$ -кількість проміжних без першого і останнього поверхів)
		Нижнього (першого) поверху, $Q_n$	Проміжного (середнього) поверху, $Q_c$	Верхнього (останнього) поверху, $Q_v$	
101					
102					
⋮					
СК					
<i>Загальні тепловтрати будівлі</i>					$\sum Q = \text{_____} Вт$

Додаток Т

**Значення коефіцієнта  $\alpha$ ,  
що враховує вплив різниці температур ( $t_{в}-t_{з}$ )**

<b>Середня температура найхолоднішої п'ятиденки °С</b>	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45	-50
<b>Значення коефіцієнта <math>\alpha</math></b>	1,45	1,29	1,17	1,08	1	0,95	0,9	0,86	0,83

Додаток У

**Значення питомої теплової характеристики  $q_0$   
для житлових будинків, готелів, гуртожитків  
(для населених пунктів з розрахунковою  
зовнішньою температурою -30°)**

	<b>Об'єм будівлі, тис. м<sup>3</sup>.</b>				
	<b>До 3</b>	<b>До 5</b>	<b>До 10</b>	<b>До 15</b>	<b>До 20</b>
<b><math>q_0</math>, Вт/м<sup>3</sup> °К</b>	0,49	0,44	0,39	0,36	0,34

*Зауваження. У значенні  $q_0$  враховано сумарну витрату теплоти на опалення і вентиляцію.*



Додаток Ф

Поправочні коефіцієнти до значення  $q_v$

<i>Планувальне розміщення приміщень</i>	<i>Для поверхів</i>			<i>Для одноповерхового будинку</i>
	<i>нижнього</i>	<i>середнього</i>	<i>верхнього</i>	
Середні	1,1	0,8	1,3	0,9
Кутові	1,9	1,5	2,2	1,5

Додаток Х

Розміри отворів і борозен для трубопроводів системи опалення

<i>Трубопровід</i>	<i>Розміри отвору при відкритому прокладанні, мм</i>	<i>Розмір борозни при схованому прокладанні</i>	
		<i>ширина</i>	<i>глибина</i>
Стояк однотрубної системи	100×100	130	130
Два стояки двотрубної системи	150×100	200	130
Підводки до приладів і “зчіпки”	100×100	60	60
Головний стояк	200×200	200	200
Магістральні	250×300	-	-

Додаток Ц

Значення термічного опору  $R_{n,n}$   
замкнених повітряних прошарків

Товщина повітряного прошарку $\delta$ , м	$R_{n,n}, \text{м}^2 \cdot \text{°К/Вт}$			
	Горизонтального при потоці теплоти знизу вгору і вертикального		Горизонтального при потоці теплоти зверху вниз	
	При температурі повітря в прошарку			
	додатний	від'ємний	додатний	від'ємний
0,01	0,13	0,15	0,14	0,15
0,02	0,14	0,15	0,15	0,19
0,03	0,14	0,16	0,16	0,21
0,05	0,14	0,17	0,17	0,22
0,10	0,15	0,18	0,18	0,23
0,15	0,15	0,18	0,18	0,24
0,2 – 0,3	0,15	0,19	0,19	0,24

Додаток Ш

Площа 1 погонного метра неізольованих  
трубопроводів магістралей, стояків,  
підводок і “зчіпок”, екм

Діаметр труби, мм	15	20	25	32	40	50	76/3	108/4
$f_{тр.}$ , екм.	0,12	0,15	0,18	0,21	0,24	0,3	0,37	0,53

Додаток Щ

Розрахунок опалювальних приладів

<i>№ приміщення</i>	<i><math>t_{\theta}, \text{°C}</math></i>	<i><math>Q, \text{Вт}</math></i>	<i><math>Q_{\text{тр}}, \text{Вт}</math></i>	<i><math>Q_{\text{пр}}, \text{Вт}</math></i>	<i>Назва, тип, марка нагрівального приладу</i>	<i><math>F_0, \text{екм}</math></i>	<i><math>f_0, \text{екм}</math></i>	<i><math>n, \text{штук}</math></i>
1	2	3	4	5	6	7	8	9
101								
102								
103								
·								
·								
·								
Ск								

Додаток Ю

Конструктивні параметри серійних елеваторів

<i>№ елеватора</i>	<i><math>d_2</math></i>	<i><math>d_1</math></i>	<i><math>d_3</math></i>	<i><math>L</math></i>	<i><math>L_1</math></i>	<i><math>h</math></i>
1	15	30	30	355	70	100
2	20	35	50	425	93	110
3	25	40	65	550	104	130
4	30	49	76	600	125	130
5	35	49	76	625	125	150
6	45	60	95	720	130	175

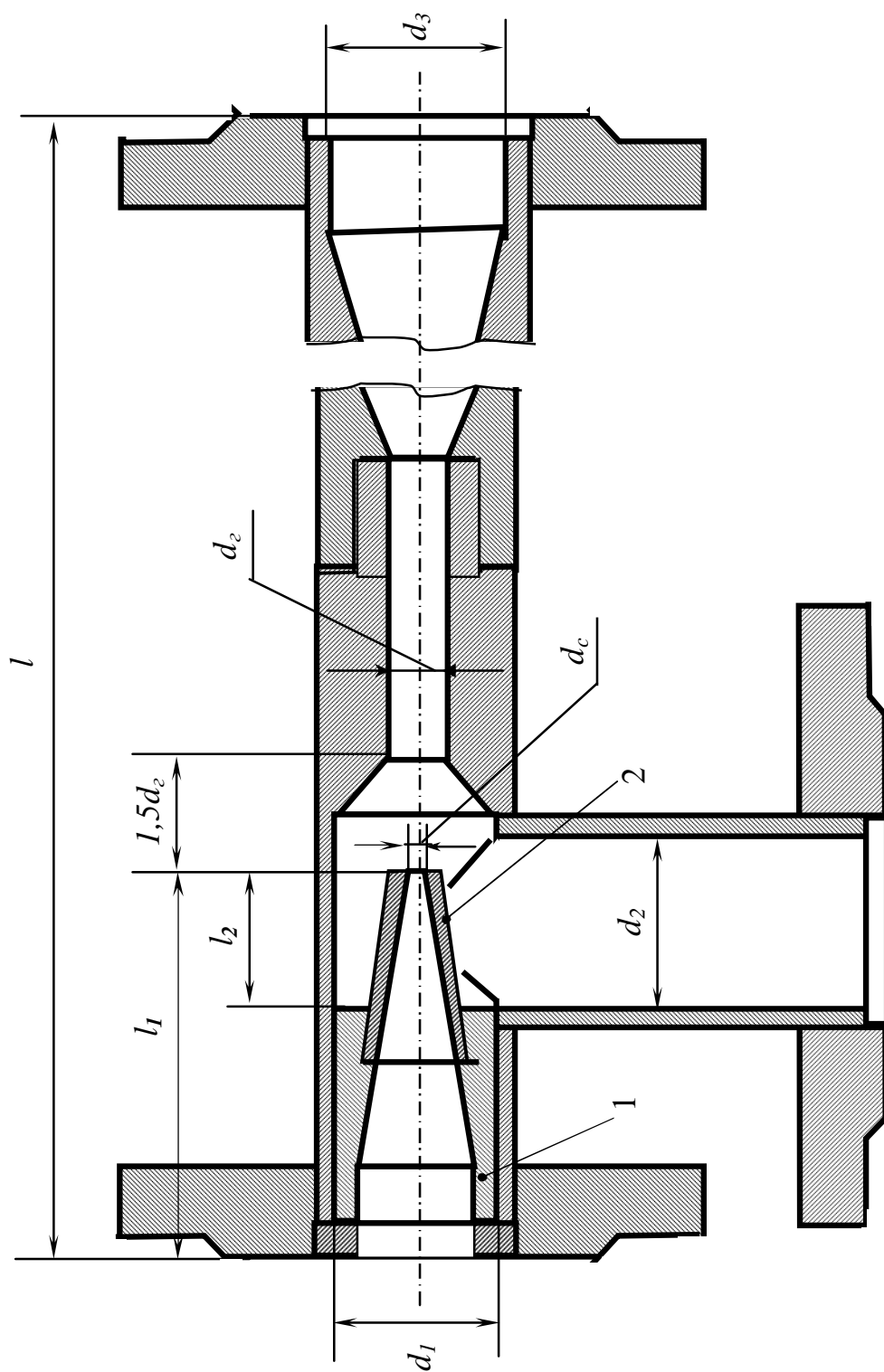


Рис.Я.1. Водоструминний змішувач (елеватор):  
1 – сопло; 2 – змінна частина сопла.

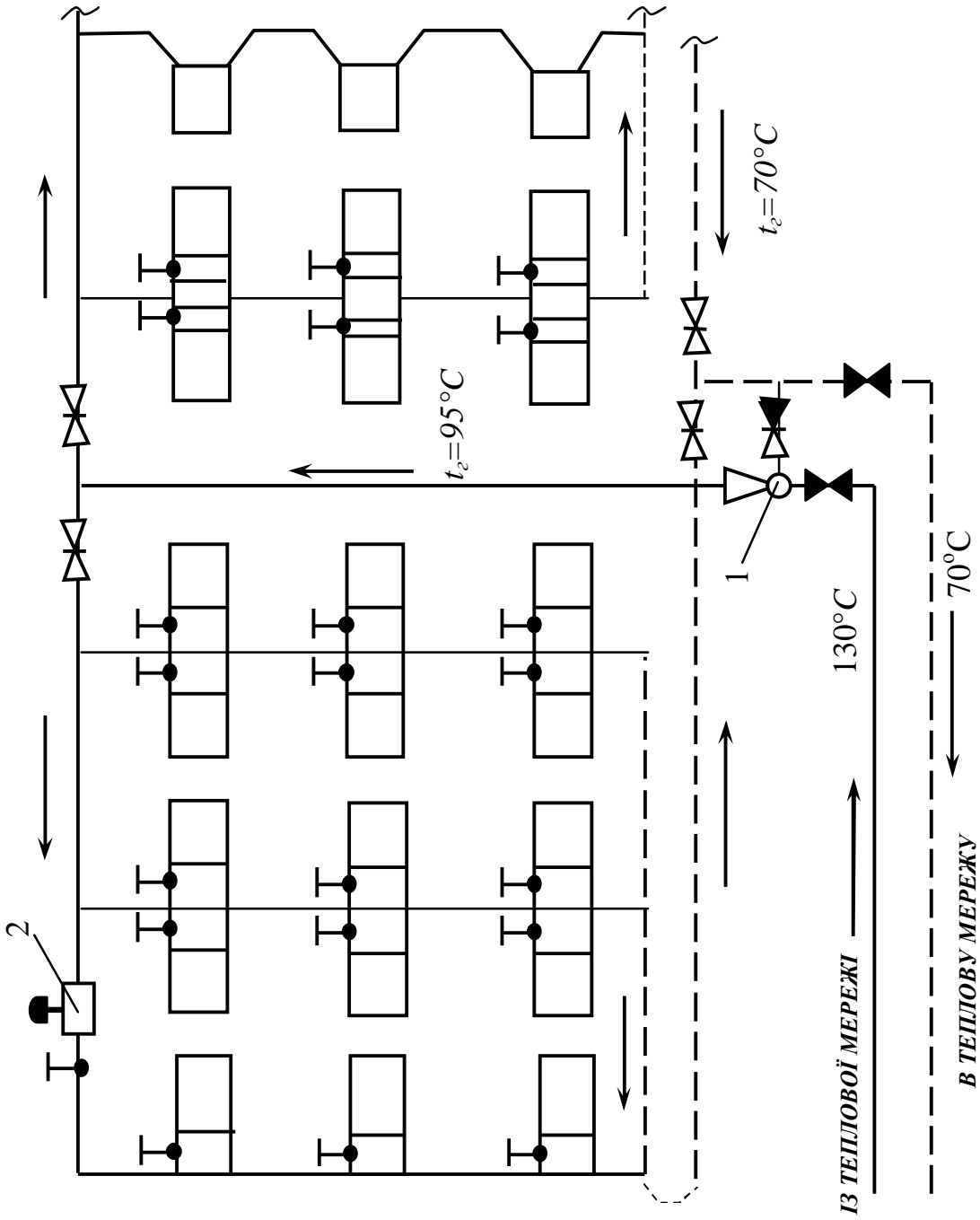


Рис. Я.2. Однотрубна система водяного опалення, під'єднана до теплової мережі через елеватор: 1 – елеватор; 2 – повітрозбірник

