

Міністерство освіти і науки України  
**ПОЛТАВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**ім. Ю.Кондратюка**  
Кафедра теплогазопостачання, вентиляції та теплоенергетики

**РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНА РОБОТА**  
**«ГАРЯЧЕ ВОДОПОСТАЧАННЯ БУДИНКУ»**

---

Виконав ст. гр. 401СТ

---

Перевірив викл. каф. ТГВ

Кутний Б.А.

Полтава 2013

## ЗМІСТ

1. Вихідні дані.....	
1.1 Характеристика будівлі.....	
1.2 Основні кліматичні дані місця будівництва.....	
2. Розрахунок секундних витрат води.....	
3. Гідравлічний розрахунок подавальних трубопроводів	
4. Розрахунок циркуляційних витрат	
5. Гідравлічний розрахунок трубопроводів на режим циркуляції	
6. Проектування теплових пунктів	
6.1 Побудова графіків споживання гарячої води	
6.2 Розрахунок теплообмінників гарячого водопостачання	
6.3 Вибір насосів	
6.4. Об'єм бака-акумулятора	
ЛІТЕРАТУРА.....	
Додатки	

## 1. Вихідні дані

Мета розрахунково-графічної роботи “Гаряче водопостачання будинку” - розробити проект централізованої системи гарячого водопостачання для житлового, громадського або промислового будинку від індивідуального теплового пункту.

### 1.1 Характеристика будівлі

Тип будинку 9-поверховий 2-х секційний житловий будинок,  $h_{п} = 3.0$  м.

Тиск води в водопровідній мережі у місці підключення будинку 30 м.в.ст.

Вид обладнання, яке встановлюється у споживачів (ванна, мийка, вмивальник і таке інше).

Параметри теплоносія в тепловій мережі: 130-70<sup>0</sup>С, тиск 38/30 м.в.ст.

Схема підключення теплообмінників в тепловому пункті двоступенева послідовна (температура первинного теплоносія на вході в кожний ступінь теплообмінників та на виході із нього, беручі до уваги те, що регулювання при такій схемі виконують по підвищеному графіку. При змішаній і паралельній схемі регулювання проводять по опалювальному графіку.).

### 1.2. Основні кліматичні дані місця будівництва

Місто Миргород: тривалість опалювального періоду  $Z_{оп} = 187$  діб, середня температура опалювального періоду  $t_{ср.оп} = -1,9^{\circ}\text{C}$ ,  $t_{35}^{0.92} = -23^{\circ}\text{C}$  [2]

## 2. Розрахунок секундних витрат води

Основою гідравлічного розрахунку подавальних трубопроводів є витрати води на окремих ділянках. Для систем гарячого водопостачання розрахункова витрата води на окремій ділянці є вірогідною характеристикою, котру визначають за формулою

$$G = 5 \cdot g \cdot \alpha, \text{ л/сек,} \quad (1)$$

де  $g$ - секундна витрата гарячої води одним краном, л/сек.

Якщо ділянку обслуговує декілька кранів споживання води, то приймають характерну (найбільшу) витрату води для одного із кранів. Витрати гарячої води кранами споживання (санітарними приладами) подані в додатку А;

$\alpha$ - коефіцієнт, який залежить від кількості кранів  $N$ , що обслуговують ділянку, і вірогідності їх одночасної дії  $P$ . Величина  $\alpha = f(N \cdot P)$  наведена в таблиці 1 додатка 4 [1].

Вірогідність одночасної дії кранів для однакових споживачів розраховують за формулою

$$P = \frac{q_{m.г} \cdot m}{3600 \cdot g \cdot N}, \quad (2)$$

де  $q_{m.g.}$  - норма витрати води в літрах одним споживачем за годину найбільшого споживання (додаток А).

Розрахунок секундних витрат має вигляд таблиці 1.

**Таблиця 1 – Розрахункові секундні витрати**

№ ділянки	Кількість кранів N, які обслуговують ділянку	Характерна витрата води на ділянці g, л/с	Вірогідність одночасної дії водорозбірних кранів P	Добуток NP	Коефіцієнт $\alpha$	Розрахункова витрата гарячої води на ділянці G, л/с
1	2	3	4	5	6	7
1-2						
...						

### 3. Гідравлічний розрахунок подавальних трубопроводів

Гідравлічний розрахунок подавальних трубопроводів виконують із метою визначення діаметрів. При цьому можна скористатись таблицями гідравлічного розрахунку для водопровідних мереж [3, додаток І]. Орієнтуючись на швидкість води в трубопроводах, яка повинна бути в розподільних трубопроводах і стояках не більшою ніж 1,5 м/с (з урахуванням зменшення діаметра труб унаслідок їх заростання), а на підведеннях до кранів споживання води – не більшою від 2,5 м/с, приймають діаметри трубопроводів.

При цьому втрати тиску на окремих ділянках обчислюють за допомогою формули

$$H = i \cdot l(1 + \kappa_m) \cdot n, \text{ м}, \quad (3)$$

де  $i$  - втрата тиску на 1 п.м трубопроводу внаслідок тертя;

$\kappa_m$  - коефіцієнт, що враховує втрати тиску на місцевих опорах;

$\kappa_m$  слід приймати:

0,5 - для водорозбірних стояків системи гарячого водопостачання із змійовиками для сушіння рушників; 0,1 - для стояків без змійовиків; 0,5 - для трубопроводів у межах теплового пункту; 0,2 - для розподільних трубопроводів, розташованих у підвалі або на горищі;

$n$  - коефіцієнт, який враховує заростання труб у процесі їх експлуатації. Його встановлюють за допомогою формули

$$n = \left( \frac{d_e}{d_e - \Delta d} \right)^{5,3}, \quad (4)$$

де  $d_e$  - внутрішній діаметр трубопроводу;  $\Delta d$  - зменшення внутрішнього діаметра за рахунок заростання труб. Цей параметр визначають при експлуатації системи гарячого водопостачання. Він залежить від фізико-хімічних властивостей води.

За відсутності рекомендацій відносно зменшення діаметра внаслідок заростання труб його значення можна приймати з додатка Б. Для пластмасових труб коефіцієнт  $n$  приймають на основі аналізу процесу заростання цих труб при їх експлуатації.

Гідравлічний розрахунок подавальних трубопроводів необхідно виконати з ув'язкою втрат тиску через ближній і дальній стояки. Відхилення втрат тиску за різними напрямками

системи гарячого водопостачання не повинне перевищувати десять відсотків. Гідравлічний розрахунок потрібно виконувати в табличній формі ( табл.2).

**Таблиця 2 – Гідравлічний розрахунок системи гарячого водопостачання**

№ ділянки	Розрахункова витрата води на ділянці G, л/сек.	Довжина ділянки l, м	Умовний діаметр трубопроводу d <sub>y</sub> , мм	Питомі втрати тиску і, мм/п.м	Швидкість води v, м/сек.	Коеф. зарост. труб n	Коефіцієнт місцевих утрат тиску К	Утрати тиску Н, м.в.ст.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1-2								
...								

#### 4. Розрахунок циркуляційних витрат

У трубопроводах системи гарячого водопостачання відбувається охолодження води. Найбільше зниження її температури буде спостерігатися в нічний період, тобто при відсутності споживання. Для того, щоб температура води у водорозбірних кранах була не нижчою від нормованої, передбачають її циркуляцію в системі гарячого водопостачання. Для цього влаштовують циркуляційні трубопроводи.

Діаметри циркуляційних трубопроводів визначають, орієнтуючись на режим роботи системи гарячого водопостачання, коли відсутнє споживання гарячої води, тобто на режим циркуляції. Для цього режиму розраховують кількість води, яка повинна циркулювати на окремих ділянках системи гарячого водопостачання.

Порядок гідравлічного розрахунку циркуляційних трубопроводів такий:

1 Визначають утрати теплоти подавальними трубопроводами.

**Таблиця 7 – Втрати теплоти подавальними трубопроводами**

№ участка	Діаметри труб, d <sub>y</sub> , мм	Довжина ділянки, l, м	Втрати теплоти на 1 п.м., q, Вт/м	Втрати теплоти, Q, Вт
1	40	2,8	24,13	76,56
2	32	8,2	21,81	178,84
3	25	1,8	19,14	34,45
4	25	2,7	19,14	51,68
4*	20	12	29,58	354,96
5	25	2,5	19,14	47,85
5*	20	12	29,58	354,96

6	20	2,7	17,4	46,98
6*	20	12	29,58	354,96
				<b>Σ 1501,24</b>

2 Розраховують загальну циркуляційну витрату води в трубопроводах системи гарячого водопостачання

$$G_{ц.} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta Q_n}{c(t_2 - t_k)}, \text{ кг/год.}, \quad (5)$$

де  $\sum_{i=1}^n \Delta Q_n$  – утрата теплоти подавальними трубопроводами системи гарячого водопостачання, Вт;  $c$ - теплоємність води, Дж/кг<sup>0</sup>С;  
 $t_2$ - температура води на виході з теплообмінника;  $t_k$ - температура води у водорозбірних кранах. При розрахунках приймають  $t_r=60^\circ\text{C}$ ;  $t_k=50^\circ\text{C}$ .

3 Розбивають мережу трубопроводів системи гарячого водопостачання на ділянки (рис. 3) і встановлюють циркуляційні витрати на всіх ділянках. Циркуляційні витрати визначають послідовно від вузла введення до найвіддаленішого стояка . Розрахункова формула для обчислення циркуляційних витрат води на довільній ( $i+1$ ) ділянці має вигляд

$$G_{i+1} = G_i \frac{\sum Q_{i+1}}{\sum Q_i}, \text{ кг/год.}, \quad (6)$$

де  $G_i$  - циркуляційні витрати на попередній ділянці, кг/год.;

$\sum Q_{i+1}$  - сума втрат теплоти розрахункової та всіх наступних ділянок;

$\sum Q_i$  - сума втрат теплоти всіх ділянок, розташованих за попередньою.

Циркуляційна витрата води на першій ділянці становить

$$G_1 = \frac{2925,92 \cdot 3600}{4187(60 - 50)} = 251,57 \text{ кг/год.}$$

Циркуляційна витрата води на 2-ій ділянці дорівнює

$$G_2 = G_1 \frac{Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_{4^*} + Q_5 + Q_{5^*} + Q_6 + Q_{6^*}}{\sum Q_n - Q_1} = 251,57 \frac{1424,68}{2849,36} = 125,79 \text{ кг/год}$$

Аналогічно розраховують циркуляційні витрати на інших ділянках.

## 5. Гідралічний розрахунок трубопроводів на режим циркуляції

Циркуляційні витрати дають можливість виконати гідралічний розрахунок трубопроводів на режим циркуляції. При виконанні цього розрахунку діаметри подавального трубопроводу залишають без змін, а визначають діаметри циркуляційного трубопроводу. Діаметр його на окремій ділянці приймають на основі циркуляційних витрат на цій ділянці, орієнтуючись на градієнт тиску. Втрати тиску для окремих циркуляційних кілець повинні бути рівні між собою. Процент нев'язки лежить у межах 10÷15 %.

При виконанні гідралічного розрахунку циркуляційного режиму загальні втрати тиску обчислюють за формулою

$$\Delta P = Rl + Z, \quad (7)$$

де  $R$  - утрати тиску на 1 п.м довжини трубопроводу,  $\text{Па/м}$ ;  $l$  - довжина трубопроводу, м;  $Z$  - утрати тиску в місцях зміни швидкості води, Па, які визначаються за формулою

$$Z = \sum \xi \frac{v^2}{2} \rho, \quad (8)$$

де  $\sum \xi$  - сума коефіцієнтів місцевих опорів;  $v$  - швидкість води,  $\text{м/с}$ ;  $\rho$  - густина води,  $\text{кг/м}^3$ . При виконанні гідралічного розрахунку циркуляційного режиму використовують таблиці для гідралічного розрахунку з [2, додаток II], орієнтуючись на питомі втрати тиску на 1 п.м.

$R = 80 \div 100 \text{ Па/м}$ .

