

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ОДЕСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
Кафедра теплових електричних станцій та енергозберігаючих технологій

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ З ВИКОНАННЯ РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ

З ДИСЦИПЛІНИ

«ТЕПЛОВА ІЗОЛЯЦІЯ В СИСТЕМАХ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ»

Для здобувачів інституту енергетики та комп'ютерно - інтегрованих систем управління

Перший (освітньо-науковий) рівень вищої освіти

Спеціальність – 144 ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКА

Освітня програма – *Теплоенергетика*

Рік впровадження ОПП -2018

Затверджено
на засіданні кафедри ТЕСЕТ
Протокол №10 від 22.03.2022р

ОДЕСА 2022

Методичні вказівки до виконання Розрахунково-графічної роботи з дисципліни «Теплова ізоляція в системах енергопостачання» Державного університету «Одеська політехніка» за освітньою програмою 144- Теплоенергетика. Укладачі: Климчук О.А., Губар Л.Б. - Одеса , ДУОП, 2022. – с.63.

Рецензент: Г.А.Баласанян, д.т.н., професор, рекомендовано Витягом з протоколу №10 від 22.03.22р. засідання кафедри теплових електричних станцій та енергозберігаючих технологій, як методичні вказівки до розрахунково-графічної роботи для здобувачів вищих навчальних закладів, які навчаються за освітньо-професійною програмою бакалавра із спеціальності 144- «Теплоенергетика».

Методичні вказівки з розрахунково-графічної роботи містять практичні аспекти для опанування дисципліни «Теплова ізоляція в системах енергопостачання». Розглянуто приклади розрахунку теплової мережі різних мікрорайонів міст України.

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Теплове навантаження споживачів.....	5
1.1 Методика визначення максимальних теплових потоків.....	5
1.2 Зміна теплових потоків на та побудова графіку відпуску теплоти споживачам.....	9
1.3 Розрахунок річних витрат теплоти на потреби споживачів.....	11
1.4 Приклади.....	13
1.4.1 Приклад 1	13
1.4.2 Приклад 2.....	19
2 Гідравлічний та тепловий розрахунок теплової мережі.....	23
2.1 Вибір траси та способу прокладки теплової мережі.....	24
2.2 Гідравлічний розрахунок теплової мережі.....	24
2.3 Пр'єзометричний графік теплової мережі.....	29
2.4. Вибір матеріалу і товщини теплоізоляції теплопроводів.....	31
2.5 Конструктивні елементи теплової мережі.....	32
2.6 Монтажна схема теплової мережі.....	32
2.7 Приклади.....	34
2.7.1 Приклад 1.....	34
2.7.2 Приклад 2.....	36
2.7.3 Приклад 3.....	38
.....2.7.4 Приклад 4.....	40
Список рекомендованої літератури.....	43
Додатки.....	45
Додаток 1.....	45
Додаток 2.....	46
Додаток 3.....	47
Додаток 4.....	48
Додаток 5.....	50

ВСТУП

Розрахунков-графічна робота передбачає поглиблене вивчення лекційного матеріалу та опанування навичками практичного втілення теоретичних положень при вирішенні таких питань, як визначення теплового навантаження забудови мікрорайону міста, розрахунок теплової мережі вибір та впровадження новітніх технологій.

Об'єктом є житловий район міста, який складається з декількох кварталів. Необхідно розрахувати теплову мережу для житлового району міста, забудова якого складається з житлових та громадських будинків.

Визначення максимальних теплових потоків здійснюється за допомогою укрупнених показників, значення яких залежить від характеристики забудови (року будівництва, матеріалу стін, кількості поверхів та ін.), а також кліматологічних даних для проектування.

Метою виконання розрахункової графічної роботи є набуття навичок з основ проектування теплових мереж, навчитися використовувати нормативно-технічну літературу з дотриманням вимог ДБН, ДСТУ, ДНАОП та інших нормативних матеріалів.

1 ТЕПЛОВЕ НАВАНТАЖЕННЯ СПОЖИВАЧІВ

1.1 Методика визначення максимальних теплових потоків

При проектуванні систем тепlopостачання житлового мікрорайону (району) міста сумарний максимальний тепловий потік Q_{\max} для покриття потреб споживачів складається з максимальних теплових потоків на опалення $Q_{o.\max}^{ж+гр}$, вентиляцію $Q_{в.\max}^{гр}$ та гаряче водopостачання $Q_{гв.\max}$ житлових і громадських будинків, що розташовані у мікрорайоні:

$$Q_{\max} = Q_{o.\max}^{ж+гр} + Q_{в.\max}^{гр} + Q_{гв.\max} \cdot \quad (1.1)$$

Визначення максимальних теплових потоків здійснюється за допомогою укрупнених показників, значення яких залежить від характеристики забудови (року будування, матеріалу стін, кількості поверхів та ін.), а також розрахункової температури для проектування відповідного виду тепловикористання.

Максимальний тепловий потік на опалення житлових та громадських будівель визначається за формулою:

$$Q_{o.\max}^{ж+гр} = q_{\text{опл}} \cdot A (1 + k_1) \cdot 10^{-6}, \text{ МВт}, \quad (1.2)$$

де $q_{\text{опл}}$ – укрупнений показник максимального теплового потоку на опалення, віднесений до 1 м² загальної площі при різних розрахункових температурах і різній кількості поверхів будинків, наведений у табл. 1.1 згідно з даними [1], Вт/м²;

A – загальна корисна площа квартир житлових будинків, м²;

k_1 – коефіцієнт, що враховує тепловий потік на опалення громадських будинків. Згідно з [2] його можна прийняти $k_1 = 0,25$.

Величину A можна визначити, якщо відома площа кварталів $F_{\text{кв}}$, га, які входять до складу мікрорайону, за формулою:

$$A = F_{\text{кв}} \cdot \Pi, \text{ м}^2, \quad (1.3)$$

де Π – густина забудови житлового фонду. Вона залежить від переважаючої поверховості будинків, що розташовані на території кварталу. Для різних

кліматичних зон України може бути визначена за даними ДБН 360-92* “Місто-будування. Планування і забудова міських і сільських поселень” [3](табл. 1.2).

Таблиця 1.1 Значення $Q_{опл}$ при різних температурах для будинків з різною поверховістю, що збудовані після 1985р.

Кількість поверхів	$t_{ро},$ С	-5	-10	-15	-20	-25	-30
1-2	$Q_{опл},$ $\frac{Вт}{м^2}$	145	152	159	166	173	177
3-4	$Q_{опл},$ $\frac{Вт}{м^2}$	74	80	86	91	97	101
5 і більше	$Q_{опл},$ $\frac{Вт}{м^2}$	65	67	70	73	81	87

Примітка:

Величина $Q_{опл}, \frac{Вт}{м^2}$ для проміжних значень $t_{ро}$ визначається методом інтерполяції.

Таблиця 1.2 Густина житлового фонду П, $м^2/га$

Зона	Поверховість									
	2	3	4	5	6	7	8	9	12	
Центр	3300	4100	4600	5300	5600	5900	6200	6600	6900	
Південь	3400	4300	4800	5500	5800	6200	6500	6800	7100	
Північ	3700	5000	5400	5900	6300	6700	7000	7300	-	

Примітки:

1. Для будинків з поверховістю більше 12 поверхів = 7500 $м^2/га$ в усіх зонах.
2. Для одноповерхових будинків з присадибними ділянками П = 500 $м^2/га$.

Максимальний тепловий потік на вентиляцію громадських будинків визначається за формулою:

$$Q_{в.мах}^{зр} = k_2 \cdot Q_{о.мах}^{жс} = k_2 \cdot q_{опл} \cdot A \cdot 10^{-6}, \text{ МВт}, \quad (1.4)$$

де k_2 – коефіцієнт, що враховує тепловий потік на вентиляцію, його можна прийняти $k_2 = 0,15$.

Максимальний тепловий потік на гаряче водопостачання житлових та громадських будинків визначається за формулою:

$$Q_{зв.мах} = 2,4 Q_{зв.сер}, \text{ МВт}, \quad (1.5)$$

де **2,4** – осереднене значення коефіцієнта погодинної нерівномірності використання гарячої води мешканцями мікрорайону.

Середній тепловий потік на гаряче водопостачання визначається:

$$Q_{зв.сер} = \frac{1,2 \cdot c \cdot N(g + b)(t_{гр} - t_{хв})}{24 \cdot 3,6} \cdot 10^{-6}, \text{ МВт}, \quad (1.6)$$

де **1,2** – коефіцієнт, що враховує втрати теплоти у нетеплоізольованих внутрішніх трубопроводах системи гарячого водопостачання;

$c = 4,185$ кДж/(кг·°C) – питома теплоємність води;

N – кількість мешканців мікрорайону (кварталу), яка може бути визначена, як:

$$N = A/f_n,$$

де f_n – норма забезпечення загальною площею мешканців будинку, м²/чол.;

g – норма витрати гарячої води у житлових будинках на одну людину за добу, приймається 105 л/(люд.-діб);

b – норма витрати гарячої води у громадських будівлях на одного відвідувача, приймається 25 л/(люд.-діб);

$t_{гр}$ – розрахункова температура гарячої води, приймається +55°C;

$t_{хв}$ – розрахункова температура холодної (водопровідної) води, приймається узимку + 5 °C, влітку – + 15 °C.

Приклад

Визначити максимальні теплові потоки для кварталу №1 м. Києва. При цьому прийняти:

– площу кварталу $F_{кв} = 2,1$ га;

– будинки збудовані після 1985 року, а переважаюча поверховість забудови

кварталу становить 5 поверхів;

– норму забезпечення загальною площею мешканців прийняти $f_n=18\text{м}^2/\text{чол.}$.

Розв'язок :

1. Використовуючи дані додатку 1, визначаємо значення розрахункової температури для м. Києва на опалення, яка становить $t_{po} = -22$ оС.

2. Використовуючи дані табл. 1.1, визначаємо значення укрупненого показника максимального теплового потоку. Він становить $q_{опл} = 75$ Вт/м².

3. Використовуючи дані табл. 1.2, визначаємо густину забудови кварталу. Вона становить $\Pi=5300$ м²/га.

4. За формулою (1.3) маємо:

$$A = F_{кв} \cdot \Pi = 2,1 \cdot 5300 = 11130 \text{ м}^2.$$

5. За формулою (1.2) визначаємо максимальний тепловий потік на опалення:

$$Q_{о.мах}^{жс+зр} = q_{опл} \cdot A \cdot (1+k_1) \cdot 10^{-6} = 75 \cdot 11130 \cdot 1,25 \cdot 10^{-6} = 1,04 \text{ МВт.}$$

6. За формулою (1.4) визначаємо максимальний тепловий потік на вентиляцію:

$$Q_{в.мах}^{зр} = k_v \cdot q_{опл} \cdot A \cdot 10^{-6} = 0,15 \cdot 75 \cdot 11130 \cdot 10^{-6} = 0,125 \text{ МВт.}$$

7. За формулами (1.5, 1.6) визначаємо максимальний тепловий потік на гаряче водопостачання в опалювальний період:

$$Q_{оп гв.мах} = 2,4 \cdot \frac{1,2 \cdot 4,185 \cdot 11130 / 18 \cdot (105 + 25) \cdot (55 - 5)}{24 \cdot 3,6} \cdot 10^{-6} = 0,561 \text{ МВт.}$$

8. За формулою (1.1) максимальний тепловий потік на всі види теплови-користання кварталу буде становити:

$$Q_{мах} = 1,04 + 0,125 + 0,561 = 1,73 \text{ МВт.}$$

Для зручності користування розрахунками їх доцільно звести в таблицю 1.3.

Таблиця 1.3 Максимальні теплові потоки

Номер квартири	Поверховість	Площа квартири		Густина забудови	Загальна корисна площа А, м ²	Укрупнений показ. $q_{опл}$, Вт/м ²	Максимальні теплові потоки, МВт			
		$F_{кв}$, га	Π , м ² /га				На опалення <i>ж+г р</i>	На вентиляцію <i>гр в.ма</i>	На ГВП <i>оп гв.ма х</i>	Сумарний Q_{max}
1	5, 2, 1	530	1113	7	1,0	0,12	0,561	1,73		

1.2 Зміна теплових потоків та побудова графіку відпуску теплоти споживачам

Графік відпуску теплоти на потребу споживачів від котельні дозволяє визначити теплопостачання об'єктів при різній температурі зовнішнього повітря протягом опалювального періоду, що у свою чергу дозволяє вирішувати питання забезпечення потрібних теплових навантажень шляхом регулювання виробництва теплоти, можливості відключення котлів для ремонту, тощо.

Графік зміни витрат (потоків теплоти) на опалення Q_o в залежності від температури зовнішнього повітря t_3 являє собою пряму лінію, яка описується формулою:

$$Q_o = Q_{o \max} \frac{t_{вн} - t_3}{t_{вн} - t_{ро}}, \text{ МВт} \quad (1.7)$$

де $Q_{o \max}$ – максимальний тепловий потік на опалення МВт;

$t_{вн}$ – розрахункова температура внутрішнього повітря, °С;

$t_{ро}$ – розрахункова температура при проектуванні опалення, що відповідає середній температурі найхолоднішої п'ятиденки, °С;

t_3 – поточна температура зовнішнього повітря, °С.

Графік зміни витрат (потоків) теплоти на вентиляцію Q_v в залежності від температури зовнішнього повітря t_z являє собою пряму лінію, яка описується формулою:

$$Q_v = Q_{v \max} \frac{t_{вн} - t_z}{t_{вн} - t_{рв}}, \text{ МВт} \quad (1.8)$$

де $Q_{v \max}$ – максимальний тепловий потік на вентиляцію, МВт;

$t_{вн}, t_z$ – те ж, що в формулі (1.7);

$t_{рв}$ – розрахункова температура при проектуванні вентиляції, що відповідає середньомісячній температурі найхолоднішої місяця, °С.

Температура, С	Q_0 , МВт	Q_v , МВт	Q_{zv}^{on} , МВт	Q_{zv}^l , МВт
-20,0				
-10,0				
+5				
>8				

Витрата теплоти на централізоване гаряче водопостачання в опалювальний період не залежить від температури зовнішнього повітря. Тому графік відпуску теплоти на гаряче водопостачання являє собою пряму паралельну осі температур з ординатою $Q_{гв \max \text{оп}}$, а для неопалювального періоду (при $t_{п} \geq +8^\circ\text{C}$) – $Q_{гв \max \text{л}}$.

Максимальний тепловий потік на гаряче водопостачання влітку знаходиться за формулою:

$$Q_{гв \max \text{л}} = Q_{гв \max} \cdot 0,8 \frac{55-15}{55-5}, \text{ МВт} \quad (1.9)$$

Результати розрахунків, які характеризують зміну відпуску теплоти на опалення, вентиляцію та гаряче водопостачання, а також сумарної витрати теплоти (Q_{Σ}) в залежності від температур зовнішнього повітря $t_{п}$ заносимо до табл. 1.4 та будемо узагальнений графік теплового навантаження (ліва частина

графіку на рис. 1)

Таблиця 1.4

№	Поверховість	Площа F	Густина забудови (П)	Загальна корисна площа (А м ²)	Питомі витрати (q ₀ Вт/м ²)	Максимальні теплові потоки			
						На опалення Q _{оп} ^{MAX}	На вентиляцію Q _в ^{MAX}	На ГВП Q _{гвп} ^{MAX}	Сумарний Q _{оп} ^{MAX}
1	9	2,2	6600	14520	75	1,36	0	0,73	2,1
2	9	1,8	6600	11880	75	1,11	0	0,60	1,71
3	9	2,5	6600	16500	75	1,55	0	0,83	2,38
4	5	2,1	5300	11130	75	1,04	0	0,56	1,6

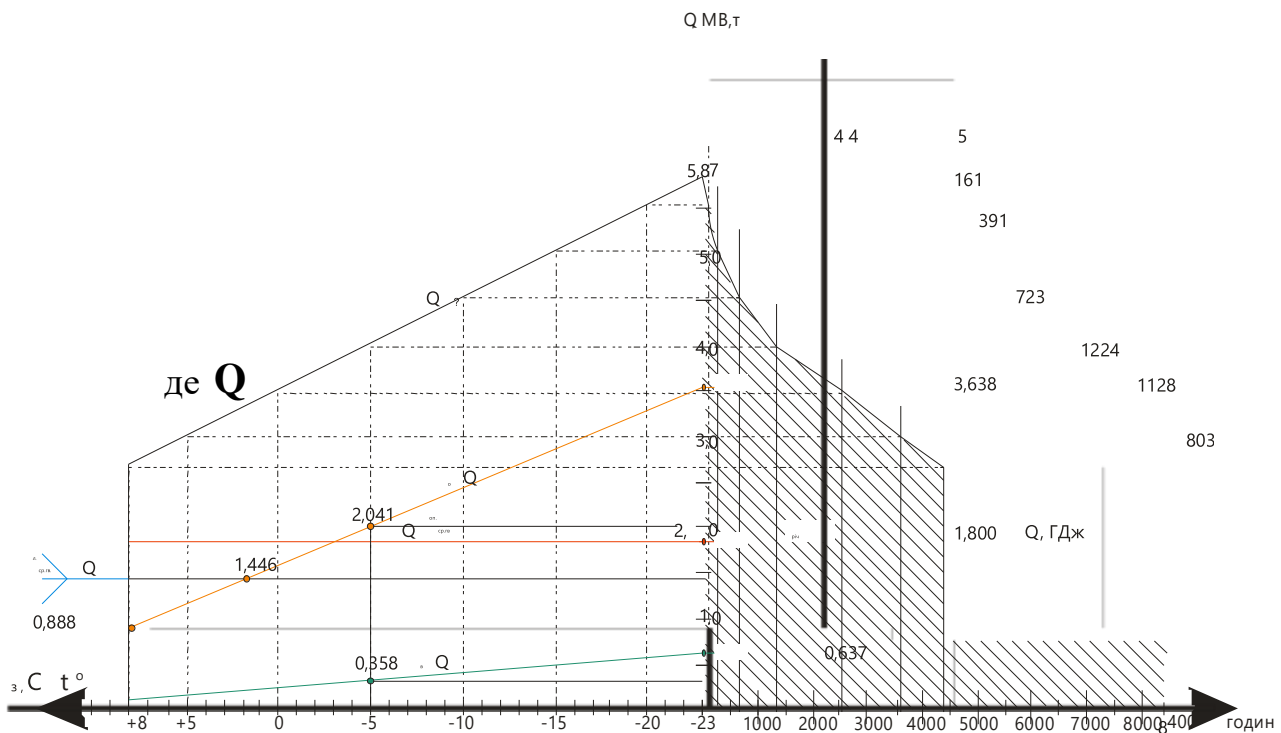


Рис. 1.1 Графік зміни теплового навантаження від зовнішньої температури (ліва частина) та річний графік споживання теплоти (права частина)
Річний графік споживання (права частина) теплоти будується з викорис-

танням залежності Q_{Σ} від зовнішньої температури та даних табл. (додаток 2) щодо кількості годин стояння температури на відповідних інтервалах.

1.3. Розрахунок річних витрат теплоти на потреби споживачів

Q

Для визначення ряду техніко-економічних показників роботи котельні потрібно знати річну кількість теплової енергії для забезпечення тепlopостачання споживачів.

Річні витрати складаються із витрат на опалення житлових та громадських будинків ($Q_{оріч}$), вентиляції громадських будинків ($Q_{вріч}$) та гаряче водopостачання житлових та громадських будинків ($Q_{гвріч}$). Отже, кількість необхідної теплоти на всі види тепловикористання визначається:

$$Q_{вир}^{річ} = Q_{оріч} + Q_{вріч} + Q_{гвріч}, \text{ ГДж/рік} \quad (1.10)$$

Зокрема, витрати теплоти на окремі види тепlopостачання визначаються:

- **на опалення**

$$Q_{оріч} = 3600 \cdot 24 \cdot 10^{-3} \cdot Q_{ж+гр}^{o.max} \cdot \frac{t_{вн} - t_{cp.on}}{t - t_{р.о}} \cdot n_{оп}, \text{ ГДж}, \quad (1.11)$$

$Q_{ж+гр}^{o.max}$

- максимальний тепловий потік на опалення житлових та громадських будинків, МВт;

$t_{cp.on}$ – середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період визначається за таблицею додатку 1;

$n_{оп}$ – тривалість опалювального періоду, кількість діб, визначається з таблицею додатку 1;

$t_{р.о}$ – розрахункова температура на опалення, визначається з таблицею додатку 1.