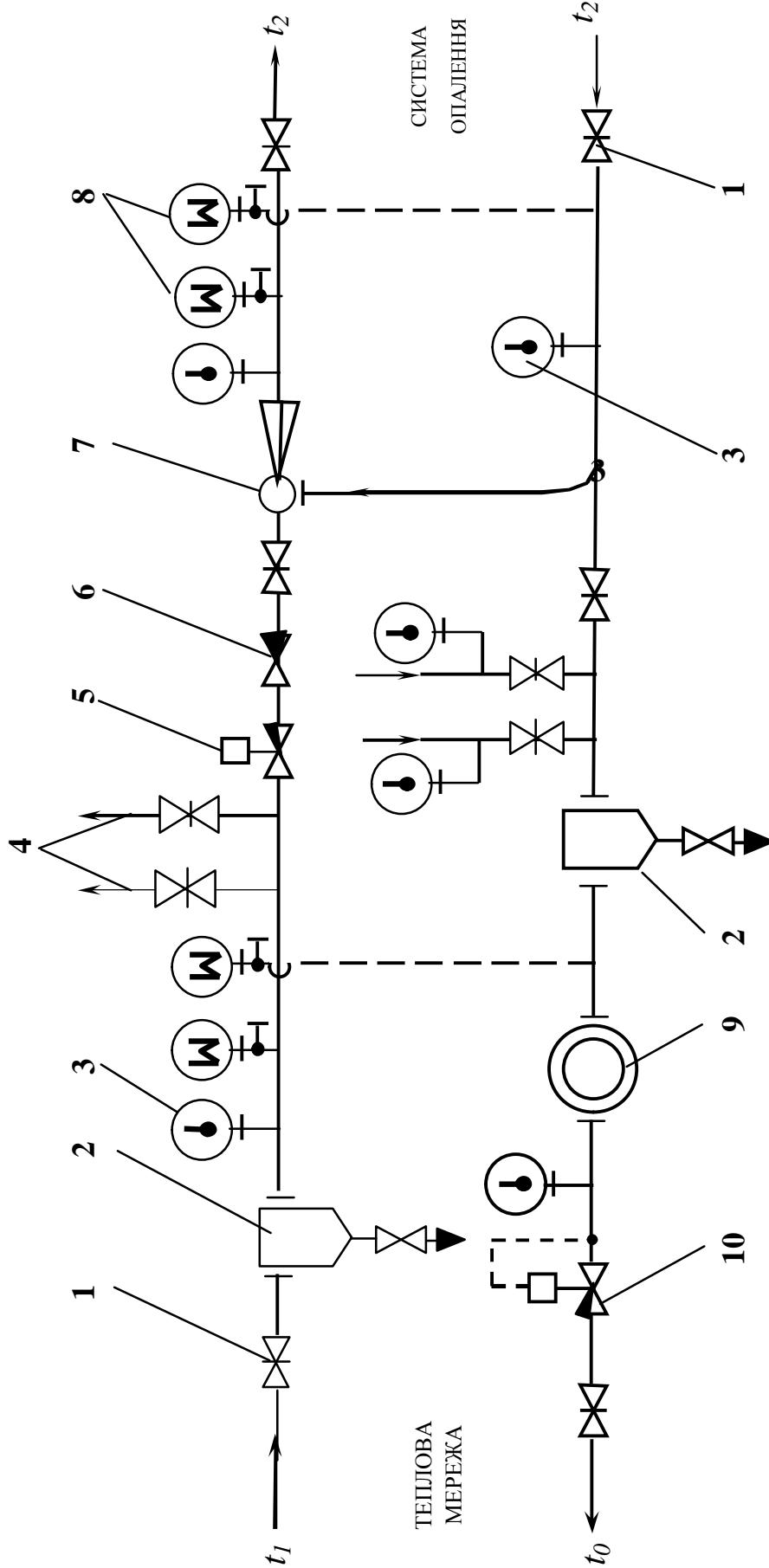


Рис.Я.3. Принципова схема місцевого теплового пункту при залежному під'єднанні системи водяного опалення до зовнішніх теплопроводів із змішуванням води за допомогою водострумного елеватора: 1 - засувка; 2- грязьовик; 3 - термометр; 4 - відгалуження до систем вентиляції і гарячого водопостачання; 5 - регулятор витрати; 6 - зворотний клапан; 7- водострумний елеватор; 8 - манометри; 9 - тепловимірвач; 10 - регулятор

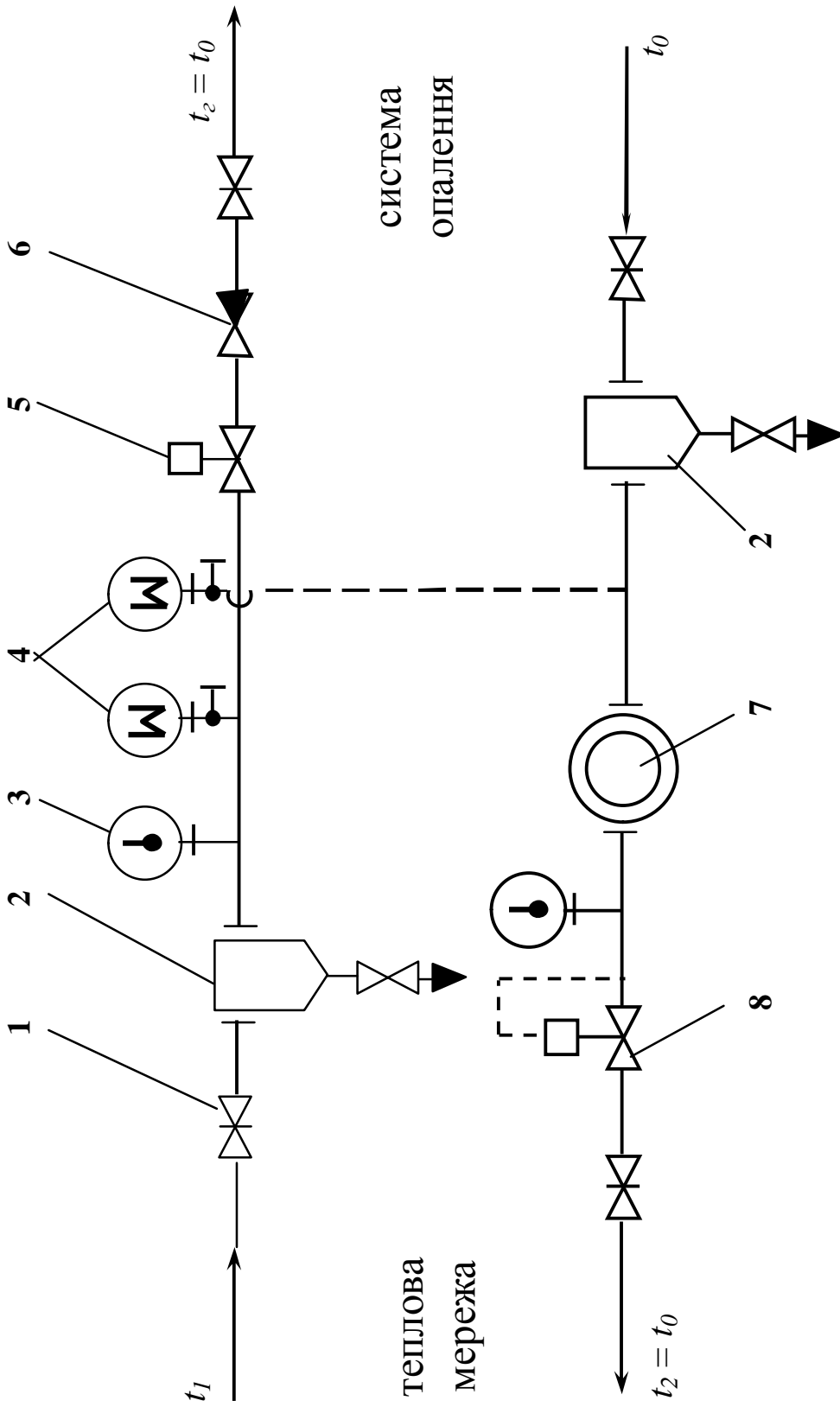
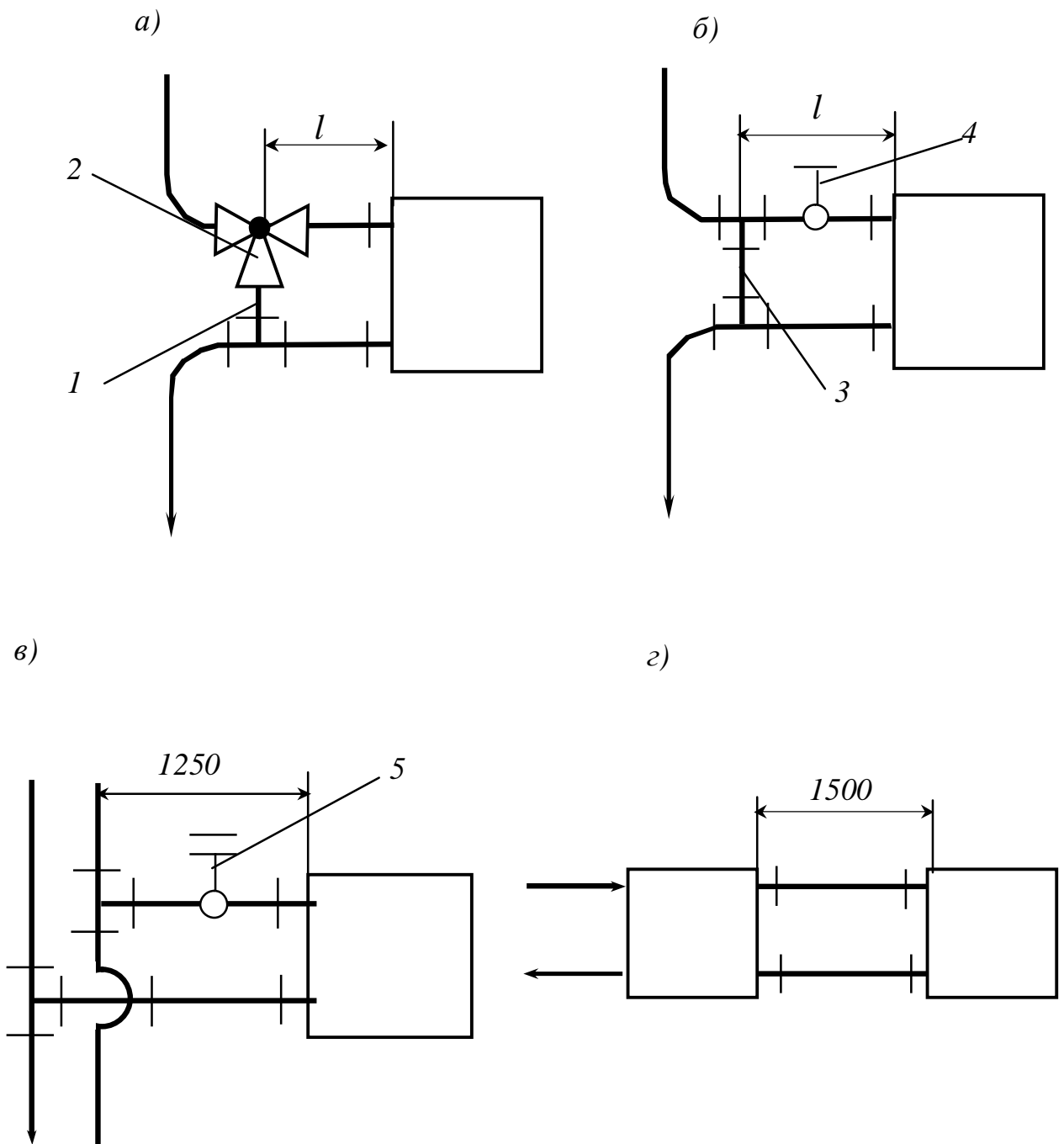


Рис.Я.4. Принципова схема місцевого теплового пункту при залежному прямоточному під'єднанні системи водяного опалення до зовнішніх теплопроводів: 1 - засувка; 2 - грязьовик; 3 - термометр; 4 - манометри; 5 - клапан регулювальний; 6 - зворотний клапан; 7 - тепловимірювач; 8 - регулятор тиску.

Додаток 1



Мал.1.1. Уніфіковане під'єднання труб до опалювальних приладів вертикальних систем опалення однотрубних (а і б) і двотрубних (в), в "зчіпці" двох приладів (г): 1 - зміщена обхідна ділянка; 2 - кран КРТ; 3 - зміщена замикаюча ділянка; 4 - кран КРП; 5 - кран КРД [6].



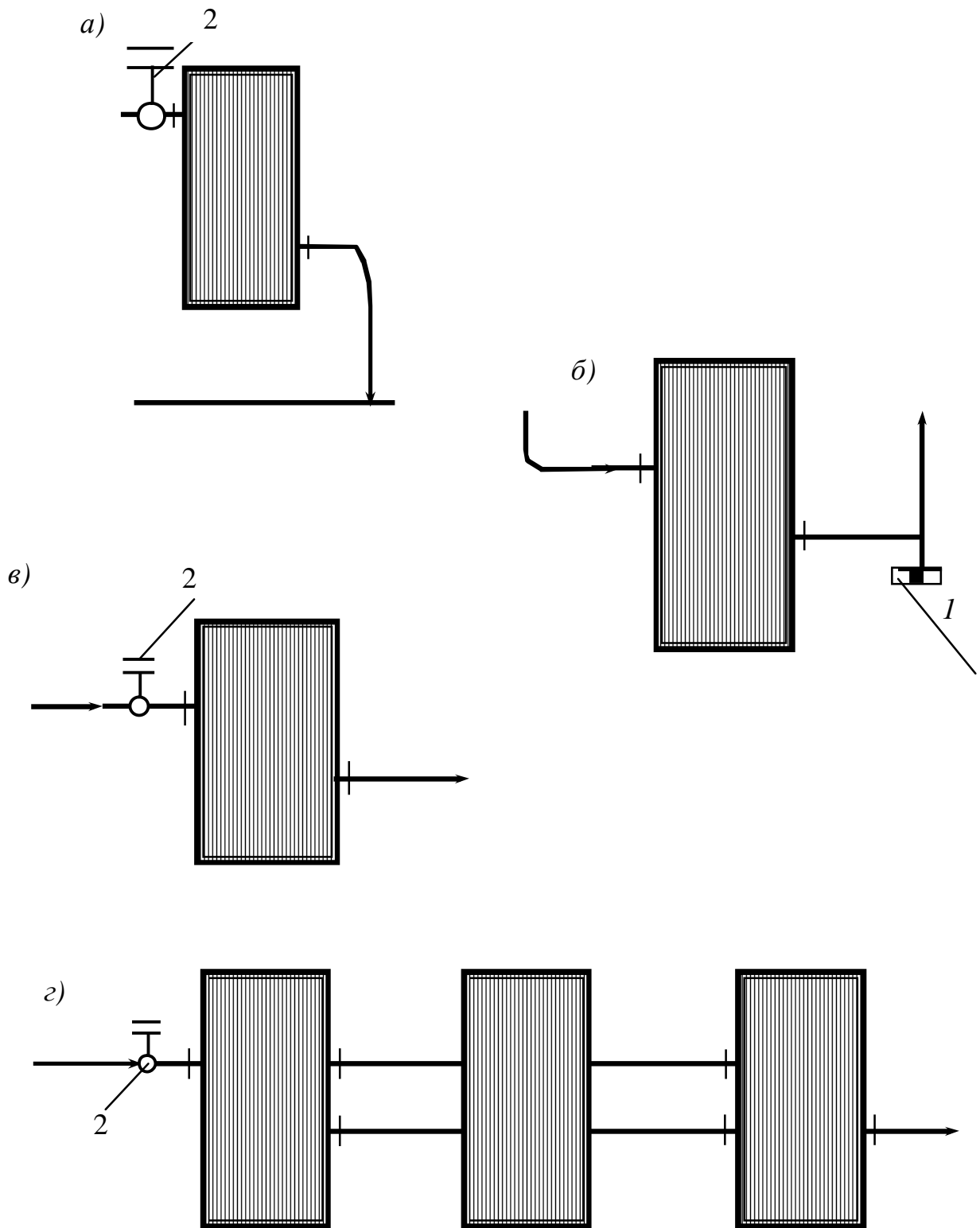


Рис.1.2. Різностороннє під'єднання труб до опалювальних приладів при русі теплоносія в приладах зверху вниз: *a* і *б* – в зворотну магістраль під приладом і над приладом; *в* – у секційному радіаторі значної довжини; *г* – в “зчіпці” трьох приладів; 1 – патрубок з корком; 2 - кран КРД [6].