Таблиця 8 –

## Гідрравлічний розрахунок циркуляційного режиму

№ ділянки	Циркуляцій-на витрата води на участку, $G_{ц}$ , кг/год.	Довжина ділянки, $l$ , м	Діаметр трубо-проводу $d_y$ , мм	Втрати тиску на 1 п.м., $R$ , Па/м	Втрати тиску на тертя $R \cdot l$ , Па	Швид-кість води на участку $v$ , м/с	$\sum \xi$	Втрати тиску на місцевих опорах, $Z$ , Па	Загальні втрати тиску $R \cdot l + Z$ , Па
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Головне циркуляційне кільце 1-2-3-4-4* -4*/-4/-3/-2/-1', Подавальний трубопровід</b>									
1	251,57	2,8	40	1,38	3,86	0,052	8,5	11,49	15,35
2	125,79	8,2	32	0,55	4,51	0,034	10,5	6,07	10,58
3	85,2	1,8	25	0,95	1,71	0,039	1	0,76	2,47
4	42,8	2,7	25	0,5	1,35	0,024	10,5	3,024	4,374
4*	42,8	12	20	1,12	13,44	0,033	11,5	6,26	19,7
<b>Циркуляційний трубопровід</b>									
4*/	42,8	19,5	15	4	78	0,058	140	235,48	313,48
4'/	42,8	2,7	20	1,12	3,02	0,034	14,5	8,38	11,4
3'/	85,2	1,8	20	4,57	8,23	0,064	1	2,048	10,28
2'/	125,79	8,2	25	2,9	23,78	0,058	12	20,18	43,96
1'/	251,57	2,8	32	2,6	7,28	0,067	10	22,45	29,73
Втрата тиску на головному циркуляційному кільці									<b><math>\Sigma 461,32</math></b>

Продовження таблиці 8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Циркуляційне кільце 6- 6* - 6*/-6',            Розрахункова втрата тиску <math>\Delta P = 2,47 + 4,374 + 19,7 + 313,48 + 11,4 + 10,28 = 361,7</math> Па            Подавальний трубопровід</b>									



6	40,58	2,7	20	1,09	2,94	0,031	11,5	5,53	8,47
6*	40,58	12	20	1,09	13,08	0,031	11,5	5,53	18,61
<b>Циркуляційний трубопровід</b>									
6 <sup>*/</sup>	40,58	19,5	15	3,6	10,2	0,055	140	211,75	281,95
6 <sup>/</sup>	40,58	2,7	15	3,6	9,72	0,055	17,5	26,47	39,19
									Σ345,22
Нев'язка складає 4,56%									

**Примітка.** Діаметр трубопроводу на ділянках 5<sup>\*/</sup> та 5<sup>/</sup> буде таким же як і на ділянках 4<sup>\*/</sup> та 4<sup>/</sup>.

## 6 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕПЛОВИХ ПУНКТИВ

Основне обладнання, яке встановлюють у тепловому пункті, – це теплообмінники для нагрівання води, циркуляційні насоси, насоси для підвищення тиску водопровідної води, баки-акумулятори. Крім того, в тепловому пункті розміщують прилади контролю, обліку та регулювання.

### 6.1 Побудова графіків споживання гарячої води

Перш ніж розрахувати обладнання теплових пунктів, необхідно побудувати графіки споживання гарячої води. Погодинний графік споживання гарячої води будують на основі даних, наведених у відповідних довідниках. Вони одержані за допомогою натурних обстежень існуючих споживачів. Для окремих комунально-побутових споживачів такі дані подані в безрозмірному вигляді в [3]. Щоб скористатися ними при побудові графіка погодинного споживання гарячої води для конкретного споживача, потрібно підрахувати середньогодинну витрату теплоти за добу найбільшого споживання води

$$Q_{ав.р}^{с.р} = \frac{q_m \cdot m \cdot c \cdot \rho (t_{з.с.р.} - t_x)}{3600T} + \Delta Q_n + \Delta Q_{ц.}, \text{ кВт}, \quad (9)$$

де  $q_m$  – норма витрат гарячої води на одного споживача за добу найбільшого споживання, л/доб.;  $m$  – кількість споживачів;  $c$  – теплоємність води, кДж/кг<sup>0</sup>С;  $t_{з.с.р.}$  – середня температура гарячої води в стояку;  $t_x$  – температура холодної водопровідної води (якщо відсутні гідрологічні дані, приймають +5<sup>0</sup>С);  $T$  – період споживання гарячої води в годинах;  $\Delta Q_n, \Delta Q_{ц.}$  – утрати теплоти подавальними і циркуляційними трубопроводами системи гарячого водопостачання. У курсовій роботі втрати теплоти циркуляційними трубопроводами дозволяється приймати у розмірі 40÷50 % від утрат теплоти у подавальних трубопроводах.

Середньогодинні витрати теплоти на гаряче водопостачання необхідно прийняти за 100% і на основі графіка у безрозмірному вигляді, наведеного у вихідних даних до виконання курсової роботи, побудувати графік для конкретного споживача. Погодинний графік дозволяє визначити коефіцієнт годинної нерівномірності споживання гарячої води, витрату теплоти на гаряче водопостачання за добу, а також побудувати інтегральний графік, точніше лінію споживання гарячої води на інтегральному графіку. Загальний вигляд погодинного графіка споживання теплоти поданий на рисунку 4.

Лінію подачі гарячої води на інтегральний графік слід наносити за умови, що теплообмінник буде нагрівати воду рівномірно протягом доби. При цьому бак-акумулятор повинен мати мінімальний об'єм. Теплову потужність теплообмінника розраховують як тангенс кута нахилу лінії подачі (рис.5).

Об'єм бака-акумулятора визначають залежно від його типу: відкритий або закритий. Для відкритого типу, тобто коли постійна температура, а змінюється кількість води в баці, об'єм обчислюють за формулою

$$V_{бак} = \frac{\Delta Q}{c(t_{з.} - t_{х.}) \cdot \rho}, \text{ л}. \quad (10)$$

Для закритого типу, тобто коли постійний об'єм води в акумуляторі, а змінюється температура води, розрахунковий об'єм дорівнює

$$V_{б\text{ ак}} = \frac{\Delta Q_{max.} - \Delta Q_{min}}{c(t_{z.max.} - t_{z.min.}) \cdot \rho}, \text{ л}, \quad (11)$$

де  $\Delta Q$  - необхідний запас теплоти в баці-акумуляторі (рис. 5);  
 $\Delta Q_{max.}$ ,  $\Delta Q_{min}$  - відповідно максимальний і мінімальний запас теплоти в акумуляторі;  
 $t_{z.max.}$ ,  $t_{z.min.}$  - максимальна та мінімальна температура гарячої води, приймається відповідно 75°C і 45°C ;  $c$ - теплоємність води, кДж/кг°C;  $\rho$ - густина води.

У тепловому пункті кількість баків-акумуляторів слід передбачити не менше двох по 50% робочого об'єму кожний. При відсутності баків-акумуляторів теплова потужність теплообмінників дорівнюватиме максимальній витраті теплоти на гаряче водопостачання.

## 6.2 Розрахунок теплообмінників гарячого водопостачання

У теплових пунктах можуть застосовуватись водо-водяні горизонтальні секційні кожухотрубні або пластинчасті теплообмінники.

Кожухотрубні водонагрівники складаються з окремих секцій кожухотрубного типу з блоком опорних перегородок і використовуються для систем тепlopостачання з робочим тиском до 1,6 МПА, а температурою до 150°C.

Для того, щоб підібрати теплообмінник, виконують його тепловий розрахунок. Водонагрівник розраховують при найбільш несприятливих умовах, тобто при найнижчій температурі мережної води. Така ситуація спостерігається на початку опалювального періоду. Метою розрахунку є визначення необхідної гріючої поверхні теплообмінника при заданій температурі теплоносія, який надходить із теплової мережі, іншими словами, потрібно визначити кількість секцій кожухотрубного теплообмінника. Технічні і конструктивні дані кожухотрубних теплообмінників наведені в [4]. Послідовність теплового розрахунку така:

1 Визначають кількість водопровідної води (вторинного теплоносія), яку необхідно нагріти для потреб гарячого водопостачання в заданий проміжок часу , кг/с,

$$G_{вт.} = \frac{Q_{теп.л}}{c(t_z - t_x)}, \quad (12)$$

де  $Q_{теп.л}$  - теплова потужність теплообмінника, котру визначають на основі інтегрального графіка, кВт;  $c$ - теплоємність води, кДж/кг°C;

$t_z$ ,  $t_x$  - відповідно температура гарячої та холодної води.

2 Задавши швидкістю води в трубках  $w_{вт.}=0,5\div 1$  м/сек, обчислюють необхідну площу трубок

$$f_{тр.} = \frac{G_{вт.}}{\rho \cdot w_{вт.}}, \text{ м}^2, \quad (13)$$

де  $\rho$ - густина води, кг/м<sup>3</sup>.

3 Орієнтуючись на визначену площу, підбирають номер і тип теплообмінника. Випишують його основні характеристики, площу гріючої поверхні однієї секції, площу перерізу трубок  $f_{m.p.}$  та площу перерізу міжтрубного простору  $f_{m.m.p.}$ . Розраховують дійсну швидкість води в трубках. Як правило, воду, яку нагрівають, пропускають по трубках, а в міжтрубному просторі знаходиться первинний теплоносій, тобто вода з теплової мережі.

4 Визначають витрати і швидкість первинного теплоносія

$$G_{nep} = \frac{Q_{тепл}}{c(\tau_1' - \tau_2')}, \quad (14)$$

де  $\tau_1', \tau_2'$  - температура теплоносія відповідно в подавальному і зворотному трубопроводах теплової мережі в точці перелому температурного графіка. Температуру теплоносія, що заходить у теплообмінник, установлюють за допомогою температурного графіка, при температурі зовнішнього повітря, яка відповідає перелому температурного графіка. Після теплообмінника температуру теплоносія при паралельній схемі приймають рівною  $\tau_2' = 30^\circ \text{C}$ , при двоступеневій змішаній та при двоступеневій послідовній визначають за температурним графіком.

Швидкість первинного теплоносія дорівнює

$$w_{nep} = \frac{G_{nep}}{\rho \cdot f_{m.m.}}, \text{ м / с}, \quad (15)$$

де  $f_{m.m.}$  - переріз міжтрубного простору,  $\text{м}^2$ .

5 Розраховують коефіцієнт теплопередачі

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2}}, \text{ Вт/м}^2\text{C}, \quad (16)$$

де  $\alpha_1$  - коефіцієнт теплообміну між первинним теплоносієм і гріючою поверхнею (стінками трубок);

$\alpha_2$  - коефіцієнт теплообміну між стінками трубок та вторинним теплоносієм.

Коефіцієнти теплообміну визначають за допомогою формул, наведених у [4].

Коефіцієнти теплообміну визначають за допомогою формул

$$\alpha_1 = \left( 1630 + 21\tau_{c.p.} - 0,041\tau_{c.p.}^2 \right) \frac{w_{nep}^{0,8}}{d_{m.n.p.}^{0,2}}, \text{ м}^\circ\text{C/Вт} \quad (6.9.a)$$

$$\alpha_2 = \left(1630 + 21t_{cp} - 0,041t_{cp}^2\right) \frac{w_{вт.}^{0,8}}{d_{вт.}^{0,2}}, \text{ м}^\circ\text{C/Вт} \quad (6.9.6)$$

де  $t_{cp}$  - середня температура гріючого (первинного) теплоносія;

$t_{cp}$  - середня температура нагріваємого (вторинного) теплоносія;

$w_{пер.}, w_{вт.}$  - відповідно, швидкість первинного і швидкість вторинного теплоносіїв.

6 Обчислюють середньологарифмічну різницю температур первинного і вторинного теплоносіїв

$$\Delta t_{cp}^l = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_{m}}{\ln \frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{m}}}, \text{ }^\circ\text{C} . \quad (17)$$

7 Установлюють необхідну гріючу поверхню теплообмінника

$$F = \frac{Q_{тепл}}{\mu \cdot k \cdot \Delta t_{cp}}, \text{ м}^2, \quad (18)$$

де  $\mu$  - коефіцієнт, який ураховує забруднення трубок, для латунних трубок приймають  $\mu = 0,8$ .

8 Кількість секцій теплообмінника розраховують за формулою

$$n = \frac{F}{f_{с.ек}}, \quad (19)$$

де  $f_{с.ек}$  - площа поверхні нагрівання однієї секції.

Гідравлічний опір теплообмінника можна розрахувати за допомогою формул : за вторинним теплоносієм  $H_{вт} = 0,53 \cdot w_{вт.}^2 \cdot n$ ,

за первинним теплоносієм  $H_{пер.} = 1,10 \cdot w_{пер.}^2 \cdot n$ ,

де  $w_{вт.}, w_{пер.}$  - швидкість вторинного і первинного теплоносіїв ,  $\text{м/с}$ ;  
 $n$  - кількість секцій теплообмінника.

Принципова схема з'єднання системи гарячого водопостачання з баком-акумулятором закритого типу і паралельною схемою приєднання теплообмінника гарячого водопостачання наведена на рисунку 6.

