

Міністерство освіти і науки України
Харківська національна академія міського господарства

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до розрахунково-графічної роботи з дисципліни

«ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ І ГАРЯЧЕ ВОДОПОСТАЧАННЯ»

(для студентів 3 курсу денної і 4-5 курсів заочної форм навчання напряму підготовки 0921 (6.060101) «Будівництво» спеціалізації «Технологічне обслуговування, ремонт та реконструкція будівель» та слухачів другої вищої освіти)

Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи з дисципліни «Теплопостачання і гаряче водопостачання» (для студентів 3 курсу денної і 4-5 курсів заочної форм навчання напряму підготовки 0921 (6.060101) «Будівництво» спеціалізації «Технологічне обслуговування, ремонт та реконструкція будівель» та слухачів другої вищої освіти) / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; уклад.: О. О. Алексахін. – Х.: ХНАМГ, 2007. – 23 с.

Укладач: О. О. Алексахін.

Рецензент: А. О. Бобух

Рекомендовано кафедрою ТХП,
протокол №1 від 29.08.06

Мета розрахунково-графічної роботи – закріплення знань з дисципліни "Теплопостачання і гаряче водопостачання будівель". Студенти набувають досвід з підбору схем гарячого водопостачання, їх елементів, знайомляться з існуючими методиками розрахунків, довідковою та нормативною літературою.

1. ЗМІСТ РОБОТИ

Робота складається з двох розрахункових завдань, які виконують за індивідуальними вихідними даними. До пояснювальної записки додають схеми мереж групи забудови з розподілом їх на розрахункові ділянки, схему системи гарячого водопостачання будівлі й схему компоновки водопідігрівної установки.

Завдання №1 Виконати гідравлічний розрахунок трубопроводів фрагмента квартальної мережі гарячого водопостачання. Розрахункову кількість мешканців в одно-, дво-, трикімнатних квартирах прийняти відповідно 2, 3, 4. У квартирах встановлено 2 водорозбірних прилади гарячої води (по одному на кухні й у ванній кімнаті). Ванні кімнати обладнані пристроями для сушіння рушників, приєднаними до водорозбірних стояків. Норма витрати води диктуючим приладом становить 0,18 л/с. Інші вихідні дані прийняти за табл. 1, 2, 3.

Таблиця 1 – Вихідні дані до завдання №1

Параметр	Номер варіанта (остання цифра шифру)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Кількість поверхів	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14

Таблиця 2 – Вихідні дані до завдання №1

Параметр	Номер варіанта (остання цифра шифру)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	
Кількість квартир на поверху (число кімнат у квартирі)	2 (2; 2)	2 (1; 2)	2 (2; 3)	3 (1; 2; 3)	3 (2; 2; 3)	3 (2; 3; 4)	4 (1; 2; 3; 4)	4 (1; 2; 2; 3)	4 (2; 2; 3; 3)	4 (2; 3; 3; 4)	4 (2; 3; 3; 4)

Таблиця 3 – Вихідні дані до завдання №1

Параметр	Номер варіанта (порядковий номер за списком)			
	1...5	6...10	11...15	16...20
Норма витрати гарячої води, л/год.	7,9	9,2	10	10,9

Завдання №2 Здійснити розрахунок теплообмінних апаратів водопідігрівної установки для умов централізованого гарячого водопостачання при температурі гріючого теплоносія у точці зламу графіка температур 77/42 °С. Температуру холодної і гарячої води прийняти відповідно 5 і 55 °С. Максимальні витрати теплоти для потреб гарячого водопостачання і опалення прийняти за табл. 4, 5.

Таблиця 4 – Вихідні дані до завдання №2

Параметр	Номер варіанта (остання цифра шифру)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Максимальні витрати теплоти на гаряче водопостачання, МВт	0,8	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	5,0	10

Таблиця 5 – Вихідні дані до завдання №2

Параметр	Номер варіанта (остання цифра шифру)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Максимальні витрати теплоти на опалення, МВт	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0

2. РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

2.1. Вибір системи гарячого водопостачання та вирішення принципової схеми

Вирішення принципової схеми гарячого водопостачання треба виконувати згідно з вимогами, викладеними в /1-5/. За умов централізованого гарячого водопостачання будівель мікрорайону треба передбачити влаштування, частіше, закритої системи теплопостачання і підігрів води у спеціальних теплообмінних апаратах – водопідігрівниках. Систему гарячого водопостачання необхідно проектувати як таку, що має нижнє розподілення трубопроводів. Вибір схеми підігріву води належить виконувати згідно з рекомендаціями /3, 5/. Спосіб приєднання водопідігрівників визначають залежно від співвідношення максимальної витрати теплоти на гаряче водопостачання $Q_{г.г. max}^I$ і опалення $Q_{о.г. max}^I$. Система повинна мати насосну циркуляцію води і рециркуляційний трубопровід. Від ЦТП до споруд необхідно проектувати чотиритрубну каналну або безканалну теплову мережу (подавальний і зворотній трубопровід для потреб опалення і гарячого водопостачання).

2.2. Розрахунок витрат тепла.