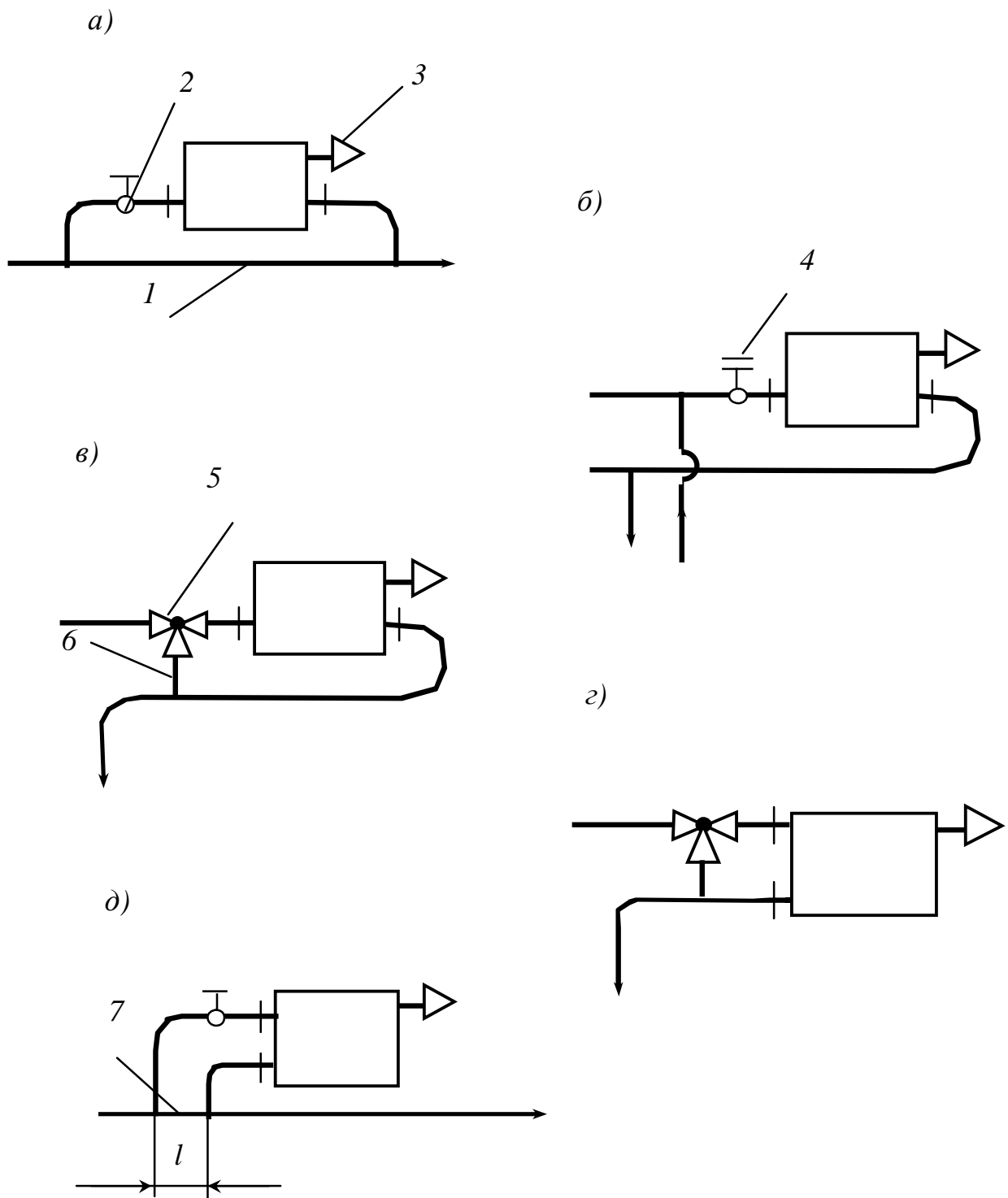


Рис.1.3. Під'єднання труб до опалювальних приладів систем водяного опалення: *а* - до горизонтальної однотрубної вітки; *б* і *в* - до верхніх приладів у стояках з нижнім розміщенням магістралей, відповідно, двотрубному і однотрубному; *г* і *д* - при деаерованій воді відповідно в однотрубному стояку (верхні прилади) і горизонтальній однотрубній вітці; 1 - осьова замикаюча ділянка; 2 - кран КРП; 3 - кран повітряний; 4 - кран КРД; 5 - кран КРТ; 6 - зміщена обхідна ділянка; 7 - редукуюча вставка (діафрагма) [6].

Додаток 2

**Значення коефіцієнта  $b_1$ , що враховує охолодження води в трубопроводах системи водяного опалення з примусовою циркуляцією [8]**

Кількість поверхів у будинку	Значення $b_1$ для розрахункового поверху при прокладанні трубопроводів											
	закритих						відкритих					
	<i>Однотрубні системи з верхньою розводкою</i>											
2	1,04						1,03					
3	1,05						1,04					
4	1,05	1,04					1,04	1,03				
5	1,05	1,04					1,04	1,03				
6	1,06	1,05	1,04				1,05	1,04				
	<i>Двотрубні системи з верхньою розводкою</i>											
2	1,05						1,05					
3	1,05	1,04					1,05	1,03				
	<i>Двотрубні системи з нижньою розводкою</i>											
2		1,03						1,05				
3			1,03						1,05			
4			1,03	1,05					1,05	1,1		
5			1,03	1,03	1,05				1,05	1,05	1,1	
6				1,03	1,03	1,05				1,05	1,05	1,1

Додаток 3

**Основні техніко-економічні показники  
нагрівних приладів (теплоносій – вода)**

<i>Радіатори чавунні</i>								
<i>Нагрівні прилади</i>	<i>Одиниця фізична</i>	<i>Поверхня нагріву</i>		<i>Коефіцієнт перерахунку поверхні з м<sup>2</sup> на екм.</i>	<i>Розміри, мм</i>			<i>Коефі- цієнт теплопе- редачі k<sub>np</sub> при Δt=64,5°C, Вт/м<sup>2</sup>·°К</i>
		<i>м<sup>2</sup></i>	<i>екм.</i>		<i>висота</i>	<i>ширина</i>	<i>глибина</i>	
<b>М-140</b>	Секція	0,244	0,31	1,22	582	96	140	9,5
<b>М-140-АО</b>	Секція	0,287	0,35	1,22	582	96	140	9,6
<b>М-140- АО-300</b>	Секція	0,170	0,217	1,28	382	96	140	10,0
<b>РД-90С</b>	Секція	0,203	0,275	1,35	582	96	90	10,1
<b>М-90</b>	Секція	0,205	0,261	1,30	582	96	90	9,8

Продовження дод. 3

<b>Радіатори сталеві штамповані</b>								
<b>Нагрівні прилади</b>	<b>Одиниця фізична</b>	<b>Поверхня нагріву</b>		<b>Коефіцієнт перерахунку поверхні з м<sup>2</sup> на екм.</b>	<b>Розміри, мм</b>			<b>Коефіцієнт теплопередачі <math>k_{np}</math> при <math>\Delta t=64,5^{\circ}\text{C}</math>, <math>\text{Вт/м}^2 \cdot ^{\circ}\text{K}</math></b>
		<b>м<sup>2</sup></b>	<b>екм.</b>		<b>висота</b>	<b>ширина</b>	<b>глибина</b>	
<b>М3-500-1</b>	Прилад	0,64	0,83	1,3	564	518	42	10,2
<b>М3-500-4</b>	Прилад	1,6	2,08	1,3	564	1262	42	10,2
<b>М3-350-1</b>	Прилад	0,425	0,6	1,4	406	518	42	10,7
<b>М3-350-4</b>	Прилад	1,062	1,49	1,4	406	1262	42	10,7
<b>2М3-500-1</b>	Прилад	1,28	1,41	1,1	564	518	100	9,2
<b>2М3-500-4</b>	Прилад	3,2	3,53	1,1	564	1262	100	9,2
<b>2М3-350-1</b>	Прилад	0,85	1,01	1,2	406	518	100	9,8
<b>2М3-350-4</b>	Прилад	2,125	2,52	1,2	406	1262	100	9,8

*Зауваження: Дані про інші нагрівальні прилади і детальніше про наведені у дод. 3 можна отримати, наприклад у [8; 14; 16].*

Додаток 4

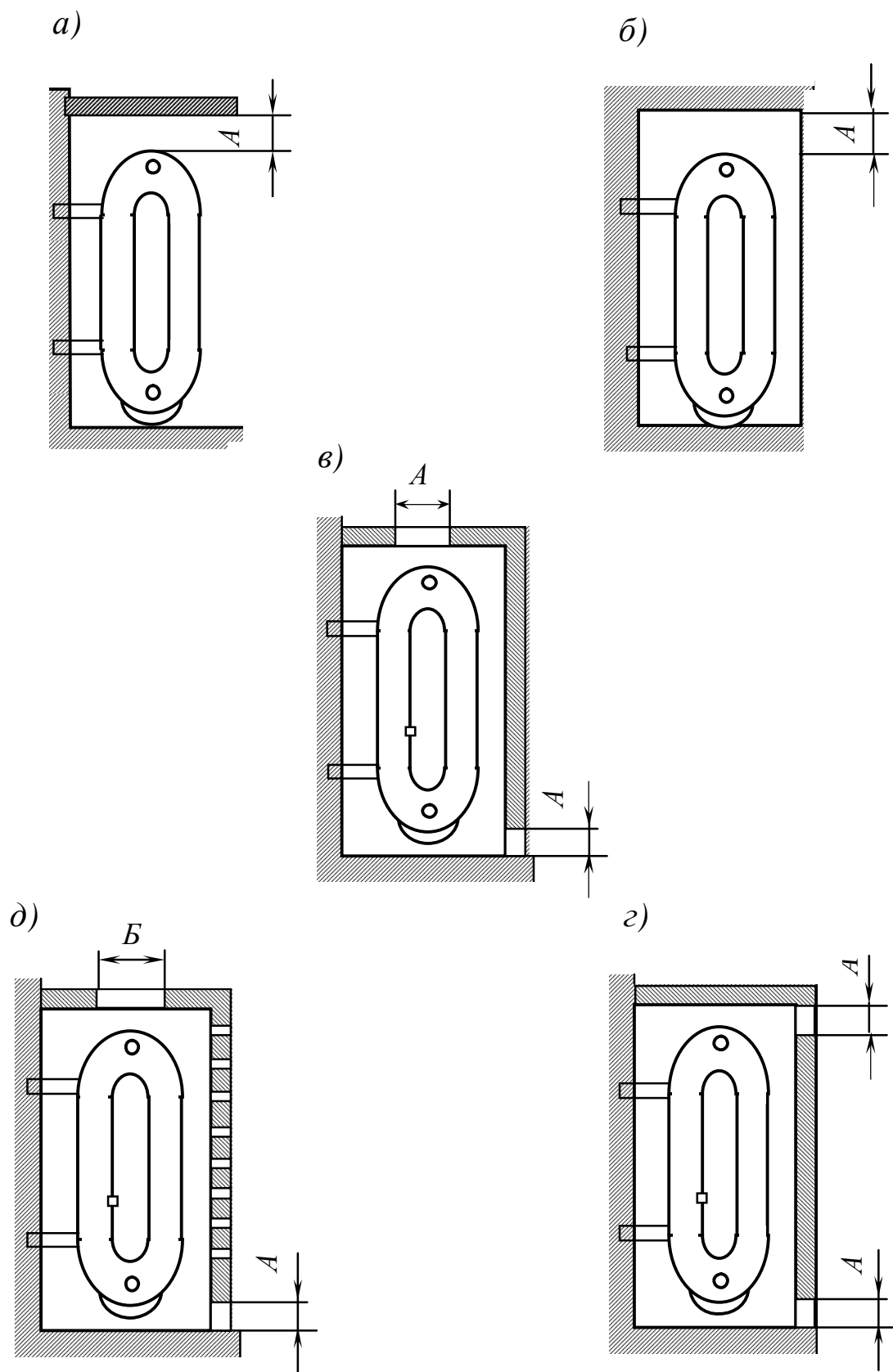


Рис.4.1. Способи встановлення нагрівних приладів [8].