Двоступенева послідовна та двоступенева змішана схеми приєднання теплообмінників подані на рисунку 7.

### 6.3 Вибір насосів

Після розрахунку теплообмінників необхідно з'ясувати, чи потрібно встановити підвищувальні насоси. Для цього розраховують утрати тиску в мережі гарячого водопостачання  $H_{м.}$  і зіставляють із тиском у водопровідній мережі на вводі  $H_{вв}$

$$H_m = H_{\text{менл.}} + H_{\text{мр.}} + \Delta H_z + H_{\text{в}}, \quad (22)$$

де  $H_{\text{менл.}}$  - утрати тиску в теплообміннику;

$H_{\text{мр.}}$  - утрати тиску в подавальному трубопроводі;

$\Delta H_z$  - різниця геодезичних відміток (вводу водопровідної мережі та найвище розташованого водорозбірного крана;  $H_{\text{в}}$  - тиск біля відбірного крана (додаток А).

Якщо втрати тиску в системі гарячого водопостачання більші, ніж тиск у водопровідній мережі, тобто  $H_m > H_{\text{в}}$ , то необхідно встановити підвищувальний насос, тиск котрого розраховують за допомогою формули

$$H_{\text{підв.}} = H_m - H_{\text{в.}} \quad (23)$$

Витрата підвищувального насоса дорівнює секундній витраті в мережі гарячого водопостачання. Кількість підвищувальних насосів слід передбачати не менше двох, із яких один резервний.

Циркуляційний насос підбирають при розрахунку циркуляційного режиму. Для того, щоб підібрати насоси, слід побудувати характеристику мережі, використавши рівняння

$$\Delta P = S G_p^2, \quad (24)$$

де  $G_p$  - розрахункова кількість теплоносія, м<sup>3</sup>/год.;

$S$  - характеристика мережі.

Із цього рівняння при відомих утратах тиску й розрахункових витратах води визначають  $S$ . Потім для побудови характеристики, задавшись витратами, розраховують необхідний тиск. На одержану характеристику мережі накладають характеристику насоса, наприклад із довідника [5], і отримують робочу точку, яка характеризує роботу даного насоса.

#### 6.4. Об'єм бака-акумулятора

Об'єм бака-акумулятора визначають залежно від його типу. Для відкритого типу, тобто коли постійна температура, а змінюється кількість води в баку, об'єм визначають за допомогою формули

$$V_{\text{б ак}} = \frac{\Delta Q}{c(t_{z.\text{max.}} - t_{x.}) \cdot \rho}, \text{ л} \quad (6.2)$$

Для закритого типу, коли об'єм води постійний, а змінюється температура води, розрахунковий об'єм дорівнює

$$V_{\text{б ак}} = \frac{\Delta Q}{c(t_{z.\text{max.}} - t_{z.\text{min.}}) \cdot \rho}, \text{ л.} \quad (6.3)$$

де  $\Delta Q$  - необхідний запас теплоти в баці-акумуляторі

(див. інтегральний графік, рис.6.5);  $t_{z.\text{max.}}$ ,  $t_{z.\text{min.}}$  - максимальна і мінімальна температура гарячої води в акумуляторі. Мінімальну температуру води приймають не нижче 45°C;  $c$  - теплоємність води, кДж/кг°C,  $\rho$  - густина води,  $\rho = 1$  кг/л.

В тепловому пункті кількість баків-акумуляторів слід передбачити не менше двох, по 50% робочого об'єму кожний. Розміри акумуляторів наведені в додатку 4. При відсутності баків-акумуляторів теплова потужність теплообмінників дорівнюватиме максимальній витраті теплоти на гаряче водопостачання.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- 1 СНиП II-34-76. Горячее водоснабжение. Нормы проектирования.– М.: Стройиздат, 1978.
- 2 СНиП 2.04.01- 85. Внутренний водопровод и канализация зданий /Госстрой СССР.- М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986.
- 3 Справочник проектировщика. Внутренние санитарно-технические устройства. Часть I. Отопление / Под ред. И.Г. Старовойта.– М.: Стройиздат, 1990.
- 4 Справочник проектировщика. Внутренние санитарно-технические устройства. Часть II. Водопровод и канализация / Под ред. И.Г. Старовойта.– М.: Стройиздат, 1990.
- 5 Щекин Р.В. и др. Справочник по теплоснабжению и вентиляции. Кн.1. Отопление и теплоснабжение.– К.: Будівельник, 1976.
- 6 Манюк В.И. и др. Справочник по наладке и Эксплуатации водяных тепловых сетей.– М.: Стройиздат, 1982.
- 7 Копко В.М., Зайцева Н.К., Базыленко Г.И. Теплоснабжение (курсовое проектирование) . – Минск : Вышейш. шк., 1985.



## Додаток А

### Витрати гарячої води санітарними приладами

**Таблиця А.1**

Санітарні прилади	Витрати води		Необхідний тиск води перед краном, м	Мінімальний діаметр трубопроводу $d_y$ , мм, для підключення крана
	Секундні, л/с	Годинні, л/год.		
1	2	3	4	5
1 Кран в умивальнику або рукомийнику зі змішувачем	0,09	40	2	10
2 Кран у мийці ( в тому числі в лабораторній) зі змішувачем	0,09	60	2	10
3 Кран у мийці зі змішувачем на підприємствах громадського харчування	0,2	280	2	15
4 Кран у ванні зі змішувачем (уключаючи загальний кран для ванни і вмивальника)	0,2	200	3	10
5 Кран у медичній ванні зі змішувачем $d_y$ , мм				
20				
25	0,3	460	5	20
32	0,4	500	5	25
	1	710	5	32
6 Кран у ванні для ніг зі змішувачем	0,07	165	3	10

**Продовження таблиці А.1**

1	2	3	4	5
7 Кран у кабінці для душу: – з мілким душовим піддоном і змішувачем;				

– із глибоким душовим піддоном і змішувачем	0,09	60	3	10
	0,09	80	3	10
8 Кран групового душу із змішувачем:				
– гігієнічний з аератором;	0,14	270	3	10
– нижній	0,05	54	5	10
	0,2	430	5	15

### Додаток Б

#### Зменшення діаметра трубопроводу внаслідок заростання його в процесі експлуатації

Таблиця Б.1

Умовний діаметр трубопроводу $d_y$ , мм	15	20	25	32	40	50	70	80	100	125	150
Внутрішній діаметр трубопроводу $d_b$ , мм	15,7	21,2	27,1	35,9	41,0	53,0	69,0	82,0	100,0	125,0	150
Зменшення діаметра трубопроводу внаслідок заростання $\Delta d$ , мм	3,6	3,8	4,0	4,2	4,3	4,5	4,6	4,8	5,0	5,2	5,4

Таблиця 4– Втрати теплоти трубопроводами при закритій тепловій мережі

Місце і спосіб прокладки	Втрати теплоти, Вт 1 м. трубопроводу, діаметром						
	15 мм	20 мм	25 мм	32 мм	40 мм	50 мм	70 мм
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Подавальні трубопроводи</b>							
Головні подавальні стояки (ізолювані) при прокладанні їх в комунікаційній шахті	–	–	–	–	19,72	22,16	27,14

Водорозбірні стояки (ізолювані) при прокладанні їх в шахті санітарно-технічної кабінки або в комунікаційній шахті - без змійовиків для сушки рушників; - із змійовиками для сушки рушників	11,25 –	12,53 20,65	13,8 24,01	15,66 29,35	– –	– –	– –
Водорозбірні стояки (неізолювані) при прокладанні їх в шахті санітарно-технічної кабінки, комунікаційній шахті або відкрито у ванній кімнаті та кухні	24,01	29,58	35,03	43,85	–	–	–
Розподільчі трубопроводи (ізолювані) і підключаючі участки стояків (подавальних): - у підвалі та на сходиноків клітці; - на теплому горищі; - на холодному горищі	15,66 13,46 19,26	17,4 15,08 21,46	19,94 16,59 23,55	21,81 18,91 26,91	24,13 20,76 29,69	27,14 23,43 33,41	33,18 28,54 90,83
<b>Циркуляційні трубопроводи</b>							
у підвалі (ізолювані)	12,64	14,04	15,43	17,53	19,37	21,81	26,68
на теплому горищі (ізолювані)	10,44	11,6	12,76	14,62	16,01	18,09	22,16
на холодному горищі (ізолювані)	16,24	18,09	19,84	22,5	24,94	28,07	34,34
в приміщеннях квартири							

(неізолювані)	23,2	28,54	33,87	42,46	49,88	60,32	83,52
на сходинокві клітці (неізолювані)	27,26	33,52	39,67	49,65	58,35	70,53	98,02
Циркуляційні стояки при прокладанні їх у ванній кімнаті: -ізолювані;	9,74	10,9	11,95	13,57	14,96	16,94	20,65
- неізолювані	21,58	26,68	31,44	39,44	46,4	56,03	77,95

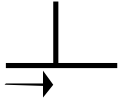
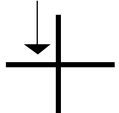
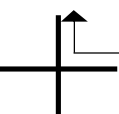
**Таблиця 5– Втрати теплоти трубопроводами  
при відкритій тепловій мережі**

Місце і спосіб прокладки  1	Втрати теплоти, Вт 1 м. трубопроводу , діаметром						
	15 мм	20 мм	25 мм	32 мм	40 мм	50 мм	70 мм
	2	3	4	5	6	7	8
<b>Подавальні трубопроводи</b>							
Головні подавальні стояки (ізолювані) при прокладанні в комунікаційній шахті	–	–	–	–	25,29	28,42	34,8
Водорозбірні стояки (ізолювані) при прокладанні їх в шахті санітарно-технічної кабіни, в комунікаційній шахті - без зміювиків для сушки рушників; - зі зміювиками для сушки рушників	14,85	16,47	18,21	20,65	–	–	–
	–	27,14	31,67	38,63	–	–	–
Водорозбірні стояки (неізолювані) при прокладанні їх в комунікаційній шахті або відкрито у ванній кімнаті чи кухні	31,67	38,98	46,17	57,77	–	–	–
Розподільчі трубопроводи (ізолювані) і підключені до стояків							

ділянки, які розміщені (подавальні): - у підвалі або на сходиноківій клітці; - на теплому горищі;  - на холодному горищі	19,26	21,34	23,55	26,8	29,7	33,41	40,83
	17,05	19,14	20,99	23,89	26,33	29,69	36,19
	22,85	25,4	27,96	31,9	35,26	39,67	48,49
<b>Циркуляційні трубопроводи</b>							
у підвалі (ізолювані)	16,24	18,1	19,84	22,7	29,94	28,07	34,34
на теплому горищі (ізолювані)	14,04	15,54	17,17	19,6	21,58	24,36	29,81
на холодному горищі (ізолювані)	19,84	22,16	24,24	27,49	30,51	34,34	41,99
в приміщеннях квартири (неізолювані)	31,2	38,4	45,59	57,07	67,05	81,08	112,3
на сходиноківій клітці (неізолювані)	35,26	43,38	51,27	64,26	75,52	91,29	126,9
Циркуляційні у ванній кімнаті: -ізолювані;	13,34	14,96	16,36	18,56	20,53	23,2	28,3
	29,58	36,54	43,04	54,06	63,6	76,79	106,8

**Таблиця 6 – Коефіцієнти місцевих опорів (приблизні значення)**

Місцевий опір	Коефіцієнт місцевого опору, $\xi$ при діаметрі труб, мм						
	10	15	20	25	32	40	50
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
2. Кран прохідний	5	4	2	2	2	-	-
3. Засувка паралельна	-	-	-	0,5	0,5	0,5	-
4. Вентилі	20	16	10	9	9	8	7
5. Відводи під кутом 90°	2	1,5	1,5	1	1	0,5	0,5
6. Раптове розширення потоку							

(відноситься до більшої швидкості)		1	1	1	1	1	1	1
7. Раптове звуження потоку (відноситься до більшої швидкості)		0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
9. Трійники:								
– прохідний ;		1	1	1	1	1	1	1
– поворотний на відгалуження ;		1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
– напротитечії ;		3	3	3	3	3	3	3
10. Крестовини:								
– прохідні;		3	3	3	3	3	3	3
– на відгалуження		2	2	2	2	2	2	2
11. Компенсатор П-подібний		2	2	2	2	2	2	2
12. Змійовик із труби довжиною 1500 мм, діаметр змійовика $d_y$ , мм		<b>Значення <math>\xi</math> при швидкості, м/с</b>						
		<b>0,025</b>	<b>0,05</b>	<b>0,075</b>	<b>0,1</b>	<b>0,2</b>		
– 15		48	28	28	28	28		
– 20		40	22	22	22	22		