- **на вентиляцію**

$$Q_{вріч} = 3600 \cdot Z \cdot 10^{-3} \cdot Q_{гр}^{в.max} \cdot \frac{t_{вн} - t_{cp.on}}{t - t_{р.о}} \cdot n_{оп}, \text{ ГДж}, \quad (1.12)$$

де Z – тривалість роботи системи вентиляції за добу, яка може бути прийня-

тою $Z = 16$ год./добу;

$q_{в.мах}^{гр}$ – максимальний тепловий потік на вентиляцію громадських будинків;

$t_{р.в}$ – розрахункова температура на вентиляцію, визначається з таблицею дода-тку 1.

- на гаряче водопостачання

$$Q_{гвріч} = 3600 \cdot 24 \cdot 10^{-3} [Q_{гв.мах}^{оп} \cdot n_{оп} + Q_{гв.ср}^л (350 - n_{оп})], \text{ ГДж/рік, } \dots (1.13)$$

де $Q_{гв.мах}^{оп}$, $Q_{гв.ср}^л$ - середні теплові потоки відповідно в опалювальний і літ-ній періоди, МВт;

350 – планова тривалість подачі гарячої води споживачам протягом року, доби.

1.4 Приклади

1.4.1 Приклад 1

Розрахувати теплове навантаження при реконструкції системи теплопостачання чотирьох житлових будинків м. Вінниці.

Вихідні дані для проектування:

- генеральний план забудови з розподілом на опалювальні споруди;
- відомості про забезпечення населення центральним опаленням та гарячим водопостачанням;
- тривалість опалювального періоду $n = 189$ діб = 4536 год.
- розрахункова температура зовнішнього повітря для проектування опалення, яка відповідає середній температурі зовнішнього повітря найхолодніших п'яти діб (ДСТУ Будівельна кліматологія) $t_{рo} = -22^{\circ}\text{C}$;
- середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період $t_{сер.оп} = -1,1^{\circ}\text{C}$;

- розрахункова температура у літній період – +24°C;
- температура внутрішнього повітря у котельні – +8 °С;
- розрахункова температура зовнішнього повітря для проектування вентиляції, яка відповідає середній температурі зовнішнього повітря найхолоднішого місяця року (параметр А СНП 2.01.01.–82) $t_{рв} = -10$ °С ;

Розрахункові теплові потоки

Розрахункові теплові потоки визначаються по будинкам. Максимальний тепловий потік на опалення житлових будинків визначається за формулою:

$$Q_{0max} = q_0 \cdot A \cdot (1 + K_1) \cdot 10^{-6}, \text{ МВт}$$

де А – загальна площа житлових приміщень будинків, м² ;

q_0 – укрупнений показник максимального теплового потоку на опалення 1м² загальної площі житлових приміщень, Вт/м² ;

Значення q_0 при різних розрахункових температурах навколишнього повітря t_{po} для будинків різної поверховості та строків будування наведені в СНП 2.04.07-86 “Тепловые сети”.

Для будівель, які побудовані або будуються за новими типовими проектами, з кількістю поверхів 5 та більше та розрахунковою температурою зовнішнього повітря $t_{po} = -22$ °С укрупнений показник $q_0 = 75$ Вт/м² (визначається методом інтерполяції).

Загальна корисна площа житлових будинків $A_{кв}$ може бути визначена по співвідношенню:

$$A = F \cdot \Pi, \text{ м}^2$$

де, F – площа житлових будинків, визначається прямим вимірюванням масштабу, Га.

Π – густина забудови з панівною поверховістю будинків, м² /Га, яка може бути визначена згідно таб.2.3. за даними ДБН 360-92 “Містобудування. Планування і забудова міських поселень”. Для зони, до якої належить Вінниця при поверховості будинків 9 поверхів, $\Pi = 6600$ м² /Га. Отже отримаємо:

$$A_1 = 2,2 \cdot 6600 = 14520 \text{ м}^2$$

Отримав значення A можна визначити кількість мешканців N за формулою:

$$N = A / f_n, \text{чол.}$$

де f_n – норма забезпечення загальною площею одного мешканця, $\text{м}^2 / \text{чол.}$
Для існуючої забудови слід прийняти $f_n = 18 \text{ м}^2 / \text{чол.}$

Отже отримаємо:

$$N_1 = 14520 / 18 = 807 \text{ чол}$$

Максимальний тепловий потік на опалення житлових і громадських споруд визначаємо за формулою:

$$Q_{0\max} = q_0 \cdot A \cdot (1 + K_1) \cdot 10^{-6}, \text{ МВт}$$

де K_1 – коефіцієнт, що враховує максимальний потік на опалення громадських споруд. При відсутності даних про конкретне призначення та кількість громадських споруд, приймають $K_1 = 0,25$. Таким чином, розрахункова формула для визначення максимального теплового потоку на опалення житлових і громадських споруд має вигляд:

$$Q_{0\max} = 1,25 \cdot q_0 \cdot A \cdot 10^{-6}, \text{ МВт},$$

отже отримаємо:

$$Q_{0\max 1} = 1,25 \cdot 75 \cdot 14520 \cdot 10^{-6} = 1,36 \text{ МВт};$$

Визначимо сумарний максимальний тепловий потік на опалення житлових і громадських споруд

$$\sum Q_{0\max}:$$

$$\sum Q_{0\max} = 1,36 + 11,11 + 1,55 + 1,04 = 5,07 \text{ МВт.}$$

Максимальний тепловий потік на вентиляцію громадських будівель визначається за формулою:

$$Q_{v\max} = K_2 \cdot Q_{0\max} = K_1 \cdot K_2 \cdot Q_{0\max}$$

Так як у даних споживачів не передбачено застосування теплової вентиляції, $Q_{v\max} = 0 \text{ МВт.}$

Максимальний тепловий потік на гаряче водопостачання житлових та громадських будівель рекомендовано визначити згідно з формулою:

$$Q_{ГВ\max} = 2,4 \cdot Q_{ГВ\text{сеп.}}, \text{ МВт}$$

$Q_{ГВ\text{сер}}$ – середній тепловий потік на гаряче водопостачання житлових та громадських будинків, МВт, який визначається за нормами використання гарячої води мешканцям будинку та їх кількістю, МВт.

2,4 – середнє значення коефіцієнта погодинної нерівномірності використання гарячої води мешканцями будинків. Середній тепловий потік на гаряче водопостачання за опалювальний період визначається за формулою:

$$Q_{ГВ\text{ ср.}} = 1,2 \cdot c \cdot N \cdot (g+b) \cdot (t_{гр} - t_x) / 24 \cdot 3,6 \cdot 10^{-6}, \text{ МВт}$$

де 1,2 – коефіцієнт, що враховує витрати теплоти у нетеплоізованих внутрішніх трубопроводах системи гарячого водопостачання;

$c = 4,185 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{°C)}$ – питома теплоємність води;

g – норма витрат гарячої води у житлових будинках на одного чоловіка за добу, приймається 105 л/чол.-діб;

b – норма витрат гарячої води однією людиною на добу у житлових будинках, які обладнані ванною, довжина 1500...1700 мм, душем та двома кранами, приймається = 25 л/чол.-діб;

$t_{гр.}$ – розрахункова температура гарячої води, приймається +55°C;

t_x – розрахункова температура холодної (водопровідної) води, приймається узимку +5 °C, влітку – +15 °C.

Розрахуємо $Q_{ГВ\text{ ср.}}$ для споживачів в різні періоди:

а) опалювальний період

$$\begin{aligned} Q_{ГВ\text{ ср}}^{1\text{оп}} &= \frac{1,2 \cdot c \cdot N \cdot (g + b) \cdot (t_{гр} - t_x)}{24 \cdot 3,6} \cdot 10^{-6} Q_{ГВ\text{ ср}}^{1\text{оп}} \\ &= \frac{1,2 \cdot c \cdot N \cdot (g + b) \cdot (t_{гр} - t_x)}{24 \cdot 3,6} \cdot 10^{-6} Q_{ГВ\text{ ср}}^{1\text{оп}} \\ &= \frac{1,2 \cdot c \cdot N \cdot (g + b) \cdot (t_{гр} - t_x)}{24 \cdot 3,6} \cdot 10^{-6} Q_{ГВ\text{ ср}}^{1\text{оп}} \\ &= \frac{1,2 \cdot c \cdot N \cdot (g + b) \cdot (t_{гр} - t_x)}{24 \cdot 3,6} \cdot 10^{-6} Q_{ГВ\text{ ср}}^{1\text{оп}} \\ &= \frac{1,2 \cdot c \cdot N \cdot (g + b) \cdot (t_{гр} - t_x)}{24 \cdot 3,6} \cdot 10^{-6} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Q_{\text{ГВ ср}}^{\text{1оп}} &= \frac{1,2 \cdot 4,185 \cdot 807 \cdot (1005 + 25) \cdot (55 - 5)}{24 \cdot 3,6} \cdot 10^{-6} = 0,3 \text{ МВт} Q_{\text{ГВ ср}}^{\text{1оп}} \\
&= \frac{1,2 \cdot 4,185 \cdot 807 \cdot (1005 + 25) \cdot (55 - 5)}{24 \cdot 3,6} \cdot 10^{-6} = 0,3 \text{ МВт} Q_{\text{ГВ ср}}^{\text{1оп}} \\
&= \frac{1,2 \cdot 4,185 \cdot 807 \cdot (1005 + 25) \cdot (55 - 5)}{24 \cdot 3,6} \cdot 10^{-6} = 0,3 \text{ МВт} Q_{\text{ГВ ср}}^{\text{1оп}} \\
&= \frac{1,2 \cdot 4,185 \cdot 807 \cdot (1005 + 25) \cdot (55 - 5)}{24 \cdot 3,6} \cdot 10^{-6} = 0,3 \text{ МВт} Q_{\text{ГВ ср}}^{\text{1оп}} \\
&= \frac{1,2 \cdot 4,185 \cdot 807 \cdot (1005 + 25) \cdot (55 - 5)}{24 \cdot 3,6} \cdot 10^{-6} = 0,3 \text{ МВт}
\end{aligned}$$

б) літній період

$$\begin{aligned}
Q_{\text{ГВ ср}}^{\text{1л}} &= \frac{1,2 \cdot 4,185 \cdot 807 \cdot (1005 + 25) \cdot (55 - 15)}{24 \cdot 3,6} \cdot 10^{-6} = 0,24 \text{ МВт} Q_{\text{ГВ ср}}^{\text{1л}} \\
&= \frac{1,2 \cdot 4,185 \cdot 807 \cdot (1005 + 25) \cdot (55 - 15)}{24 \cdot 3,6} \cdot 10^{-6} = 0,24 \text{ МВт} Q_{\text{ГВ ср}}^{\text{1л}} \\
&= \frac{1,2 \cdot 4,185 \cdot 807 \cdot (1005 + 25) \cdot (55 - 15)}{24 \cdot 3,6} \cdot 10^{-6} = 0,24 \text{ МВт} Q_{\text{ГВ ср}}^{\text{1л}} \\
&= \frac{1,2 \cdot 4,185 \cdot 807 \cdot (1005 + 25) \cdot (55 - 15)}{24 \cdot 3,6} \cdot 10^{-6} = 0,24 \text{ МВт} Q_{\text{ГВ ср}}^{\text{1л}} \\
&= \frac{1,2 \cdot 4,185 \cdot 807 \cdot (1005 + 25) \cdot (55 - 15)}{24 \cdot 3,6} \cdot 10^{-6} = 0,24 \text{ МВт}
\end{aligned}$$

Витрати теплоти на ГВП взимку:

$$\begin{aligned}
\sum q_{\text{ГВ ср}}^{\text{оп}} &= 1,13 \text{ МВт} \sum q_{\text{ГВ ср}}^{\text{оп}} = 1,13 \text{ МВт} \sum q_{\text{ГВ ср}}^{\text{оп}} = 1,13 \text{ МВт} \sum q_{\text{ГВ ср}}^{\text{оп}} \\
&= 1,13 \text{ МВт} \sum q_{\text{ГВ ср}}^{\text{оп}} = 1,13 \text{ МВт}
\end{aligned}$$

Витрати теплоти на ГВП влітку:

$$\begin{aligned}
\sum q_{\text{ГВ ср}}^{\text{л}} &= 0,91 \text{ МВт} \sum q_{\text{ГВ ср}}^{\text{л}} = 0,91 \text{ МВт} \sum q_{\text{ГВ ср}}^{\text{л}} = 0,91 \text{ МВт} \sum q_{\text{ГВ ср}}^{\text{л}} \\
&= 0,91 \text{ МВт} \sum q_{\text{ГВ ср}}^{\text{л}} = 0,91 \text{ МВт}
\end{aligned}$$

Розрахуємо $Q_{\text{ГВ max}}$:

$$Q_{ГВmax}^{1оп} = 2,4 \cdot 0,3 = 0,73 \text{ МВт} \quad Q_{ГВmax}^{1оп} = 2,4 \cdot 0,3 = 0,73 \text{ МВт} \quad Q_{ГВmax}^{1оп} = 2,4 \cdot 0,3$$

$$= 0,73 \text{ МВт} \quad Q_{ГВmax}^{1оп} = 2,4 \cdot 0,3 = 0,73 \text{ МВт} \quad Q_{ГВmax}^{1оп} = 2,4 \cdot 0,3$$

$$= 0,73 \text{ МВт}$$

$$Q_{ГВmax}^л = 2,4 \cdot 0,24 = 0,59 \text{ МВт} \quad Q_{ГВmax}^л = 2,4 \cdot 0,24 = 0,59 \text{ МВт} \quad Q_{ГВmax}^л$$

$$= 2,4 \cdot 0,24 = 0,59 \text{ МВт} \quad Q_{ГВmax}^л = 2,4 \cdot 0,24 = 0,59 \text{ МВт} \quad Q_{ГВmax}^л$$

$$= 2,4 \cdot 0,24 = 0,59 \text{ МВт}$$

$$\sum Q_{ГВmax}^{оп} = 2,72 \text{ МВт} \quad \sum Q_{ГВmax}^{оп} = 2,72 \text{ МВт} \quad \sum Q_{ГВmax}^{оп} = 2,72 \text{ МВт} \quad \sum Q_{ГВmax}^{оп}$$

$$= 2,72 \text{ МВт} \quad \sum Q_{ГВmax}^{оп} = 2,72 \text{ МВт}$$

$$\sum Q_{ГВmax}^л = 2,18 \text{ МВт} \quad \sum Q_{ГВmax}^л = 2,18 \text{ МВт} \quad \sum Q_{ГВmax}^л = 2,18 \text{ МВт} \quad \sum Q_{ГВmax}^л$$

$$= 2,18 \text{ МВт} \quad \sum Q_{ГВmax}^л = 2,18 \text{ МВт}$$

Максимальний тепловий потік на всі види теплоспоживання будинків буде становити: $Q_{max} = Q_{0max} + Q_{Вmax} + Q_{ГВmax} = 2,72 + 0 + 2,18 = 4,9 \text{ МВт}$

Для зручності результати розрахунків максимальних теплових потоків зводимо в табл.

№	Поверховість	Площа F	Густина забудови (П)	Загальна корисна площа (А м ²)	Питомі витрати (q ₀ Вт/м ²)	Максимальні теплові потоки			
						На опалення Q _{оп} ^{max}	На вентиляцію Q _в ^{max}	На ГВП Q _{гвп} ^{max}	Сумарний Q _{оп} ^{max}
1	9	2,2	6600	14520	75	1,36	0	0,73	2,1
2	9	1,8	6600	11880	75	1,11	0	0,60	1,71
3	9	2,5	6600	16500	75	1,55	0	0,83	2,38
4	5	2,1	5300	11130	75	1,04	0	0,56	1,6

Побудова графіку відпуску теплоти споживачам

Графік зміни витрат (потоків теплоти) на опалення Q₀ в залежності від температури зовнішнього повітря t₃ являє собою пряму лінію, яка описується формулою:

$$Q_0 = Q_{0max} ((t_{вн} - t_3) / (t_{вн} - t_{po})), \text{ МВт}$$

де $Q_{\text{омах}}$ – максимальний тепловий потік на опалення, МВт;

$t_{\text{вн}}$ – розрахункова температура внутрішнього повітря, °С;

$t_{\text{ро}}$ – розрахункова температура при проектуванні опалення, що відповідає середній температурі найхолоднішої п'ятиденки, °С;

t_3 – поточна температура зовнішнього повітря °С.

Графік зміни витрат (потоків) теплоти на вентиляцію $Q_{\text{в}}$ в залежності від температури зовнішнього повітря t_3 являє собою пряму лінію яка описується формулою:

$$Q_{\text{в}} = Q_{\text{вмах}} ((t_{\text{вн}} - t_3) / (t_{\text{вн}} - t_{\text{ро}})) , \text{ МВт}$$

де $Q_{\text{вмах}}$ – максимальний тепловий потік на вентиляцію, МВт

$t_{\text{вн}}, t_3$ – те ж, що в формулі

$t_{\text{рв}}$ – розрахункова температура при проектуванні вентиляції, °С, що відповідає середньомісячній температурі найхолоднішого місяця. Витрата теплоти на централізоване гаряче водопостачання в опалювальний період (ОП) не залежить від температури зовнішнього повітря, тому графік відпуску теплоти на гаряче водопостачання являє собою пряму паралельну осі температур з ординатою $Q_{\text{гвмахоп}}$, а для неопалювального періоду (при $t_{\text{п}} \geq +8^\circ\text{C}$) – $Q_{\text{гвмахл}}$. Максимальний тепловий потік на гаряче водопостачання влітку знаходиться за формулою:

$$Q_{\text{гвмахл}} = Q_{\text{гвмах}} \cdot 0,8 \cdot ((55-15)/(55-5)) = 0,64 \cdot 2,72 = 1,74 \text{ МВт}$$

Результати розрахунків заносимо в таблицю

Витрати теплоти, МВт	Витрати теплоти при t_3 , °С					
	-22	-10	-5	0	+8	Літній період
Q_0	7,972	5,748	4,821	3,894	2,410	-
$Q_{\text{гв}}$	2,72	2,72	2,72	2,72	2,72	1,742

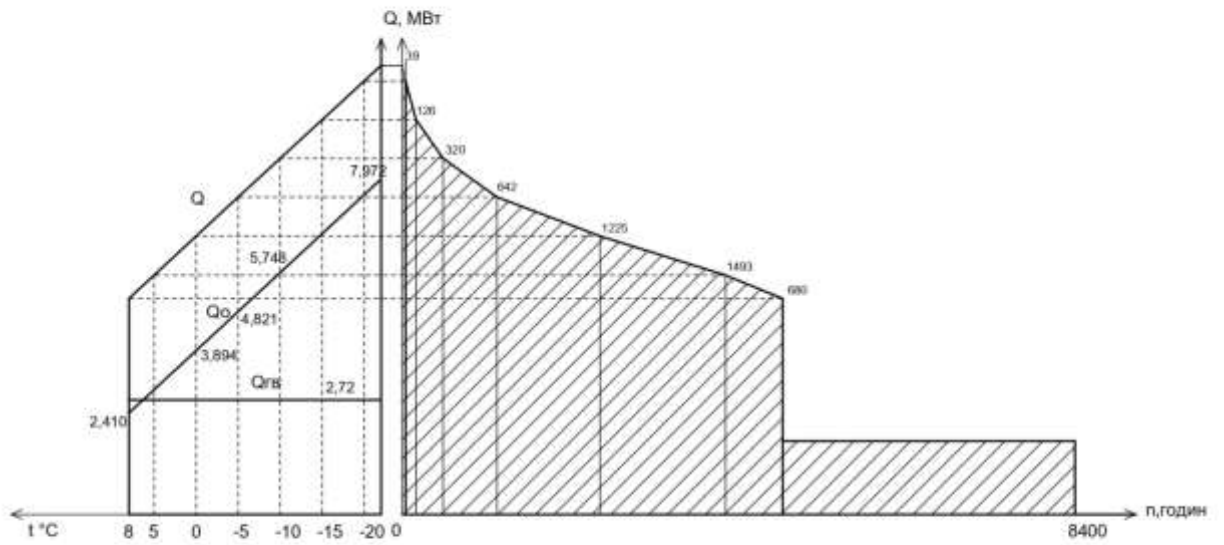


Рисунок 1 Графік змін теплового навантаження від зовнішньої температури та річний графік споживання теплоти

1.4.2 Приклад 2

Розрахувати теплове навантаження при реконструкції системи тепlopостачання мікрорайону м. Вінниці.