Зауваження:

*При визначенні коефіцієнта  $b_2$  виходять із наступних даних:*

а) прилад встановлений біля стіни без ніші і перекритий дошкою у вигляді підвіконника на віддалі  $A$  від приладу (рис.4.1, а) при  $A$ , рівному 40; 80 і 100 мм, величина  $b_2$  відповідно рівна 1,05; 1,03; 1,02;

б) прилад, встановлений у стінній ніші глибиною більше 130 мм на віддалі від підвіконника  $A$  (рис.4.1, б) при  $A$ , рівному 40; 80 і 100 мм, величина  $b_2$  відповідно рівна 1,11; 1,07 і 1,06;

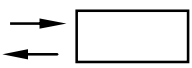
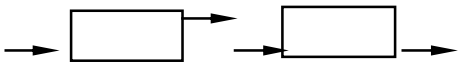
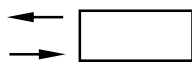
в) прилад встановлений біля стіни без ніші і закритий дерев'яною шафою зі щілинами в її передній стінці біля підлоги і у верхній дошці (рис.4.1, в); при щілині  $A$ , рівній 260;220;180;150 мм, величина  $b_2$  відповідно рівна 1,12; 1,13; 1,19 і 1,25;

г) прилад встановлений, як у попередньому випадку, але щілина  $A$  вирізана не у верхній горизонтальній дошці шафи, а у верхній частині передньої стінки (рис.4.1, г); при  $A=130$  мм, величина  $b_2=1,2$  , якщо щілина відкрита, і  $b_2=1,4$  , якщо щілина закрита решіткою;

д) прилад встановлений біля стіни без ніші і закритий шафою; у верхній дошці шафи прорізана щілина  $B$ , ширина, якої не менша глибини приладу (рис.4.1, д); спереду шафа закрита дерев'яною решіткою, яка не доходить до підлоги не менше, ніж на 100 мм, при цих умовах  $b_2= 1,15$ .

Додаток 5

Значення коефіцієнта  $b_3$  [8]

Відносна витрата води, g	Значення $b_3$ при підведенні теплоносія		
			
0,5	0,91	0,93	0,95
0,7	0,96	0,97	0,98
1	1,00	1,00	1,00
2	1,02	1,07	1,06
3	1,03	1,12	1,09
4	1,04	1,15	1,12
5	1,05	1,17	1,14
6	1,06	1,19	1,15
7	1,06	1,21	1,17
Більше 7	1,07	1,23	1,18

Зауваження: Кідносна витрата води  $g$  визначається за формулою:

$$g = \frac{360 Q_{np}}{17,4 C_v \Delta t_{np}}$$

де  $Q_{np}$  – тепловіддача приладу, Вт;

17,4 – умовна витрата теплоносія, кг/год.;

$C_v$  – масова питома теплоємність, кДж/(кг·град);

$\Delta t_{np}$  – перепад температур теплоносія у приладі, град. ( $\Delta t_{np}$  визначається за формулою (5.15)).



Додаток 6

Густина повітря залежно від його температури

<i>t, °C</i>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>
<i>ρ, кг/м<sup>3</sup></i>	1,270	1,265	1,261	1,256	1,252	1,248	1,243	1,239	1,235	1,230	1,226	1,222	1,213
<i>t, °C</i>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>30</b>
<i>ρ, кг/м<sup>3</sup></i>	1,213	1,209	1,205	1,201	1,197	1,193	1,189	1,185	1,181	1,177	1,173	1,168	1,165

Додаток 7

Розрахункові температури, кратності або величини  
вентиляційних об'ємів у приміщеннях [8]

<i>Приміщення</i>	<i>Розрахункова температура в приміщенні, °C</i>	<i>Кратність, або величина вентиляційного об'єму</i>	
		<i>витяжка, м<sup>3</sup>/год</i>	<i>приплив</i>
<i>Житлова кімната квартири і гуртожитку</i>	18	3 на 1 м <sup>2</sup>	-
<i>Номер готелю</i>	20	30 на одну людину	-
<i>Кухня з газовою плитою</i>	15	Двоконфорна плита не - менше 60 Триконфорна плита – 75 Чотириконфорна – 90	-
<i>Ванна індивідуальна</i>	25	25	-
<i>Суміщений санвузол</i>	25	50	-
<i>Туалет індивідуальний</i>	16	25	-
<i>Сходова клітка</i>	16	-	-

Додаток 8

**Еквівалентні за третям діаметри для цегляних каналів [8]**

<i>Розмір у цеглі</i>	<i>Площа, м<sup>2</sup></i>	<i>d<sub>е</sub>, мм</i>
1/2 x 1/2	0,020	140
1/2 x 1	0,038	180
1 x 1	0,073	265
1 x 1 ½	0,110	320
1 x 2	0,140	375
2 x 2	0,280	545

Додаток 9

**Параметри стандартних жалюзійних ґраток**

<i>ґратки</i>		<i>Пропускна здатність, м<sup>3</sup>/год за швидкості повітря в живому перерізі в м/с</i>						
<i>розмір, мм</i>	<i>Живий переріз, м<sup>2</sup></i>	<i>0,4</i>	<i>0,5</i>	<i>0,6</i>	<i>0,7</i>	<i>0,8</i>	<i>0,9</i>	<i>1,0</i>
100x150	0,0087	12,5	15,6	18,7	21,8	25	28	31
150x150	0,0130	18,7	23,4	28,0	32,7	37	42	47
150x200	0,0173	24,9	31,2	37,4	43,6	50	56	62
150x250	0,0217	31,4	39,0	46,8	54,6	62	70	78
150x300	0,0260	37,4	46,8	56,2	65,6	75	84	94
200x200	0,0231	33,2	41,6	49,8	58,2	67	75	83
200x250	0,0289	41,6	52,0	62,4	72,8	83	94	104
200x300	0,0346	49,9	62,3	74,8	87,0	100	112	125
200x350	0,0405	58,3	73,0	87,0	102,0	117	132	146
250x250	0,0361	52,0	65,0	78,0	91,0	104	117	130

Додаток 10

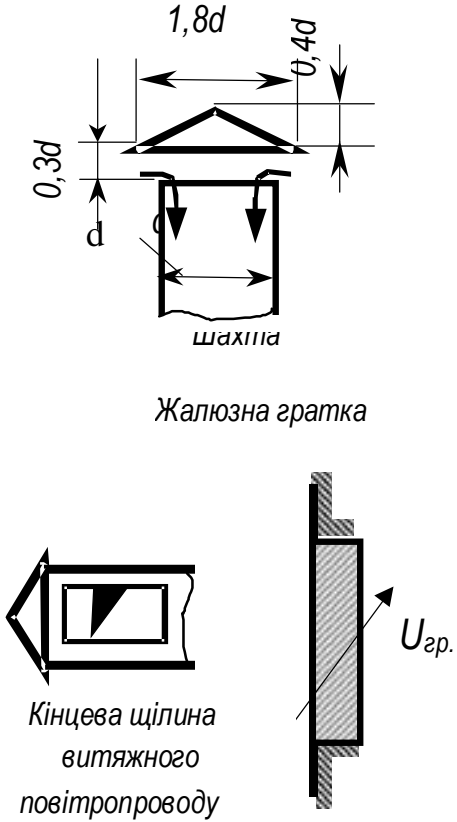
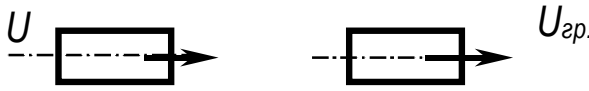
**Таблиця для розрахунку  
сталених круглих повітропроводів**

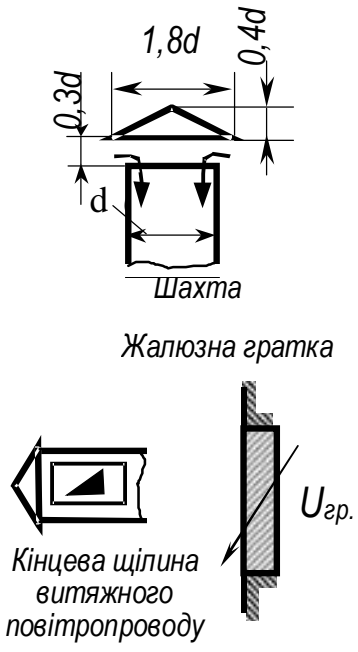
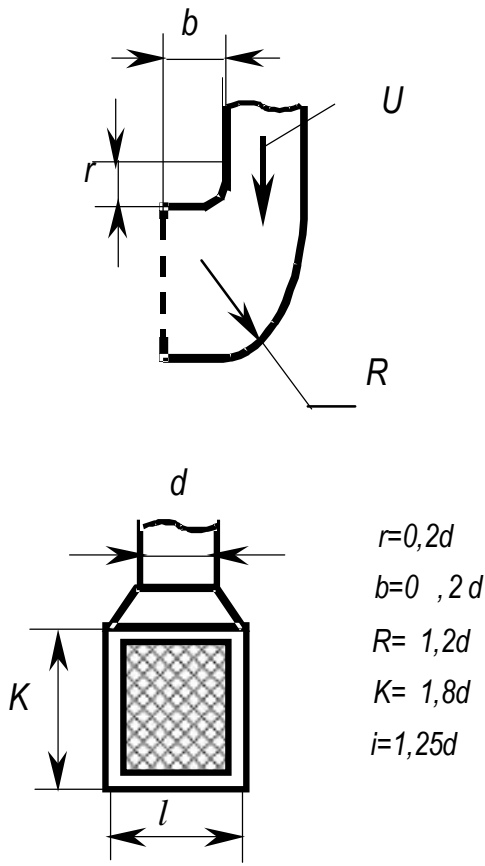
Швидкість, м/с	Діаметри повітропроводів, мм															
	100	115	130	140	150	165	195	215	235	265	285	320	375	440	495	545
	Верхній рядок – витрата повітря, м <sup>3</sup> /год., нижній – опір тертя в кг/м <sup>2</sup> на 1 погонний метр за діаметра повітропроводу, мм															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
<b>0,1</b>	2,8 0,0004	3,7 0,0004	4,8 0,0003	5,5 0,0003	6,4 0,0003	7,7 0,0002	11 0,0002	13 0,0002	16 0,0001	20 0,0001	23 0,0001	29 0,0001	40 0,00008	55 0,00007	69 0,00006	84 0,00005
<b>0,2</b>	5,7 0,001	7,5 0,001	9,6 0,001	11 0,0009	13 0,0009	15 0,0009	22 0,0006	26 0,0006	31 0,0005	40 0,0004	46 0,0004	58 0,0003	80 0,0003	110 0,0002	140 0,0002	170 0,0002
<b>0,3</b>	8,5 0,003	11 0,002	14 0,002	17 0,002	19 0,002	23 0,002	32 0,001	39 0,001	47 0,001	60 0,0009	79 0,0008	87 0,0007	120 0,0006	165 0,0005	210 0,0004	250 0,0003
<b>0,4</b>	11 0,005	15 0,004	19 0,003	22 0,003	25 0,003	31 0,003	43 0,002	52 0,002	62 0,002	79 0,001	92 0,001	115 0,001	160 0,0009	220 0,0008	275 0,0007	335 0,0006
<b>0,5</b>	14 0,007	19 0,006	24 0,005	28 0,005	32 0,004	39 0,004	54 0,003	65 0,003	78 0,002	99 0,002	115 0,002	145 0,002	200 0,001	275 0,001	345 0,001	420 0,0009
<b>0,6</b>	17 0,010	22 0,008	29 0,007	33 0,006	38 0,006	46 0,005	65 0,004	78 0,004	94 0,003	120 0,003	140 0,003	175 0,002	240 0,002	330 0,002	415 0,001	505 0,001

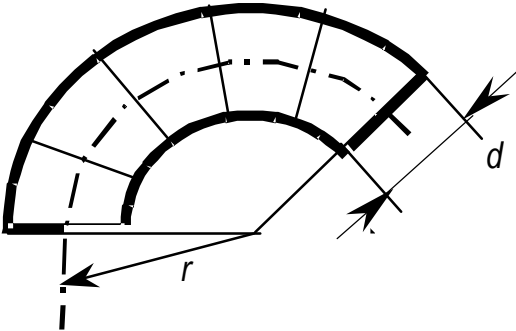
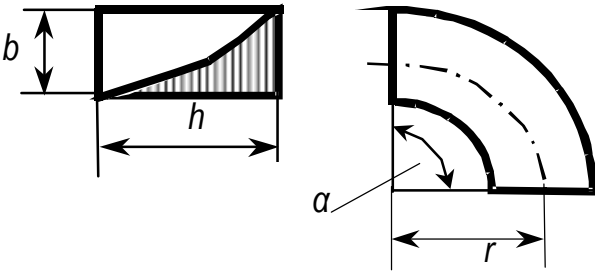
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
<b>1,4</b>	<b>1,3</b>	<b>1,2</b>	<b>1,1</b>	<b>1,0</b>	<b>0,9</b>	<b>0,8</b>	<b>0,7</b>									
40	37	34	31	28	25	23	20									
0,043	0,038	0,033	0,028	0,024	0,020	0,016	0,013									
52	49	45	41	37	34	30	26									
0,038	0,032	0,027	0,024	0,020	0,017	0,014	0,011									
67	62	57	53	48	43	38	33									
0,031	0,027	0,024	0,020	0,017	0,014	0,012	0,009									
78	72	67	61	55	50	44	39									
0,028	0,025	0,021	0,018	0,016	0,013	0,011	0,008									
80	83	76	70	64	57	51	45									
0,026	0,023	0,020	0,017	0,014	0,012	0,010	0,008									
100	100	92	85	77	69	62	54									
0,023	0,020	0,018	0,015	0,013	0,011	0,009	0,007									
150	140	130	120	105	97	86	75									
0,019	0,016	0,014	0,012	0,010	0,008	0,007	0,006									
185	170	155	145	130	120	105	91									
0,017	0,015	0,013	0,011	0,009	0,008	0,006	0,005									
220	205	185	170	155	140	125	110									
0,015	0,013	0,011	0,010	0,008	0,007	0,006	0,004									
280	260	240	220	200	180	160	140									
0,013	0,011	0,010	0,008	0,007	0,006	0,005	0,004									
320	300	275	255	230	205	185	160									
0,012	0,010	0,009	0,008	0,006	0,005	0,004	0,003									
405	375	345	320	290	260	230	205									
0,010	0,009	0,008	0,007	0,006	0,005	0,004	0,003									
555	515	475	435	395	360	320	280									
0,008	0,007	0,006	0,005	0,005	0,004	0,003	0,002									
765	710	655	600	545	490	440	385									
0,007	0,006	0,055	0,004	0,004	0,003	0,003	0,002									
970	900	830	760	690	625	555	485									
0,006	0,005	0,004	0,004	0,003	0,003	0,002	0,002									
1180	1090	1010	925	840	755	670	590									
0,005	0,005	1010	0,003	0,003	0,002	0,002	0,002									