а) максимальна кількість теплоти, Вт для потреб опалення житлових і громадських будівель /3/

$$Q_{o,\max}^I = q_o A(1 + K_1);$$

б) максимальна кількість теплоти, Вт на потреби вентиляції громадських будівель /3/

$$Q_{v,\max}^I = K_1 K_2 q_o A;$$

в) середній тепловий потік, Вт, на потреби гарячого водопостачання /3/

$$Q_{hm}^I = \frac{1,2m(a+b)(55-t_c)c}{24 \times 3600}, \text{ або } Q_{hm}^I = q_h m;$$

г) максимальний тепловий потік, Вт, на потреби гарячого водопостачання житлових та громадських будівель /3/

$$Q_{h,\max}^I = 2,4 Q_{hm}^I.$$

У наведених рівняннях q_o - максимальний тепловий потік на опалення житлових будівель на 1 м^2 загальної площі (додаток А); А – загальна площа житлових будівель; K_1 - коефіцієнт обліку теплового потоку на опалення громадських будівель (при відсутності даних норми пропонують $K_1 = 0,25$); K_2 - коефіцієнт обліку теплового потоку на вентиляцію громадських будівель, $K_2 = 0,6$; m - кількість людей; a - норма споживання води на гаряче водопостачання в житлових будівлях на одну людину на добу; b - норма споживання води на гаряче споживання у громадських будівлях; t_c - температура холодної води (під час періоду опалення слід брати $t_c = 5^\circ\text{C}$); q_h - укрупнений показник середнього теплового потоку на гаряче водопостачання на одну людину; $c = 4187 \text{ Дж}/(\text{кг} \times ^\circ\text{C})$ - питома теплоємність води.

При застосуванні закритої схеми тепlopостачання системи гарячого водопостачання приєднують до теплових мереж за незалежною схемою за допомогою теплообмінних апаратів. Схему приєднання вибирають згідно з співвідношенням навантажень гарячого водопостачання та опалення $\gamma = \frac{Q_{h,\max}^I}{Q_{o,\max}^I}$

/3/. Якщо $\frac{Q_{h,\max}^I}{Q_{o,\max}^I} > 1$, застосовують одноступінчасту схему приєднання. У цьому

разі водопідігрівник приєднують до закритої системи тепlopостачання паралельно з системами опалення. Двоступінчасту схему доцільно застосовувати, якщо витрати на гаряче водопостачання менші, ніж на опалення, тобто $\gamma < 1,0$.

3. РОЗРАХУНОК ВИТРАТ ВОДИ

Витрати теплоносія для потреб мікрорайона визначають як суму витрат

$$G_d = G_{o \max} + G_{v \max} + G_{h \max} K_3.$$

Складові рівняння встановлюють згідно з формулами /3/:

а) на потреби опалення

$$G_{o \max} = \frac{Q_{o \max}^1}{c(\tau_1 - \tau_2)}, \text{ кг/с};$$

б) на потреби вентиляції

$$G_{v \max} = \frac{Q_{v \max}^1}{c(\tau_1 - \tau_2)}, \text{ кг/с};$$

в) на потреби гарячого водопостачання для закритих схем:

- середній для умов паралельної схеми приєднання водопідігрівників

$$G_{2hm} = \frac{Q_{hm}^1}{c(\tau_1^1 - \tau_2^1)}, \text{ кг/с};$$

- максимальний для умов паралельної схеми

$$G_{2h \max} = \frac{Q_{h \max}^1}{c(\tau_1^1 - \tau_3^1)}, \text{ кг/с};$$

- середній, при застосуванні двоступінчатої схеми приєднання водопідігрівників

$$G_{3hm} = \frac{Q_{hm}^1}{c(\tau_1^1 - \tau_2^1)} \left(\frac{55 - t^1}{55 - t_c} + 0,2 \right), \text{ кг/с};$$

- максимальний, при застосуванні двоступінчатої схеми

$$G_{3hm} = \frac{Q_{h \max} \times 0,55}{c(\tau_1^1 - \tau_2^1)}, \text{ кг/с};$$

де τ_1, τ_2 - температура води у подавальному і зворотньому трубопроводі, відповідно;

t_c - температура холодної води під час періоду опалення (за відсутністю даних слід брати $t_c = 5^\circ\text{C}$);

τ_1^1 - температура води у подавальному трубопроводі теплової мережі в точці зламу графіка температур ($\tau_1^1 = 77^\circ\text{C}$);

τ_2^1 - теж саме в зворотньому трубопроводі теплової мережі після системи опалення будівель ($\tau_2^1 = 42^\circ\text{C}$);

τ_3^1 - температура води після паралельно встановленого водопідігрівника в точці зламу графіка температур. Згідно з /3/ слід брати $\tau_3^1 = 30^\circ\text{C}$;

K_3 - коефіцієнт обліку частки середньої витрати води на гаряче водопостачання при регулюванні відповідно до теплового навантаження на опалення (прийняти рівним 1).

Задаючись питомими втратами тиску на тертя за допомогою номограм (додаток Д) для відомих витрат теплоносія G_d визначають діаметр ($T_1=T_2$)

трубопроводів і уточнюють фактичну питому втрату тиску на тертя для означених витрат теплоносія і діаметра.

4. ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК РОЗПОДІЛЬЧИХ МЕРЕЖ ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ МІКРОРАЙОНУ

За результатами гідравлічного розрахунку одержують відповідь на запитання, трубопроводи яких діаметрів слід вживати і які при цьому втрати тиску води мають місце. Передусім обирають схему гарячого водопостачання, мережу розподіляють на розрахункові ділянки. Розрахунок систем гарячого водопостачання умовно можна розподілити на етапи:

1. Визначення витрат тиску і діаметрів трубопроводів квартирної підводки.
2. Гідравлічний і тепловий розрахунки секційного вузла.
3. Гідравлічний і тепловий розрахунки мікрорайонних мереж.