Вихідні дані:

Генеральний план мікрорайону

Згідно генплану мікрорайон налічує 4 квартали:

$F_{1 \text{ кв}} = 2$ га; планівна поверховість 5 поверхів.

$F_{2 \text{ кв}} = 2,5$ га; планівна поверховість 5 поверхів.

$F_{3 \text{ кв}} = 3$ га; планівна поверховість 5 поверхів.

$F_{4 \text{ кв}} = 3,8$ га; планівна поверховість 5 поверхів.

Згідно з даними, наведеними у додатку 1 для м. Вінниці:

- розрахункова температура зовнішнього повітря для проектування опалення, дорівнює середній температурі самої холодної п'ятиденки року $t_{ро} = -21^{\circ}\text{C}$;

- розрахункова середня температура на протязі опалювального сезону $t = -1,1 \text{ C}$;

- протяжність опалювального сезону $n = 189$ діб

Визначення максимальних теплових потоків

$$\begin{aligned} Q_{\max} &= Q_{\text{отax}}^{\text{ж+гр}} + Q_{\text{втаx}}^{\text{гр}} + Q_{\text{гвтаx}}, \text{МВт} \\ &= Q_{\text{отax}}^{\text{ж+гр}} + Q_{\text{втаx}}^{\text{гр}} + Q_{\text{гвтаx}}, \text{МВт} \\ &= Q_{\text{отax}}^{\text{ж+гр}} + Q_{\text{втаx}}^{\text{гр}} + Q_{\text{гвтаx}}, \text{МВт} \\ &= Q_{\text{отax}}^{\text{ж+гр}} + Q_{\text{втаx}}^{\text{гр}} + Q_{\text{гвтаx}}, \text{МВт} \\ &= Q_{\text{отax}}^{\text{ж+гр}} + Q_{\text{втаx}}^{\text{гр}} + Q_{\text{гвтаx}}, \text{МВт} \end{aligned}$$

Усі вказані максимальні теплові потоки приймають згідно з відповідними розділами проектів будинків. При відсутності проектів опалення вентиляції та гарячого водопостачання цих потоків розрахунковим методом з використанням укрупнених показників, значення яких залежить від характеристик забудови (року будування, матеріалу стін, кількості поверхів), а також розрахункової температури відповідного виду тепловикористання.

Максимальний тепловий потік на опалення житлових та громадських будівель визначається за формулою:

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{отоп}}^{\text{ж+гр}} &= q_o^{\text{пп}} * A * (1 + K_1) * 10^{-6}, \text{ МВт} \\
 &= q_o^{\text{пп}} * A * (1 + K_1) * 10^{-6}, \text{ МВт} \\
 &= q_o^{\text{пп}} * A * (1 + K_1) * 10^{-6}, \text{ МВт} \\
 &= q_o^{\text{пп}} * A * (1 + K_1) * 10^{-6}, \text{ МВт} \\
 &= q_o^{\text{пп}} * A * (1 + K_1) * 10^{-6}, \text{ МВт}
 \end{aligned}$$

де $q_o^{\text{пп}}$ – укрупнений показник максимального теплового потоку на опалення, віднесений до 1 м^2 загальної площі при різних розрахункових температурах і різній кількості поверхів будинків, наведений у табл. 1.1 згідно з даними, Вт/м^2 ;

A – загальна корисна площа квартир житлових будинків, м^2 ;

K_1 – коефіцієнт, що враховує тепловий потік на опалення громадських будинків, розташованих у мікрорайоні. Його можна прийняти $K_1 = 0,25$.

Будинки збудовані до 1985 року, переважаюча поверховість забудови із заданих 6-ти кварталів нашого мікрорайону становить 9 поверхів покращеної планіровки $f_n = 21 \text{ м}^2 / \text{чол}$.

Крім цього, з відповідних таблиць беремо слідувачі дані, які необхідні $q_o^{\text{пп}} = 74,6 \text{ Вт/м}^2$, $\Pi = 5300 \text{ м га}$, табл. 1.3, згідно методичних вказівок. Величину A визначаємо за відомою площею кварталів , $F_{\text{кв га}}$, які входять до складу мікрорайону, користуючись формулою:

$$A = F \cdot \Pi, \text{ м}^2 ,$$

де Π – густина забудови житлового фонду. (табл. 1.2)

$$A_1 = 2 * 5300 = 10600, \text{ м}^2$$

Згідно формули , $N = A / f_n$, чол , розрахуємо N_1 - N_6 для наших кварталів:

$$N_1 = 10600/21 = 505, \text{ чол}$$

За формулою визначаємо максимальний тепловий потік на опалення житлових та громадських будинків, по кварталах:

$$\begin{aligned}
Q_{омах}^{ж+гр} &= q_o^{пп} * A * (1 + K_1) * 10^{-6}, \text{ МВт} Q_{омах}^{ж+гр} \\
&= q_o^{пп} * A * (1 + K_1) * 10^{-6}, \text{ МВт} Q_{омах}^{ж+гр} \\
&= q_o^{пп} * A * (1 + K_1) * 10^{-6}, \text{ МВт} Q_{омах}^{ж+гр} \\
&= q_o^{пп} * A * (1 + K_1) * 10^{-6}, \text{ МВт} Q_{омах}^{ж+гр} \\
&= q_o^{пп} * A * (1 + K_1) * 10^{-6}, \text{ МВт}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Q_{1мах}^{ж+гр} &= 74,6 * 10600 * (1 + 0,25) * 10^{-6} = 0,99, \text{ МВт} Q_{1мах}^{ж+гр} \\
&= 74,6 * 10600 * (1 + 0,25) * 10^{-6} = 0,99, \text{ МВт} Q_{1мах}^{ж+гр} \\
&= 74,6 * 10600 * (1 + 0,25) * 10^{-6} = 0,99, \text{ МВт} Q_{1мах}^{ж+гр} \\
&= 74,6 * 10600 * (1 + 0,25) * 10^{-6} = 0,99, \text{ МВт} Q_{1мах}^{ж+гр} \\
&= 74,6 * 10600 * (1 + 0,25) * 10^{-6} = 0,99, \text{ МВт}
\end{aligned}$$

Максимальний тепловий потік на вентиляцію громадських будинків визначається за формулою:

$$\begin{aligned}
Q_{вмах}^{гр} &= K_2 * q_o^{пп} * A * 10^{-6}, \text{ МВт} Q_{вмах}^{гр} = K_2 * q_o^{пп} * A * 10^{-6}, \text{ МВт} Q_{вмах}^{гр} \\
&= K_2 * q_o^{пп} * A * 10^{-6}, \text{ МВт} Q_{вмах}^{гр} = K_2 * q_o^{пп} * A * 10^{-6}, \text{ МВт} Q_{вмах}^{гр} \\
&= K_2 * q_o^{пп} * A * 10^{-6}, \text{ МВт}
\end{aligned}$$

де k_2 – коефіцієнт, що враховує тепловий потік на вентиляцію, його можна прийняти $k_2 = 0,15$.

$$\begin{aligned}
Q_{вмах}^{гр} &= 0,15 * 74,6 * 10600 * 10^{-6} = 0,12, \text{ МВт} Q_{вмах}^{гр} \\
&= 0,15 * 74,6 * 10600 * 10^{-6} = 0,12, \text{ МВт} Q_{вмах}^{гр} \\
&= 0,15 * 74,6 * 10600 * 10^{-6} = 0,12, \text{ МВт} Q_{вмах}^{гр} \\
&= 0,15 * 74,6 * 10600 * 10^{-6} = 0,12, \text{ МВт} Q_{вмах}^{гр} \\
&= 0,15 * 74,6 * 10600 * 10^{-6} = 0,12, \text{ МВт}
\end{aligned}$$

Максимальний тепловий потік на гаряче водопостачання житлових та громадських будинків визначається за формулою:

$$\begin{aligned}
Q_{Гвмах} &= 2,4 * Q_{Гвсер} Q_{Гвмах} = 2,4 * Q_{Гвсер} Q_{Гвмах} = 2,4 * Q_{Гвсер} Q_{Гвмах} \\
&= 2,4 * Q_{Гвсер} Q_{Гвмах} = 2,4 * Q_{Гвсер}
\end{aligned}$$

де 2.4 – середнє значення коефіцієнта погодинної нерівномірності використання гарячої води мешканцями мікрорайону.

Спочатку зробимо розрахунок на середній тепловий потік на гаряче водопостачання взимку та влітку.

Середній тепловий потік на гаряче водопостачання взимку для кожного із 6-ти кварталів визначається із формули 1.6:

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{ГВсер}} &= \frac{1,2 * c * N * (d + B)(t_{\text{Гр}} + t_{\text{ХВ}})}{24 * 3,6} * 10^{-6}, \text{ МВт} \\
 &= \frac{1,2 * c * N * (d + B)(t_{\text{Гр}} + t_{\text{ХВ}})}{24 * 3,6} * 10^{-6}, \text{ МВт} \\
 &= \frac{1,2 * c * N * (d + B)(t_{\text{Гр}} + t_{\text{ХВ}})}{24 * 3,6} * 10^{-6}, \text{ МВт} \\
 &= \frac{1,2 * c * N * (d + B)(t_{\text{Гр}} + t_{\text{ХВ}})}{24 * 3,6} * 10^{-6}, \text{ МВт} \\
 &= \frac{1,2 * c * N * (d + B)(t_{\text{Гр}} + t_{\text{ХВ}})}{24 * 3,6} * 10^{-6}, \text{ МВт} \\
 Q_{1\text{квсер}}^{\text{ГВ}} &= \frac{1,2 * 4,185 * 505 * (105 + 25)(55 - 5)}{24 * 3,6} * 10^{-6} = 0,19 \text{ МВт} \\
 &= \frac{1,2 * 4,185 * 505 * (105 + 25)(55 - 5)}{24 * 3,6} * 10^{-6} = 0,19 \text{ МВт} \\
 &= \frac{1,2 * 4,185 * 505 * (105 + 25)(55 - 5)}{24 * 3,6} * 10^{-6} = 0,19 \text{ МВт} \\
 &= \frac{1,2 * 4,185 * 505 * (105 + 25)(55 - 5)}{24 * 3,6} * 10^{-6} = 0,19 \text{ МВт} \\
 &= \frac{1,2 * 4,185 * 505 * (105 + 25)(55 - 5)}{24 * 3,6} * 10^{-6} = 0,19 \text{ МВт}
 \end{aligned}$$

Середній тепловий потік на гаряче водопостачання влітку для кожного із 4-ти кварталів визначається із формули наведеної вище.

$$\begin{aligned}
Q_{1\text{квсер}}^{\text{ГВ}} &= \frac{1,2 * 4,185 * 505 * (105 + 25)(55 - 15)}{24 * 3,6} * 10^{-6} = 0,15 \text{ МВт} \\
&= \frac{1,2 * 4,185 * 505 * (105 + 25)(55 - 15)}{24 * 3,6} * 10^{-6} = 0,15 \text{ МВт} \\
&= \frac{1,2 * 4,185 * 505 * (105 + 25)(55 - 15)}{24 * 3,6} * 10^{-6} = 0,15 \text{ МВт} \\
&= \frac{1,2 * 4,185 * 505 * (105 + 25)(55 - 15)}{24 * 3,6} * 10^{-6} = 0,15 \text{ МВт} \\
&= \frac{1,2 * 4,185 * 505 * (105 + 25)(55 - 15)}{24 * 3,6} * 10^{-6} = 0,15 \text{ МВт}
\end{aligned}$$

Тепер зробимо розрахунок на максимальний тепловий потік на гаряче водопостачання житлових та громадських будинків взимку відповідно формули.

$$\begin{aligned}
Q_{1\text{квтах}}^{\text{ГВ}} &= \frac{2,4 * 1,2 * 4,185 * 505 * (105 + 25)(55 - 5)}{24 * 3,6} * 10^{-6} \\
&= 0,46 \text{ МВт} \\
&= \frac{2,4 * 1,2 * 4,185 * 505 * (105 + 25)(55 - 5)}{24 * 3,6} * 10^{-6} \\
&= 0,46 \text{ МВт} \\
&= \frac{2,4 * 1,2 * 4,185 * 505 * (105 + 25)(55 - 5)}{24 * 3,6} * 10^{-6} \\
&= 0,46 \text{ МВт} \\
&= \frac{2,4 * 1,2 * 4,185 * 505 * (105 + 25)(55 - 5)}{24 * 3,6} * 10^{-6} \\
&= 0,46 \text{ МВт} \\
&= \frac{2,4 * 1,2 * 4,185 * 505 * (105 + 25)(55 - 5)}{24 * 3,6} * 10^{-6} = 0,46 \text{ МВт}
\end{aligned}$$

Зробимо розрахунок на максимальний тепловий потік на гаряче водопостачання житлових та громадських будинків влітку відповідно формули.

$$\begin{aligned}
Q_{1\text{КВ}max}^{\text{ГВ}} &= \frac{2,4 * 1,2 * 4,185 * 505 * (105 + 25)(55 - 15)}{24 * 3,6} * 10^{-6} \\
&= 0,37 \text{ МВт} \\
&= \frac{2,4 * 1,2 * 4,185 * 505 * (105 + 25)(55 - 15)}{24 * 3,6} * 10^{-6} \\
&= 0,37 \text{ МВт} \\
&= \frac{2,4 * 1,2 * 4,185 * 505 * (105 + 25)(55 - 15)}{24 * 3,6} * 10^{-6} \\
&= 0,37 \text{ МВт} \\
&= \frac{2,4 * 1,2 * 4,185 * 505 * (105 + 25)(55 - 15)}{24 * 3,6} * 10^{-6} = 0,37 \text{ МВт}
\end{aligned}$$

За формулою максимальний тепловий потік на всі види тепловикористання заданих (розрахункових) буде становити:

$$\begin{aligned}
Q_{1\text{КВ}max} &= 0,99 + 0,12 + 0,46 = 1,56 \text{ МВт} \\
Q_{1\text{КВ}max} &= 0,99 + 0,12 + 0,46 = 1,56 \text{ МВт} \\
Q_{1\text{КВ}max} &= 0,99 + 0,12 + 0,46 = 1,56 \text{ МВт} \\
Q_{1\text{КВ}max} &= 0,99 + 0,12 + 0,46 = 1,56 \text{ МВт} \\
Q_{1\text{КВ}max} &= 1,56 \text{ МВт}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Q_{1\text{КВ}max} &= 1,24 + 0,15 + 0,57 = 1,97 \text{ МВт} \\
Q_{1\text{КВ}max} &= 1,24 + 0,15 + 0,57 = 1,97 \text{ МВт} \\
Q_{1\text{КВ}max} &= 1,24 + 0,15 + 0,57 = 1,97 \text{ МВт} \\
Q_{1\text{КВ}max} &= 1,24 + 0,15 + 0,57 = 1,97 \text{ МВт} \\
Q_{1\text{КВ}max} &= 1,97 \text{ МВт}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Q_{1\text{КВ}max} &= 1,48 + 0,18 + 0,69 = 2,35 \text{ МВт} \\
Q_{1\text{КВ}max} &= 1,48 + 0,18 + 0,69 = 2,35 \text{ МВт} \\
Q_{1\text{КВ}max} &= 1,48 + 0,18 + 0,69 = 2,35 \text{ МВт} \\
Q_{1\text{КВ}max} &= 1,48 + 0,18 + 0,69 = 2,35 \text{ МВт} \\
Q_{1\text{КВ}max} &= 2,35 \text{ МВт}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{1\text{квmax}} &= 1,88 + 0,23 + 0,87 = 2,97 \text{ МВт} & Q_{1\text{квmax}} &= 1,88 + 0,23 + 0,87 \\
 &= 2,97 \text{ МВт} & Q_{1\text{квmax}} &= 1,88 + 0,23 + 0,87 = 2,97 \text{ МВт} & Q_{1\text{квmax}} \\
 &= 1,88 + 0,23 + 0,87 = 2,97 \text{ МВт} & Q_{1\text{квmax}} &= 1,88 + 0,23 + 0,87 \\
 &= 2,97 \text{ МВт}
 \end{aligned}$$

Для зручності результати розрахунків максимальних теплових потоків зводимо в табл.2

№	Максимальні теплові потоки			
	На опалення $Q_0^{\text{рiч}}$	На вентиляцію $Q_0^{\text{рiч}}$	На ГВП $Q_{\text{ГВП}}^{\text{рiч}}$	Сумарний $Q_{\text{ОП}}^{\text{МАХ}}$
1	0,99	0,12	0,46	1,56
2	1,24	0,15	0,57	1,97
3	1,48	0,18	0,69	2,35
4	1,88	0,23	0,87	8,54
загалом	5,58	0,67	2,59	8,84

2 ГІДРАВЛІЧНИЙ ТА ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОЇ МЕРЕЖІ

Робота по проектуванню теплової системи зводиться до того, що по вихідним даним, характеристиці міста потрібно запроектувати теплову мережу, що забезпечує тепловою енергією житлові і громадські будинки житлового району міста, розробити монтажну схему цієї мережі, розрахувати теплові потоки на опалення, вентиляцію, гаряче водопостачання, зробити гідравлічний розрахунок теплової мережі, вибрати на основі розрахунків труби, мережеві та живильні насоси, кількість котельних агрегатів.

За допомогою монтажною схемою видно наглядно запроектовану теплову мережу, кількість заглушок, компенсаторів, опор, камер.

Гідравлічний розрахунок є дуже важливим для монтажу і роботи системи. За допомогою гідравлічного розрахунку ми знаходимо діаметр трубопроводу, витрату та швидкості теплоносія.

Основні принципи, якими керуємося при виборі траси, та способу прокладки теплової мережі – це мінімальна довжина, надійність роботи, мінімальна вартість будівництва і експлуатації, ув'язка з існуючими інженерними конструкціями.

2.1 Вибір траси та способу прокладки теплової мережі

Основні принципи, якими необхідно керуватися при виборі траси, та способу проходки теплової мережі – це мінімальна довжина, надійність роботи, мінімальна вартість будівництва і експлуатації, ув'язка з існуючими інженерними комунікаціями.

При виборі траси теплової мережі і способу її прокладки повинні враховуватися характеристика ґрунту, глибина рівня ґрунтових вод, наявність водоймищ, та інших перешкод. В населених пунктах для теплових мереж, як правило, використовується підземна прокладка – безканальна, у непрохідних і прохідних каналах, у міських і квартальних тунелях разом з іншими інженерними мережами. При наявності відповідних обґрунтувань допускається і надземна прокладка теплових мереж.

Теплові мережі під міськими проїздами, майданами з досконалим покриттям, а також при перетині великих автомагістралей слід прокладати в тунелях або футлярах.

На території промислових підприємств переважно використовуються надземна прокладка теплових мереж.

При комплексному проектуванні теплових мереж слід намагатися, щоб їх взаємне положення в плані і профілі зберігало прямолінійність в місцях перетину з трубопроводами газу, водопроводу, каналізації, електричними і телефонними кабелями.

При трасуванні теплових мереж слід намагатися до двостороннього навантаженні магістралей. У кожний квартал, як правило, передбачається по одному вводу. Протилежні квартали доцільно підключати в одній теплофікаційній камері.

Намічену трасу необхідно перенести на кальку, проставити на ній номери розрахункових ділянок та їх довжину. Розбити мережу на окремі гілки і найбільшу за довжиною і найбільш навантажену гілку мережі слід прийняти за основну.

2.2 Гідравлічний розрахунок теплової мережі

Для визначення діаметрів трубопроводів і витрат тиску в тепловій мережі виконується її гідравлічний розрахунок, для цього на схемі траси мережа розбивається на ділянки і гілки, нумеруються ділянки в напрямку від найбільш віддалених кварталів до джерела теплоти і визначається довжина кожної ділянки. Оптимальні питомі втрати тиску для магістральних мереж становить 40...80 Па/м, для відгалужень 100...300 Па/м. Швидкість руху теплоносія в трубах не повинна перевищувати 3,5м/с.