### Додаток А

**Таблиця 1 – Значення величин  $\alpha$  залежно від кількості водорозбірних приладів N і верогітності її одночасної дії P**

NP	$\alpha$	NP	$\alpha$	NP	$\alpha$	NP	$\alpha$
менше							
0,015	0,2	0,048	0,27	0,135	0,384	0,41	0,617
0,015	0,202	0,049	0,271	0,14	0,389	0,42	0,624
0,016	0,205	0,05	0,273	0,145	0,394	0,43	0,631
0,017	0,207	0,052	0,276	0,15	0,399	0,44	0,638

0,018	0,21	0,054	0,28	0,155	0,405	0,45	0,645
0,019	0,212	0,056	0,283	0,16	0,41	0,46	0,652
0,02	0,215	0,058	0,286	0,165	0,415	0,47	0,658
0,021	0,217	0,06	0,289	0,17	0,42	0,48	0,665
0,022	0,219	0,062	0,292	0,175	0,425	0,49	0,672
0,023	0,222	0,064	0,295	0,18	0,43	0,5	0,678
0,024	0,224	0,066	0,2980	0,185	0,435	0,52	0,692
0,025	0,226	0,068	0,301	0,19	0,439	0,54	0,704
0,026	0,228	0,07	0,304	0,195	0,444	0,56	0,717
0,027	0,23	0,072	0,307	0,2	0,449	0,58	0,73
0,028	0,233	0,074	0,309	0,21	0,458	0,6	0,742
0,029	0,235	0,076	0,312	0,22	0,467	0,62	0,755
0,03	0,237	0,078	0,315	0,23	0,476	0,64	0,767
0,031	0,239	0,08	0,318	0,24	0,485	0,66	0,779
0,032	0,241	0,082	0,32	0,25	0,493	0,68	0,791
0,033	0,243	0,084	0,323	0,26	0,502	0,7	0,803
0,034	0,245	0,086	0,326	0,27	0,51	0,72	0,815
0,035	0,247	0,088	0,328	0,28	0,518	0,74	0,826
0,036	0,249	0,09	0,331	0,29	0,526	0,76	0,838
0,037	0,25	0,092	0,333	0,3	0,534	0,78	0,849
0,038	0,252	0,094	0,336	0,31	0,542	0,8	0,86
0,039	0,254	0,096	0,338	0,32	0,55	0,82	0,972
0,04	0,256	0,098	0,341	0,33	0,558	0,84	0,883
0,041	0,258	0,1	0,343	0,34	0,565	0,86	0,894
0,042	0,259	0,105	0,349	0,35	0,573	0,88	0,905
0,043	0,261	0,11	0,355	0,36	0,58	0,9	0,916
0,044	0,263	0,115	0,361	0,37	0,588	0,92	0,927
0,045	0,265	0,12	0,367	0,38	0,595	0,94	0,937
0,046	0,266	0,125	0,373	0,39	0,602	0,96	0,948
0,047	0,268	0,13	0,378	0,4	0,61	0,98	0,959

Продовження таблиці 1

NP	$\alpha$	NP	$\alpha$	NP	$\alpha$	NP	$\alpha$
1	0,969	3,9	2,174	7,8	3,462	13,4	5,103
1,05	0,995	4,0	2,21	7,9	3,493	13,6	5,159
1,1	1,021	4,1	2,246	8	3,524	13,8	5,215
1,15	1,046	4,2	2,281	8,1	3,55	14	5,27
1,2	1,071	4,3	2,317	8,2	3,585	14,2	5,326
1,25	1,096	4,4	2,352	8,3	3,616	14,4	5,382
1,3	1,12	4,5	2,386	8,4	3,646	14,6	5,437
1,35	1,144	4,6	2,421	8,5	3,677	14,8	5,492
1,4	1,168	4,7	2,456	8,6	3,707	15	5,547
1,45	1,191	4,8	2,49	8,7	3,738	15,2	5,602
1,5	1,215	4,9	2,524	8,8	3,768	15,4	5,657
1,55	1,238	5	2,558	8,9	3,798	15,6	5,712
1,6	1,261	5,1	2,592	9	3,828	15,8	5,767
1,65	1,283	5,2	2,626	9,1	3,858	16	5,821

1,7	1,306	5,3	2,66	9,2	3,888	16,2	5,876
1,75	1,328	5,4	2,693	9,3	3,918	16,4	5,93
1,8	1,35	5,5	2,726	9,4	3,948	16,6	5,984
1,85	1,372	5,6	2,76	9,5	3,978	16,8	6,039
1,9	1,394	5,7	2,793	9,6	4,008	17	6,093
1,95	1,416	5,8	2,826	9,7	4,037	17,2	6,147
2	1,437	5,9	2,858	9,8	4,067	17,4	6,201
2,1	1,479	6	2,891	9,9	4,097	17,6	6,254
2,2	1,521	6,1	2,924	10	4,126	17,8	6,308
2,3	1,563	6,2	2,956	10,2	4,185	18	6,362
2,4	1,604	6,3	2,989	10,4	4,244	18,2	6,415
2,5	1,644	6,4	3,021	10,6	4,302	18,4	6,469
2,6	1,684	6,5	3,053	10,8	4,361	18,6	6,522
2,7	1,724	6,6	3,085	11	4,419	18,8	6,575
2,8	1,763	6,7	3,117	11,2	4,477	19	6,629
2,9	1,802	6,8	3,149	11,4	4,534	19,2	6,682
3	1,84	6,9	3,181	11,6	4,592	19,4	6,734
3,1	1,879	7	3,212	11,8	4,649	19,6	6,788
3,2	1,917	7,1	3,244	12	4,707	19,8	6,84
3,3	1,954	7,2	3,275	12,2	4,764	20	6,893
3,4	1,991	7,3	3,307	12,4	4,82	20,5	7,025
3,5	2,029	7,4	3,338	12,6	4,877	21	7,156
3,6	2,065	7,5	3,369	12,8	4,934	21,5	7,287
3,7	2,102	7,6	3,4	13	4,99	22	7,417
3,8	2,138	7,7	3,431	13,2	5,047	22,5	7,547

**Продовження таблиці 1**

NP	$\alpha$	NP	$\alpha$	NP	$\alpha$	NP	$\alpha$
23	7,677	42,5	12,53	74	19,94	126	31,8
23,5	7,806	43	12,65	75	20,18	128	32,25
24	7,935	43,5	12,77	76	20,41	130	32,7
24,5	8,064	44	12,89	77	20,64	132	33,15
25	8,192	44,5	13,01	78	20,87	134	33,6
25,5	8,32	45	13,13	79	21,1	136	34,06
26	8,447	45,5	13,25	80	21,33	138	34,51
26,5	8,575	46	13,37	81	21,56	140	34,96
27	8,701	46,5	13,49	82	21,79	142	35,41
27,5	8,828	47	13,61	83	22,02	144	35,86
28	8,955	47,5	13,73	84	22,25	146	36,31
28,5	9,081	48	13,85	85	22,48	148	36,76
29	9,207	48,5	13,97	86	22,71	150	37,21
29,5	9,332	49	14,09	87	22,94	152	37,66
30	9,457	49,5	14,2	88	23,17	154	38,11
30,5	9,583	50	14,32	89	23,39	156	38,56
31	9,707	51	14,56	90	23,62	158	39,01
31,5	9,832	52	14,8	91	23,85	160	39,46
32	9,957	53	15,04	92	24,08	162	39,91
32,5	10,08	54	15,27	93	24,31	164	40,35



33	10,2	55	15,51	94	24,54	166	40,8
33,5	10,33	56	15,74	95	24,77	168	41,25
34	10,45	57	15,98	96	24,99	170	41,7
34,5	10,58	58	16,22	97	25,22	172	41,15
35	10,7	59	16,45	98	25,45	174	42,6
35,5	10,82	60	16,69	99	25,68	176	43,05
36	10,94	61	16,92	100	25,91	178	43,5
36,5	11,07	62	17,15	102	26,36	180	43,95
37	11,19	63	17,39	104	26,82	182	44,4
37,5	11,31	64	17,62	106	27,27	184	44,84
38	11,43	65	17,85	108	27,72	186	45,29
38,5	11,56	66	18,09	110	28,18	188	45,74
39	11,68	67	18,32	112	28,63	190	46,19
39,5	11,8	68	18,55	114	29,09	192	46,64
40	11,92	69	18,79	116	29,54	194	47,09
40,5	12,04	70	19,02	118	29,99	196	47,54
41	12,16	71	19,25	120	30,44	198	47,99
41,5	12,28	72	19,48	122	30,9	200	48,43
42	12,41	73	19,71	124	31,35	205	49,49

**Продовження табл.**

NP	$\alpha$	NP	$\alpha$	NP	$\alpha$	NP	$\alpha$
210	50,59	405	92,97	600	134,6	795	175,82
215	51,7	410	94,05	605	135,66	800	176,87
220	52,8	415	95,12	610	136,72	810	178,98
225	53,9	420	96,2	615	137,78	820	181,08
230	55	425	97,27	620	138,84	830	183,19
235	56,1	430	98,34	625	139,9	840	185,29
240	57,19	435	99,41	630	140,96	850	187,39
245	58,29	440	100,49	635	142,02	860	189,49
250	59,38	445	101,56	640	143,08	870	191,6
255	60,48	450	102,63	645	144,14	880	193,7
260	61,57	455	103,7	650	145,2	890	195,8
265	62,66	460	104,77	655	146,25	900	197,9
270	63,75	465	105,84	660	147,31	910	200
275	64,85	470	106,91	665	148,37	920	202,1
280	65,94	475	107,98	670	149,43	930	204,2
285	67,03	480	109,05	675	150,49	940	206,3
290	68,12	485	110,11	680	151,55	950	208,39
295	69,2	490	111,18	685	152,6	960	210,49
300	70,29	495	112,25	690	153,66	970	212,59
305	71,38	500	113,32	695	154,72	980	214,68
310	72,46	505	114,38	700	155,77	990	216,78
315	73,55	510	115,45	705	156,83	1000	218,87
320	74,63	515	116,52	710	157,89		
325	75,72	520	117,58	715	158,94		
330	76,8	525	118,65	720	160		
335	77,88	530	119,71	725	161,06		

340	78,96	535	120,78	730	162,11
345	80,04	540	121,84	735	163,17
350	81,12	545	122,91	740	164,22
355	82,2	550	123,97	745	165,28
360	83,28	555	125,04	750	166,33
365	84,36	560	126,1	755	167,39
370	85,44	565	127,16	760	168,44
375	86,52	570	128,22	765	169,5
380	87,6	575	129,29	770	170,55
385	88,67	580	130,35	775	171,6
390	89,75	585	131,41	780	172,66
395	90,82	590	132,47	785	173,71
400	91,9	595	133,54	790	174,76

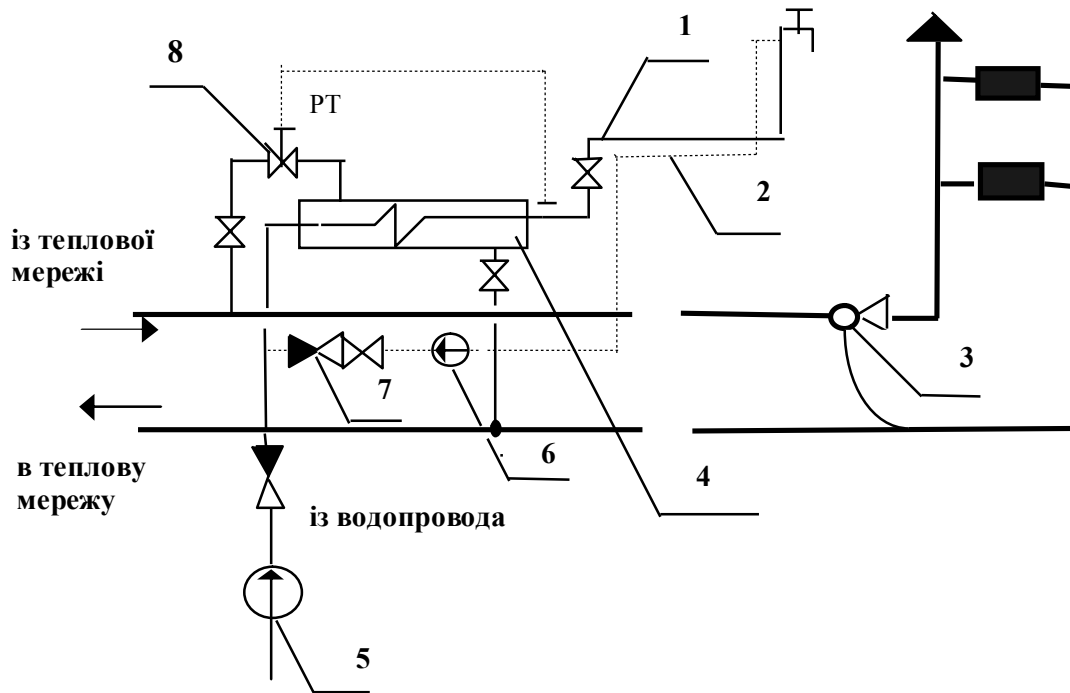
Додаток 3 – Розміри баків-акумуляторів

Таблиця 1– Розміри прямокутних акумуляторів (до рисунку 1)