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
<b>1,5</b>																
42	45	60	76	89	100	125	170	210	250	320	365	465	635	875	1110	1340
0,048	0,054	0,045	0,039	0,036	0,033	0,029	0,023	0,021	0,019	0,016	0,015	0,013	0,010	0,008	0,007	0,006
56	60	76	89	100	125	170	210	250	320	365	465	635	875	1110	1340	1680
0,041	0,045	0,039	0,036	0,033	0,029	0,023	0,021	0,019	0,016	0,015	0,013	0,010	0,008	0,007	0,006	0,006
72	89	100	125	170	210	250	320	365	465	635	875	1110	1340	1680	2100	2600
0,035	0,039	0,036	0,033	0,029	0,023	0,021	0,019	0,016	0,015	0,013	0,010	0,008	0,007	0,006	0,006	0,006
83	100	125	170	210	250	320	365	465	635	875	1110	1340	1680	2100	2600	3200
0,032	0,036	0,033	0,029	0,023	0,021	0,019	0,016	0,015	0,013	0,010	0,008	0,007	0,006	0,006	0,006	0,006
95	125	170	210	250	320	365	465	635	875	1110	1340	1680	2100	2600	3200	3900
0,029	0,023	0,021	0,019	0,016	0,015	0,013	0,010	0,008	0,007	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
115	170	210	250	320	365	465	635	875	1110	1340	1680	2100	2600	3200	3900	4800
0,026	0,023	0,021	0,019	0,016	0,015	0,013	0,010	0,008	0,007	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
160	210	250	320	365	465	635	875	1110	1340	1680	2100	2600	3200	3900	4800	5900
0,021	0,023	0,021	0,019	0,016	0,015	0,013	0,010	0,008	0,007	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
195	250	320	365	465	635	875	1110	1340	1680	2100	2600	3200	3900	4800	5900	7300
0,019	0,021	0,019	0,016	0,015	0,013	0,010	0,008	0,007	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
235	320	365	465	635	875	1110	1340	1680	2100	2600	3200	3900	4800	5900	7300	9000
0,017	0,019	0,016	0,015	0,013	0,010	0,008	0,007	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
300	365	465	635	875	1110	1340	1680	2100	2600	3200	3900	4800	5900	7300	9000	11100
0,014	0,016	0,013	0,011	0,009	0,008	0,007	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
345	465	635	875	1110	1340	1680	2100	2600	3200	3900	4800	5900	7300	9000	11100	13800
0,013	0,015	0,013	0,011	0,009	0,008	0,007	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
435	635	875	1110	1340	1680	2100	2600	3200	3900	4800	5900	7300	9000	11100	13800	17100
0,011	0,013	0,011	0,009	0,008	0,007	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
595	875	1110	1340	1680	2100	2600	3200	3900	4800	5900	7300	9000	11100	13800	17100	21000
0,009	0,010	0,009	0,008	0,007	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
820	1110	1340	1680	2100	2600	3200	3900	4800	5900	7300	9000	11100	13800	17100	21000	26000
0,008	0,008	0,008	0,007	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
1140	1680	2100	2600	3200	3900	4800	5900	7300	9000	11100	13800	17100	21000	26000	32000	39000
0,007	0,007	0,007	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
1260	1710	2100	2600	3200	3900	4800	5900	7300	9000	11100	13800	17100	21000	26000	32000	39000
0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006

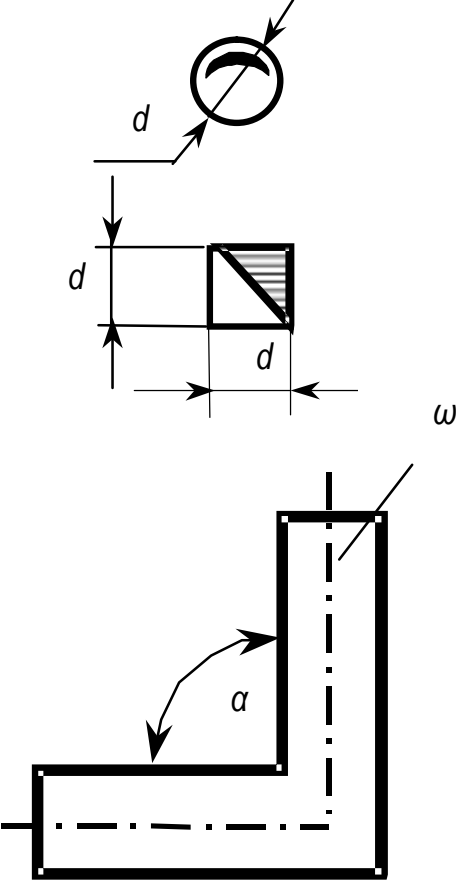
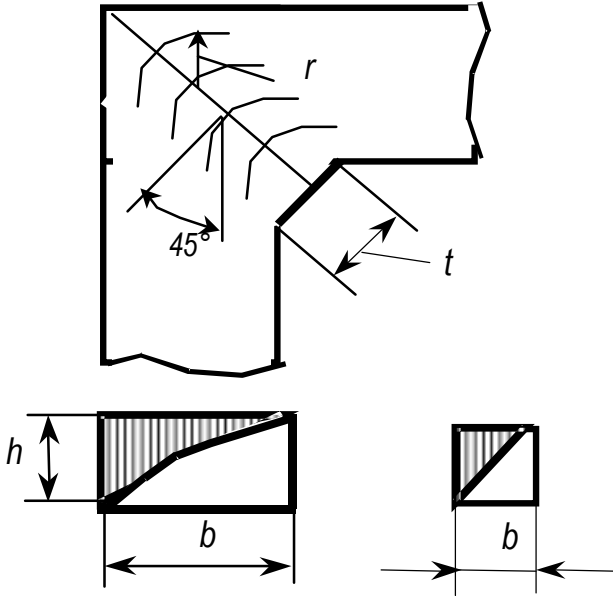
Коефіцієнти місцевих опорів повітропроводів

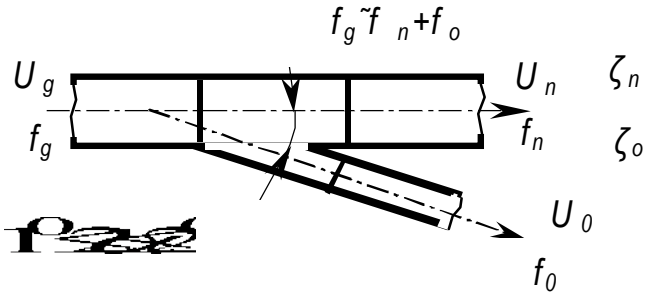
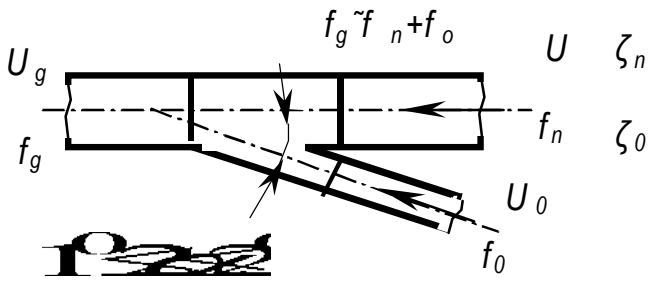
<i>Назва опору</i>	<i>Ескіз</i>	<i>Коефіцієнт опору</i>
<p>Вхід з поворотом потоку (в отвір з гострими краями)</p>	 <p>Жалюзна ґратка</p> <p>Кінцева щілина витяжного повітропроводу</p>	<p>2</p>
<p>Вихід з труби по прямому напрямку</p>		<p>1</p>

Назва опору	Ескіз	Коефіцієнт опору
<p>Вихід з різким поворотом потоку</p>		<p>2,5</p>
<p>Вихід з плавним поворотом потоку (через розширену насадку)</p>	 <p> <math>r=0,2d</math>  <math>b=0,2d</math>  <math>R=1,2d</math>  <math>K=1,8d</math>  <math>i=1,25d</math> </p>	<p>1 при живому перерізі сітки 80%</p>

Назва опору	Ескіз	Коефіцієнт опору
Відвід	<p style="text-align: center;">Круглий відвід</p> 	<p>Приймати значення <math>\xi</math> при <math>\alpha=90^\circ</math> і при <math>r/d= 0,75; 1; 1,5; 2;</math> відповідно <math>0,5; 0,3; 0,2; 0,15</math></p>
Прямокутний відвід	 <p style="text-align: center;">Прямокутний відвід ( <math>b/h=0,2</math> )</p>	<p>При <math>b^*/h \leq 1</math> <math>\xi</math> приймати за попереднім пунктом. При <math>b^*/h \geq 1</math> приймати значення <math>\xi</math> при <math>\alpha = 90 - 135^\circ</math> відповідно <math>1,1; 0,55; 0,35</math></p>



Назва опору	Ескіз	Коефіцієнт опору
Коліно		<p>Значення <math>\eta</math> при <math>b/h = 0,25</math>; <math>0,50</math>; <math>0,80</math>; <math>1,0</math> відповідно <math>1,8</math>; <math>1,5</math>; <math>1,17</math>; <math>1,0</math></p>
Прямокутне коліно з напрямними металевими лопатками		<p>Значення <math>\xi</math> при <math>\alpha = 90^\circ</math>; <math>120^\circ</math>; <math>135^\circ</math> і при <math>r/b = 0,25</math> відповідно <math>0,25</math>; <math>0,13</math>; <math>0,08</math></p>

Назва опору	Ескіз	Коефіцієнт опору
Трійник на нагнітання		<p>Значення <math>\xi_{\Pi}</math>  при <math>v_{\Pi}/v_0 =</math>  0,4; 0,5; 0,6;  0,7; 0,8; 0,9;  1,0  відповідно  <math>\xi_0 = 2,7; 1,7;</math>  1,1; 0,7; 0,4;  0,25; 0,1</p>
Трійник на всмоктування		<p>Значення <math>\xi</math>  при <math>v_{\Pi}/v_0 =</math>  0,6; 0,8; 1,0  відповідно  <math>\xi_{\Pi} = 0,4; 0,35;</math>  0,20 <math>\xi_0 = 1,8;</math>  0,7; 0,3</p>

\*При визначенні  $\xi$  замість  $r/d$  необхідно брати відношення  $b/h$ . Плоску сторону у всіх випадках необхідно позначати  $b$ , а зігнуту –  $h$ .

Додаток 12

**Втрати тиску в місцевих опорах при русі повітря**

<i>Швидкість повітря, м/с.</i>	<i>Втрати тиску для <math>\Sigma \xi</math>, кг/м<sup>2</sup></i>				
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
0,2	-	0,01	0,1	0,01	0,01
0,3	0,01	0,01	0,2	0,02	0,03
0,4	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05
0,5	0,02	0,03	0,05	0,06	0,08
0,6	0,02	0,04	0,07	0,9	0,1
0,7	0,03	0,06	0,09	0,09	0,2
0,8	0,04	0,08	0,1	0,1	0,2
0,9	0,05	0,1	0,1	0,2	0,3
1	0,06	0,1	0,2	0,2	0,3
1,2	0,09	0,2	0,3	0,4	0,4
1,4	0,12	0,2	0,4	0,5	0,6
1,6	0,15	0,3	0,5	0,6	0,8
1,8	0,2	0,4	0,6	0,8	1
2	0,2	0,5	0,7	1,0	1,2
2,25	0,3	0,6	0,9	1,5	1,6
2,5	0,4	0,8	1,27	1,5	1,9
2,75	0,5	0,9	1,4	1,9	2,3
3	0,6	1,1	1,7	2,2	2,8
3,5	0,8	1,5	2,3	3,0	3,8
4	1	2,0	2,9	3,9	6,9
4,5	1,2	2,5	3,7	5,0	7,2
5	1,5	3,1	4,6	6,1	7,7
6	2	4,4	6,6	8,8	11
7	3	6	9	12	15

### Додаток 13

Таблиця розрахунку повітропроводів

№ ділянки	Витрата повітря V, м³/год	Довжина ділянки, l, м	Швидкість повітря, ω, м/с	Площа перерізу каналу, f, м²	Розмір каналу, мм	Еквівалентний діаметр, de, мм	Витрати тиску на тертя на 1м, R, Па	Коефіцієнт шорсткості, β	Втрати на тертя з врахуванням шорсткості, R·l·β, Па	Сума коефіцієнтів місцевого опору, Σξ	Втрати тиску у місцевих опорах, Z, Па	Сумарна втрата тиску на ділянці R·l·β+Z, Па
Вітка через канал II поверху												
I	25	0,50	0,350	0,0169	130 × 130	140	0,025	1,25	0,016	3,4	0,220	0,326
II	50	0,15	0,620	0,0225	150 × 150	150	0,060	1,11	0,010	1,0	0,220	0,230
III	75	0,15	0,694	0,0300	200 × 150	170	0,070	1,11	0,012	1,0	0,300	0,312
IV	100	0,50	0,695	0,0400	200 × 200	200	0,060	1,11	0,034	1,0	0,300	0,334
V	200	3,30	0,618	0,0900	300 × 300	300	0,023	1,11	0,084	2,0	0,350	0,434

$$\Sigma(R \cdot l \cdot \beta + Z)_{I, II, III, IV, V} = 1,636 \text{ Па}$$

Втрата тиску на ділянках I, II, III, IV, V складає 1,636 Па, а найнижчий розрахунковий природний тиск для другого туалету другого поверху становить 1,789 Па. Отже,  $1,636 < 1,789$ .