Довжина кожної ділянки ℓ визначається на основі вимірювання її по схемі з урахуванням масштабу. Приведена довжина ділянки дорівнює:

$$\ell_{пр}=(1+\alpha)\ell, \quad (2.1)$$

де α – коефіцієнт, що враховує наявність місцевих опорів. В роботі слід приймати $\alpha=0,3$.

Втрати тиску на ділянці розраховуються за формулою:

$$\Delta p = R \cdot \ell_{пр} \cdot 10^{-3} \quad (2.2)$$

Дані гідравлічного розрахунку теплової мережі зводяться в таблиці.

Для всіх режимів роботи системи, як динамічної, так і статичної, необхідне виконання наступних умов:

1) Тиск на абонентських вводах, що підключені за залежною схемою, не повинен перевищувати допустимого для нагрівальних приладів:

- в системах опалення з чавунними радіаторами $P_{доп} \cong 0,6$ МПа;
- з іншими трубчатими конверторами $P_{доп} \cong 1,0$ МПа;

2) Максимальний тиск в подавальному трубопроводі з врахуванням рельєфу місцевості, не повинен бути вищим $P_{max} \leq 1,6$ МПа;

3) При динамічних режимах P в подавальних трубопроводах повинен виключати закипання води при її максимальній температурі в будь-якій точці.

Для цього повинна виконуватись нерівність:

$$P_{под} \geq g \Delta Z \rho_{сер} + P_{зак} + \Delta P_{зап}, \quad (2.3)$$

при умові: $t_{под. max} = 150^\circ\text{C}$, $P_{зак} = 0,38$ МПа, $\Delta P_{зап} = 0,05$ МПа;

ΔZ – різниця геодезичних відміток системи опалення відносно рівня

насосу).

Для рівного рель'єфу місцевості $P_{\text{под}} \geq 0,48$ МПа.

4) Тиск в будь-якій точці зворотнього трубопроводу для запобігання підсосу повітря та порушення циркуляції повинен бути не менш ніж 0,05 МПа.

Для запобігання кавітації тиск на п'єзометричному графіку: всмоктувальному патрубку мережевих та підкачуючих насосів повинен бути не менш ніж 0,05 МПа.

5) У вузлах підключення споживача з елеватором змішування дійсний перепад в подаючому та зворотньому трубопроводі повинен бути не менше ніж 0,1 МПа.

6) При транспортуванні теплоносія по трубопроводу від початкової до кінцевої точки в подаючому та зворотньому трубопроводі здійснюється падіння тиску ΔP за рахунок тертя рідини об стінки $\Delta P_{\text{тер}}$ та за рахунок місцевих опорів $\Delta P_{\text{м}}$:

$$\Delta P = \Delta P_{\text{тер}} + \Delta P_{\text{м}} \quad . \quad (2.4)$$

7) Падіння тиску на тертя в трубопроводі постійного діаметру з однаковою протягом всієї довжини трубопроводу витратою води пропорційне довжині цієї ж ділянки та називається лінійним.

Його можна визначити згідно рівняння Дарсі:

$$\Delta P = \lambda_{\text{тер}} W^2 \rho l_{\text{гориз}} / (2d_{\text{вн}}) = 0,812 \lambda_{\text{тер}} G^2 l_{\text{гориз}} / d_{\text{вн}}^5 ; \quad (2.5)$$

де $\lambda_{\text{тер}}$ - коефіцієнт тертя, який в області розвитку турбулентного шару в основному залежить від відносної шорсткості стінки та числа Re .

8) Як правило, питоме падіння тиску на тертя R , визначається виразом:

$$R = 0,812 \lambda_{\text{тер}} G^2 / d_{\text{вн}}^5 = \Delta P / l_{\text{гориз}} , \quad \dots \dots \dots (2.6)$$

тобто являє собою $\Delta P_{\text{л}}$ віднесене до 1 м довжини трубопроводу.

Тоді:

$$\Delta P_{\text{л}} = R l_{\text{гориз}} . \quad (2.7)$$

Як показують випробовування, при режимах течії $Re \leq Re_{\text{кр}} = 2300$ коефіцієнт гідравлічного тертя залежить від еквівалентної відносної шорсткості $k/d_{\text{вн}}$ та від Re . Тут k – висота виступу шорсткості.

При $Re \geq Re_{кр}$ не залежить від Re , а тільки від еквівалентної відносної шорсткості.

Згідно результатів багатьох досліджень теплових мереж СНиП 11-36-76 рекомендує наступні значення еквівалентної шорсткості:

- паропроводи – 0,002;
- конденсатопрроводи – 0,001;
- водяні мережі – 0,0005.

Залежності коефіцієнту гідравлічного опору добре описуються універсальним рівнянням, яке запропоноване Альтшулем:

$$\lambda_{тер} = 0,11 (k/d_{вн} + 64/Re)^{0,25}. \quad (2.8)$$

В області розвинутого турбулентного шару $Re > Re_{кр}$, тоді ми отримуємо формулу Шифринсона:

$$\lambda_{тер} = 0,1 (k/d_{вн})^{0,25}. \quad (2.9)$$

Для спрощення розрахунків $\Delta P_{л}$ для різних витрат води по трубопроводах можна використати таблиці “Довідника з налагодження та експлуатації водяних теплових мереж” (В.Манюк та ін).

Місцевий опір, що визначається наявністю запірної арматури, компенсаторів, розгалужень та інших конструктивних елементів тепломережі на окремій ділянці трубопроводу викликає падіння тиску:

$$\Delta P = \sum \xi_m W_{сер}^2 / 2, \quad (2.10)$$

де $\sum \xi_m$ - сума коефіцієнтів окремих опорів;

$W_{сер}$ - середня швидкість потоку рідини при місцевому опорі.

Це падіння тиску можна замінити втратами тиску на ділянці з еквівалентною довжиною, що визначається за формулою:

$$l_{екв} = \sum \xi_m d_{вн} / \lambda_{тер}, \quad (2.11)$$

тоді загальні втрати тиску:

$$\Delta P = \Delta P_{л} + \Delta P_{м} = \Delta P_{л} + \Delta P_{екв} = R(l_{екв} + l_{л}) = R l_{пр}, \quad (2.12)$$

де $l_{пр} = l_{екв} + l_{л}$ - приведена довжина ділянки.

На стадії попереднього проектування можна прийняти:

$l_{пр} = l_{л} (1+a)$ - приведена довжина ділянки, де a – коефіцієнт врахування місцевих опорів. Приймаємо $a = 0,3$ (згідно з рекомендаціями “Теплові водяні

мережі. Довідковий посібник з проектування” під редакцією А.К.Громова, або СНиП 2.04.07).

Втрати тиску в найбільш віддаленій точці визначаються виразом:

$$\Delta P_{\Sigma} = 2\Delta P + \Delta P_{аб}, \quad (2.13)$$

де 2 – враховує втрати тиску в подавальному та зворотньому трубопроводі того ж діаметру;

$\Delta P_{аб}$ - падіння тиску в абонента.

Втрати тиску в тепловій мережі зручно показати у вигляді втрати напору:

$$\Delta h = \Delta P / \rho_{сер} g, \quad (2.14)$$

де: $\rho_{сер}$ - середня щільність теплоносія прямого та зворотнього трубопроводу. Беремо значення при $t_{сер} = 50^{\circ}\text{C}$:

$$\rho_{50} = 958 \text{ кг/м}^3;$$

g- прискорення; $g = 9,8 \text{ м/с}^2$.

Сумарні втрати напору визначаємо як суму втрат напору на окремих ділянках:

$$\Delta h_{сум} = \sum \Delta h_i. \quad (2.15)$$

У магістральних мережах рекомендується приймати відгалуженнях - $R = 200-300 \text{ Па/м}$. $R = 60-80 \text{ Па/м}$, у

Розрахунки проводяться в такій послідовності:

1. Використовуючи генплан мікрорайону з нанесеною теплотрасою тепломережі (лист 1), складаємо розрахункову схему, розбиваючи її на ділянки з постійними витратами теплоносія, починаючи від джерела тепла. На кожній наступній ділянці витрати віднімаються. Для позначень ділянок магістральних трубопроводів використовуємо букви, а для відгалужень – цифри (рисунк 1).

2. Для кожної ділянки визначимо витрати теплоти на опалення та вентиляцію, що визначається відніманням від $Q_{ОВ \max}$ витрат теплоти на кожній наступній ділянці.

3. Визначаємо вимірюванням дійсну геометричну довжину $l_{діл}$ кожної ділянки і обчислюємо $l_{пр} = 1,3 l_{діл}$.

4. Визначаємо витрати води на кожній ділянці по максимальному теплос-

поживанню на опалення і вентиляцію $Q_{OB\ n_{max}}$ при $\tau_{10} = 95^{\circ}C$ і $\tau_{20} = 70^{\circ}C$ по формулі:

$$G = 860 \cdot Q_{OB\ n_{max}} / c \cdot (\tau_{10} - \tau_{20}), \text{ м}^3 / \text{год}; \quad (2.16)$$

де n – номер ділянки.

5. За витратами води і попередньому значенню $R_{поп}$ визначаємо діаметр трубопроводів d_y (по номограмі наведеній у [14, 15] для кожної ділянки.

6. Згідно отриманих результатів вибору d_y і витрат теплоносія G вибираємо дійсне значення R_d .

7. Використовуючи значення $I_{пр}$ і R_d визначаємо падіння тиску на кожній ділянці $\Delta P_{діл}$ і втрати напору $\Delta h_{діл}$ з (6.3.10) та (6.3.12) відповідно.

За результатами розрахунків отримуємо дані, які заносимо в таблицю .

З застосуванням нової технології підземного безканального прокладання теплових мереж з труб і фасонних елементів нової заводської готовності з попередньо нанесеною ізоляцією з пінополіуретану в захисній оболонці з поліетилену, нова система теплопостачання забезпечує значне скорочення витрат палива на виробництво одиниці теплової енергії та ефективне використання теплоти, відпущеної споживачам.

2.3 Пр'єзометричний графік теплової мережі

Графік тисків будують за даними гідравлічних розрахунків. Він дозволяє наглядно показати допустимі межі тисків та їх фактичні значення в усіх елементах системи. Графік тисків дає можливість визначити технічні характеристики обладнання для підтримки нормальних тисків у трубопроводах та інших елементах мережі з урахуванням рельєфу місцевості.

Графік тисків розробляють для статичного і динамічного режиму роботи мережі опалювального періоду. Для усіх режимів роботи необхідно виконати такі умови.

1. Тиск в абонентських уводах, які підключаються за залежною схемою, не

повинен перевищувати допустимий рівень для опалювальних приладів: в системі опалення з чавунними радіаторами – 0,6 МПа (60м вод.ст); зі сталевими конвекторами – 1 МПа (100 м вод.ст)

2. Максимальний тиск у подавальному трубопроводі з урахуванням рельєфу місцевості повинен бути не вище 1,6 МПа (160 м вод.ст.).

3. Тиск у подавальних трубопроводах у динамічному режимі роботи теплових мереж слід підтримувати таким, щоб виключити можливість закипання мережевої води при її максимальній температурі у будь-якій точці подаючого трубопроводу, в обладнанні джерела теплоти і в приладах абонентів, які приєднуються за залежною схемою. Зокрема при розрахунковій температурі теплоносія у подавальному трубопроводі $t_{10}^p = 150^{\circ}\text{C}$ тиск теплоносія повинен бути не менше 0,4 МПа (40 вод.ст.).

4. При будь-яких режимах теплоспоживання надлишковий тиск в будь-якій точці зворотного трубопроводу слід підтримувати не нижче 0,05 МПа (5м вод.ст.) для виключення підсмоктування повітря, спорожнювання трубопроводу і порушення циркуляції.

5. Для запобігання кавітації тиск на всмоктувальному патрубці мережевих і живильних насосів повинен бути не менше 0,05 МПа (5 м вод.ст.).

6. У вузлах підключення споживачів при використанні елеваторів наявний тиск на абонентському ввіді (різниця тисків у падавальному і зворотному трубопроводах) повинен бути не менше 0,1 МПа (10 м вод.ст.). При наявності підігрівачів гарячого водопостачання, які підключені за двохступеневою схемою, наявний тиск необхідно підтримувати на рівні 0,2...0,25 МПа (20...25 м.вод.ст.).

7. Статичний тиск в системі тепlopостачання не повинен перевищувати допущений для усіх елементів, забезпечуючи при цьому заповнення водою абонентських систем, які приєднуються за залежною схемою.

Графік тисків розробляється в такій послідовності. У масштабі викреслюють профіль земної поверхні від джерела теплоти до кінцевого споживача за основною гілкою і її відгалуженням. На профіль наносять будинки у вузлових точках і у найбільш характерних самих високих і низьких місцях траси. При цьому горизонтальний масштаб приймають, як правило, 1:10000, а вертикальний –

1:1000

При побудові п'єзометричних графіків умовно вважають, що осі трубопроводів співпадають з поверхнею землі. Під профілем схематично накреслюють план теплової мережі.

З урахуванням наведених вище вимог до режиму тисків водяних теплових мереж визначають їх місце розташування і накреслюють лінію статичного тиску. Еквідистантно відносно поверхні землі наносять лінії допущених тисків у подавальному P_6 , P_m і зворотному Z_6 , Z_m трубопроводах. (з урахуванням міцності елементів мережі, температури мережевої води, схеми приєднання місцевих систем опалення і типу нагрівальних приладів).

З урахуванням положення ліній Z_6 , Z_m за даними гідравлічних розрахунків накреслюють лінію тисків у зворотному трубопроводі Z . На кінці вказаної лінії відкладають уверх відрізок, який відповідає необхідному наявному тиску у кінцевого споживача відповідно п.6. Після цього проводять лінію тисків у подавальному трубопроводі P . При цьому лінія Z повинна проходити нижче лінії Z_6 і вище лінії Z_m , а лінія P – нижче лінії P_6 і вище лінії P_m .

Від точки на початку лінії тисків у подавальному трубопроводі відкладають уверх відрізок, що відповідає втратам тиску у джерелі теплоти. Лінія тисків у подавальному трубопроводі повинна задовольняти вимогам пп. 2 і 3.

При складному рельєфу місцевості, з великою різницею геодезичних відміток, нерідко виникає необхідність спорудження у теплових мережах насосних або дросельних підстанцій на зворотному і подавальному трубопроводах.

Питання про необхідність установки підстанцій вирішується в процесі розробки графіку тисків.

Насосна підстанція на зворотному трубопроводі слугує для зменшення тиску в кінцевих абонентів до допущеної межі, а на подавальному трубопроводі – для підвищення наявного перепаду тисків у кінцевих споживачів і зниження тиску у споживачів, які розташовані біля джерела теплоти. Для запобігання недопустимого високого тиску у споживачів на зворотній магістралі встановлюють дроселюючий орган (регулятор тиску «до себе»).

2.4 Вибір матеріалу і товщини теплоізоляції теплопроводів

Для зменшення втрат теплоти в навколишнє середовище на теплопроводах встановлюють теплоізоляцію.

Товщина теплоізоляції теплопроводів приймається на основі теплових розрахунків. Вона залежить від температури теплоносія, матеріалу теплоізоляції, способу прокладки теплопроводу та інших чинників.

Орієнтовано товщину теплоізоляції на подавальному трубопроводі можна прийняти в межах 0,8...0,9 від максимально допущеної, а на зворотному – 0,5 від товщини теплоізоляції на подавальному трубопроводі.

2.5 Конструктивні елементи теплової мережі

При прокладці теплопроводів вирішуються такі питання:

- приймають типи і конструкції рухомих і нерухомих опор;
- розраховують максимально можливі температурні подовження одиниці довжини теплопроводів і намічають способи компенсації температурних подовжень теплопроводів на різних ділянках теплової мережі (використання сальникових чи П – подібних компенсаторів або самокомпенсації трубопроводів).

У теплових мережах при надземній прокладці використовують рухомі і нерухомі опори. Вони виключають провисання трубопроводів і забезпечують їх переміщення внаслідок температурних подовжень. Відстань між рухомими опорами залежить від діаметру трубопроводу і складає 2...10м.

Нерухомі опори розділяють трубопровід на незалежні відносно температурних подовжень ділянки. При підземній прокладці нерухомі опори розміщують у теплофікаційних камерах (лобові опори) або на трасі (щитові опори).

2.6 Монтажна схема теплової мережі

Розробка монтажно́ї схеми полягає у розстановці на трасі нерухомих опор, компенсаторів, засувок тощо, а при підземній прокладці – ще й теплофікаційних камер.

Схему розробляють у горизонтальній площині в масштабі 1:1000 або 1:2000 у такій послідовності.

1. Намічають ділянки природної компенсації. При цьому сума довжин окремих ланок ділянки повинна не перевищувати 60% відстані, що рекомендується для П- подібного компенсатора.

2. Намічають розташування вузлових теплофікаційних камер у місцях відгалужень від магістралі підключення житлових кварталів, споживачів, розміщення випусковачів повітря і спусників.

3. Розміщують нерухомі опори у вузлових теплофікаційних камерах розгалужень магістралі, відгалужень на житлові квартали і споживачів.

4. Розбивають відстані між вузловими теплофікаційними камерами на компенсаційні ділянки розміщенням нерухомих опор, намічають місце встановлення компенсаторів. Найбільш доцільно нерухомі опори компенсаційних ділянок розміщувати таким чином, щоб відстані між ними були однакові. В цьому випадку горизонтальні зусилля на опори мінімальні.

5. Розміщують додаткові теплофікаційні камери в місцях установки сальникових компенсаторів.

6. Розміщують запірну арматуру.

На схемі вказують:

- трубопроводи та їх позначення;
- арматуру, компенсатори, нерухомі опори, кути повороту;
- теплофікаційні камери;
- спуск труб, точки дренажу трубопроводів, маркировки елементів

мережі, напрям схилу, лінії поперечних перерізів та їх нумерацію.

На поперечних перерізах мережі вказують: канали, траншеї (для безканальної прокладки), естакади і сталеві окремо стоячі опори (для надземної прокладки); трубопроводи, їх прив'язку до будівельних конструкцій, контури теплової ізоляції.

2.7 Приклади

2.7.1 Приклади 1

Виконати гідравлічний розрахунок магістральних теплопроводів двотрубною водяною тепловою мережі закритої системи тепlopостачання. Розрахункова схема тепломережі від джерела теплоти (ДТ) до кварталів міста (КМ) наведена на мал. 3.1. Для компенсації температурних деформацій передбачити сальникові компенсатори. Питомі втрати тиску по головній магістралі прийняти в розмірі 30 - 80 Па/м

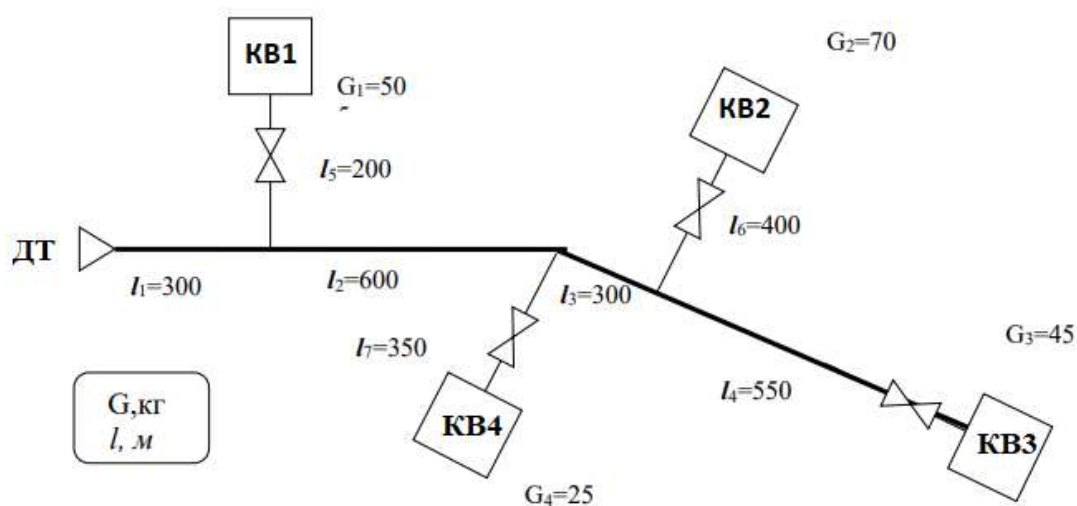


Рис. 2.1 Розрахункова схема магістральної теплової мережі

Розрахунки виконаємо для трубопроводу, що подає. Приймемо за головну магістраль найбільш протяжну й завантажену тепломережу від ДТ до КВ3

(ділянки 1, 2, 3, 4,) і приступимо до її розрахунків. По таблицях гідравлічного розрахунків, наведеним у літературі [8, 9], на підставі відомих витрат теплоносія, орієнтуючись на питомі втрати тиску R у межах від 30 до 80 Па/м, визначимо для головної магістралі діаметри трубопроводів $d_{нхS}$, мм, фактичні питомі втрати тиску R , Па/м, швидкості води V , м/с.