Ємність, м <sup>3</sup>	МВН	Розміри, м			Товщина листової сталі, мм	Маса, кг
		Довжина	Ширина	Висота		
1,0	718	1,5	0,8	1,0	4,0	250
1,6	718	1,8	0,8	1,25		326
2,5	719	1,9	1,0	1,5		449
4,0	719	2,4	1,25	1,5		607
6,3	719	3,7	1,25	1,5		845
10,0	720	3,5	1,6	2,0		1199
16,0	720	3,1	2,25	2,5		1793
25,0	721	4,0	2,25	2,5	5,0	2643
40,0	721	6,25	2,6	2,5		3624

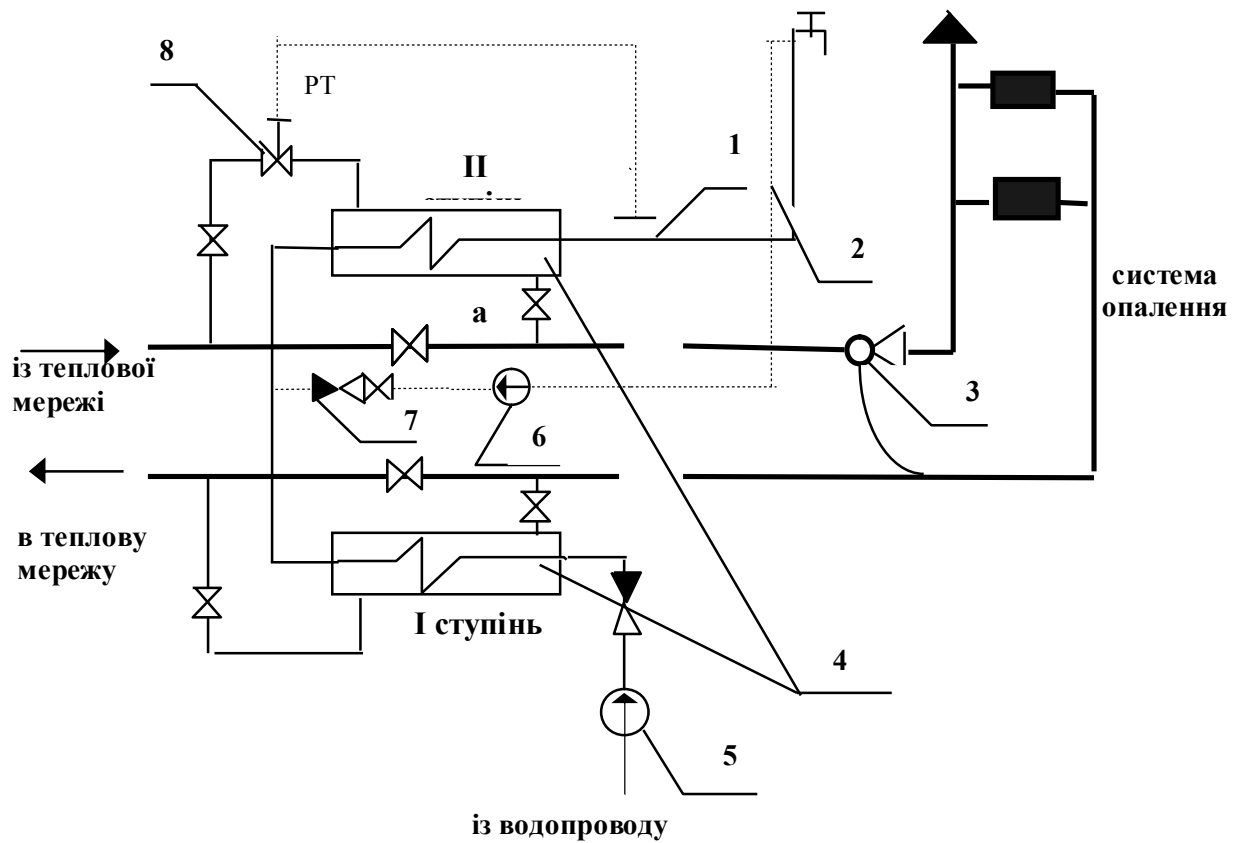
Таблиця 2– Розміри акумуляторів тепломережі Мосенерго (до рис. 2)

Ємність, м <sup>3</sup>	D, мм	d, мм	Розміри, мм				Маса, кг
			А	Б	В	Г	
1,5	1016	50	2300	1900	1368	760	929
2,0			2500	2100			1220
3,0	1216	65	2700	2200	1668	858	1277
4,0			3300	2800			1462
6,0	1520	76	3600	3100	1860	1000	2376
8,0			4600	4000			2821
10,0	1820	76	3800	3100	2170	1160	3168
12,0			4800	4180			3469



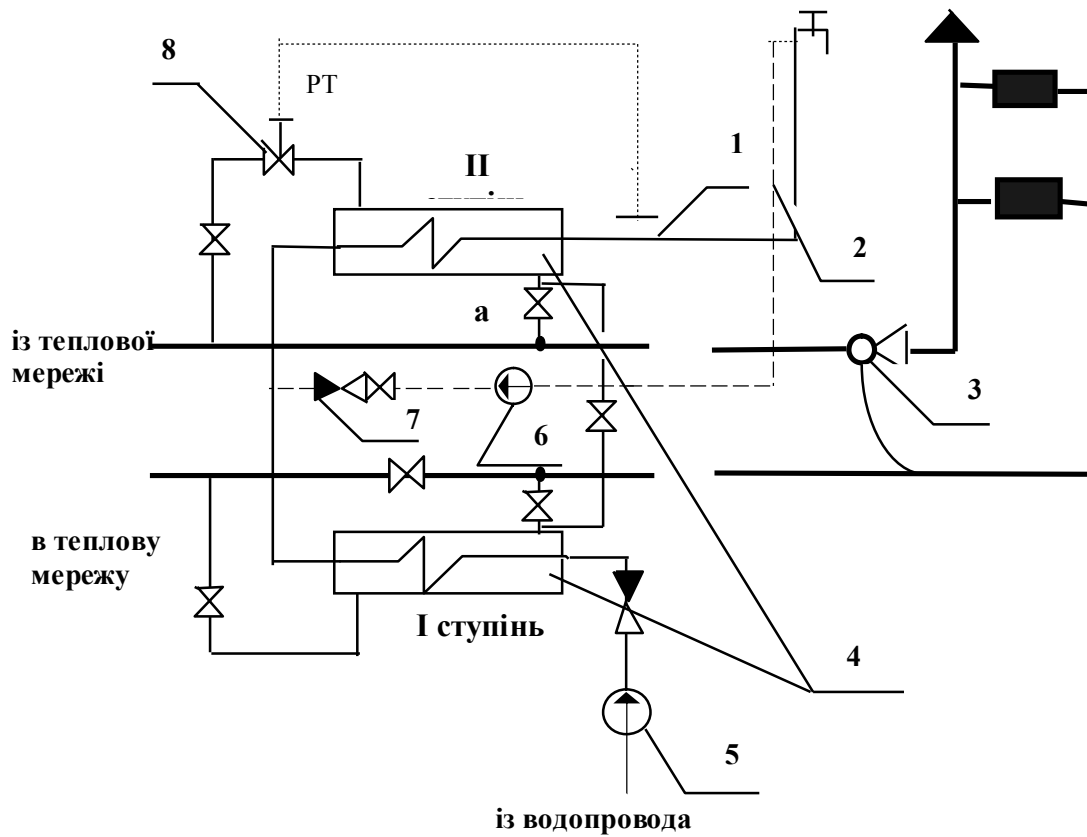
**Рисунок 3.1 – Одноступенева паралельна схема приєднання теплообмінників гарячого водопостачання:**

- 1 - подавальний трубопровід системи гарячого водопостачання;
- 2- циркуляційний трубопровід системи гарячого водопостачання;
- 3- елеватор системи опалення;
- 4 - теплообмінник; 5 - підкачуючий насос;
- 6 - циркуляційний насос; 7 - зворотний клапан;
- 8 - регулятор температури.



**Рисунок 3.2 – Двоступенева послідовна схема підключення теплообмінників гарячого водопостачання:**

- 1 - подавальний трубопровід системи гарячого водопостачання;
- 2- циркуляційний трубопровід системи гарячого водопостачання;
- 3- елеватор системи опалення;
- 4 - теплообмінник; 5 - підкачуючий насос;
- 6 - циркуляційний насос; 7 - зворотний клапан;
- 8 - регулятор температури.



**Рисунок 3.3 – Двоступенева змішана схема підключення теплообмінників до теплової мережі:**

- 1- подавальний трубопровід системи гарячого водопостачання;
- 2- циркуляційний трубопровід системи гарячого водопостачання;
- 3- елеватор системи опалення; 4- теплообмінник; 5- підкачуючий насос;
- 6- циркуляційний насос; 7- зворотний клапан; 8- регулятор температури

Додаток

Фізичні параметри води на лінії насичення

t, °K	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$c_p$ , кДж/кг <sup>0</sup> С	$\lambda \cdot 10^2$ , Вт/(м <sup>0</sup> С)	$\mu \cdot 10^5$ , (н <sup>0</sup> сек)/м <sup>2</sup>	$\nu \cdot 10^6$ , м <sup>2</sup> /сек	Pr
0	999,9	4,212	55,1	1788	1,789	13,67
10	999,7	4,191	57,45	1306	1,306	9,52
20	998,2	4,183	59,9	1004	1,006	7,02
30	995,7	4,174	61,6	801,5	0,805	5,42
40	992,2	4,174	63,5	653,3	0,659	4,31
50	988,1	4,174	64,8	549,4	0,556	3,54
60	983,2	4,179	65,9	469,9	0,478	2,98
70	977,8	4,187	66,8	406,1	0,415	2,55
80	971,8	4,195	67,4	355,1	0,365	2,21
90	965,3	4,208	68,0	314,9	0,326	1,95
100	958,4	4,220	68,3	282,5	0,295	1,75
110	951,0	4,233	68,5	259,0	0,272	1,60
120	943,1	4,250	68,6	237,4	0,252	1,47
130	934,8	4,266	68,6	217,8	0,233	1,36
140	926,1	4,287	68,5	201,1	0,217	1,26
150	917,0	4,313	68,4	186,4	0,203	1,17

Додаток

ТАБЛИЦІ ДЛЯ ГІДРАВЛІЧНОГО РОЗРАХУНКУ МЕРЕЖ ВОДОПОСТАЧАННЯ

Таблиця .1 – Значення питомих втрат тиску (1000 і) та швидкості води (v, м/с), для сталених водопровідних труб d= 10÷25 мм (ГОСТ 3262-75 і ГОСТ 10704-76).