Неузгодженість тисків  $H_e = 1,789 - 1,636 / 1,789 \cdot 100\% = 15,3\%$ .

VI	25	3,9	0,42	0,0169	130 × 130	130	0,036	1,25	0,176	5,2	0,500	0,676
----	----	-----	------	--------	-----------	-----	-------	------	-------	-----	-------	-------

$$\Sigma(R \cdot l \cdot \beta + Z) = 0,676 \text{ Па.}$$

Втрата тиску на ділянці VI складає 0,676 Па, тоді як найнижчий розрахунковий тиск буде у каналі першого туалету першого поверху становить 3,390 Па.

Неузгодженість тисків  $H_e = 3,390 - 0,676 / 3390 \cdot 100\% = 80\%$ .

Додаток 14

**Таблиця співвідношення між деякими  
одинацями фізичних величин  
В системах МКГСС, МТС, СГС та SI.**

Назва величини	Одиниця		Співвідношення
	МКГСС, МТС, СГС	SI	
1	2	3	4
Сила, навантаження, вага	кгс тс гс	Н	$1 \text{ кгс} = 9,8 \text{ Н} \approx 10 \text{ Н}$ $1 \text{ тс} = 9,8 \cdot 10^3 \text{ Н} \approx 10 \text{ кН}$ $1 \text{ гс} = 9,8 \cdot 10^{-3} \text{ Н} \approx 10 \text{ мН}$
Тиск, напір, висота всмоктування висота нагнітання	$\frac{\text{кг}}{\text{см}^2}$ ат мм вод.ст. мм рт.ст.	Па	$1 \text{ кгс/см}^2 = 1 \text{ ат} = 9,8 \cdot 10^4 \text{ Па} \approx$ $\approx 10^5 \text{ Па} = 0,1 \text{ МПа} \approx 1 \text{ атм};$ $1 \text{ мм вод.ст.} = 9,8 \text{ Па} \approx 10 \text{ Па};$ $1 \text{ мм рт.ст.} \approx 133,3 \text{ Па};$ $1 \text{ кг/м}^2 = 10 \text{ Па}$ $1 \text{ бар} \approx 10 \text{ м вод.ст.} \approx 10^5 \text{ Па}$
Робота (енергія)	кгс·м	Дж	$1 \text{ кгс} \cdot \text{м} = 9,8 \text{ Дж} \approx 10 \text{ Дж}$ $1 \text{ Дж} = 1 \text{ Нм}$
Кількість теплоти	кал ккал	Дж	$1 \text{ кал} \approx 4,2 \text{ Дж}$ $1 \text{ ккал} \approx 4,2 \text{ кДж}$
Потужність	$\frac{\text{кгс} \cdot \text{м}}{\text{с}}$ к. с. $\frac{\text{кал}}{\text{с}}$ ккал/год	Вт	$1 \text{ кгс} \cdot \text{м/с} = 9,8 \text{ Вт} \approx 10 \text{ Вт}$ $1 \text{ к.с.} \approx 735,5 \text{ Вт}$ $1 \frac{\text{кал}}{\text{с}} \approx 4,2 \text{ Вт}$ $1 \frac{\text{ккал}}{\text{год}} \approx 1,16 \text{ Вт}$

1	2	3	4
Питома теплоємність	$\text{кал} / (\text{г} \cdot ^\circ\text{C})$ $\text{ккал} / (\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$	$\frac{\text{Дж}}{(\text{кг} \cdot ^\circ\text{K})}$	$1 \text{ кал} / (\text{г} \cdot ^\circ\text{C}) \approx 4,2 \cdot 10^3 \text{ Дж} / (\text{кг} \cdot ^\circ\text{K})$ $1 \text{ ккал} / (\text{г} \cdot ^\circ\text{C}) \approx 4,2 \text{ кДж} / \text{кг} \cdot ^\circ\text{K}$
Теплопровідність	$\text{кал} / (\text{с} \cdot \text{см} \cdot ^\circ\text{C})$ $\text{ккал} / (\text{год} \cdot \text{м} \cdot ^\circ\text{C})$	$\text{Вт} / (\text{м} \cdot ^\circ\text{K})$	$1 \text{ кал} / (\text{с} \cdot \text{см} \cdot ^\circ\text{C}) \approx 420 \text{ Вт} / (\text{м} \cdot ^\circ\text{K})$ $1 \text{ ккал} / (\text{год} \cdot \text{м} \cdot ^\circ\text{C}) \approx$ $\approx 1,16 \text{ Вт} / (\text{м} \cdot ^\circ\text{K})$
Коефіцієнт теплообміну, тепловіддачі, теплопередачі	$\text{кал} / (\text{с} \cdot \text{см}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ $\text{ккал} / (\text{год} \cdot \text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$	$\text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{K})$	$1 \text{ кал} / (\text{с} \cdot \text{см}^2 \cdot ^\circ\text{C}) \approx 42 \cdot 10^3 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{K}) = 42 \text{ кВт} / (\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{K})$ $1 \text{ ккал} / (\text{год} \cdot \text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}) \approx$ $\approx 1,16 \text{ кВт} / (\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{K})$
Витрата (об'ємна) рідини, газу, об'ємна продуктивність	$\text{м}^3 / \text{с}$ $\text{см}^3 / \text{с}$	$\text{м}^3 / \text{с}$	$1 \text{ см}^3 / \text{с} = 10^{-6} \text{ м}^3 / \text{с}$
Довжина, діаметр	$\text{м}$	$\text{м}$	$\text{дюйм}, 1'' = 2,54 \text{ см} \approx 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ м}$
Об'єм	$\text{м}^3$	$\text{м}^3$	$1 \text{ л} = 10^{-3} \text{ м}^3 = 1 \text{ дм}^3$

Додаток 15

**Вибір огорожувальної конструкції**

<i>Остання цифра шифру</i>	<i>Назва матеріалів (за цифрами шифру з дод. Ж)</i>		
	<i>Шари зовнішньої стіни, починаючи від зовнішньої поверхні</i>	<i>Теплоізоляційний шар горищного перекриття</i>	<i>Теплоізоляційний шар перекриття підвалу</i>
0	9-13-засипка-17-13-11	21 на синтетичній основі	5
1	9-13-плити пінобетон	19 поршневі	3
2	14-23-13-11	23ПХВ-1	17
3	15-плити-21-13-11	18	2
4	15-повітря-13-11	17	20
5	9-13-повітря-13-11	20	5
6	14-повітря-13-11	22 на бітумній основі	17
7	9-13-3 -13-11	25	18
8	9-13-6-13-11	24ПХВ-1	6
9	9-4-13-12	26	3






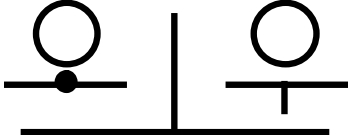
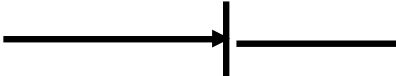
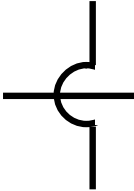
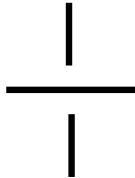
Додаток 16

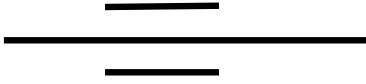





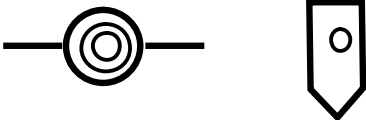
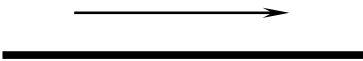
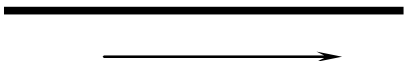
**Умовні позначення на кресленнях  
курсowego проекту**



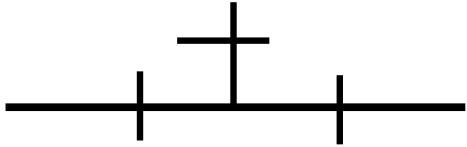
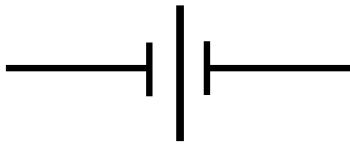
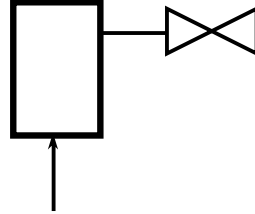
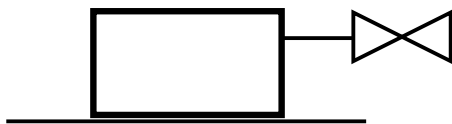
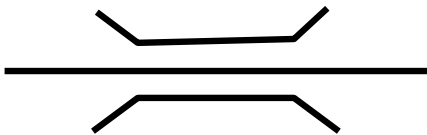
<b><i>Умовні позначення</i></b>	<b><i>Зміст позначень</i></b>
<i>СТ</i>	стеля
<i>Пд</i>	підлога
<i>Пт</i>	перекриття
<i>СК</i>	сходова клітка
<i>ЗС1, ЗС2, ЗС3...</i>	зовнішня стіна, умовно вибрана першою, другою, третьою і т.д. (для зручності проектування вони є, як правило, паралельні до ЗС1, ЗС2, ЗС3 і т.д.)
<i>ВО, ВД, ВТ</i>	вікно, відповідно, одинарне і подвійне і потрійне
<i>ДО, ДД</i>	двері, відповідно, одинарні і подвійні
<i>Г</i>	горище
<i>П</i>	підвал
<i>Т</i>	технічне підпілля
<i>Ст1, Ст2, Ст.3</i>	стояк гарячої води, відповідно, перший, другий, третій і т.д.
<i>Ст1А, Ст2А, Ст3А</i>	зворотній стояк (стояк охолодженої води), відповідно, перший, другий, третій і т.д.
<i>ГСт</i>	головний стояк
<i>РР</i>	розширювальний резервуар
<i>КП</i>	компенсатор поздовжніх розширень теплопроводу
<i>ТП</i>	тепловий пункт

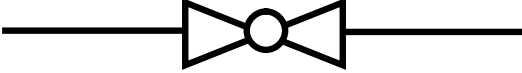
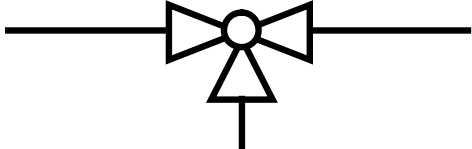
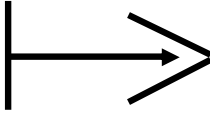
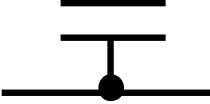


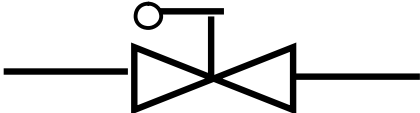
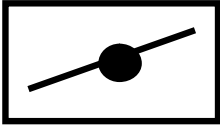
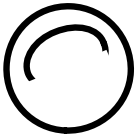



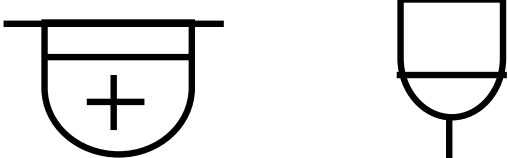

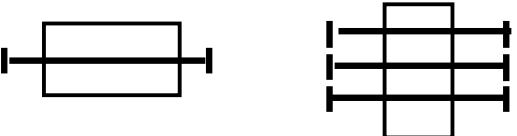



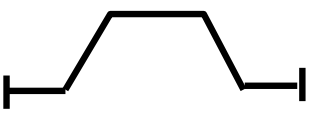

**Умовні графічні позначення для креслень  
центрального опалення і вентиляції [8]**

<i>Назва</i>	<i>Позначення</i>	
	На плані	на схемі
1	2	
<u>Трубопровід :</u>		
- подавальний		
- зворотний		
- для видалення повітря із системи		
- переливний		
Головний стояк		
Номер стояка		
Зміна діаметра трубопроводу		
Перетин трубопроводів без взаємного з'єднання		


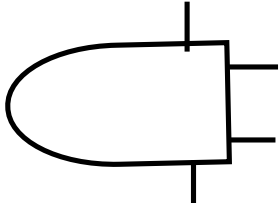
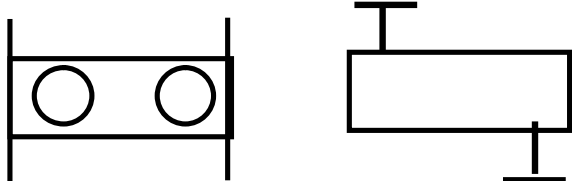
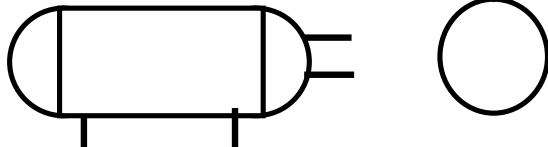
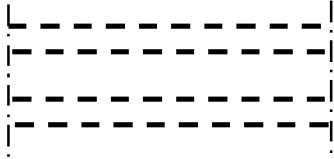


1	2
<u>З'єднання</u> <u>трубопроводу:</u>	
різьбою	
- фланцем	
- зварною	
Засувка	
<u>Повітропровід:</u>	
- металевий	
- неметалевий	
Грязьовик	
Напрямок потоку	
Напрямок і величина ухилу трубопроводу	