По відомих діаметрах на ділянках головної магістралі визначимо суму коефіцієнтів місцевих опорів $\Sigma\xi$ і її еквівалентну довжину L_e . Так, на головній магістралі є три трійники при поділі потоку ($\xi = 1,0$), згін ($\xi = 0,2$), та засувка ($\xi = 0,5$). Кількість сальникових компенсаторів ($\xi = 0,3$) на ділянці визначимо залежно від довжини ділянки L і максимального припустимого відстані між нерухливими опорами l . Згідно додатків у використаній літературі для $D_y = 300$ мм ця відстань становить 100м. Отже, на головній магістралі довжиною 1750 м ($300+600+300+550$) слід передбачити 17 сальникових компенсатори.

Сума коефіцієнтів місцевих опорів на даній ділянці складе:

$$\Sigma\xi = 0,5 + (3 \cdot 1,0) + 0,2 + (17 \cdot 0,3) = 8,8.$$

По таблиці додатків використаної літератури [1] (при $k_e = 0,0005m$) еквівалентна довжина l_e для $\xi = 1,0$ рівна 14м. Еквівалентна довжина ділянки складе:

$$L_e = l_e \cdot \Sigma\xi = 14 \cdot 8,8 = 123,2 \text{ м.}$$

Далі визначимо наведену довжину ділянки:

$$L_n = L + L_e = 1950 + 123,2 = 2073,2 \text{ м.}$$

Потім визначимо втрати тиску на даній ділянці:

$$\Delta P = R \cdot L_n = 35 \cdot 2073,2 = 72562 \text{ Па.}$$

Далі приступаємо до розрахунків відгалужень. За принципом ув'язування втрати тиску Δp від точки розподілу потоків до кінцевих точок (кварталів) для різних галузей системи повинні бути рівні між собою. Тому при гідравлічному розрахунках відгалужень необхідно прагнути до виконання наступних умов:

$$\Delta P_{кв1} = \Delta P_{кв4} ; \Delta P_{кв2} = \Delta P_{кв3} ; \Delta P_{кв4} = \Delta P_{кв2}.$$

Відповідно до цих умов знайдемо орієнтовні питомі втрати тиску для відгалужень. Так, для відгалуженої ділянки 2 отримаємо:

$$R_{KB2} = \frac{\Delta P_{KB3}}{L_{KB2}(1 + \alpha)} R_{KB2} = \frac{\Delta P_{KB3}}{L_{KB2}(1 + \alpha)} R_{KB2} = \frac{\Delta P_{KB3}}{L_{KB2}(1 + \alpha)} R_{KB2} = \frac{\Delta P_{KB3}}{L_{KB2}(1 + \alpha)} R_{KB2}$$

$$= \frac{\Delta P_{KB3}}{L_{KB2}(1 + \alpha)}$$

Коефіцієнт α , що враховує частку втрат тиску на місцеві опори, визначимо за формулою:

$$\alpha = 0,01 \sqrt{G_{KB2}} = 0,01 * \sqrt{70} = 0,084$$

$$R_{KB2} = \frac{72562}{L_{KB2}(1 + \alpha)} R_{KB2} = \frac{72562}{L_{KB2}(1 + \alpha)} R_{KB2} = \frac{72562}{L_{KB2}(1 + \alpha)} R_{KB2} = \frac{72562}{L_{KB2}(1 + \alpha)} R_{KB2}$$

$$= \frac{72562}{L_{KB2}(1 + \alpha)}$$

2.7.2 Приклад 2

ПІДБІР МЕРЕЖНИХ ТА ЖИВИЛЬНИХ НАСОСІВ

Напір мережних насосів $H_{мн}$ належить визначати для опалювального і не-опалювального періодів і приймати рівним сумі втрат напору в установках на джерелі теплоти $\Delta H_{от}$, в подаючому $\Delta H_{под}$ і зворотному $\Delta H_{звор}$ трубопроводах, а також в місцевій системі тепло споживання $\Delta H_{м}$

$$H_{мн} = \Delta H_{от} + \Delta H_{под} + \Delta H_{звор} + \Delta H_{м} = 25 + 55,5 + 55,5 + 30 = 166 \text{ м}$$

(2.17)

) де $\Delta H_{от}$ - становить 25 м.

$\Delta H_{м}$ - наявний напір перед мікрорайонами повинен бути не меншим за $H_{м} = 20$ м, тому приймаємо $\Delta H_{м} = 30$ м.

Кількість мережних насосів належить приймати не менше двох, один з яких – резервний.

Приймаємо до установки по паралельній схемі два насоси СЭ-2500-180-

16, один з яких резервний.

Рис. 2.2 Технічні характеристики насосу СЭ-2500-180-16

Підбір підживлювальних насосів

Напір підживлювальних насосів $H_{пн}$ повинен визначатись з умов підтри-

Марка насоса	Температура теплоносія, °C	Подача, м ³ /год	Напір, м	Частота обертання, об/хв.	Потужність двигуна, кВт	ККД, %
СЭ-2500-180-16	до 180	2500	180	3000	1380	84

де Z – різниця відміток рівня води в підживлювальному баці і осі підживлювальних насосів.

$$H_{п.н} = H_{ст} + \Delta H_{п.л} - Z = 40 + 10 - 5 = 45 \text{ м} \quad (2.18)$$

де Z – різниця відміток рівня води в підживлювальному баці і осі підживлювальних насосів.

Розрахункова витрата води на компенсацію втрати $G_{вт}$ приймаються в розмірі 0,75% від об'єму води в системі тепlopостачання, аварійна витрата на компенсацію втрати приймається 2% від об'єму води в системі тепlopостачання. Об'єм води в системі тепlopостачання допускається приймати рівним 65 м³ на 1 МВт розрахункового теплового потоку при закритій системі тепlopостачання:

$$V_{уст} = 65 \cdot \Sigma Q = 65 \cdot 5,874 = 381,8 \text{ (м}^3\text{)}, \quad (2.19)$$

де ΣQ – сумарна витрата теплоти.

Тоді подача підживлювального насосу складе:

$$G_{ym} = 0,0075 \cdot V_{сут} = 0,0075 \cdot 381,8 = 2,86 \text{ (м}^3 \text{ / год)}, \quad (2.20)$$

Приймаємо підживлювальний насос типу **15 К-66** плюс один резервний насос.

Марка агрегата	Подача, м ³ /ч.	Напор, м.	Потужність, кВт	Частота обертання об/хв.	Габаритні розміри, мм.	Вага, кг.
15 К	4-9-16	12-11-9	1,0	2900	792×300×315	80



Рис.2.3 Технічні характеристики підживлювального насосу

2.7.3 Приклад 3

РОЗРАХУНОК І ПІДБІР КОМПЕНСАТОРІВ ТА ОПОР

В теплових мережах в наш час широко використовуються сальникові, сифонні, П - подібні компенсатори. Компенсатори повинні мати достатню компенсуючу здатність Δl_k для сприйняття температурного подовження ділянки трубопроводу між нерухомими опорами.

Розрахуємо кількість односторонніх сальникових компенсаторів для ділянки I теплової мережі 1 з діаметром $d_3 = 500$ мм і довжиною $L = 450$ м. Визначимо реакцію компенсатора P_k при робочому тиску $P_p = 1,5$ МПа, розрахункова температура теплоносія $\tau_1 = 130$ °С, розрахункова температура зовнішнього повітря $t_0 = -20$ °С

Прийнявши коефіцієнт температурного подовження $\alpha = 1,2 \cdot 10^{-2}$ мм/(м·°С),

визначимо подовження ділянки трубопроводу Δl :

$$\Delta l = \alpha \cdot l \cdot \Delta t = 1,2 \cdot 10^{-2} \cdot 450 \cdot (130 + 20) = 850 \text{ мм.}$$

Визначимо компенсуючу здатність одностороннього сальникового компенсатора $\Delta_k = 500 \text{ мм}$ і довжину сальникової набивки $l_c = 150 \text{ мм}$. Розрахункова компенсуюча здатність компенсатора складе

$$\Delta_p = \Delta_k - 50 = 500 - 50 = 450 \text{ мм.}$$

Кількість компенсаторів n на розрахунковій ділянці складе

$$n = \frac{\Delta l}{\Delta_p} = \frac{850}{450} = 1,8 \approx 2 \text{ шт.}$$

Реакція сальникового компенсатора – сила тертя в сальниковій набивці R_k визначається по формулі

$$R_k = 2 \cdot P_p \cdot l_c \cdot d_{z.c} \cdot \mu_c \cdot \pi = 2 \cdot 1,5 \cdot 0,15 \cdot 0,50 \cdot 0,15 \cdot 3,14 = 105975 \text{ Н} = 10,6 \text{ кН},$$

де P_p – робочий тиск теплоносія, МПа;

l_c – довжина шару набивки по осі сальникового компенсатора, м;

$d_{z.c}$ – зовнішній діаметр патрубку сальникового компенсатора, м;

μ_c – коефіцієнт тертя набивки об метал, приймається рівним 0,15.

Аналогічно підбираємо сальникові компенсатори до відповідних ділянок.

Розрахунок зводимо в таблицю 2.3.

Таблиця 2.3 Підбір сальникових компенсаторів

№ ділянки.	Довжина l , м	Діаметр $d_{z.c}$, мм	Теплове видовження Δl , мм	Компенсуюча здатність Δ_k , мм	Довжина набивки l_c , мм	Δp , мм	Кількість n , шт	Реакція компенсатора R_k , кН
1	450	530	850	500	120	450	2	10,597
2	200	477	360	500	120	450	1	93,377
3	350	426	630	500	120	450	2	8,478
4	250	325	450	400	120	350	2	63,585
5	400	219	720	400	120	350	2	4,239

6	320	273	576	400	120	350	2	529,87
7	500	325	900	400	120	350	3	63,585
8	400	219	720	400	120	350	2	4,239
9	300	273	540	400	120	350	2	52,987

Підбір опор

Кількість опор вибирається в залежності від діаметра і довжини ділянки. Відстань між нерухомими опорами вибираємо відповідно до діаметра ділянки.

Для ділянки I з діаметром 500 мм відстань між опорами становить 140 м. Так як загальна довжина ділянки 450 м, то до встановлення приймаємо 4 нерухомих опори – на початку ділянки і через кожні 140 м. Аналогічно розраховуємо кожну ділянку і розрахунок зводимо у таблицю 2.4

Таблиця 2.4 Підбір опор на ділянках

№	Діаметр $d_y, \text{мм}$	Довжина $l, \text{м}$	Відстань $l_{m.o}, \text{м}$	Кількість
1	500	450	140	4
2	450	650	140	5
3	400	350	140	3
4	300	250	100	3
5	200	400	80	5
6	250	320	100	4
7	300	500	100	5
8	200	400	80	5
9	250	300	100	3

2.7.4 Приклад 4

Розрахунок теплової ізоляції

При нормованій густині теплового потоку визначимо товщину теплової ізоляції для двоохтубної прокладки ділянки теплової мережі I з $d_3=450 \text{ мм}$, прокладеної в каналі типу МКЛ-6. Глибина закладання каналу $h_k=1,0 \text{ м}$. Середньорічна температура ґрунту на глибині залягання осі трубопроводів $t_{gp} = 4 \text{ }^\circ\text{C}$.

Коефіцієнт теплопровідності $\lambda_{gp} = 0,06 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot^\circ\text{C}}$.

Теплова ізоляція – мати теплоізоляційні з мінеральної вати на синтетичному в'язучому. Середньорічна температура теплоносія складає в падаючому трубопроводі $\tau_1 = 130 \text{ }^\circ\text{C}$, в зворотному $\tau_{m2} = 70 \text{ }^\circ\text{C}$.

Визначаємо внутрішній $d_{в.е}$ і зовнішній $d_{з.е}$ еквівалентні діаметри каналу по внутрішнім (2,41×1,105 м) і зовнішнім (2,62×1,355 м) розмірах його поперечного перерізу:

$$d_{в.е} = \frac{4F}{P} = \frac{4 \cdot 2,41 \cdot 1,105}{2(2,41+1,105)} = 1,50 \text{ м};$$

$$d_{з.е} = \frac{4F}{P} = \frac{4 \cdot 2,62 \cdot 1,355}{2(2,62+1,355)} = 1,79 \text{ м}.$$

Визначаємо термічний опір стінки каналу:

$$R_{н.к} = \frac{2 \cdot \pi l \lambda_{ст}}{\ln \frac{d_{з.е}}{d_{в.е}}} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 2,04 \ln 1,79}{\ln 1,79} = 0,014 \left(\frac{МВт}{\text{м} \cdot \text{°C}} \right)$$

При $h = 1,3 \text{ м}$, $\lambda_{зп} = 1,5 \frac{Вт}{\text{м} \cdot \text{°C}}$ термічний опір ґрунту становить:

$$R_{зп} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{зп}} \ln \left(\frac{2 \cdot h}{d_{з.е}} \sqrt{\frac{4 \cdot h^2}{d_{з.е}^2} - 1} \right) = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 1,5} \ln \left(\frac{2 \cdot 1,3}{1,79} + \sqrt{\frac{4 \cdot 1,3^2}{1,79^2} - 1} \right) = 0,098 \frac{М \cdot \text{°C}}{Вт}$$

Визначаємо температури ізоляційних шарів подаючого і зворотного трубопроводів:

$$t_{т.п} = \tau_1 \cdot 40 = 130 + 40 = 85 \text{ °C} ; \quad t_{т.з} = \tau_2 \cdot 40 = 70 + 40 = 55 \text{ °C} .$$

Коефіцієнти теплопровідності теплової ізоляції для подаючого і зворотного трубопроводів:

$$\lambda_{к1} = 0,043 + 0,00022 \cdot t_{т.п.} = 0,043 + 0,00022 \cdot 85 = 0,062 \frac{Вт}{\text{м} \cdot \text{°C}} .$$

$$\lambda_{к2} = 0,043 + 0,00022 \cdot t_{т.з.} = 0,043 + 0,00022 \cdot 55 = 0,055 \frac{Вт}{\text{м} \cdot \text{°C}} .$$

Термічний опір поверхні теплоізоляційного шару:

$$R_{пс} = \frac{1}{\alpha_e \cdot \pi \cdot (d_3 + 0,1)} = \frac{1}{8 \cdot 3,14 \cdot (1,79 + 0,1)} = 0,021 \frac{Вт}{\text{м} \cdot \text{°C}} .$$

Приймаємо лінійну густину теплових потоків для подаючого $q_{п1} = 96 \frac{Вт}{\text{м}}$ і

зворотного $q_{п2} = 35 \frac{Вт}{\text{м}}$.

Сумарні термічні опори для подаючого і зворотного трубопроводів при

$K_1 = 1$:

$$R_{tot1} = \frac{\tau_1 - t_0}{q_l \cdot K_1} = \frac{130 - 4}{96 \cdot 1} = 1,31 \frac{M \cdot ^\circ C}{Bm};$$

$$R_{tot2} = \frac{\tau_2 - t_0}{q_l \cdot K_1} = \frac{70 - 4}{35 \cdot 1} = 2 \frac{M \cdot ^\circ C}{Bm}.$$

Коефіцієнт взаємного впливу температурних полів подаючого і зворотного трубопроводів:

$$\phi_1 = \frac{q_{12}}{q_{11}} = \frac{35}{96} = 0,36;$$

$$\phi_2 = \frac{q_{11}}{q_{12}} = \frac{96}{35} = 2,74.$$

Необхідні термічні опори шарів для подаючого і зворотного трубопроводів:

$$R_{K.П} = R_{tot1} - R_{П.С} - (1 + \phi_1) \cdot (R_{П.К} + R_K + R_{ГР}) = 1,1 \frac{M \cdot ^\circ C}{Bm};$$

$$R_{K.З} = R_{tot2} - R_{П.С} - (1 + \phi_2) \cdot (R_{П.К} + R_K + R_{ГР}) = 1,46 \frac{M \cdot ^\circ C}{Bm}.$$

Визначимо величину В для подаючого і зворотного трубопроводів:

$$B_1 = e^{2\pi \cdot \lambda_{К1} R_{КП}} = e^{2 \cdot 3,140 \cdot 0,621 \cdot 1} = 1,53;$$

$$B_2 = e^{2\pi \cdot \lambda_{К1} R_{КП}} = e^{2 \cdot 3,140 \cdot 0,551 \cdot 1,46} = 1,66.$$

Потрібні товщини шарів теплоізоляції для подаючого і зворотного трубопроводів:

$$\delta_1 = \frac{d_3 \cdot (B_1 - 1)}{2} = \frac{0,45 \cdot (1,53 - 1)}{2} = 0,119 \text{ м} = 119 \text{ мм};$$

$$\delta_2 = \frac{d_3 \cdot (B_2 - 1)}{2} = \frac{0,45 \cdot (1,66 - 1)}{2} = 0,149 \text{ м} = 149 \text{ мм}.$$

Приймаємо товщину основного шару ізоляції для подаючого і зворотного трубопроводів однаковою і рівною 140 мм, так як розрахункова товщина перевищує граничну.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. СНиП 2.04.07-86 Тепловые сети. 1987.-48с.

2. КТМ 204 Україна 244-94. Норми та вказівки по нормованню витрат палива та теплової енергії на опалення житлових та громадських споруд, а також на господарсько-побутові потреби в Україні. – К.: 2001.

3. ДБН 360-92. Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень.

4. ДБН В.2.5-67:2013. «Опалення, вентиляція та кондиціонування».

5. ДСТУ Б В.2.5-442010 Інженерне устаткування будинків і споруд.

6. ДБН В 1.2-11-2008 «Основні вимоги до будівель і споруд. Економія енергії».

7. ДБН В.2.2-15-2005.Житлові будинки. Основні положення. – Укранрхбудінформ, 2005 – 36с.

8. ДСТУ Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія.

9. Єнін П.М., Швачко Н.А. Теплопостачання (частина I „Теплові мережі та споруди”). – К.: Кондор, 2007. –244 с.

10. Пирков В.В. Особливості проектування сучасних систем водяного опалення. –К.:ІІ ДП „Такі справи”, 2003. –176 с.

11. Посібник з муніципального енергетичного менеджменту/Є.М.Іншеков, Є.Є. Нікітін, М.В. Тарновський, А.В. Чернявський.-К:Поліграф плюс,2014.–238с.

12. Ковалко М.П. Енергозбереження - пріоритетний напрямок державної політики України / НАН України; АТ "Укренергозбереження" ; Ковалко М.П., Денисюк С.П., А.К. Шидловський (відп.ред.). – К.: УЕЗ, 1998. – 506с.

18. Теплоснабжение /В.В.Козин, Т.А.Левина, А.П.Марков и др.) – М.: Высшая школа, 1980. –408 с.

19. Комунальна теплоенергетика: стан, проблеми, шляхи модернізації (у двох томах). К.: ТОВ „Поліграф-Сервіс”, 2007.

20. Кращі з доступних технологій для житлово-комунального господарства України. Керівництво з відбору технологій/ Під редакцією С. Єрмілова.-К.: «Поліграф плюс», 2016. –134 с.

21. Справочник по теплоснабжению и вентиляции. Книга 1-я/ Щекин Р.В., Кореневский С.М., Бем Г.Е. и др.– Киев. Будівельник, 1976. –416 с.