Витрата води, q, л/с	v	i	v	i	v	i	v	i
	для трубопроводів d, мм							
	10		15		20		25	
0,025	0,22	22,6	-	-	-	-	-	-
0,030	0,27	31,1	-	-	-	-	-	-
0,035	0,31	40,9	0,19	12,7	-	-	-	-
0,040	0,35	51,9	0,22	16,0	-	-	-	-
0,045	0,40	64,1	0,24	19,7	-	-	-	-
0,050	0,44	77,5	0,27	23,7	-	-	-	-
0,055	0,49	92,1	0,30	28,1	-	-	-	-
0,060	0,53	107,8	0,33	32,8	-	-	-	-
0,065	0,57	124,6	0,35	37,8	0,19	8,56	-	-
0,070	0,62	142,7	0,38	43,2	0,21	9,75	-	-
0,075	0,66	161,8	0,41	48,9	0,22	11,0	-	-
0,080	0,71	182,1	0,44	54,9	0,24	12,3	-	-
0,085	0,75	203,6	0,46	61,3	0,25	13,7	-	-

0,090	0,80	226,2	0,49	67,9	0,26	15,2	-	-
0,095	0,84	249,9	0,52	74,9	0,28	16,7	-	-
0,10	0,88	274,8	0,54	82,2	0,29	18,3	-	-
0,11	0,97	327,9	0,60	97,8	0,32	21,7	0,19	6,26
0,12	1,06	385,6	0,65	114,6	0,35	25,3	0,21	7,29
0,13	1,15	447,8	0,71	132,7	0,38	29,2	0,23	8,39
0,14	1,24	515,0	0,76	152,1	0,41	33,4	0,25	9,57

Таблиця .2 – Значення питомих втрат тиску (1000 і) та швидкості води (v, м/с), для сталених водопровідних труб d= 10÷65 мм (ГОСТ 3262-75 і ГОСТ 10704-76 ).

q, л/с	v	i	v	i	v	i	v	i	v	i	v	i	v	i	v	i
	для трубопроводів, d, мм															
	10		15		20		25		32		40		50		65	
0,15	1,33	591,2	0,82	172,7	0,44	37,8	0,26	10,8	-	-	-	-	-	-	-	-
0,16	1,41	672,6	0,87	194,6	0,47	42,5	0,28	12,1	-	-	-	-	-	-	-	-
0,17	1,50	759,3	0,92	217,7	0,50	47,4	0,30	13,5	-	-	-	-	-	-	-	-
0,18	1,59	851,3	0,98	242,1	0,53	52,6	0,32	14,9	-	-	-	-	-	-	-	-
0,19	1,68	948,5	1,03	267,7	0,56	58,0	0,33	16,4	-	-	-	-	-	-	-	-
0,20	1,77	1051	1,09	294,6	0,59	63,7	0,35	18,0	0,20	4,58	-	-	-	-	-	-
0,25	2,21	1642	1,36	453,1	0,74	95,8	0,44	26,9	0,25	6,78	-	-	-	-	-	-
0,30	2,65	2365	1,63	652,5	0,88	134,1	0,53	37,4	0,30	9,37	0,23	4,80	-	-	-	-
0,35	3,09	3219	1,90	888,1	1,03	178,5	0,62	49,5	0,35	12,3	0,27	6,30	-	-	-	-
0,40	-	-	2,18	1160	1,18	229,0	0,70	63,2	0,40	15,7	0,30	7,98	-	-	-	-
0,45	-	-	2,45	1468	1,32	288,3	0,79	78,5	0,45	19,4	0,34	9,84	0,20	2,84	-	-
0,50	-	-	2,72	1812	1,47	356,0	0,88	95,3	0,50	23,4	0,38	11,9	0,23	3,42	-	-
0,55	-	-	2,99	2193	1,62	430,7	0,97	113,8	0,55	27,8	0,42	14,1	0,25	4,05	-	-
0,60	-	-	-	-	1,77	512,6	1,06	133,8	0,60	32,6	0,45	16,5	0,27	4,72	-	-
0,65	-	-	-	-	1,91	601,6	1,14	155,3	0,65	37,7	0,49	19,1	0,29	5,44	-	-
0,70	-	-	-	-	2,06	697,7	1,23	178,5	0,70	43,2	0,53	21,8	0,32	6,21	-	-
0,75	-	-	-	-	2,21	800,9	1,32	204,9	0,75	49,1	0,57	24,7	0,34	7,02	0,20	1,90
0,80	-	-	-	-	2,35	911,3	1,41	233,2	0,80	55,3	0,61	27,8	0,36	7,88	0,21	2,13
0,85	-	-	-	-	2,50	1029	1,50	263,2	0,85	61,8	0,64	31,0	0,39	8,78	0,22	2,37
0,90	-	-	-	-	2,65	1153	1,58	295,1	0,90	68,7	0,68	34,5	0,41	9,73	0,24	2,62

Таблиця .3 – Значення питомих втрат тиску (1000 і) та швидкості води (v, м/с), для сталених водопровідних труб d= 20÷100 мм (ГОСТ 3262-75 і ГОСТ 10704-76 ).

q, л/с	v	i	v	i	v	i	v	i	v	i	v	i	v	i	v	i
	для трубопроводів, d, мм															



	20		25		32		40		50		65		80		100	
0,95	2,80	1285	1,67	328,8	0,95	75,9	0,72	38,0	0,43	10,7	0,25	2,89	-	-	-	-
1,00	2,94	1424	1,76	364,3	1,00	83,5	0,76	41,8	0,45	11,8	0,26	3,16	-	-	-	-
1,05	3,09	1570	1,85	401,7	1,05	91,5	0,80	45,7	0,48	12,8	0,28	3,45	0,20	1,50	-	-
1,10	-	-	1,94	440,9	1,10	99,8	0,83	49,8	0,50	14,0	0,29	3,74	0,21	1,63	-	-
1,15	-	-	2,02	481,8	1,15	108,4	0,87	54,1	0,52	15,1	0,30	4,05	0,22	1,77	-	-
1,20	-	-	2,11	524,7	1,20	117,4	0,91	58,5	0,54	16,4	0,32	4,37	0,23	1,90		
1,25	-	-	2,20	569,3	1,25	127,0	0,95	63,2	0,57	17,6	0,33	4,70	0,234	2,04		
1,30	-	-	2,29	615,7	1,30	137,4	0,98	67,9	0,59	18,9	0,34	5,04	0,24	2,19		
1,35	-	-	2,38	664,0	1,35	148,2	1,02	72,9	0,61	20,3	0,36	5,39	0,25	2,34		
1,40	-	-	2,46	714,1	1,40	159,3	1,06	78,0	0,63	21,6	0,37	5,75	0,26	2,50		
1,45	-	-	2,55	766,0	1,45	170,9	1,10	83,3	0,66	23,1	0,38	6,13	0,27	2,66		
1,50	-	-	2,64	819,8	1,50	182,9	1,14	88,7	0,68	24,6	0,40	6,51	0,28	2,82		
1,55	-	-	2,73	875,3	1,55	195,3	1,17	94,3	0,70	26,1	0,41	6,91	0,29	2,99	0,19	1,10
1,60	-	-	2,82	932,7	1,60	208,1	1,12	99,9	0,73	27,6	0,42	7,31	0,30	3,17	0,20	1,16
1,65	-	-	2,90	991,9	1,65	221,3	1,25	106,3	0,75	29,3	0,44	7,73	0,31	3,34	0,203	1,23
1,70	-	-	2,99	1053	1,70	234,9	1,29	112,8	0,77	30,9	0,45	8,15	0,32	3,53	0,21	1,29
1,80	-	-	-	-	1,80	263,4	1,36	126,5	0,79	32,6	0,46	8,59	0,33	3,71	0,222	1,36
1,85	-	-	-	-	1,85	278,2	1,40	133,6	0,82	34,3	0,48	9,04	0,34	3,90	0,224	1,43
1,90	-	-	-	-	1,90	293,5	1,44	140,9	0,84	36,1	0,49	9,50	0,35	4,10	0,23	1,50
									0,86	38,0	0,50	9,97	0,36	4,30	0,24	1,57

Таблиця .4 – Значення питомих втрат тиску (1000 і) та швидкості води (v, м/с), для сталених водопровідних труб d= 32÷150 мм (ГОСТ 3262-75 і ГОСТ 10704-76).

q, л/с	v	i	v	i	v	i	v	i	v	i	v	i	v	i	v	i
	для трубопроводів, d, мм															
	32		40		50		65		80		100		125		150	
1,95	1,95	309,1	1,48	148,4	0,88	39,8	0,52	10,4	0,37	4,50	0,24	1,65	-	-	-	-
2,0	2,00	325,2	1,51	156,1	0,91	41,7	0,53	10,9	0,38	4,71	0,25	1,72	-	-	-	-
2,1	2,10	358,5	1,59	172,1	0,95	45,7	0,56	12,0	0,39	5,14	0,26	1,88	-	-	-	-
2,2	2,20	393,5	1,67	188,9	1,00	49,8	0,58	13,0	0,41	5,59	0,27	2,04	-	-	-	-
2,3	2,30	430,0	1,74	206,5	1,04	54,1	0,61	14,1	0,43	6,06	0,28	2,20	-	-	-	-

2,4	2,40	468,3	1,82	224,8	1,09	58,6	0,63	15,2	0,45	6,54	0,30	2,38	0,19	0,85	-	-
2,5	2,50	508,1	1,89	244,0	1,13	63,2	0,66	16,4	0,47	7,04	0,31	2,56	0,20	0,91	-	-
2,6	2,60	549,5	1,97	263,9	1,18	68,0	0,69	17,6	0,49	7,56	0,32	2,74	0,21	0,97	-	-
2,7	2,70	592,6	2,05	284,6	1,22	73,0	0,71	18,9	0,51	8,09	0,33	2,93	0,22	1,04	-	-
2,8	2,80	637,3	2,12	306,0	1,27	78,5	0,74	20,2	0,53	8,64	0,35	3,13	0,232	1,11	-	-
2,9	2,90	683,7	2,20	328,3	1,31	84,2	0,77	21,6	0,54	9,21	0,36	3,33	0,234	1,18	-	-
3,0	3,00	731,6	2,27	351,3	1,36	90,1	0,79	23,0	0,56	9,79	0,37	3,54	0,24	1,25	-	-
3,1	3,10	781,2	2,35	375,1	1,41	96,2	0,82	24,4	0,58	10,4	0,38	3,75	0,25	1,33	-	-
3,2	-	-	2,42	399,7	1,45	102,5	0,85	25,9	0,60	11,0	0,40	3,97	0,26	1,40	-	-
3,3	-	-	2,50	425,1	1,50	109,0	0,87	27,4	0,62	11,7	0,41	4,20	0,27	1,48	-	-
3,4	-	-	2,58	451,2	1,54	115,7	0,90	28,9	0,64	12,3	0,42	4,43	0,274	1,56	-	-
3,5	-	-	2,65	478,2	1,59	122,7	0,93	30,5	0,66	13,0	0,43	4,67	0,28	1,64	0,20	0,68
3,6	-	-	2,73	505,9	1,63	129,8	0,95	32,2	0,68	13,7	0,45	4,91	0,29	1,73	0,204	0,71
3,7	-	-	2,80	534,4	1,68	137,1	0,98	33,8	0,69	14,4	0,46	5,16	0,30	1,81	0,21	0,75
3,8	-	-	2,88	563,7	1,72	144,6	1,00	35,6	0,71	15,1	0,47	5,41	0,31	1,90	0,213	0,78
3,9	-	-	2,95	593,7	1,77	152,3	1,03	37,3	0,73	15,8	0,48	5,67	0,31	1,99	0,22	0,82
4,0	-	-	3,03	624,5	1,81	160,2	1,06	39,1	0,75	16,6	0,50	5,94	0,32	2,08	0,224	0,85

Продовження таблиці 4 – Значення питомих втрат тиску (1000 і) та швидкості води (v, м/с), для сталених водопровідних труб d=32÷150 мм (ГОСТ 3262-75 і ГОСТ 10704-76).

q, л/с	v	i	v	i	v	i	v	i	v	i	v	i	v	i	v	i
	для трубопроводів, d, мм															
	32		40		50		65		80		100		125		150	
4,1	-	-	-	-	1,86	168,3	1,08	41,0	0,77	17,3	0,51	6,21	0,33	2,18	0,23	0,89
4,2	-	-	-	-	1,90	176,6	1,11	42,9	0,79	18,1	0,52	6,49	0,34	2,27	0,233	0,93
4,3	-	-	-	-	1,95	185,1	1,14	44,8	0,81	18,9	0,53	6,77	0,35	2,37	0,24	0,97
4,4	-	-	-	-	1,99	193,8	1,16	46,8	0,83	19,8	0,54	7,06	0,362	2,47	0,25	1,01
4,5	-	-	-	-	2,04	202,8	1,19	48,8	0,84	20,6	0,56	7,35	0,364	2,57	0,254	1,05
4,6	-	-	-	-	2,09	211,9	1,22	50,8	0,86	21,4	0,57	7,65	0,37	2,68	0,26	1,09
4,7	-	-	-	-	2,13	221,2	1,24	53,0	0,88	22,3	0,58	7,96	0,38	2,78	0,263	1,14
4,8	-	-	-	-	2,18	230,7	1,27	55,3	0,90	23,2	0,59	8,27	0,39	2,89	0,27	1,18
4,9	-	-	-	-	2,22	240,4	1,30	57,6	0,92	24,1	0,61	8,58	0,40	3,00	0,274	1,22
5,0	-	-	-	-	2,27	250,3	1,32	60,0	0,94	25,0	0,62	8,91	0,404	3,11	0,28	1,27
5,1	-	-	-	-	2,31	260,4	1,35	62,4	0,96	26,0	0,63	9,23	0,41	3,22	0,285	1,31