1	2
Ізольовані ділянки трубопроводу	
Колектор	
Трійник з корком	
Діафрагма	
<u>Повітрозбірник:</u>	
- вертикальний	
- горизонтальний	
Трубопровід у футлярі	

1	2
<u>Кран:</u>	
- корковий	
- триходовий	
- повітряний	
- подвійного регулювання	
<u>Клапан :</u>	
- повітряний автоматичний (вантуз)	
- зворотний	
- запобіжний з вантажем	
- дросельний	
Манометр пружинний	

1	2
Термометр рідинний	
Раковина напівкругла із задньою стінкою	
<u>Регістр з труб:</u>	
- гладких	
- ребристих	
Труба ребриста	
<u>Конвектор:</u>	
- без кожуха	
- з кожухом	
Компенсатор П-подібний	 <span style="float: right;">КП</span>
Вентиль запірний прохідний	

1	2
Радіатор	
Панель опалювальна бетонна	
Конденсатовідвідник	
<u>Отвір:</u>	
- для випускання повітря	
- для забирання повітря	
Дефлектор	
Елеватор водоструминний	
<u>Помпа:</u>	
- ручна	
- відцентрова	

1	2
Електродвигун	
<u>Водонагрівник:</u>	
- швидкісний водо-водяний	
- швидкісний паро- водяний	
- об'ємний паро-водяний	
Канал під підлогою	
Викидання повітря через шахту	
<u>Вентилятор:</u>	
- відцентровий	

1	2
- осьовий	
<u>Повітропровід:</u>	
- металевий	
- неметалевий	
<u>Котел опалювальний:</u>	
- на твердому паливі	
- газовий	
Розширювальний резервуар	
Грязьовик	







## Продовження дод. 18

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
10	10327	355	3,0	32	0,110	5,5	16,5	1,50	9,1	25,6								
11	4885	168	10,2	25	0,085	5,5	56,2	3,25	11,7	67,9								
12	2326	80	3,0	20	0,067	4,5	1,35	4,0	11,2	12,55								
13	1163	40	1,0	15	0,057	3,0	3,0	6,5	13,8	16,8								
$\sum l=47,6 \text{ м}$ $\sum(R \cdot l)=233,95$ $\sum Z=265,52 \text{ Па}$ $\sum(Rl+Z)=499,47 \text{ Па}$																		
<i>Розрахунок циркуляційного кільця через нагрівальний прилад Г ( другий поверх )</i>																		
14	1279	44	1,0	15	0,067	4,8	4,8	7,0	15,7	20,5								
15	1279	44	1,0	15	0,067	4,8	4,8	2,5	5,6	10,4								
16	2559	88	3,0	20	0,071	5,2	15,6	4,0	10,1	25,7	15,0	0,13	25	75	5,0	42,5	+59,4	+32,4

$$\sum l=5,0 \text{ м.}$$

$$\sum(R \cdot l)=25,2 \text{ Па} \quad \sum Z=31,4 \text{ Па} \quad \sum(Rl+Z)=56,6 \text{ Па}$$

Додаток 19

**Значення коефіцієнта місцевого опору  
для систем водяного опалення**

<i>Місцевий опір</i>	$\xi$	<i>Місцевий опір</i>	$\xi$ <i>для умовного діаметра труби, мм</i>					
			<i>15</i>	<i>20</i>	<i>25</i>	<i>32</i>	<i>40</i>	<i>50</i>
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Котел чавунний	2,5	Вентиль звичайний	16	10	9	9	8	7
Котел сталевий	2,0							
Радіатор двоколонний	2,0	Вентиль прямотечійний	3	3	3	2,5	2,5	2,0
Раптове розширення	1,0							
Раптове звуження	0,5	Кран прохідний, подвійного регулювання з циліндричним корком	4	2	2	2	-	-
Відступи	0,5							
Трійник прохідний	1,0	Засувка паралельна	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Трійник повертальний	1,5							

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Трійник на протитечію	3,0	Відвід 90°, подвійний (качка)	1,5	1,5	1,0	1,0	0,5	0,5
Хрестовина прохідна	2,0							
Хрестовина повертальна	3,0	Скоба	3	2	2	2	2	2
Компенсатор П-подібний і ліроподібний	2,0							
Компенсатор сальниковий	0,5							

Додаток 20

Гідравлічний параметр  $\frac{G}{v}$  трубопроводів  
систем водяного опалення

Діаметри, мм	Умовний	15	20	25	32	40	50
	Зовнішній	21,3	26,8	33,5	42,3	48	60
	Внутрішній	15,7	21,2	27,1	35,9	41	53
$\frac{G}{v}$ $\frac{кг}{год}$ / $\frac{м}{с}$		680	1250	2000	3500	4650	7800

Додаток 21

**Значення коефіцієнта шорсткості  $\beta$  [8]**

<b>Швидкість руху повітря, м/с</b>	<b>Матеріал повітропроводу</b>			
	<b>гіпсошлак</b>	<b>шлакобетон</b>	<b>цегла</b>	<b>штукатурка по стінці</b>
0,4	1,08	1,11	1,25	1,48
0,8	1,13	1,19	1,40	1,69
1,2	1,18	1,25	1,50	1,84
1,6	1,22	1,31	1,58	1,95
2,0	1,25	1,35	1,65	2,04
2,4	1,28	1,38	1,70	2,11
3,0	1,32	1,43	1,77	2,20
4,0	1,37	1,49	1,68	2,32
5,0	1,41	1,54	1,93	2,41
6,0	1,44	1,58	1,98	2,48
7,0	1,47	1,61	2,03	2,54
8,0	1,49	1,64	2,06	2,58

Додаток 22

**Величина  $\Delta p$  при горизонтальній відстані від головного стояка для однотрубних систем опалення з верхнім розведенням теплоносія і природною циркуляцією**

<b>Відстань, м</b>	до 10	10-20	20-30	30-50	50-80
<b><math>\Delta P</math>, Па</b>	250	250	250	300	350

Додаток 23

Об'ємна вага води  $\rho$ ,  $\frac{\text{кг}}{\text{л}}$ .

Десяті частки, °С	Температура води, °С						
	40	50	60	70	80	90	95
0	992,24	988,07	983,24	977,81	971,83	965,34	961,92
1	991,86	987,62	982,72	977,23	971,21	964,77	961,85
2	991,47	987,15	982,2	976,66	970,57	963,99	961,78
3	991,07	986,69	981,67	976,07	969,94	963,3	961,71
4	990,66	986,21	981,13	975,48	963,3	962,61	961,64
5	990,25	985,73	980,59	974,89	968,65	961,92	961,57
6	989,82	985,25	980,05	974,29	968	961,22	961,5
7	989,4	984,75	979,5	973,68	967,34	960,51	961,43
8	988,96	984,25	978,94	973,07	966,68	959,81	961,36
9	988,52	983,75	978,38	972,45	966,01	959,09	961,29









1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
10	10467	360	8,40	25	0,18	22,5	189,0	3,0	48,7	237,7									
11	20934	720	1,0	32	0,21	20,0	20,0	2,75	61,0	81,0									
$\sum l=52,80м$ $\sum(R \cdot l)=853.0$ $\sum Z=226,7 Па$ $\sum(Rl+Z)=1079,7 Па$																			
<b>Розрахунок малих циркуляційних кілець</b>																			
<b>Розрахунок підведень нагрівального приладу В (третій поверх )</b>																			
12	----	48	1,0	20	0,04	1,0	1,0	4,5	3,6	4,6									
13	----	48	1,0	20	0,04	1,0	1,0	2,5	2,0	3,0									
$\sum l=2,0м$ $\sum(R \cdot l)=2,0$ $\sum Z=5,6 Па$ $\sum(Rl+Z)=7,6 Па$																			
<b>Розрахунок підведень нагрівального приладу після внесення змін</b>																			
		48	1,0	15	0,075	7,0	7,0	6,5	18,3	25,3									
		48	1,0	15	0,075	7,0	7,0	402,5	7,0	14,0									
$\sum l=2,0м$ $\sum(R \cdot l)=14.0$ $\sum Z=25.3 Па$ $\sum(Rl+Z)=39.3 Па$																			

Додаток 25

**Тепловіддача відкрито прокладених у приміщенні теплопроводів систем водяного опалення (вертикальних – чисельник, горизонтальних – знаменник).**

$\Delta t_{np}$ °C	Умовний і (зовнішній) діаметри, мм	Тепловіддача 1 м теплопроводу, Вт/м при різниці між середньою температурою теплоносія в приладі і температурою в приміщенні через 1 °C									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
40	10,0 (17,0)	$\frac{22}{31}$	$\frac{23}{32}$	$\frac{24}{33}$	$\frac{25}{34}$	$\frac{26}{35}$	$\frac{26}{36}$	$\frac{27}{37}$	$\frac{28}{38}$	$\frac{28}{39}$	$\frac{29}{40}$
	15,0 (21,3)	$\frac{28}{39}$	$\frac{29}{40}$	$\frac{30}{41}$	$\frac{31}{42}$	$\frac{32}{43}$	$\frac{33}{44}$	$\frac{34}{45}$	$\frac{35}{47}$	$\frac{36}{48}$	$\frac{37}{49}$
	20,0 (26,8)	$\frac{36}{47}$	$\frac{37}{48}$	$\frac{39}{50}$	$\frac{40}{52}$	$\frac{41}{54}$	$\frac{42}{55}$	$\frac{43}{57}$	$\frac{44}{58}$	$\frac{45}{59}$	$\frac{47}{60}$
	25,0 (33,5)	$\frac{44}{57}$	$\frac{46}{59}$	$\frac{48}{60}$	$\frac{49}{62}$	$\frac{51}{64}$	$\frac{52}{66}$	$\frac{53}{68}$	$\frac{55}{70}$	$\frac{56}{71}$	$\frac{58}{72}$
50	10,0 (17,0)	$\frac{30}{41}$	$\frac{30}{42}$	$\frac{31}{43}$	$\frac{32}{44}$	$\frac{33}{45}$	$\frac{34}{47}$	$\frac{35}{48}$	$\frac{35}{49}$	$\frac{36}{50}$	$\frac{37}{51}$
	15,0 (21,3)	$\frac{37}{50}$	$\frac{38}{51}$	$\frac{39}{52}$	$\frac{41}{53}$	$\frac{42}{55}$	$\frac{43}{57}$	$\frac{44}{58}$	$\frac{45}{59}$	$\frac{46}{60}$	$\frac{47}{62}$
	20,0 (26,8)	$\frac{48}{62}$	$\frac{49}{63}$	$\frac{50}{64}$	$\frac{51}{65}$	$\frac{52}{67}$	$\frac{53}{69}$	$\frac{55}{70}$	$\frac{56}{72}$	$\frac{57}{73}$	$\frac{58}{75}$
	25,0 (33,5)	$\frac{59}{73}$	$\frac{61}{75}$	$\frac{63}{77}$	$\frac{64}{79}$	$\frac{65}{81}$	$\frac{67}{83}$	$\frac{69}{84}$	$\frac{70}{86}$	$\frac{72}{88}$	$\frac{73}{90}$

## Продовження дод. 25

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
60	10,0 (17,0)	$\frac{37}{51}$	$\frac{38}{52}$	$\frac{39}{53}$	$\frac{40}{55}$	$\frac{41}{56}$	$\frac{42}{57}$	$\frac{43}{58}$	$\frac{44}{59}$	$\frac{44}{60}$	$\frac{45}{62}$
	15,0 (21,3)	$\frac{48}{63}$	$\frac{49}{65}$	$\frac{50}{66}$	$\frac{51}{67}$	$\frac{52}{69}$	$\frac{53}{70}$	$\frac{55}{72}$	$\frac{56}{73}$	$\frac{57}{74}$	$\frac{58}{76}$
	20,0 (26,8)	$\frac{59}{77}$	$\frac{61}{79}$	$\frac{63}{80}$	$\frac{64}{82}$	$\frac{65}{84}$	$\frac{67}{85}$	$\frac{69}{86}$	$\frac{70}{88}$	$\frac{71}{90}$	$\frac{73}{91}$
	25,0 (33,5)	$\frac{75}{92}$	$\frac{77}{94}$	$\frac{78}{96}$	$\frac{80}{98}$	$\frac{82}{100}$	$\frac{84}{102}$	$\frac{86}{104}$	$\frac{87}{106}$	$\frac{89}{108}$	$\frac{91}{110}$
70	10,0 (17,0)	$\frac{47}{63}$	$\frac{48}{64}$	$\frac{49}{65}$	$\frac{49}{66}$	$\frac{50}{68}$	$\frac{51}{69}$	$\frac{52}{70}$	$\frac{52}{71}$	$\frac{53}{72}$	$\frac{54}{73}$
	15,0 (21,3)	$\frac{59}{77}$	$\frac{60}{78}$	$\frac{62}{80}$	$\frac{64}{81}$	$\frac{64}{83}$	$\frac{65}{84}$	$\frac{66}{86}$	$\frac{67}{87}$	$\frac{69}{88}$	$\frac{70}{90}$
	20,0 (26,8)	$\frac{74}{93}$	$\frac{76}{94}$	$\frac{77}{96}$	$\frac{78}{98}$	$\frac{79}{100}$	$\frac{81}{102}$	$\frac{83}{104}$	$\frac{84}{105}$	$\frac{85}{107}$	$\frac{87}{108}$
	25,0 (33,5)	$\frac{93}{113}$	$\frac{94}{115}$	$\frac{96}{117}$	$\frac{98}{119}$	$\frac{100}{121}$	$\frac{101}{123}$	$\frac{103}{125}$	$\frac{105}{127}$	$\frac{107}{129}$	$\frac{109}{131}$