ДОДАТКИ

Кліматологічні дані для обласних центрів України, великих міст

Додаток 1

Найменування міст	Розрахункова температура		Середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період $t_{ср.оп}, \text{ }^{\circ}\text{C}$	Тривалість опалювального періоду $N_{оп}$, діб
	Для опалення $t_{ро}, \text{ }^{\circ}\text{C}$	Для вентиляції $t_{вв}, \text{ }^{\circ}\text{C}$		
Вінниця	-21	-10	-1,1	189
Дніпропетровськ	-23	-9	-1,0	175
Донецьк	-25	-10,4	-1,8	183
Житомир	-22	-9,4	-0,8	192
Запоріжжя	-22	-8	-0,4	174
Івано-Франківськ	-20	-9	-0,1	184
Київ	-22	-10	-1,1	187
Кіровоград	-21	-9,2	-1,0	180
Луганськ	-25	-10,4	-1,6	180
Луцьк	-20	-8,5	-0,2	187
Львів	-19	-9	-0,2	191
Миколаїв	-20	-7	0,4	165
Одеса	-18	-6	1,0	165
Полтава	-23	-11	-1,9	187
Рівне	-21	-9	-0,5	191
Суми	-24	-12	-2,5	195
Тернопіль	-21	-9	-0,5	190
Харків	-23	-11	-2,1	189
Херсон	-19	-7	0,6	167
Хмельницький	-21	-9	-0,6	191
Черкаси	-22	-9	-1,0	189
Чернігів	-23	-10	-1,7	191
Чернівці	-20	-9	-0,2	179

Кількість годин за опалювальний період із середньодобовою температурою в різних інтервалах зовнішнього повітря для міст України

Назви міст				Інтервали температур зовнішнього повітря					+0, 1 ÷	+5, 1 ÷	
				- 29,	- 24,	- 19,	- 14,	- 9,			- 4,
				Кількість годин із температурою $t_{зр.дiб}$ у							
Біла Церква	4	31	13	338	630	1231	1488	658			
Бердянськ	9	35 1	12 2	226	439	1107	1452	642			
Вінниця	10	39	12	320	642	1225	1493	680			
Дніпропет	9	37	12	235	457	1152	1514	669			
Донецьк	10	44	18	398	730	1141	1216	670			
Житомир	5	22	10	309	616	1237	1554	762			
Жмеринка	10	38	12 5	318	638	1219	1487	676			
Запоріжжя	9	37	12 7	235	457	1152	1514	669			
Київ	4	31	13	336	627	1225	1480	654			
Кіровоград	0, 1	0,9	4,4	12, 5	25,9	48,0	60,4	42,9			
Кременчук	8	44	15 5	376	696	1178	1086	772			
Кривий Ріг	9	38	12 9	239	465	1172	1540	680			
Луцьк	5	21	10	301	600	1206	1513	742			
Львів	0,	0,2	1,4	7,0	20,7	49,3	67,7	52,7			
Луганськ	0,	2,3	6,5	14,	26,6	44,9	56,9	41,5			
Мелітопол ь	9	36	12 3	227	441	1113	1461	646			
Миколаїв		0,4	2,1	8,4	18,7	41,9	60,6	46,5			
Одеса		0,2	1,0	5,0	16,3	38,2	65,1	54,1			
Полтава	8	45	16	391	723	1224	1128	803			
Суми	10	40	13	330	662	1263	1542	702			
Тернопіль	10	39	12 6	322	644	1231	1502	685			
Харків	10	46	18	411	754	1179	1255	692			
Чернігів	10	39	12	324	648	1238	1510	687			
Чернівці	10	38	13	240	468	1179	1548	683			

Еквівалентна довжина місцевих опорів при $k_e = 0,5\text{мм}$

Місцевий опір		Умовне познач.							Еквівалентна довжина l_e , м, при										
									10	12	15	20	25	30	35	40	45	50	60
Засувка		1,6	2,	2,2	3,3	3,3	4,1	4,	4,5	4,7	5,3	5,7	6,						
Трійник при розділенні	До трій	3,	4,	5,	8,	11,	13,	16,	20	23,3	26,3	33,1	38,8						
	відвід	4,9	6,	8,	12,	16,	20,	25,	30	35	39,4	49,6	58,2						
Трійник при злиття	За трійник	4,	8,	8,	12,	16,	20,	25,	30	35	39,4	49,6	58,2						
	підвід	6,	8,	11,	16,	22,	27,	33,	40	46,6	52,5	66,2	77,6						

І. Варіанти завдань

розділ „Розрахунок теплового навантаження”

Вар.	Місто	F ₁ , кв(га)	F ₂ , кв(га)	F ₃ , кв(га)	F ₄ , кв(га)	Поверхо- вість	Матеріал
1	Київ	2,1	2,0	3,4	4,0	16	панель
2	Харків	4,0	3,5	2,4	3,0	14	панель
3	Донецьк	1,8	2,4	2,8	3,5	9	панель
4	Днепроп.	2,5	2,0	3,2	3,6	12	цегла
5	Запорож.	1,8	2,4	3,0	2,5	9	панель
6	Чернигов	2,2	2,0	3,2	2,8	9	цегла
7	Львів	3,6	2,5	3,0	2,4	9	панель
8	Полтава	2,4	2,8	2,0	1,8	5	цегла
9	Кіровоград	1,7	2,0	2,8	2,4	5	цегла
10	Черкаси	2,2	2,6	3,0	4,0	9	панель
11	Житомир	2,5	3,0	3,5	4,0	5	панель
12	Суми	1,8	2,0	2,4	2,0	5	цегла
13	Ів-Франківськ	1,7	2,0	2,5	2,8	5	цегла
14	Вінниця	2,0	2,5	3,0	3,8	5	панель
15	Чернівці	2,2	2,5	2,5	3,0	5	панель
16	Луганськ	1,8	1,8	2,0	3,5	9	панель
17	Одеса	2,5	2,8	3,4	3,8	5	панель
18	Миколаїв	2,8	2,5	3,0	3,2	12	панель
19	Херсон	2,5	2,8	3,5	3,0	9	панель
20	Луцьк	1,8	2,2	2,5	2,8	5	панель
21	Хмельницький	2,0	2,5	1,8	3,0	5	цегла
22	Сімферополь	2,4	2,0	2,5	3,0	5	цегла
23	Тернопіль	1,7	2,0	2,5	2,8	5	цегла
24	Рівне	2,0	2,5	3,0	2,8	9	цегла
25	Ужгород	3,0	2,2	2,8	3,2	9	цегла
26	Б. Церква	1,7	2,0	2,5	3,0	5	панель
27	Ніжин	1,8	2,0	2,2	2,8	5	панель
28	Лубни	2,0	2,2	1,8	2,4	5	цегла
29	Бердичів	1,7	1,8	2,2	2,8	5	цегла
30	Яготин	1,8	1,5	2,0	2,2	5	цегла

31	Малин	1,7	2,0	2,2	3,0	5	панель
32	Мелітополь	2,0	2,5	3,0	3,2	9	панель

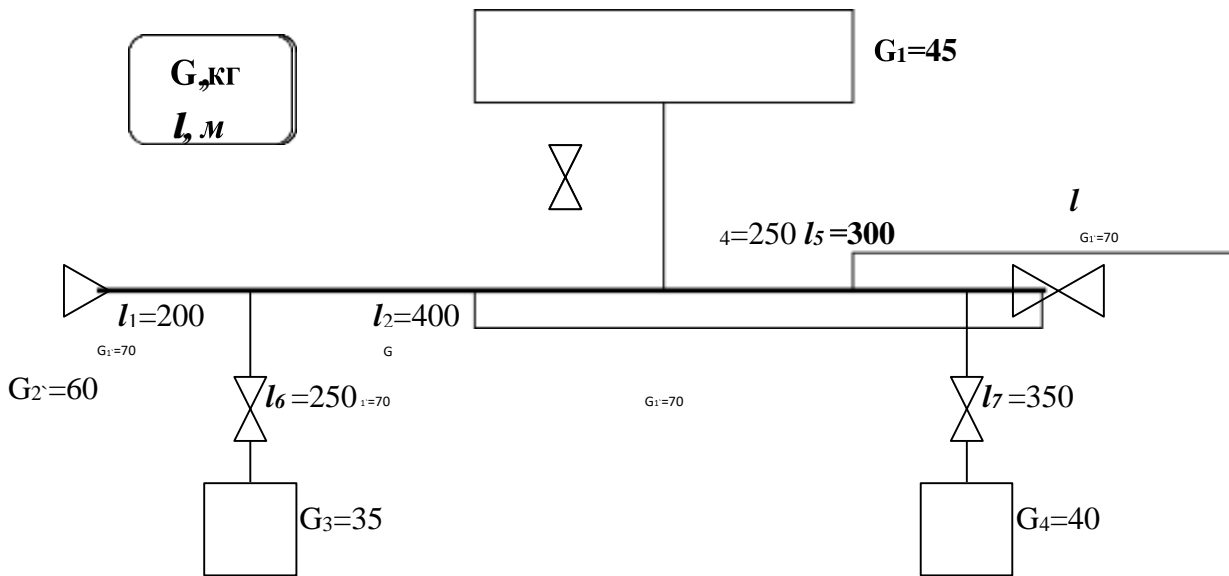
II. Варіанти завдань

розділ „Розрахунок теплового навантаження”

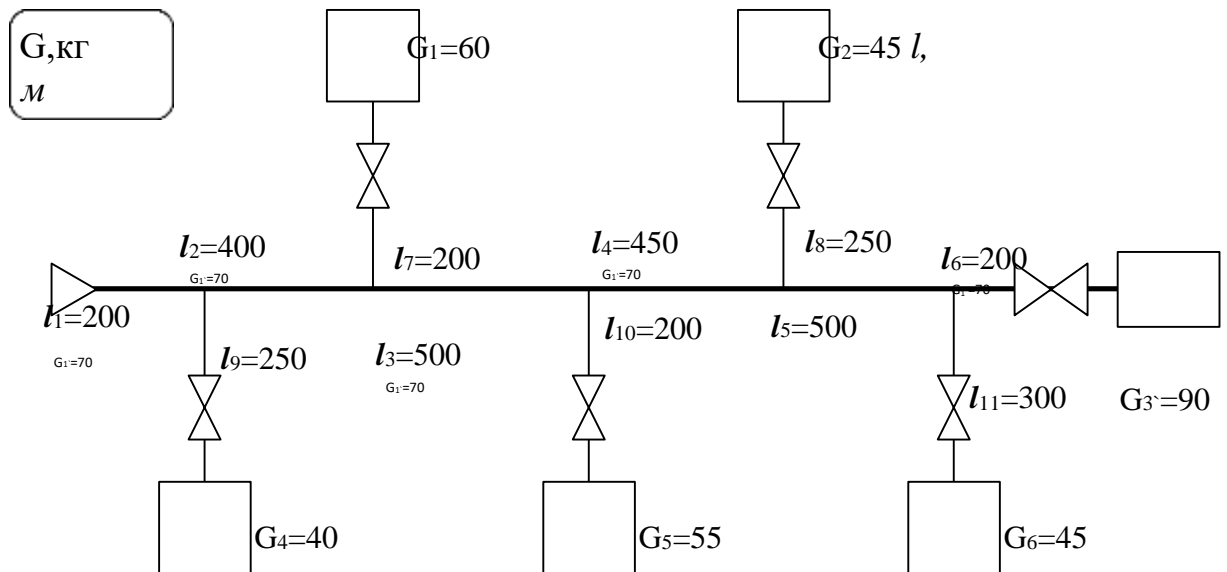
№ п/п	Квартали мікрорайону (поверховість/п					Місто	Матеріал	
	1	2		4	5			
1	5/2,	9/1,8		12/1,5		- -	Київ	пане
2	5/1,	5/2,0		9/1,2		2/0, -	Харків	цегл
3	12/1	9/2,2		9/1,8		9/2, -	Донецьк	пане
4	12/2	5/1,2		9/1,6		9/1, 9/1,	Днепроп.	цегл
5	9/1,	5/1,2		5/1,6		5/1, -	Запорож.	цегл
6	12/1	9/1,8		5/1,7		5/1, 5/1,	Чернигов	пане
7	5/1,	5/1,2		5/1,2		9/1, 9/1,	Львів	цегл
8	9/1,	9/1,6		9/1,2		5/1, -	Полтава	пане
9	12/2	12/1,5		12/1,8		- -	Кіровоград	пане
1	9/3,	9/1,8		5/1,4		- -	Черкаси	пане
1	5/1,	9/1,6		9/1,4		12/1 -	Житомир	пане
1	12/2	5/1,2		9/1,6		- -	Суми	пане
1	5/1,	5/1,6		5/1,4		- -	Іванофранківськ	цегл
1	9/2,	9/1,8		9/2,5		5/2, -	Вінниця	цегл
1	5/1,	5/1,2		9/1,5		9/1, -	Чернівці	пане
1	12/1	9/1,8		5/1,7		- -	Луганськ	пане
1	9/1,	5/1,2		5/1,6		5/2, -	Одеса	пане
1	5/1,	5/1,2		9/1,5		9/1, -	Миколаїв	пане
1	9/1,	9/1,6		9/1,4		12/1 -	Херсон	пане
2	5/2,	9/1,2		9/2,5		- -	Луцьк	пане
2	5/1,	12/1,8		9/1,4		9/1, -	Хмельницький	пане
1	2					1	ль	
2	5/3.	9/2.0		12/1,5		- -	Тернопіль	пане
2	12/1	9/3,0		5/1,3		- -	Рівне	цегл
2	9/3,	5/1,4		9/1,6		12/1 -	Ужгород	цегл
2	5/4,	9/3,0		4/1,0		- -	Б. Церква	цегл
2	9/2,	7/2,0		5/1,5		- -	Ніжин	пане
2	12/1	9/2,0		5/4,0		14/1 -	Лубни	пане
2	9/4,	5/2,0		12/1,5		- -	Бердичів	цегл
2	5/4,	9/1,5		2/2,0		- -	Яготин	цегл
3	4/1,	7/2,0		12/1,0		- -	Малин	цегл
3	2/2,	5/2,0		12/1,0		- -	Мелітополь	пане

Варіанти схеми теплової мережі

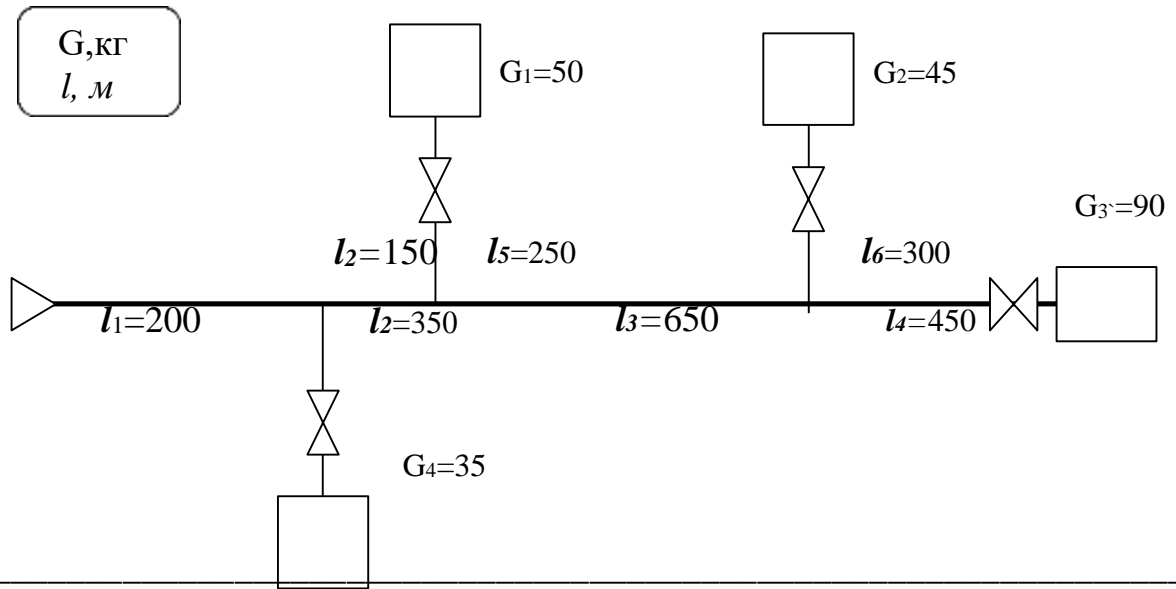
1.



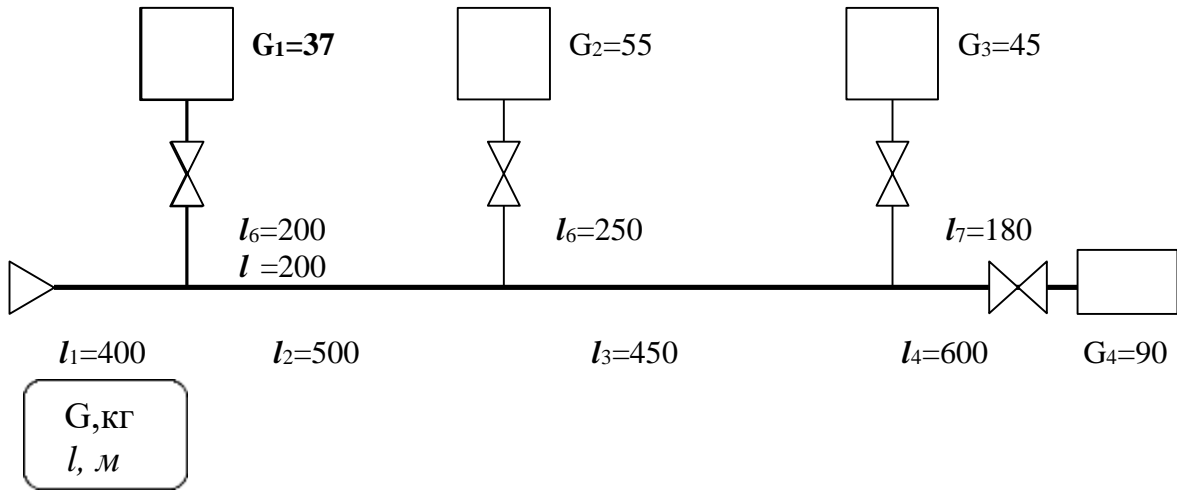
2.



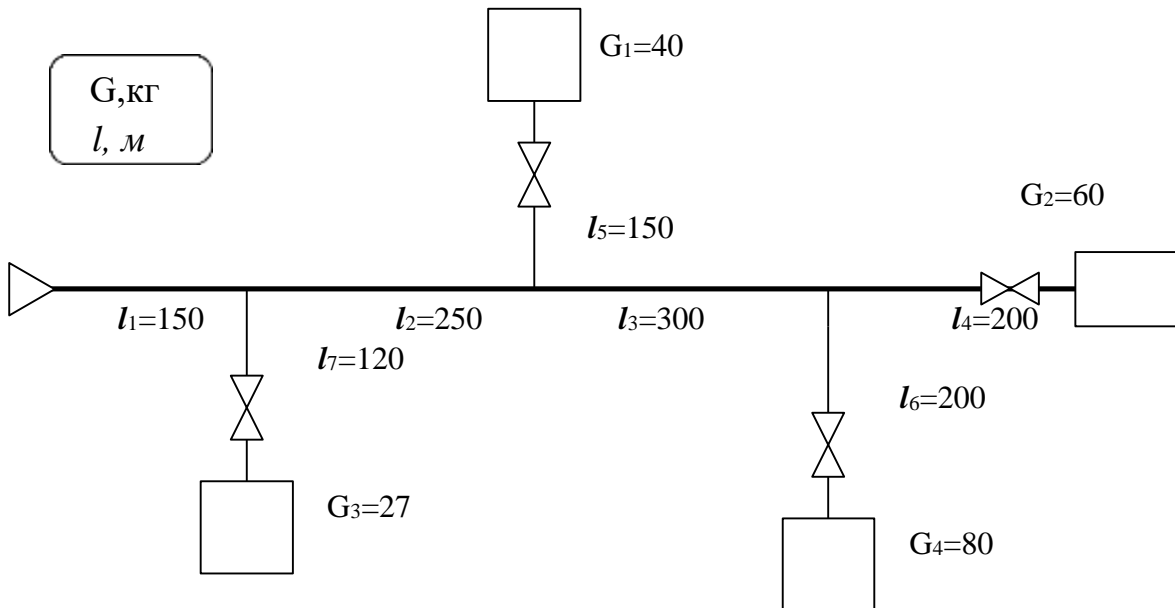
3.