5,2	-	-	-	-	2,36	270,7	1,37	64,9	0,98	26,9	0,64	9,57	0,42	3,33	0,29	1,36
5,3	-	-	-	-	2,40	281,2	1,40	67,4	0,99	27,9	0,66	9,91	0,43	3,45	0,30	1,41
5,4	-	-	-	-	2,45	292,0	1,43	69,9	1,01	28,9	0,67	10,3	0,44	3,57	0,304	1,45
5,5	-	-	-	-	2,49	302,9	1,45	72,6	1,03	29,9	0,68	10,6	0,443	3,69	0,31	1,50
5,6	-	-	-	-	2,65	314,0	1,48	75,2	1,05	30,9	0,69	11,0	0,45	3,81	0,313	1,55
5,7	-	-	-	-	2,58	325,3	1,51	77,9	1,07	31,9	0,71	11,3	0,46	3,93	0,32	1,60
5,8	-	-	-	-	2,63	336,8	1,53	80,7	1,09	33,0	0,72	11,7	0,47	4,06	0,325	1,65

Таблиця .5 – Значення питомих втрат тиску (1000 і) та швидкості води (v, м/с), для сталевих водопровідних труб d= 50÷200 мм (ГОСТ 3262-75 і ГОСТ 10704-76).

q, л/с	v	i	v	i	v	i	v	i	v	i	v	i	v	i
	для трубопроводів, d, мм													
	50		65		80		100		125		150		200	
5,9	2,76	348,5	1,56	83,5	1,11	34,1	0,73	12,1	0,48	4,19	0,33	1,70		
6,0	2,72	360,4	1,59	86,4	1,13	35,2	0,74	12,4	0,484	4,32	0,34	1,75		
6,1	2,76	372,6	1,61	89,3	1,14	36,3	0,76	12,8	0,49	4,45	0,344	1,81		
6,2	2,81	384,9	1,64	92,2	1,16	37,4	0,77	13,2	0,50	4,58	0,35	1,86		
6,3	2,86	397,4	1,67	95,2	1,18	38,5	0,78	13,6	0,51	4,71	0,353	1,91		
6,4	2,90	410,1	1,69	98,3	1,20	39,5	0,79	14,0	0,52	4,85	0,36	1,97		
6,5	2,95	423,0	1,72	101,3	1,22	40,8	0,80	14,4	0,525	4,99	0,364	2,02		
6,6	2,99	436,1	1,74	104,5	1,24	42,1	0,82	14,8	0,53	5,13	0,37	2,08		
6,7	3,04	449,5	1,77	107,7	1,26	43,3	0,83	15,2	0,54	5,27	0,373	2,14		
6,8	3,08	463,0	1,80	110,9	1,28	44,6	0,84	15,7	0,55	5,41	0,38	2,19		
6,9			1,82	114,2	1,29	46,0	0,85	16,1	0,56	5,56	0,39	2,25		
7,0			1,85	117,5	1,31	47,3	0,87	16,5	0,563	5,71	0,393	2,31		
7,1			1,88	120,9	1,33	48,7	0,88	17,0	0,57	5,86	0,40	2,37		
7,2			1,90	124,4	1,35	50,1	0,89	17,4	0,58	6,01	0,404	2,43		
7,3			1,93	127,8	1,37	51,5	0,90	17,9	0,59	6,16	0,41	2,49		
7,4			1,96	131,4	1,39	52,9	0,92	18,3	0,60	6,31	0,413	2,55		
7,5			1,98	134,7	1,41	54,3	0,93	18,8	0,61	6,47	0,42	2,61		
7,6			2,01	138,6	1,43	55,8	0,94	19,2	0,612	6,63	0,425	2,68		
7,7			2,04	142,2	1,44	57,2	0,95	19,7	0,62	6,79	0,43	2,74		
7,8			2,06	145,9	1,46	58,7	0,97	20,2	0,63	6,95	0,44	2,81		

## ПРИКЛАДИ

**Приклад 3.** Необхідно побудувати погодинний графік споживання і інтегральний графік витрат теплоти, а також визначити теплову потужність теплообмінників і об'єм баків-аккумуляторів для житлового будинку.

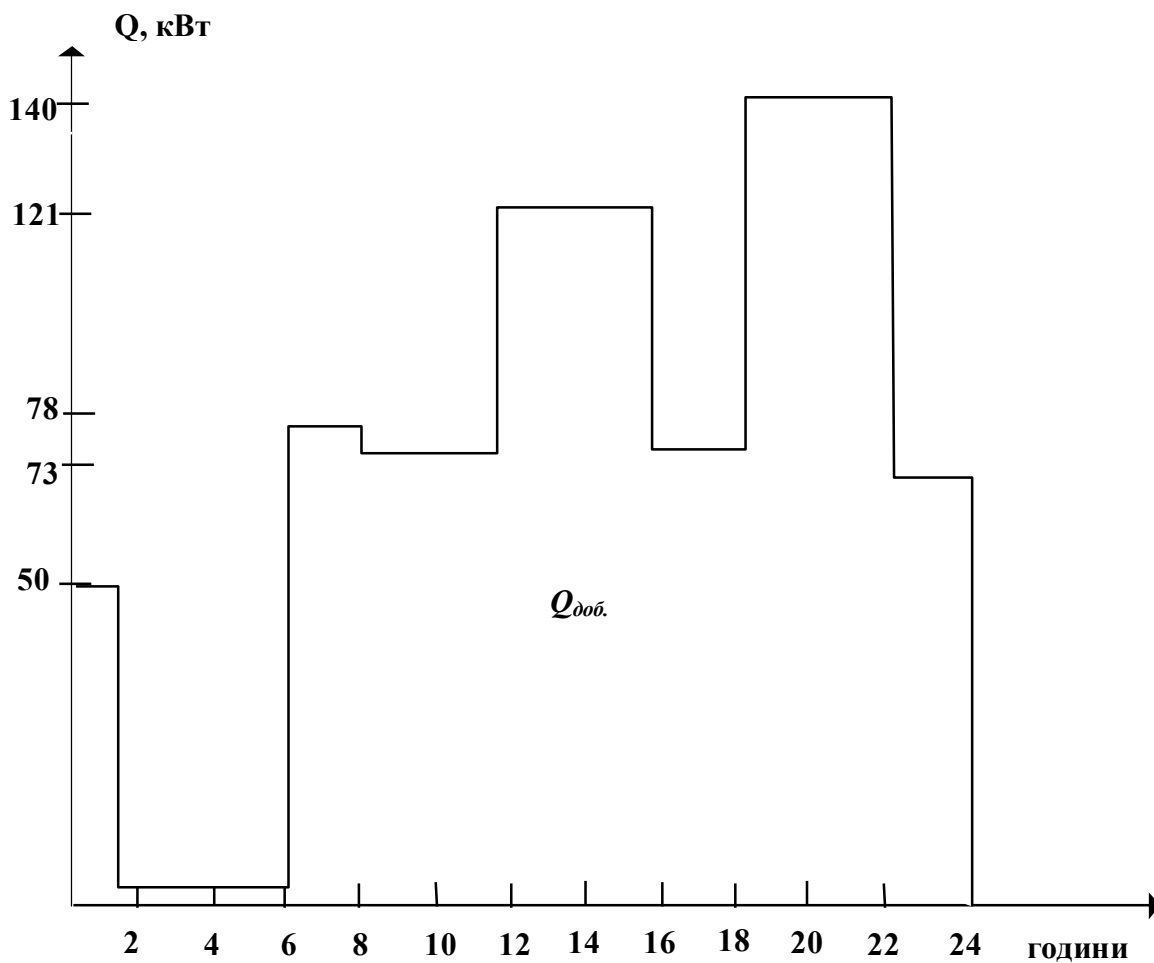
Кількість мешканців в будинку становить 180 чоловік. Дані споживання гарячої води у відсотках відповідно до середньогодинного споживання наведені в таблиці 10.

**Таблиця 9** – Данні для побудови погодинного графіка споживання теплоти для гарячого водопостачання

Години	0-1	1-6	6-8	8-12	12-16	16-19	19-22	22-24
%	70	5	110	103	170	103	197	80

Втрати теплоти подаючими трубопроводами становлять

$$\Delta Q_n = 12743 \text{ Вт, циркуляційними - } \Delta Q_n = 10225 \text{ Вт.}$$



**Рисунок 6.4** – Погодинний графік витрат теплоти для гарячого водопостачання

Визначаємо середньогодинну витрату теплоти за добу найбільшого споживання:

$$Q_{z.p.}^c = \frac{q_m \cdot m \cdot c \cdot \rho (t_{z.c.p.} - t_x)}{3600 \cdot T} + \Delta Q_n + \Delta Q_{\text{ц.}} =$$

$$= \frac{105 \cdot 180 \cdot 4187 \cdot 1 \cdot (55 - 5)}{3600 \cdot 24} + 12743 + 10225 = 71307 \text{ Вт} = 71,3 \text{ кВт}$$

Розраховуємо данні споживання теплоти на гаряче водопостачання на протязі доби для житлового будинку. Результати розрахунків зносимо в таблицю 10.

**Таблиця 10 – Дані витрат теплоти за годинами протягом доби**

Години	0-1	1-6	6-8	8-12	12-16	16-19	19-22	22-24
%	70	5	110	103	170	103	197	80
кВт	50	4,0	78	73	121	73	140	57

За допомогою даних цієї таблиці будуємо погодинний графік витрат теплоти на гаряче водопостачання. Цей графік приводиться на рисунку 6.4.

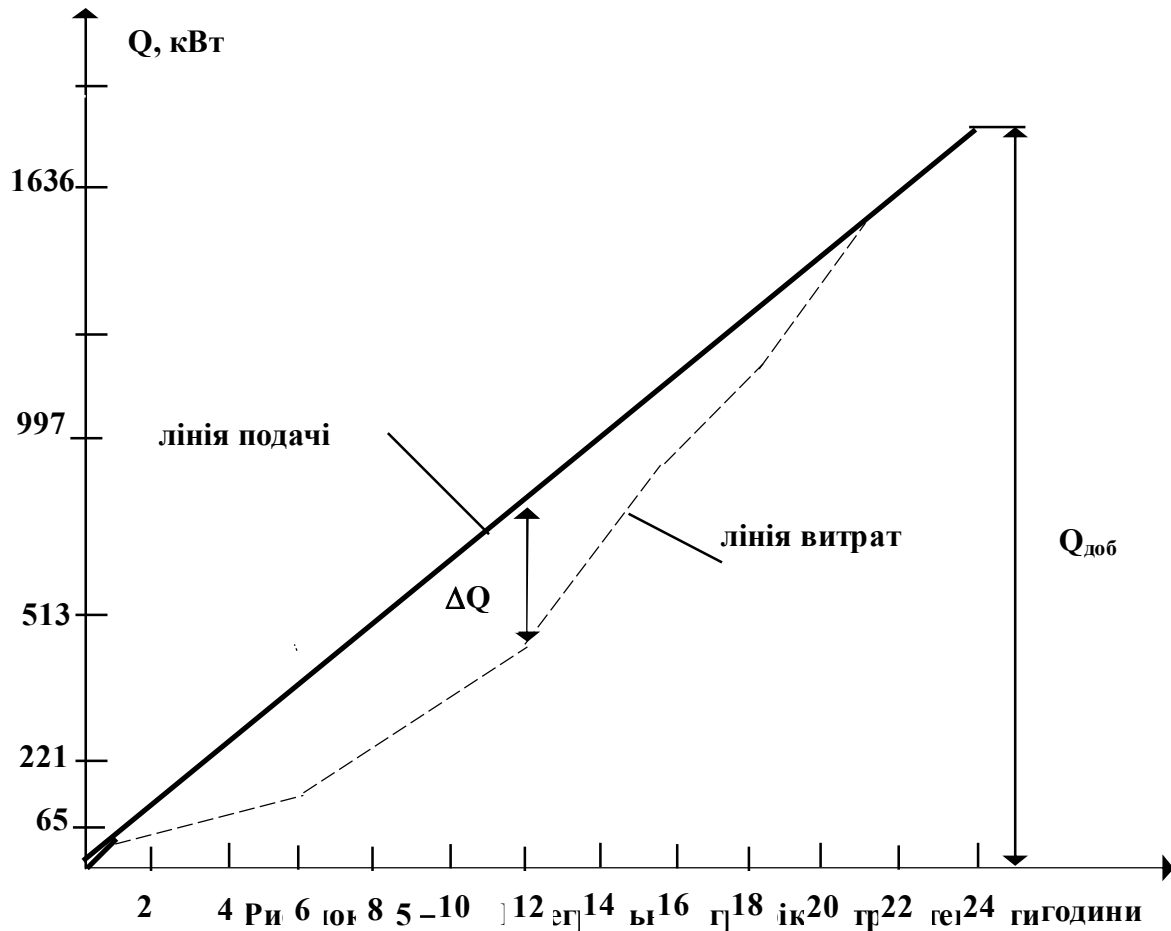
Для побудови інтегрального графіку визначаємо кількість теплоти, яка витрачена для нагрівання води в період з 0<sup>00</sup> год. до 1<sup>00</sup>, потім в період з 0<sup>00</sup> годин до 6<sup>00</sup> годин і т.д. Дані цих розрахунків приведені нижче.

$$\begin{aligned} \text{до } 1^{00} &- 50 + 4(6-1) = 65 \text{ кВт}\cdot\text{год.}, \\ \text{до } 6^{00} &- 65 + 78(8-6) = 221 \text{ кВт}\cdot\text{год.}, \\ \text{до } 12^{00} &- 221 + 73(12-8) = 513 \text{ кВт}\cdot\text{год.}, \\ \text{до } 16^{00} &- 513 + 121(16-12) = 997 \text{ кВт}\cdot\text{год.}, \\ \text{до } 19^{00} &- 997 + 73(19-16) = 1216 \text{ кВт}\cdot\text{год.}, \\ \text{до } 22^{00} &- 1216 + 40(22-19) = 1636 \text{ кВт}\cdot\text{год.}, \\ \text{до } 24^{00} &- 1636 + 57(24-22) = 1750 \text{ кВт}\cdot\text{год.}, \end{aligned}$$

На основі цих даних будуємо лінію споживання теплоти протягом доби.