4.1. Розрахунки квартирної підводки.

Розрахунок слід виконувати від диктуючого приладу (точка 1 на рис.1) до місця підключення до водорозбірного стояка (точка 4). Вірогідність дії санітарно-технічних пристроїв визначають за формулою

$$P = \frac{g_{h.t.u.} \cdot u}{g_o \cdot N \times 3600}, \quad (1)$$

де $g_{h.t.u.}$ - норма витрат води одним споживачем за годину найбільшого споживання води (див. додаток Б); u - кількість споживачів; g_o - витрати води диктуючим водорозбірним пристроєм; N - кількість пристроїв на ділянці.

Для визначення максимальних витрат води на ділянці застосовують формулу

$$g_h = 5\alpha g_o, \text{ л/с.} \quad (2)$$

Коефіцієнт α для ділянки системи знаходять залежно від загальної кількості водорозбірних пристроїв на ділянці і вірогідності їх дії за таблицями (додатки В, Г). Згідно з економічно доцільними значеннями швидкості води в трубопроводі /5/ та розрахунковими витратами води за допомогою номограм (додаток Д) обирають стандартні діаметри трубопроводів. Швидкість води в трубопроводах не повинна бути більше 1,5 м/с, а в підводках до водорозбірних пристроїв - 2,5 м/с.

Втрати тиску на ділянці обчислюють за рівнянням

$$H = il(1 + K_l), \quad (3)$$

де i - питомі втрати тиску (визначають за номограмою (додаток Д)); l - довжина ділянки; K_l - коефіцієнт, що враховує втрати тиску в місцевих опорах ($K_l = 0,2$ - для подавальних і циркуляційних розподільчих трубопроводів; $K_l = 0,5$ - для трубопроводів в межах теплових пунктів, а також

для трубопроводів водорозбірних стояків з пристроями для сушіння рушників; $K_l = 0,1$ - для трубопроводів водорозбірних стояків без пристроїв для сушіння рушників і циркуляційних стояків).

Дані розрахунків заносять до таблиці за наведеним зразком (табл. 6).

Таблиця 6 - Гідравлічний розрахунок трубопроводів квартирної підводки системи гарячого водопостачання

№ ділянки	Довжина l , м	N , шт	N^*P	α	Витрати g_h , л/с	Діаметр d , мм	V , м/с	Втрати тиску	
								Питомі Па/м	На ділянці Па

4.2. Розрахунок секційного вузла

Витрати води через секційний вузел (g_{uz}^h) визначають за формулою (2). Вірогідність дії водорозбірних пристроїв обчислюють за (1) для загальної кількості пристроїв, які обслуговуються секційним вузлом.

Витрати води через водорозбірний стояк секційного вузла обчислюють за (2) з понижуючим коефіцієнтом 0,7:

$$g_{st}^h = 0,7 \times 5 \alpha_{st} g_0, \text{ л/с} \quad (4)$$

Коефіцієнт α_{st} визначають за додатком Г для загальної кількості водорозбірних пристроїв, приєднаних до стояка.

Діаметри трубопроводів стояків обирають за додатком Д таким чином, щоб швидкість води не перевищувала 1,5 м/с.

При відомих діаметрах і довжинах ділянок обчислюють теплові втрати трубопроводами секційного вузла (з урахуванням втрат теплоти в пристроях для сушіння рушників) і розраховують циркуляційні витрати води через секційний вузол за формулою

$$g_{uz}^{cir} = \frac{Q_{uz}^{bm}}{c \Delta t_{uz}}, \quad (5)$$

де Q_{uz}^{bm} - втрати теплоти трубопроводами секційного вузла (визначають за допомогою додатку Е); $\Delta t_{uz} = 8,5^\circ\text{C}$ - охолодження води в трубопроводах секційного вузла; c - теплоємність води.

Детально розрахунки секційного вузла житлових будинків розглянуті в /6/.

4.3. Розрахунок мікрорайонної мережі гарячого водопостачання.

Мікрорайонну мережу розподіляють на розрахункові ділянки (рис. 2), на схемі позначають номери вузлів і довжину ділянок. Розрахунковою вважають ділянку трубопроводу з постійними витратами і діаметром. Розрахунок подавальних трубопроводів ТЗ виконують в такій послідовності:

- 1) вибір головної вітки мережі й визначення питомих втрат тиску у вітках мережі;
- 2) обчислення витрат гарячої води на ділянках віток в режимі водорозбору;
- 3) вибір діаметрів трубопроводів головної вітки й обчислення втрат тиску на ділянках і вітці в цілому;
- 4) вибір діаметрів трубопроводів і визначення втрат тиску на ділянках інших віток.

Вибір головної вітки здійснюють за величиною параметра A , який обчислюють для кожної з віток мережі за формулою

$$A = \frac{\sum H_l}{\sum l}, \quad (6)$$

де $\sum H_l$ - величина припустимих втрат тиску в подавальному розподільчому трубопроводі в режимі водорозбору; $\sum l$ - сумарна довжина вітки від найбільш віддаленого секційного вузла до ЦТП.

$$\sum H_l = H_g^1 - H_{p,uz} = H_g^1 - (H_{geod} + H_{geom} + H_{uz} + H_j^1 + H_j), \quad (7)$$

де H_g^1 - напір в мережі гарячого водопостачання після водопідігрівника; $H_{p,uz}$ - максимальний розрахунковий напір на ввіді кожного секційного вузла; H_{geod} - різниця геодезичних відміток вводу у секційний вузол і насоса, встановленого на тепловому пункті (1м вод. ст.=9,8 кПа); H_{geom} - геометрична висота будівлі; H_{uz} - втрати напору в секційному вузлі в режимі водорозбору; H_j^1 - втрати напору в квартирній підводці; H_j - вільний напір в диктуючому приладі.