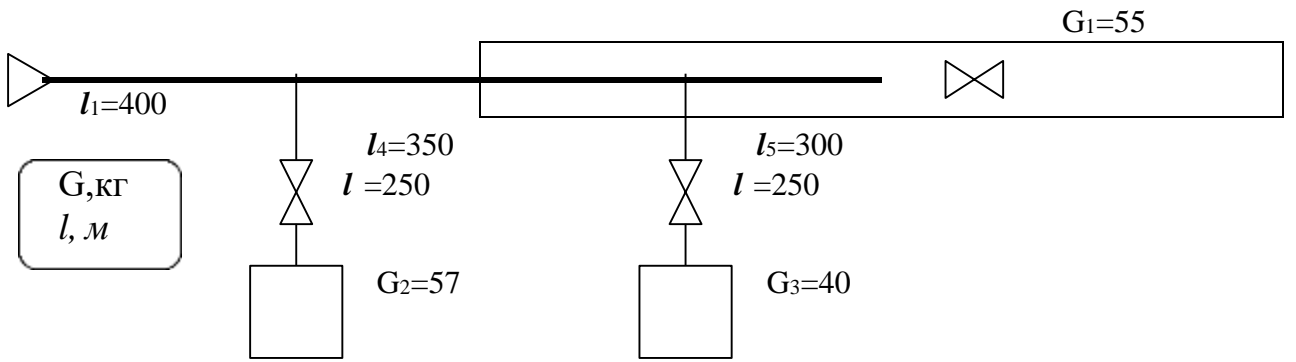
4.



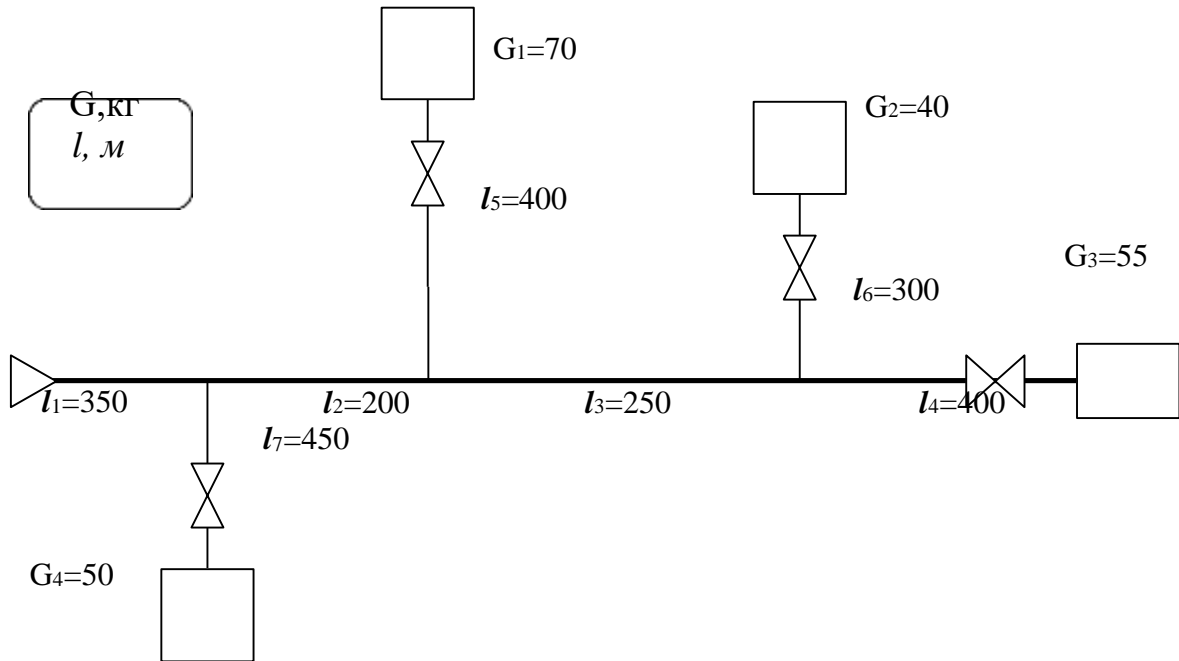
5.



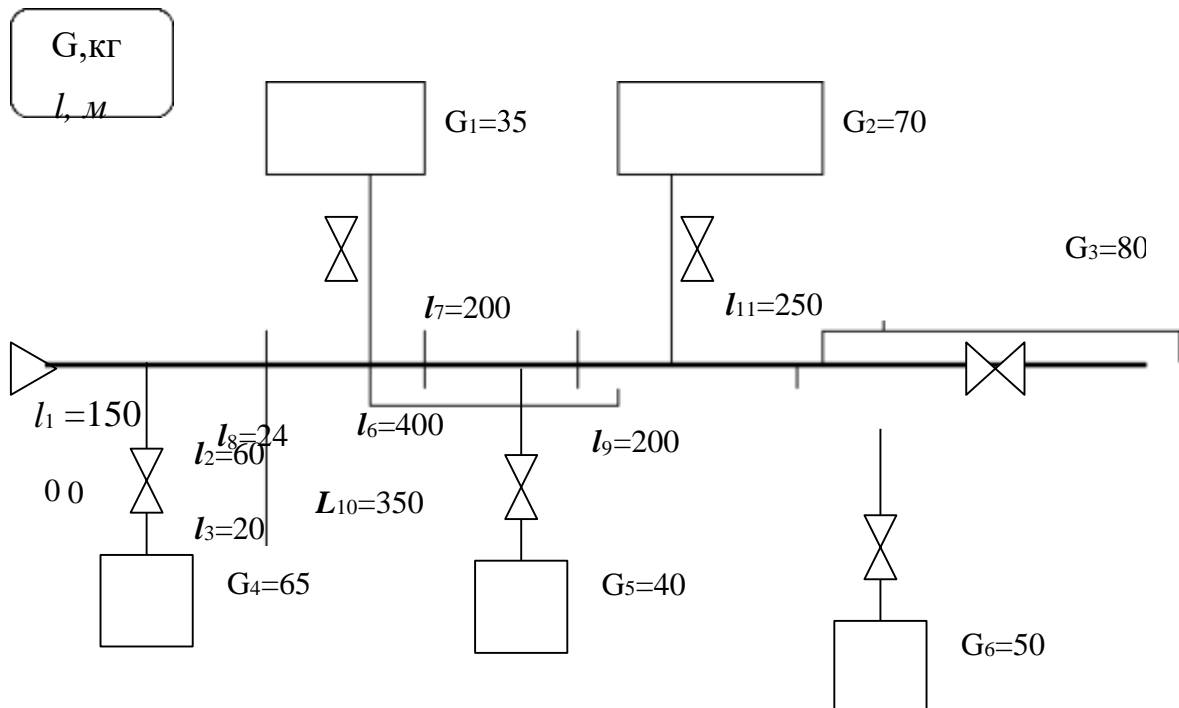
6.



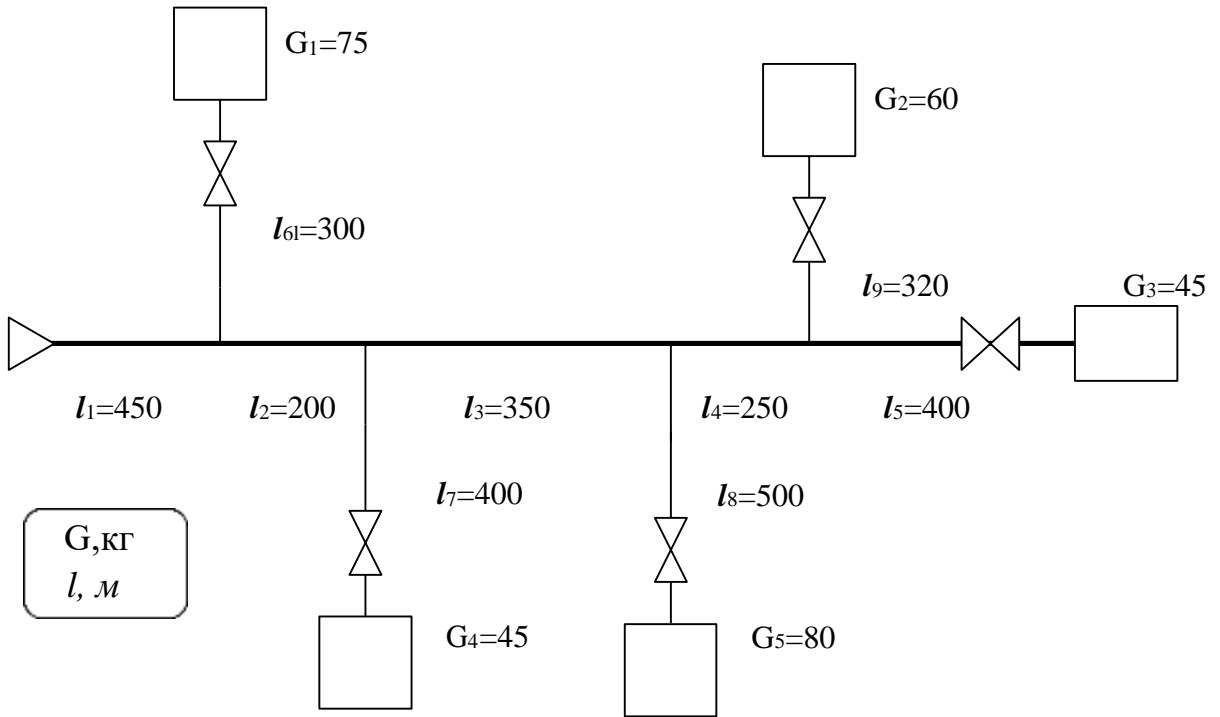
7.



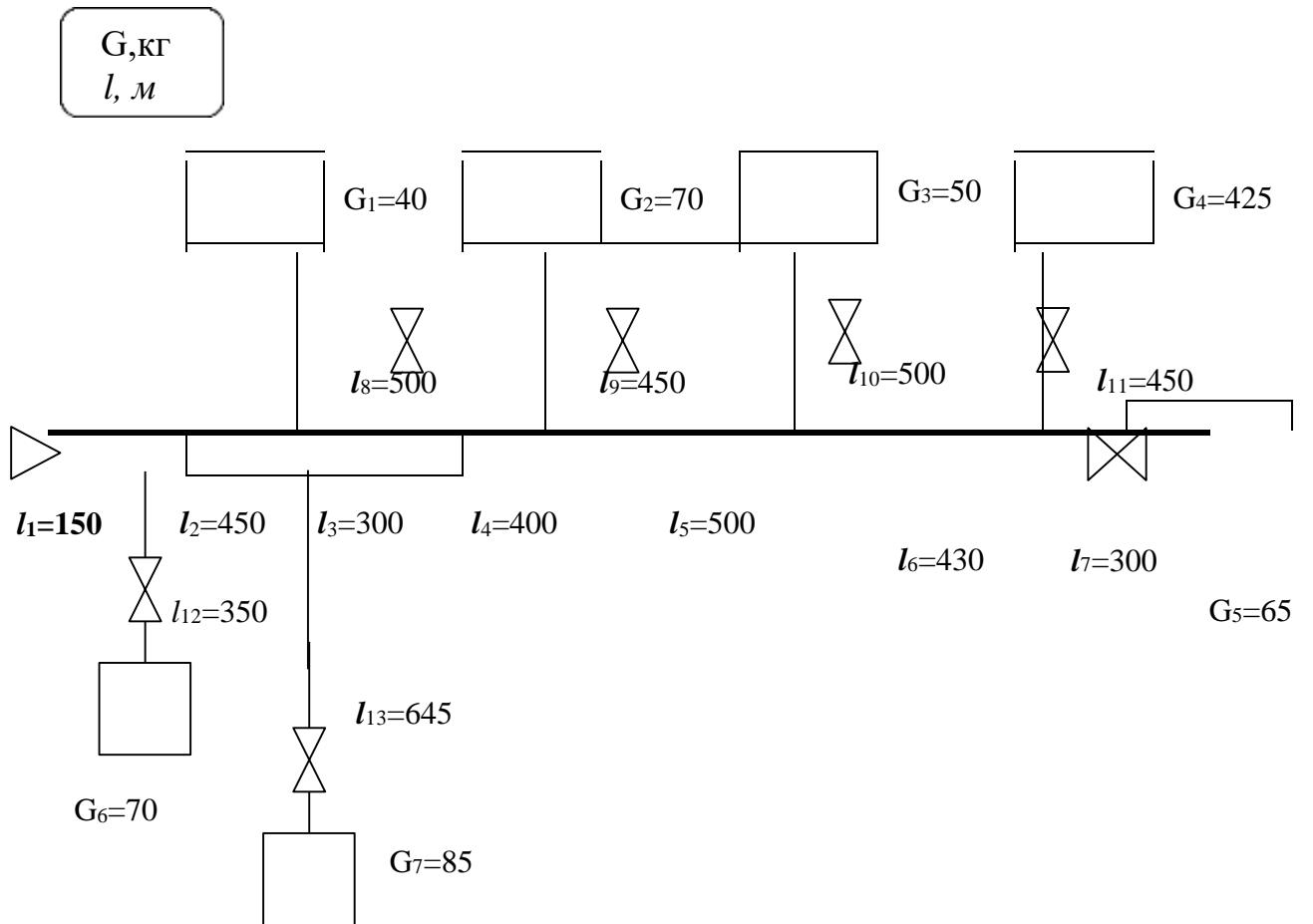
8.



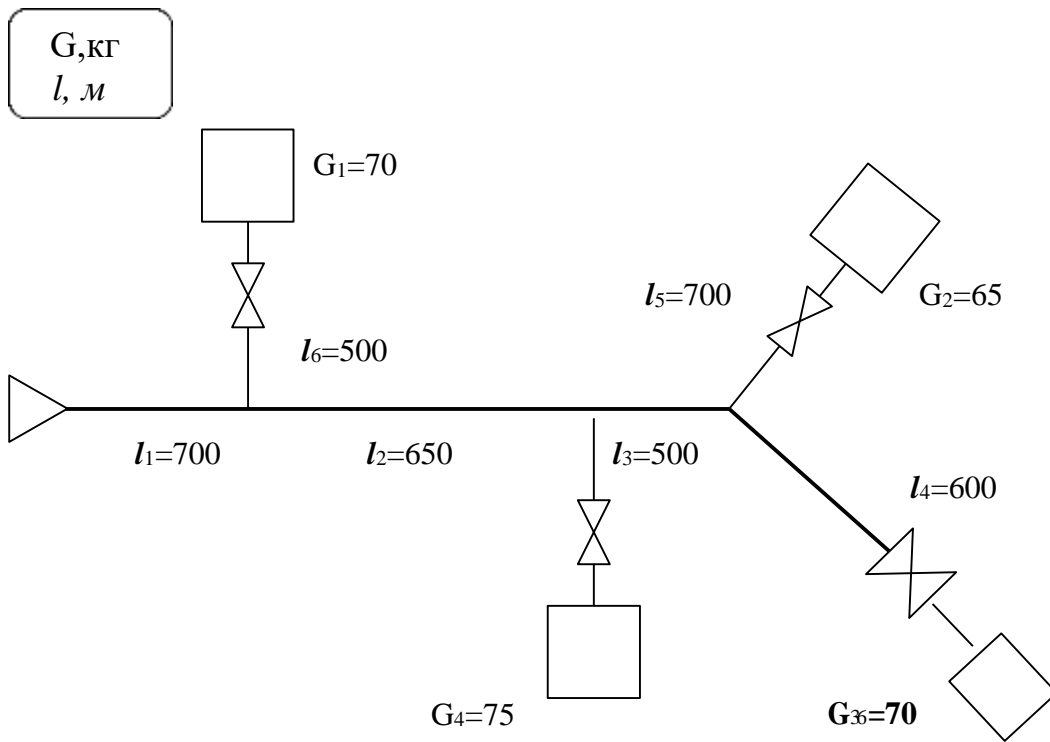
9



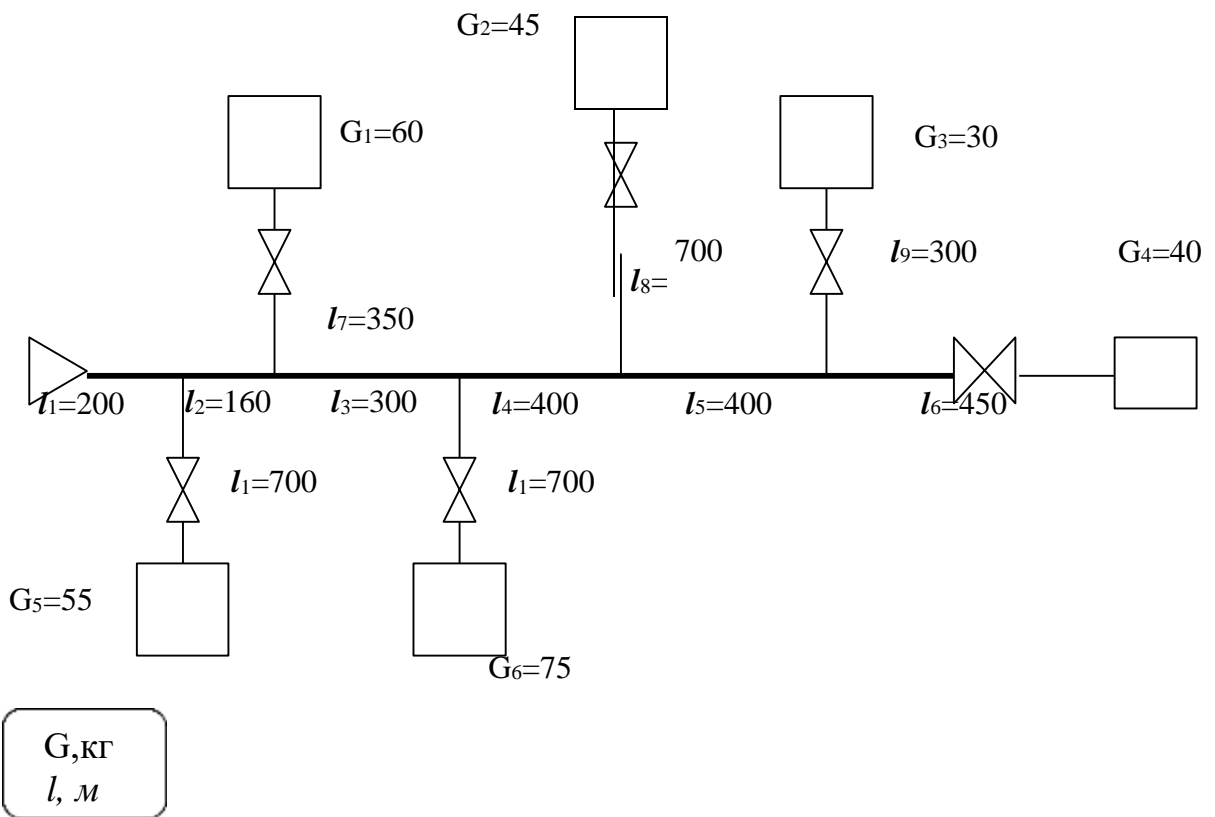
10.