Після побудови цієї лінії наносимо лінію подачі теплоти враховуючи, що теплообмінник працює рівномірно протягом 24 годин.

В даному випадку лінія подачі розташована таким чином, що на деяких участках вона нище лінії споживання, а це означає, що в деякі години доби споживач не буде забезпечений необхідною кількістю води. Тому лінію подачі потрібно перемістити паралельно самій собі вгору так, щоб вона була вище лінії споживання або торкалась її в одній точці(рис. 6.5).



Розраховуємо продуктивність теплообмінників:

$$Q_{\text{менл}} = \operatorname{tg} \alpha = \frac{Q_{\text{доб}}}{24} = \frac{1790}{24} = 72 \text{ кВт}$$

Об'єм баку-акумулятора закритого типу в нашому випадку становить :

$$V = \frac{\Delta Q}{c \cdot \rho (t_{\max} - t_{\min})} = \frac{405}{4,187 \cdot 1(60 - 45)} = 6,4 \text{ м}^3$$

Передбачаємо встановлення двох баків-акумуляторів об'ємом  $3,2 \text{ м}^3$  кожний.

Якщо передбачити баки-акумулятори відкритого типу, об'єм баків дорівнює:

$$V = \frac{\Delta Q}{c \cdot \rho (t_2 - t_x)} = \frac{405}{4,187 \cdot 1(55 - 5)} = 1,93 \text{ м}^3$$

#### Приклад 4

Необхідно розрахувати кожухотрубний теплообмінник. Схема підключення теплообмінників до теплової мережі двоступенева послідовна (рисунок 6.7). Загальна теплова потужність теплообмінників становить 71 кВт. Температура первинного теплоносія на вході і на виході із теплообмінника першого ступеню становить  $t_2^I = 42^\circ \text{C}$  і  $t_{2n}^I = 32^\circ \text{C}$ . Температура первинного теплоносія на вході і на виході із другого ступеню теплообмінника  $t_{1n}^I = 77^\circ \text{C}$  і  $t_1^I = 70^\circ \text{C}$ .

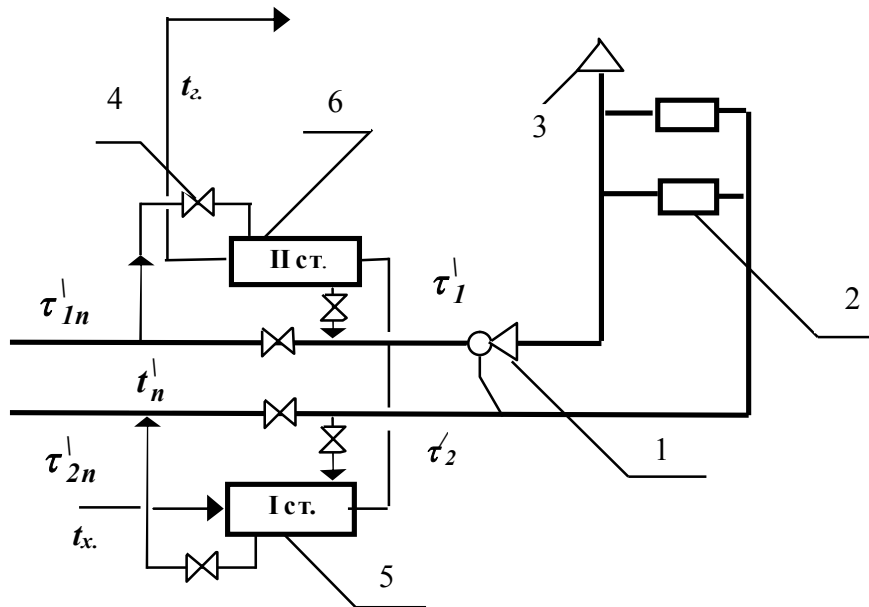
Розрахунок починаємо з визначення температури водопровідної води після I ступеню підігрівання. Температуру води, частково підігріту для потреб гарячого водопостачання в першому ступені, приймаємо на  $5 \div 7^\circ \text{C}$  нижче за температуру гріючої води, тобто  $t_n^I = t_2^I - 5^\circ \text{C} = 42 - 5 = 37^\circ \text{C}$ . Температура холодної водопровідної води дорівнює  $t_x = 5^\circ \text{C}$ , температура гарячої води  $t_r = 60^\circ \text{C}$ . Таким чином, у першій ступені воду підігрівають від температури  $t_x = +5^\circ \text{C}$  до температури  $t_n^I = +37^\circ \text{C}$ , а в другій ступені від температури  $t_n^I = +37^\circ \text{C}$  до температури  $t_2 = 60^\circ \text{C}$ . Визначена температура водопровідної води на вході в кожний ступінь і на виході із нього дає можливість загальну теплову потужність розділити між окремими ступенями. Мета цього поділу - визначити теплову потужність окремо для першого та другого ступеню теплообмінників. Розділимо загальну теплову потужність між окремим ступенями. Спочатку визначимо теплову потужність теплообмінників для першого ступеню, а потім для другого.

Теплова потужність для першого ступеню нагрівання водопровідної вододорівнює

$$Q_I = Q_{\text{менш}} \frac{t_n^I - t_x}{t_2 - t_x} = 71 \frac{37 - 5}{60 - 5} = 41,3 \text{кВт}$$

Теплова потужність теплообмінника II ступеню:

$$Q_{II} = Q_{\text{менш}} \frac{t_2 - t_n^I}{t_2 - t_x} = 71 \frac{60 - 37}{60 - 5} = 29,7 \text{кВт}$$



**Рисунок 6. 7 Двуступенева послідовна схема підключення теплообмінників**

1- елеватор системи опалення; 2- грійючі прилади системи опалення; 3- пристрій для відведення повітря; 4- засувка; 5- перша ступінь нагрівання водопровідної води; 6- друга ступінь нагрівання водопровідної води.

Перевіркою може бути рівняння у вигляді:

$$Q_{менд} = Q_I + Q_{II} = 41,3 + 29,7 = 71 \text{к Вт}$$

Виконаємо тепловий розрахунок теплообмінника для першого ступеню нагрівання води . З цією метою визначаємо витрату водопровідної води (вторинного теплоносія) для потреб гарячого водопостачання. Ця витрата становить

$$G_{вт.}^I = \frac{Q_I}{c(t_n^I - t_x)} = \frac{41,3}{4,187(37 - 5)} = 0,31 \text{ кг/с}$$

Приймаємо, що вторинний теплоносії рухається по трубках, швидкість води в трубках приймаємо на рівні  $w = 0,8 \text{ м/с}$  і визначаємо площу перерізу трубок

$$f_{mp.} = \frac{G_{вт.}^I}{w_{вт.} \cdot 1000} = \frac{0,31}{0,8 \cdot 1000} = 0,000385 \text{ м}^2$$

На основі визначеної площі перерізу трубок підбираємо водоводяний теплообмінник для гарячого водопостачання №1 (ОСТ 34-588-68) [5]. Площа перерізу трубок вказаного



теплообмінника становить  $f_{mp} = 0,00062 \text{ м}^2$ , площа поверхні нагрівання однієї секції теплообмінника становить  $f_{ек} = 0,75 \text{ м}^2$ , площа перерізу міжтрубного простору –  $f_{m.p.} = 0,00116 \text{ м}^2$ .

Розраховуємо дійсну швидкість води в трубках

$$w_{вт.}^{\partial} = \frac{0,31}{0,00062 \cdot 1000} = 0,5 \text{ м/с};$$

Визначаємо витрату і швидкість первинного теплоносія

$$G_{н.ф.}^I = \frac{Q_{теп.л}^I}{c(\tau_2' - \tau_{2n}') } = \frac{41,3}{4,187(42 - 32)} = 0,986 \text{ кг/с};$$

$$w_{н.ф.} = \frac{G_{н.ф.}^I}{f_{m.p.}} = \frac{0,986}{0,00116 \cdot 1000} = 0,85 \text{ м/с};$$

– за допомогою формул (6.9.а) та (6.9.б) розраховуємо коефіцієнти  $\alpha_1$  і  $\alpha_2$

$$\alpha_1 = \left[ 1630 + 21 \frac{42 + 32}{2} - 0,041 \left( \frac{42 + 32}{2} \right)^2 \right] \frac{0,85^{0,8}}{0,85^{0,8}} = 4607 \text{ Вт/м}^2\text{°С};$$

$$\alpha_2 = \left[ 1630 + 21 \frac{37 + 5}{2} - 0,041 \left( \frac{37 + 5}{2} \right)^2 \right] \frac{0,5^{0,8}}{0,5^{0,8}} = 2698 \text{ Вт/м}^2\text{°С}.$$

Розраховані коефіцієнти  $\alpha_1$  та  $\alpha_2$  дають можливість визначити коефіцієнт теплопередачі, який дорівнює

$$K = \frac{\alpha_1 \cdot \alpha_2}{\alpha_1 + \alpha_2} = \frac{46707 \cdot 2696}{4607 + 2696} = 1700 \text{ Вт/м}^2\text{°С}.$$

Приймаємо схему руху первинного та вторинного теплоносія протитечії (рисунок 6.7).

При такій схемі  $\Delta t_{\theta} = \tau_{2n}' - t_x = 32 - 5 = 27^{\circ}\text{С}$ ,

$\Delta t_m = \tau_2' - t_n' = 42 - 37 = 5^{\circ}\text{С}$

Середньологарифмічна різниця температур між первинним і вторинним теплоносієм

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_m}{\ln \frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_m}} = \frac{27 - 5}{\ln \frac{27}{5}} = 13^{\circ} C$$

Площа поверхні теплообміну для першого ступеню підігрівання води становить

$$F = \frac{Q_{мен}}{\mu K \Delta t_{cp}} = \frac{41,3 \cdot 1000}{0,8 \cdot 1700 \cdot 13} = 2,248 m^2, \text{ а кількість секцій теплообмінника дорівнює}$$

$$n = \frac{F}{f_{c.ек}} = \frac{2,248}{0,75} = 3 \text{ секції.}$$

Приймаємо теплообмінник першої ступені нагрівання водопровідної води із трьох секцій.

Аналогічно розраховують II ступінь нагрівання води.

Гідравлічний опір теплообмінника по вторинному теплоносію, тобто по водопровідній воді для першого ступеню:

$$H_{\delta m}^I = 0,53 \cdot w_{\delta m}^2 \cdot n = 0,53 \cdot 0,5^2 \cdot 3 = 0,3975 \text{ м.в.ст.}$$

Гідравлічний опір по первинному теплоносію для цього ж ступеня

$$H_{n.еп}^{II} = 1,1 \cdot w_{n.еп}^2 \cdot n = 1,1 \cdot 0,85^2 \cdot 3 = 2,38 \text{ м.в.ст.}$$