У роботі величину $(H_{geom} + H_{uz} + H_j^1 + H_j) = P_{uz}$ для типових проектів житлових будинків припустимо прийняти за табл. 7 (P_{uz} - напір на ввіді в секційний вузол).

Таблиця 7. - Орієнтовні показники системи гарячого водопостачання житлових будинків.

Поверховість	5	9	12	16
P_{uz} , м вод.ст./кПа	24,1/236	34,5/338	45/441	58,26/571
Циркуляційні витрати в секційному вузлі g_{uz}^{cir} , л/с	0,11	0,19	0,33	0,45

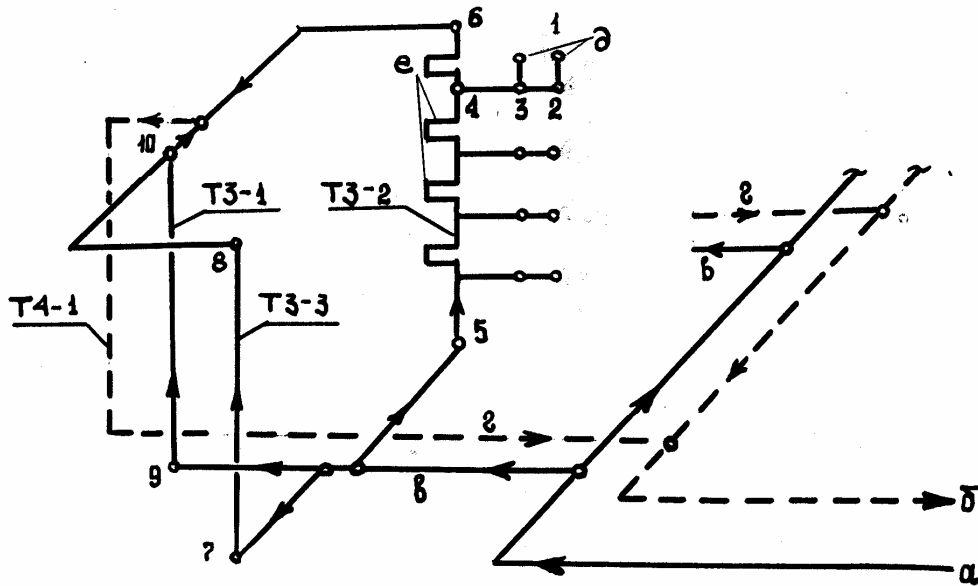


Рис. 1. – Аксонометрична схема секційного вузла:
 Т3-1...Т3-3 – подавальні стояки; Т4 – циркуляційний стояк; а – вхід з
 квартильних мереж; б – до квартильних мереж; в – вхід до секційного вузла; г –
 від секційного вузла; д – водорозбірні пристрої; е – пристрій для сушіння
 рушників

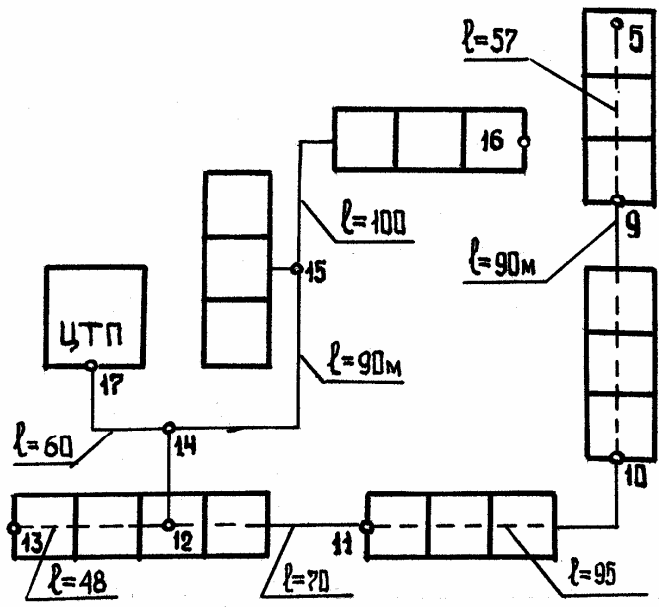


Рис. 2. – Схема квартильної мережі гарячого водопостачання:
 ЦТП – центральний тепловий пункт; 1...18 – розрахункові точки мережі; $l=90$ м
 – довжина розрахункової ділянки

Для кожної вітки системи вибирають найбільше значення $(P_{uz} + H_{geod})$. Вітка мережі, для якої параметр A має мінімальну величину, є головною лінією при розрахунках подавальних трубопроводів. Результати доцільно занести до таблиці за поданим зразком (табл. 8).

Таблиця 8. - Визначення питомих втрат тиску у вітках мікрорайонної мережі. Вибір головної вітки

№ вітки	№ секційного вузла	$P_{uz} + P_{geod}$	Довжина вітки, м	A , Па/м	Питомі втрати тиску i_{nod} , Па/м
---------	--------------------	---------------------	------------------	------------	--------------------------------------

Вибір діаметрів подавальних трубопроводів головної вітки при умові $\sum H_l \leq 100$ кПа здійснюють за номограмою (додаток Д) для витрат гарячої води g_h^{cir} і величини питомих втрат тиску, які обчислюють за формулою

$$i_{под} = \frac{A}{(1 + k_1)k_{exp}}, \quad (8)$$

в якій k_{exp} - експериментально встановлена величина перевищення фактичних втрат тиску у порівнянні з розрахунковими (в курсовому проекті прийняти $k_{exp} = 1$).