## Продовження дод. 25

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
80	10,0 (17,0)	$\frac{56}{74}$	$\frac{57}{76}$	$\frac{58}{77}$	$\frac{59}{79}$	$\frac{60}{80}$	$\frac{61}{81}$	$\frac{62}{83}$	$\frac{63}{84}$	$\frac{64}{85}$	$\frac{65}{86}$
	15,0 (21,3)	$\frac{71}{92}$	$\frac{72}{93}$	$\frac{73}{94}$	$\frac{74}{96}$	$\frac{76}{98}$	$\frac{77}{99}$	$\frac{78}{101}$	$\frac{79}{102}$	$\frac{80}{104}$	$\frac{81}{105}$
	20,0 (26,8)	$\frac{88}{109}$	$\frac{90}{111}$	$\frac{92}{113}$	$\frac{93}{115}$	$\frac{94}{117}$	$\frac{96}{119}$	$\frac{98}{121}$	$\frac{99}{123}$	$\frac{101}{125}$	$\frac{102}{127}$
	25,0 (33,5)	$\frac{110}{134}$	$\frac{112}{136}$	$\frac{114}{138}$	$\frac{116}{141}$	$\frac{118}{143}$	$\frac{120}{145}$	$\frac{122}{147}$	$\frac{124}{149}$	$\frac{126}{151}$	$\frac{128}{154}$
90	10,0 (17,0)	$\frac{65}{87}$	$\frac{66}{88}$	$\frac{67}{90}$	$\frac{68}{91}$	$\frac{69}{93}$	$\frac{70}{94}$	$\frac{71}{95}$	$\frac{72}{97}$	$\frac{73}{98}$	$\frac{74}{99}$
	15,0 (21,3)	$\frac{83}{107}$	$\frac{84}{108}$	$\frac{85}{110}$	$\frac{86}{112}$	$\frac{87}{113}$	$\frac{88}{115}$	$\frac{90}{116}$	$\frac{91}{118}$	$\frac{93}{120}$	$\frac{94}{121}$
	20,0 (26,8)	$\frac{104}{128}$	$\frac{106}{130}$	$\frac{107}{132}$	$\frac{108}{134}$	$\frac{110}{136}$	$\frac{112}{138}$	$\frac{114}{141}$	$\frac{115}{143}$	$\frac{116}{145}$	$\frac{118}{147}$
	25,0 (33,5)	$\frac{130}{156}$	$\frac{132}{158}$	$\frac{134}{160}$	$\frac{136}{163}$	$\frac{138}{165}$	$\frac{140}{167}$	$\frac{142}{170}$	$\frac{144}{172}$	$\frac{146}{174}$	$\frac{148}{177}$

## Продовження дод. 25

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
100	10,0 (17,0)	$\frac{76}{100}$	$\frac{77}{102}$	$\frac{78}{104}$	$\frac{79}{105}$	$\frac{80}{106}$	$\frac{81}{107}$	$\frac{83}{108}$	$\frac{84}{110}$	$\frac{85}{112}$	$\frac{86}{113}$
	15,0 (21,3)	$\frac{95}{122}$	$\frac{97}{124}$	$\frac{98}{126}$	$\frac{99}{128}$	$\frac{100}{129}$	$\frac{101}{131}$	$\frac{102}{133}$	$\frac{104}{135}$	$\frac{105}{136}$	$\frac{106}{138}$
	20,0 (26,8)	$\frac{120}{149}$	$\frac{121}{152}$	$\frac{123}{154}$	$\frac{125}{156}$	$\frac{127}{158}$	$\frac{129}{160}$	$\frac{131}{162}$	$\frac{133}{164}$	$\frac{134}{166}$	$\frac{136}{168}$
	25,0 (33,5)	$\frac{149}{180}$	$\frac{150}{182}$	$\frac{152}{185}$	$\frac{154}{188}$	$\frac{157}{190}$	$\frac{159}{193}$	$\frac{161}{195}$	$\frac{163}{197}$	$\frac{165}{200}$	$\frac{167}{203}$
110	10,0 (17,0)	$\frac{86}{113}$	$\frac{87}{115}$	$\frac{88}{116}$	$\frac{89}{118}$	$\frac{90}{119}$	$\frac{91}{120}$	$\frac{93}{122}$	$\frac{94}{124}$	$\frac{95}{125}$	$\frac{96}{126}$
	15,0 (21,3)	$\frac{108}{139}$	$\frac{109}{140}$	$\frac{110}{142}$	$\frac{111}{144}$	$\frac{113}{145}$	$\frac{115}{147}$	$\frac{116}{149}$	$\frac{117}{151}$	$\frac{118}{153}$	$\frac{120}{154}$
	20,0 (26,8)	$\frac{136}{169}$	$\frac{137}{171}$	$\frac{139}{173}$	$\frac{140}{175}$	$\frac{142}{177}$	$\frac{144}{180}$	$\frac{146}{182}$	$\frac{148}{184}$	$\frac{150}{187}$	$\frac{152}{189}$
	25,0 (33,5)	$\frac{169}{205}$	$\frac{172}{208}$	$\frac{174}{211}$	$\frac{176}{214}$	$\frac{178}{216}$	$\frac{180}{219}$	$\frac{182}{221}$	$\frac{184}{224}$	$\frac{187}{227}$	$\frac{189}{230}$



## Продовження дод. 25

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
120	10,0 (17,0)	$\frac{98}{128}$	$\frac{99}{130}$	$\frac{100}{131}$	$\frac{101}{133}$	$\frac{102}{135}$	$\frac{104}{136}$	$\frac{105}{138}$	$\frac{106}{140}$	$\frac{107}{141}$	$\frac{108}{143}$
	15,0 (21,3)	$\frac{122}{156}$	$\frac{123}{158}$	$\frac{124}{160}$	$\frac{126}{162}$	$\frac{128}{164}$	$\frac{129}{166}$	$\frac{130}{168}$	$\frac{132}{170}$	$\frac{134}{172}$	$\frac{135}{173}$
	20,0 (26,8)	$\frac{154}{191}$	$\frac{156}{193}$	$\frac{157}{195}$	$\frac{159}{198}$	$\frac{160}{200}$	$\frac{162}{202}$	$\frac{164}{205}$	$\frac{166}{207}$	$\frac{168}{209}$	$\frac{170}{212}$
	25,0 (33,5)	$\frac{192}{233}$	$\frac{194}{235}$	$\frac{197}{238}$	$\frac{199}{241}$	$\frac{201}{244}$	$\frac{204}{247}$	$\frac{206}{249}$	$\frac{208}{252}$	$\frac{211}{255}$	$\frac{213}{257}$

Додаток 26

**Коефіцієнт теплопередачі  $k_{np}$  чавунних нагрівальних приладів (теплоносії вода).**

<b>Нагрівальні прилади</b>	<b>Значення <math>k_{np}</math>, Вт/м<sup>2</sup>·°К, при різниці між середньою температурою теплоносія в приладі і температурою приміщення</b>											
	<b>40-45</b>	<b>45-50</b>	<b>50-55</b>	<b>55-60</b>	<b>60-65</b>	<b>65-70</b>	<b>70-75</b>	<b>75-80</b>	<b>80-90</b>	<b>90-100</b>	<b>100-110</b>	<b>110-120</b>
<b>Радіатори чавунні</b>												
М-140	7,9	8,5	9,2	9,2	9,5	9,5	9,9	9,9	10,0	10,1	10,2	10,3
М-140-А0	8,0	8,6	9,3	9,3	9,6	9,6	10,0	10,0	10,1	10,2	10,3	10,4
М-140-А0-300	8,4	9,0	9,7	9,7	10,0	10,0	10,4	10,4	10,5	10,6	10,7	10,8
РД-90с	8,5	9,1	9,8	9,8	10,1	10,1	10,5	10,5	10,6	10,7	10,8	10,9
М-90	8,2	8,8	9,5	9,5	9,8	9,8	10,2	10,2	10,3	10,4	10,5	10,6

Продовження дод. 26

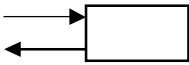
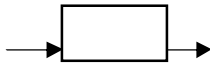
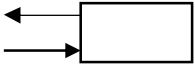
**Коефіцієнт теплопередачі  $k_{np}$  сталених нагрівальних приладів (теплоносії вода).**

<i>Нагрівальні прилади</i>	<i>Значення <math>k_{np}</math>, Вт/м<sup>2</sup>·°К, при різниці між середньою температурою теплоносія в приладі і температурою приміщення</i>											
	<i>40-45</i>	<i>45-50</i>	<i>50-55</i>	<i>55-60</i>	<i>60-65</i>	<i>65-70</i>	<i>70-75</i>	<i>75-80</i>	<i>80-90</i>	<i>90-100</i>	<i>100-110</i>	<i>110-120</i>
Радіатори сталені штамповані												
М3-500-1; М3-500-4	8,6	9,2	9,9	9,9	10,2	10,2	10,6	10,6	10,7	10,8	10,9	11,0
М3-350-1; М3-350-4	9,1	9,7	10,4	10,4	10,7	10,7	11,1	11,1	11,2	11,3	11,4	11,5
2М3-500-1; 2М3-500-4	7,6	8,2	8,9	8,9	9,2	9,2	9,6	9,6	9,7	9,8	9,9	10,0
2М3-350-1; 2М3-350-4	8,2	8,8	9,5	9,5	9,8	9,8	10,2	10,2	10,3	10,4	10,5	10,6

Зауваження: до величини поверхні нагріву повинен бути введений поправочний коефіцієнт  $\beta_3$ . При кількості секцій у приладі до 10 – 0,95; від 10 до 20 – 1,05 і більше 20 – 1,10.

Додаток 27

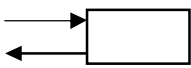
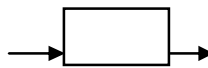
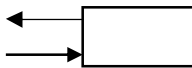
Значення експериментальних величин  $m$ ,  $n$  і  $p$

Співвідношення $\frac{G_{\text{відн}}}{F_p}$	Експериментальні величини	Схема під'єднання нагрівального приладу		
				
<i>Радіатори чавунні і сталеві штамповані панельні колонкові</i>				
При $\frac{G_{\text{відн}}}{F_p} \leq 7$	$m$	1,79	3,28	1,98
	$n$	0,32	0,15	0,24
	$p$	0,03	0,08	0,07
При $\frac{G_{\text{відн}}}{F_p} > 7$	$m$	7,89	3,85	2,27
	$n$	0,32	0,15	0,24
	$n$	0,32		

Зауваження:  $G_{\text{відн}} = \frac{G_{\text{н}}}{1 \text{ А}}$

$F_p$  - розрахункова площа поверхні приладу, м<sup>2</sup>.

Значення експериментальних величин  $m$ ,  $n$  і  $p$

Співвідношення $\frac{G_{відн}}{F_p}$	Експериментальні величини	Схема під'єднання нагрівального приладу		
				
<i>Радіатори сталеві штамповані панельні змієвикові</i>				
$\frac{G_{пр}}{кг/год}$	$m$	2,30		
	$n$	0,32		
	$p$	0,10		
$\frac{G_{пр}}{кг/год}$	$m$	2,30		
	$n$	0,32		

Зауваження:  $G_{відн} = \frac{G_{пр}}{1 \text{ } \mathcal{A}}$ ;

$F_p$  - розрахункова площа поверхні приладу, м<sup>2</sup>.

## ЗМІСТ

<b>Передмова</b>	3
<b>Вступ</b>	4
<b>1. Обсяг і структура курсового проекту</b>	5
<b>2. Вимоги до оформлення курсового проекту</b>	6
2.1 Вимоги до оформлення розрахунково-пояснювальної записки	6
2.1.1 Нумерація в тексті записки	7
2.1.2 Посилання в тексті розрахунково-пояснювальної записки	8
2.1.3 Зміст розрахунково-пояснювальної записки	9
2.1.4 Оформлення бібліографічного списку	9
<b>3. Характеристика елементів розрахунково-пояснювальної записки</b>	11
3.1 Титульний аркуш	11
3.2 Завдання на курсове проектування	11
3.3 Реферат	11
3.4 Зміст	12
3.5 Вступ	12
3.6 Основний зміст проекту	12
3.7 Висновки і пропозиції	12
3.8 Додатки	13
<b>4. Методика виконання курсового проекту</b>	14
4.1 Розрахунок тепловтрат приміщень будівлі	14
4.2 Вимірювання площ зовнішніх огорожень приміщень	22
4.3 Розрахункова теплова потужність системи опалення будівлі	24
4.4 Розрахунок тепловтрат будівлями за збільшеними показниками (теплотехнічна оцінка будинку)	24
<b>5. Конструювання і розрахунок системи опалення будівлі</b>	34
5.1 Вимоги до системи опалення.	34
5.2 Вибір і конструювання системи опалення будівлі	34
5.3 Розрахунок і підбір опалювальних приладів	44
5.4 Гідравлічний розрахунок системи опалення	52
<b>6. Підбір елеватора теплового пункту</b>	87
<b>7. Розрахунок вентиляції</b>	91
<b>Бібліографічний список</b>	112
<b>Додатки</b>	113

ISBN 966-665-439-3

*Навчальне видання*

Василь Петрович Шолудько  
Віталій Мефодійович Боярчук  
Ярослав Васильович Шолудько  
Микола Адамович Михалюк

**ТЕПЛОТЕХНІКА  
ТА ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОТИ**  
Навчальний посібник

За загальної редакції  
кандидата технічних наук, доцента  
***В. П. Шолудька***

Редактор Забор М.М.

Видавництво “СПОЛОМ”  
79008 Україна, м.Львів, вул.. Краківська, 9  
Тел./факс: (380-32) 297-55-47  
E-mail: spolom@sc.net.ua

Підписано до друку 04.01.2007. Формат 84×108/38.  
Гарнітура “Таймс”. Папір офсетний. Друк офсетний.  
Ум. друк. арк. Обл. вид. арк.