Розрахункові витрати гарячої води з урахуванням циркуляційних витрат рекомендовано визначати за формулою

$$g_h^{cir} = g_h(1 + k_{cir}), \quad (9)$$

де g_h - витрати гарячої води в режимі водорозбору (обчислюють для кожної з ділянок за формулами (1), (2) з урахуванням кількості водорозборних пристроїв на кожній окремій ділянці); k_{cir} - коефіцієнт, що приймається: для водопідігрівників і початкових ділянок систем до першого водорозбірного пристрою за табл. 9; для інших ділянок мережі - рівним 0.

Таблиця 9 - Значення коефіцієнтів k_{cir} для систем гарячого водопостачання.

g_h / g_{cir}	1,2	1,4	1,6	1,8	1,9	2,0	2,1 >
k_{cir}	0,57	0,43	0,38	0,33	0,25	0,12	0

Втрати тиску на ділянці обчислюють за рівнянням (3).

Вибір діаметрів подавальних трубопроводів головної розрахункової вітки при $\sum H_l > 100$ кПа відбувається для умови забезпечення рівності втрат тиску в холодному й гарячому водопроводі. При цьому сумарні втрати напору по головній розрахунковій вітці не повинні перевищувати величину $\sum H_l$.

Розрахунок інших віток здійснюють від точки приєднання цих віток до головної. Питомі втрати тиску в трубопроводах відгалуджень обчислюють при

умові однакових втрат тиску на головній вітці від точки приєднання до найвіддаленішого секційного вузла на ній ($\sum H_1$) і втрат тиску у вітці, що розглядається (H_2), від точки приєднання до найвіддаленішого секційного вузла на цій вітці:

$$i^1 = \frac{H_2}{\sum l^1 (1 + k_1)},$$

де $\sum l^1$ - сумарна довжина ділянок відгалудження від точки приєднання до найвіддаленішого секційного вузла; $\sum H_1 = H_2$ - сумарні втрати тиску на ділянках головної вітки від точки приєднання до неї відгалудження до найвіддаленішого секційного вузла головної вітки.

Втрати тиску в подавальних трубопроводах від водопідігрівників до найвіддаленіших стояків кожної вітки системи не повинні відрізнятись для різних віток більше, ніж на 10%.

Результати гідравлічних розрахунків доцільно подати у вигляді таблиці (див. табл. 10).

Таблиця 10 - Гідравлічний розрахунок подавального трубопроводу системи гарячого водопостачання ТЗ

№ вітки	№ ділянки	Кількість пристроїв	$N \cdot P$	α	Розрахункові витрати води g_h^{cir} , л/с	Швидкість, м/с	Питомі втрати тиску ζ , Па/м	Довжина ділянки l , м	Втрати тиску на ділянці H , Па	Діаметр d_{nod} , мм
Головна вітка										
Інші вітки мережі										

5. РОЗРАХУНОК ТЕПЛОБМІННИХ АПАРАТІВ ВОДОПІДІГРІВНИХ УСТАНОВОК

5.1. Вибір кожухотрубчастих теплообмінників

Нагрівання холодної (водопроводної) води до необхідної для гарячого водопостачання температури відбувається на теплових пунктах за допомогою теплообмінних апаратів. У закритих системах тепlopостачання з водяними тепловими мережами використовують водоводяні пластинчасті чи кожухотрубчасті теплообмінники.

Розрахунок кожухотрубчастих водоводяних теплообмінних апаратів виконують у такій послідовності:

- 1) Визначають схему приєднання водопідігрівної установки до теплових мереж /8/.
- 2) Обчислюють теплову продуктивність апаратів, початкові й кінцеві температури гріючого теплоносія і води, що нагрівається /8/.
- 3) Обчислюють середню логарифмічну різницю температур в апараті Δt .
- 4) За величиною оптимальної швидкості води у трубках (приблизно $\omega_T = 1$ м/с) визначають площу перерізу трубок пучка за формулою (16); за величиною f_T за додатком 3 обирають тип водопідігрівника і, знаючи його характеристики (площу перерізу трубок f_T^* , площу міжтрубного простору f_M^* , еквівалентний діаметр міжтрубного простору d_e), уточнюють швидкість води в трубках ω_T^* за формулою (17), знаходять швидкість теплоносія в міжтрубному просторі апарата за формулою (18):

$$f_T = \frac{G_1}{\omega_T \rho}; \quad (16)$$

$$\omega_T^* = \frac{G_1}{f_T^* \rho}; \quad (17)$$

$$\omega_M = \frac{G_2}{f_M^* \rho}; \quad (18)$$

де f_T^* , f_M^* - табличні значення площі перерізу обраного підігрівника; G_1 - витрати гарячої води; G_2 - витрати гріючого теплоносія; ρ - густина води (в розрахунках можна прийняти $\rho = 1000$ кг/м³).

- 5) Обчислюють коефіцієнт теплообміну між гріючим теплоносієм і стінками трубок:

$$\alpha_2 = \left[1630 + 21\bar{t}_2 - 0,04(\bar{t}_2)^2 \right] \left(\frac{\omega_T^{0,8}}{d_e^{0,2}} \right),$$

де $\bar{t}_2 = 0,5(t_2^I + t_2^{II})$ - середня температура гріючого теплоносія в апараті; t_2^I , t_2^{II} - температура теплоносія на вході й виході відповідно.

- 6) Визначають коефіцієнт теплообміну між стінками трубок і водою, що нагрівається,

$$\alpha_1 = \left[1630 + 21\bar{t}_1 - 0,04(\bar{t}_1)^2 \right] \left(\frac{\omega_T^{0,8}}{d_g^{0,2}} \right),$$

де $\bar{t}_1 = 0,5(t_1^I + t_1^{II})$ - середня температура води, що нагрівається; t_1^I - температура води на вході в апарат чи один із ступенів водопідігрівної установки; t_1^{II} - температура води, що нагрівається на виході з апарату чи одного з ступенів водопідігрівної установки; $d_g = 0,014$ м - внутрішній діаметр трубок апарата.

7) Приймаючи величину термічного опору відкладень на стінках трубок r_1, r_2 /8/, обчислюють коефіцієнт теплопередачі

$$K = \frac{1}{d_{cp} \left(\frac{1}{\alpha_1 d_6} + \frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_3}{d_6} + \frac{1}{\alpha_2 d_3} \right) + r_1 + r_2},$$

де $d_{cp} = 0,5(d_6 + d_3)$ - середній діаметр трубок; $d_3 = 0,016$ м - зовнішній діаметр трубок; λ - коефіцієнт теплопровідності матеріалу трубок (в розрахунках прийняти $\lambda = 63$ Вт/(м °С).

8) Визначають потрібну площу поверхні теплообміну апарата і кількість секцій, яка забезпечить необхідну площу

$$F = \frac{Q_{h,max}}{K\Delta t}; n = \frac{F}{f_0},$$

де f_0 - площа теплообміну однієї секції (додаток 3).

Якщо водопідігрівна установка має двоступінчасту компоновку, за поданим алгоритмом обчислюють теплообмінні апарати кожного із ступенів установки при відповідних значеннях теплової продуктивності, витрат речовин та температур середовищ для 1 і 2 ступенів.

9. Визначають втрати тиску у водопідігрівній установці

- для води, що нагрівається

$$\Delta P_1 = 7,5(\omega_T^*)^2 n_\Sigma, \text{ кПа};$$

- для гріючої води (теплоносія)

$$\Delta P_2 = 25(\omega_{..})^2 n_\Sigma, \text{ кПа},$$

де n_Σ - загальна кількість секцій установки.

5.2. Розрахунок пластинчастих теплообмінників

Мета проектного розрахунку пластинчастого апарата – визначення площі поверхні теплообміну (кількість пластин), схеми компоновки каналів, гідравлічного опору і витрат електроенергії на транспортування через апарат речовин, що обмінюються теплом. Існує декілька методик розрахунку пластинчастих теплообмінників. У роботі слід застосовувати методику „УкрНДІХімаш” [9], яка детально викладена у [8, 10,11]. У [10] подані приклади розрахунків пластинчастих апаратів для одноступінчастої схеми приєднання водопідігрівної установки гарячого водопостачання, у [8] – для двоступінчастої змішаної. Фактичний і довідковий матеріали, необхідні для обчислень, подані у [8].

Розрахунки пластинчастого апарата слід провести для тих самих вихідних даних, що й розрахунки кожухотрубчастого теплообмінника (розділ 5.1). Для порівняння результатів обчислень слід скласти таблицю за формою табл. 11.

Таблиця 11 – Порівняння варіантів виконання водопідігрівної установки

№ п\п	Показник	Одиниця вимірювання	Варіанти виконання	
			кожухотрубчастий апарат	пластинчастий апарат
1	Теплове навантаження	Вт		
2	Витрати водопровідної води	л/с		
3	Швидкість а) граючої води б) водопровідної води	м/с		
4	Коефіцієнт теплопередачі	Вт/(м ² ·°С)		
5	Середній логарифмічний температурний напір	°С		
6	Площа теплообміну апарата	м ²		
7	Втрати тиску а) для граючої води б) для водопровідної води	Па		

Укрупнені показники максимального теплового потоку на опалення житлових будівель на 1 м² загальної площі, Вт/м² (для забудови до 1985 р.).

Поверховість	Характеристика будівель	Розрахункова температура зовнішнього повітря для проектування опалення $t_{p.o.}, ^\circ\text{C}$					
		-5	-10	-15	-20	-25	-30
1-2	без урахування енергозберігаючих заходів	148	154	160	205	213	230
3-4		95	102	109	117	126	134
5 і більше		65	70	77	79	86	88
1-2	з урахуванням енергозберігаючих заходів	147	153	160	194	201	218
3-4		90	97	103	111	119	128
5 і більше		65	69	73	75	82	88

Додаток Б

Норми витрати гарячої води при температурі 55 °С на гаряче водопостачання.

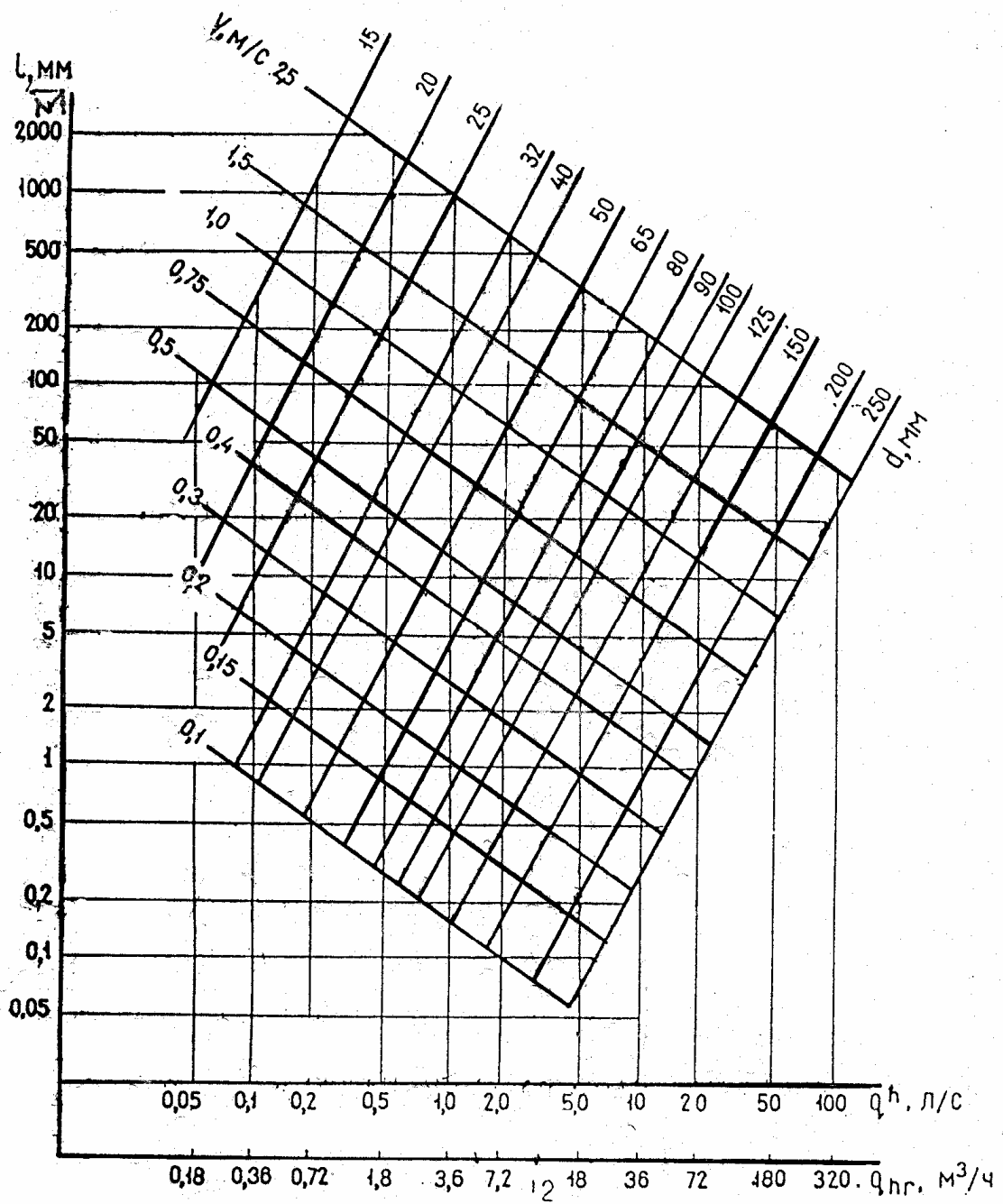
Споживачі	Розмірність	Норма витрат	
		л/добу	л/год
Житлові будинки квартирної типу:			
- з централізованим гарячим водопостачанням, обладнані умивальниками, мийками і душем	1 мешканець	85	7,9
- з сидячими ваннами, обладнані душем	-	90	9,2
- з ваннами довжиною від 1500 до 1700 мм, обладнані душем	-	105	10
- висотою понад 12 поверхів з централізованим гарячим водопостачанням та підвищеними вимогами до їх благоустрою	-	115	10,9
Дитячі ясла, садки з денним перебуванням дітей та пральними, обладнаними автоматичними пральними машинами	1 дитина	11,5	4,5
Магазини:			
- продовольчі	1 працюючий в зміну	65	9,6
- промтоварні	-	5	2
Школи загальноосвітні	1 учень або 1 викладач	3	1

Додаток В

Значення коефіцієнтів α при $P > 0,1$ і $N \leq 200$

N	P				N	P			
	0,1	0,15	0,2	0,4		0,1	0,15	0,2	0,4
2	0,39	0,40	0,40	0,40	16	1,25	1,53	1,71	2,41
4	0,58	0,65	0,69	0,78	28	1,72	2,21	2,52	3,77
6	0,72	0,83	0,90	1,11	36	2,02	2,63	3,02	4,63
8	0,84	0,99	1,08	1,39	50	2,50	3,32	3,80	6,05
10	0,95	1,14	1,25	1,66					

Номограма для гідравлічного розрахунку сталевих труб для систем гарячого водопостачання



Додаток Г

Значення коефіцієнтів α при $P \leq 0,1$ і будь-якій кількості N і також при $P > 0,1$ і $N > 200$.

$N*P$	α	$N*P$	α	$N*P$	α	$N*P$	α	$N*P$	α
<0,015	0,2	0,125	0,373	1,4	1,168	20	6,893	140	34,96
0,015	0,202	0,15	0,399	1,6	1,261	25	8,192	160	39,46
0,016	0,205	0,175	0,425	1,8	1,35	30	9,457	180	43,95
0,018	0,21	0,20	0,449	2,0	1,437	35	10,70	200	48,43
0,020	0,215	0,25	0,493	2,5	1,644	40	11,92	250	59,38
0,022	0,219	0,30	0,534	3,0	1,84	45	13,13	300	70,29
0,024	0,224	0,35	0,573	3,5	2,029	50	14,32	350	81,12
0,026	0,228	0,4	0,61	4,0	2,21	55	15,51	400	91,90
0,028	0,233	0,5	0,678	4,5	2,386	60	16,69	450	102,63
0,030	0,237	0,6	0,742	5,0	2,558	65	17,85	500	113,32
0,035	0,247	0,7	0,803	6,0	2,891	70	19,02	600	134,6
0,040	0,256	0,8	0,86	7,0	3,212	75	20,18	700	155,77
0,045	0,265	0,9	0,916	8,0	3,524	80	21,33	800	176,87
0,05	0,273	1,0	0,969	9,0	3,828	85	22,48	900	197,9
0,06	0,289	1,1	1,021	10	4,126	90	23,62	1000	218,87
0,07	0,304	1,2	1,071	12	4,707	95	24,77	1250	271,14
0,08	0,318			14	5,27	100	25,91	1600	343,9
0,09	0,331			16	5,821	110	28,18	1800	426,8
0,10	0,343			18	6,362	120	30,44		

Теплові втрати трубопроводів секційних вузлів гарячого водопостачання (для закритих систем тепlopостачання).

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

Теплові втрати ізольованих трубопроводів квартальної мережі для різних умов прокладання.

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

Основні характеристики водоводяних секційних підігрівників.

Номер підігрівника	Зовнішній і внутрішній діаметри корпусу, мм	Кількість труб в секції	Поверхня теплообміну однієї секції довжиною 4м, м ² f_0	Площина для руху теплоносіїв, м ²		Еквівалентний діаметр міжтрубного простору d_e	Маса секції, кг
				трубок f_T	міжтрубного простору f_M		
02	57/50	4	0,75	0,00062	0,00116	0,013	45,2
04	76/69	7	1,31	0,0018	0,00233	0,0164	61,6
06	89/82	12	2,24	0,00185	0,00287	0,0188	80,4
10	168/156	37	6,9	0,0057	0,0122	0,0207	114
12	219/207	64	12	0,0099	0,0208	0,0258	322
14	273/259	109	20,3	0,0168	0,0308	0,0196	487
18	377/359	216	40,1	0,0332	0,0578	0,0193	
20	426/408	283	52,5	0,0436	0,079	0,0186	

Список літератури

1. Козин В. Е. и др. Теплоснабжение.-М.: Высшая школа, 1980. 180 с.
2. Бережнов І. О., Шульга М. О. Улаштування і експлуатація теплових і газових мереж.- К.: Вища школа, 1982-123 с.
3. Норми та вказівки з нормування витрат палива та теплової енергії на опалення житлових та громадських споруд, а також на господарсько-побутові потреби в Україні. КТМ 204 України 244-94.
4. СНиП 2.04.01-85. Внутренний водопровод и канализация зданий.-М.: Стройиздат, 1985.- 55 с.
5. Внутренние санитарно-технические устройства.-Ч.2. Водопровод и канализация/ Под ред. И. Г. Староверова.- М.:Стройиздат, 1992.
6. Малеев О. І., Шульга М. О. Методичні вказівки до виконання курсового проекту “Реконструкція систем гарячого водопостачання будинку” (для студентів 5 курсу денної і 6 курсу заочної форм навчання спеціальності 7.092103.01 “Технічне обслуговування, ремонт та реконструкція будівель”).-Харків: ХДАМГ, 1998.- 21 с.
7. Чистяков Н. Н., Грудзинский М. М., Ливчак В. И. и др. Повышение эффективности работы систем горячего водоснабжения.-М.:Стройиздат, 1988.- 312.
8. Алексахін О. О., Маляренко В. А. Методичні вказівки до курсового проекту з дисциплін “Теплопостачання та гаряче водопостачання”, “Теплотехніка” (для студентів 2, 3 курсів навчання спеціальності “Технічне обслуговування, ремонт та реконструкція будівель”).-Харків: ХДАМГ, 1999.-41 с.
9. Теплообменники пластинчатые. Методы тепловых и гидромеханических расчетов. Руководящий технический материал РТМ 26-01-107-78.
10. Алексахін О.О., Герасимова О.М. Приклади й розрахунки з теплопостачання та опалення: Навч. посібник. – Харків, ХДАМГ, 2002. – 206 с.
11. Зингер Н.М., Тарадай А.М., Бармина Л.С. Пластинчатые теплообменники в системах теплоснабжения. – М.: Энергоатомиздат, 1995. – 256 с.

Навчальне видання

Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи з дисципліни «Теплопостачання і гаряче водопостачання» (для студентів 3 курсу денної і 4-5 курсів заочної форм навчання напряму підготовки 0921 (6.060101) «Будівництво» спеціалізації «Технологічне обслуговування, ремонт та реконструкція будівель» та слухачів другої вищої освіти).

Укладач: Алексахін Олександр Олексійович

Відповідальний за випуск А. О. Бобух

Редактор М. З. Аляб'єв

План 2007, поз. 42 М

Підп. до друку 11.05.2007
Друк на ризографі.
Тираж 50 пр.

Формат 60x84/16
Ум. друк. арк. 1,4
Зам. №

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