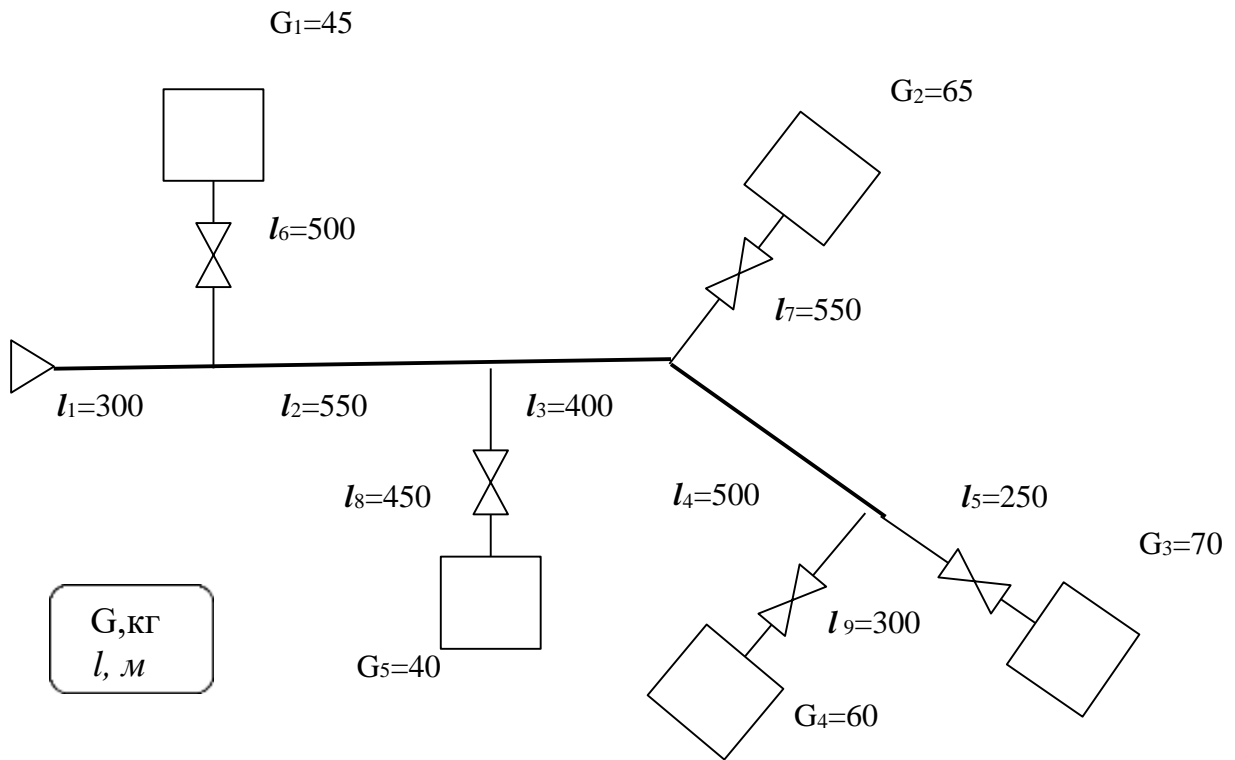
11.



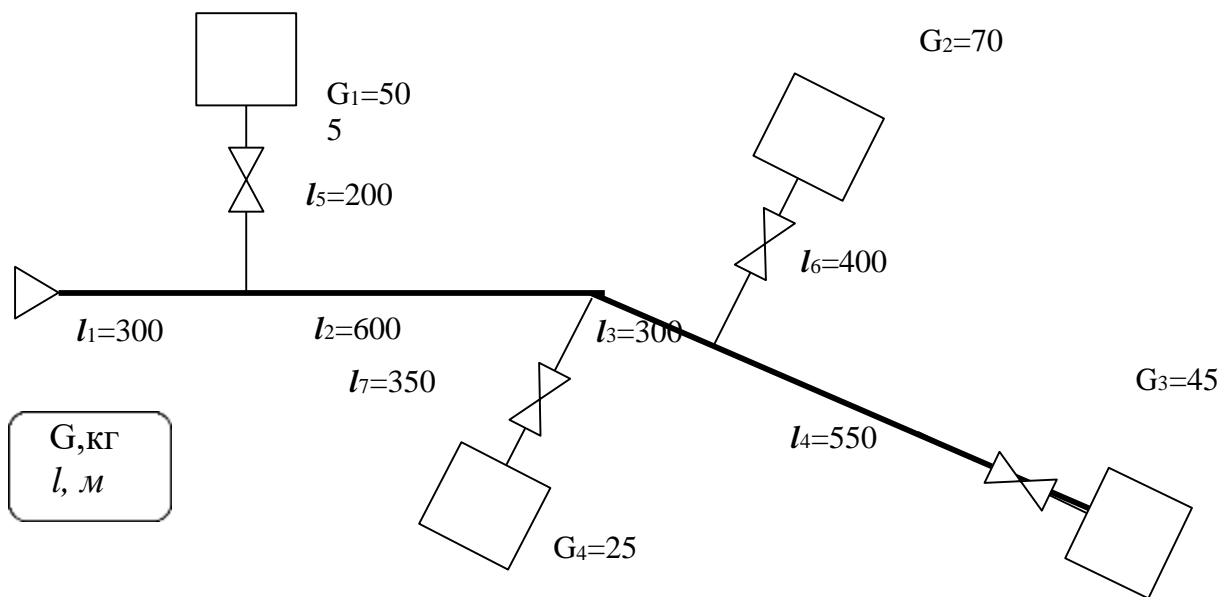
12.



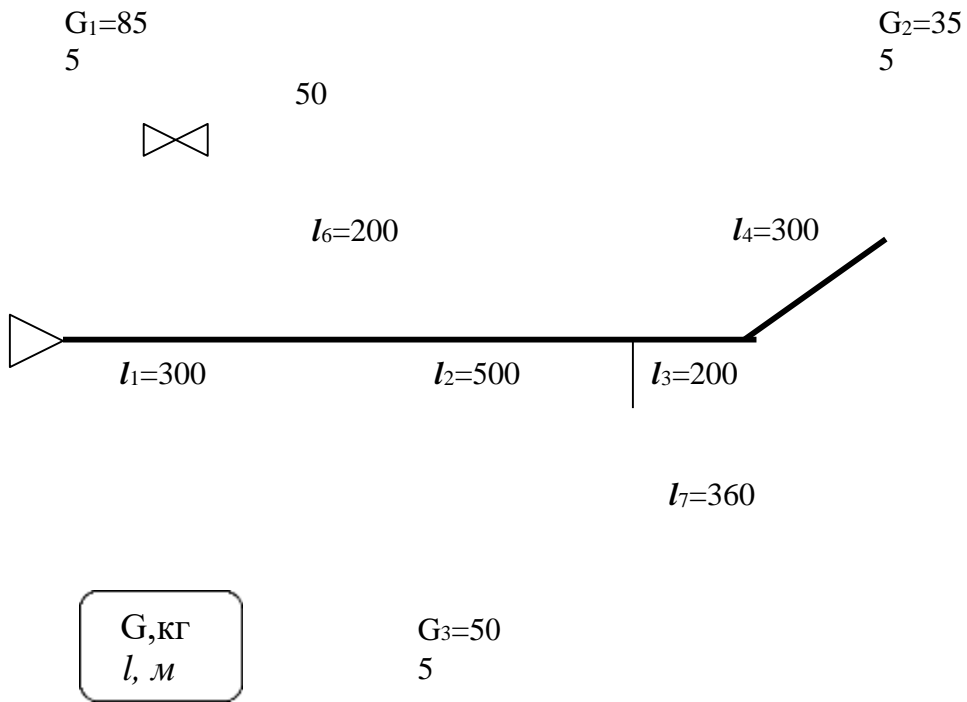
13.



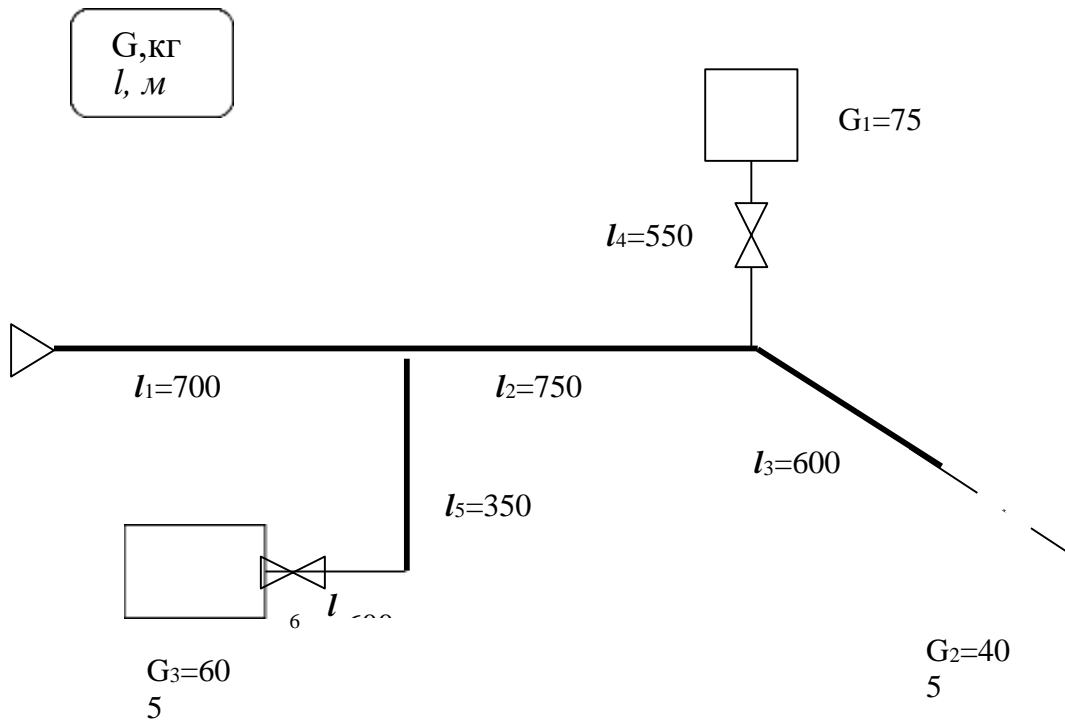
14.



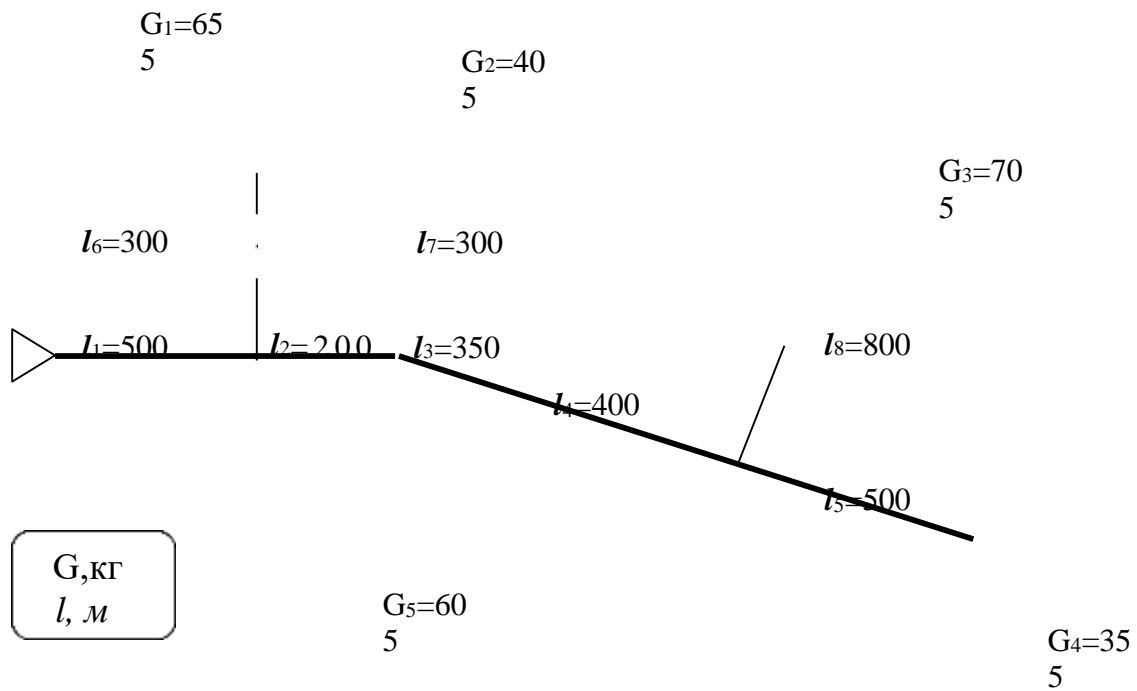
15.



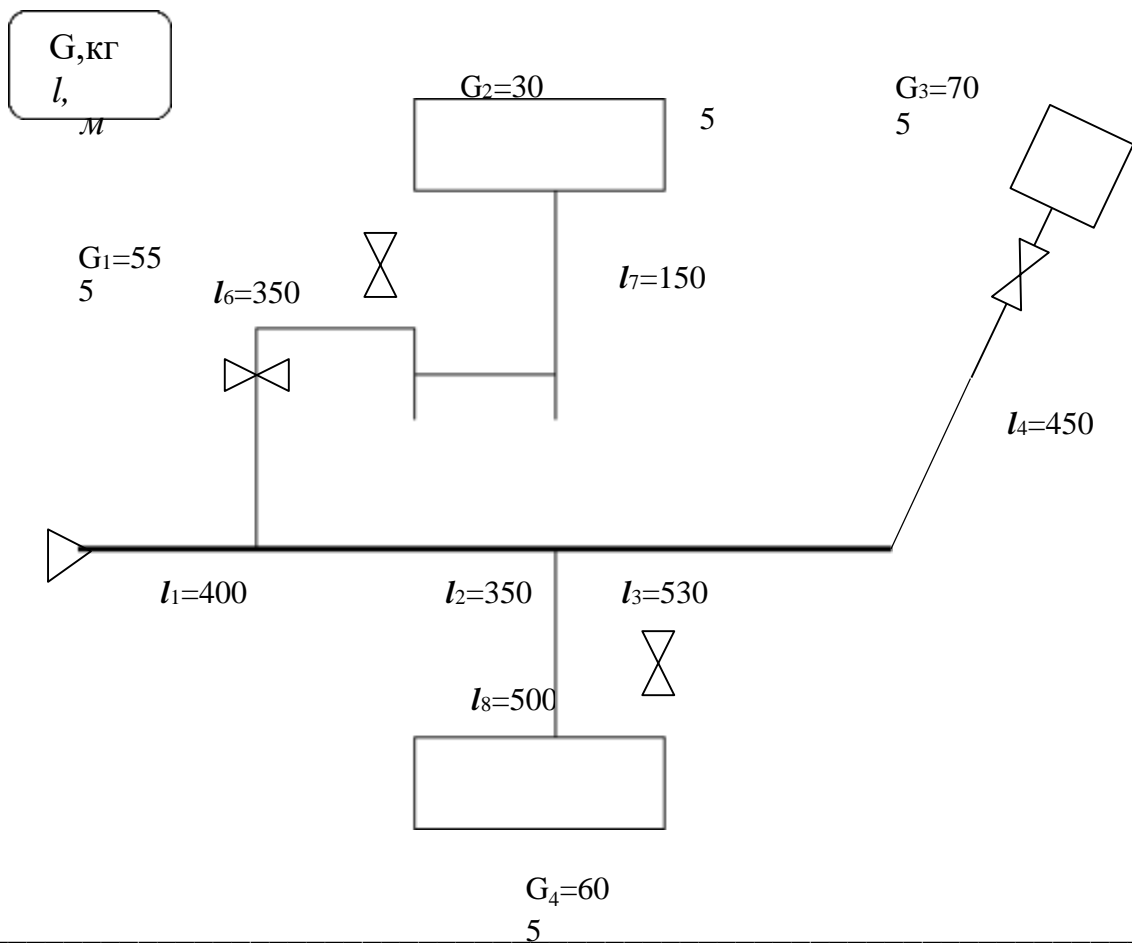
16.



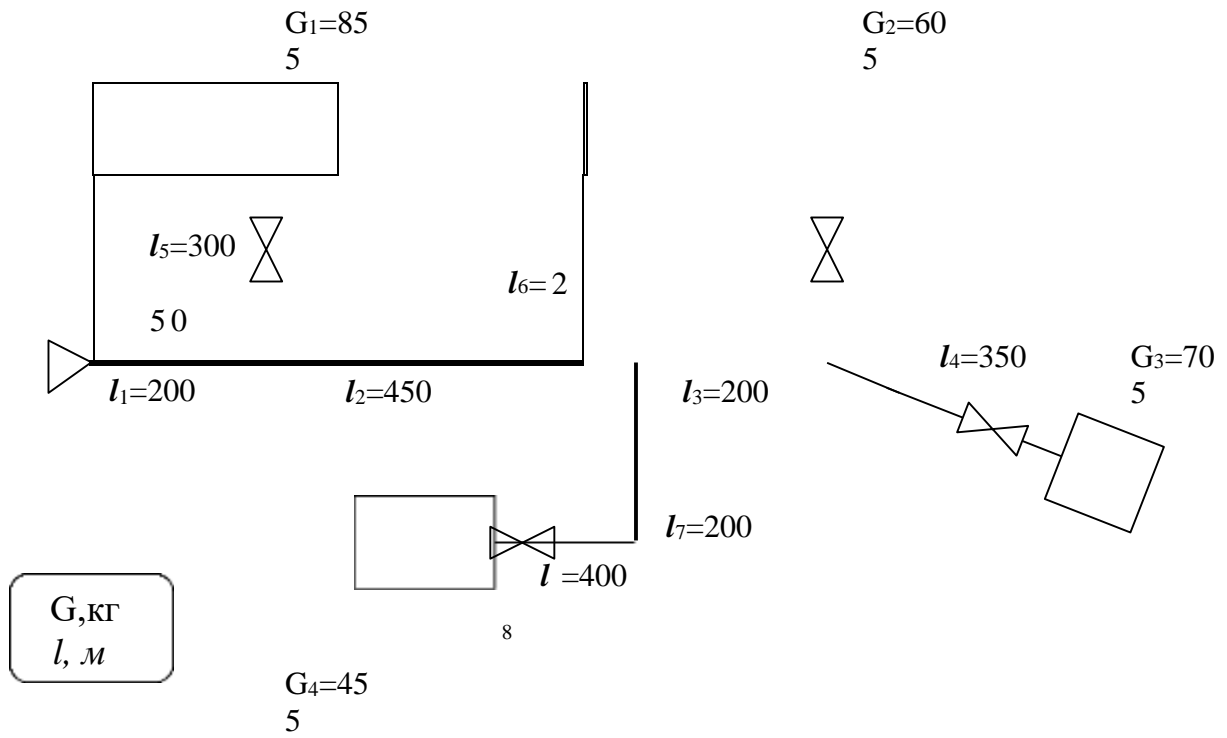
17.



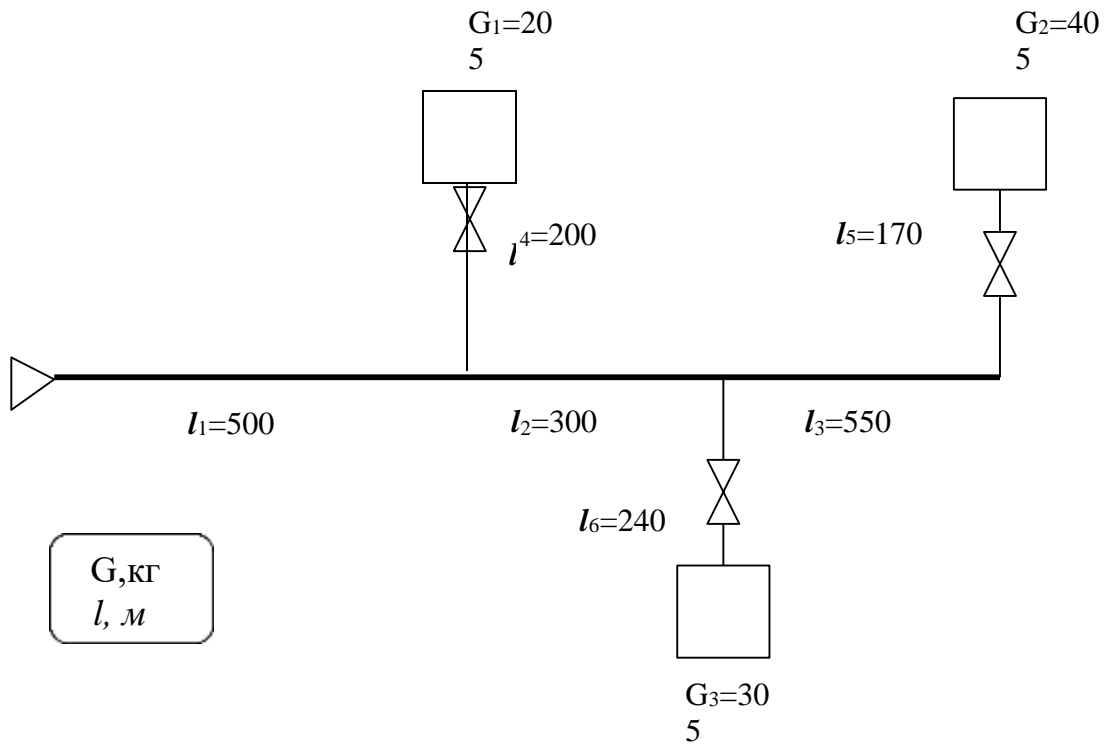
18.



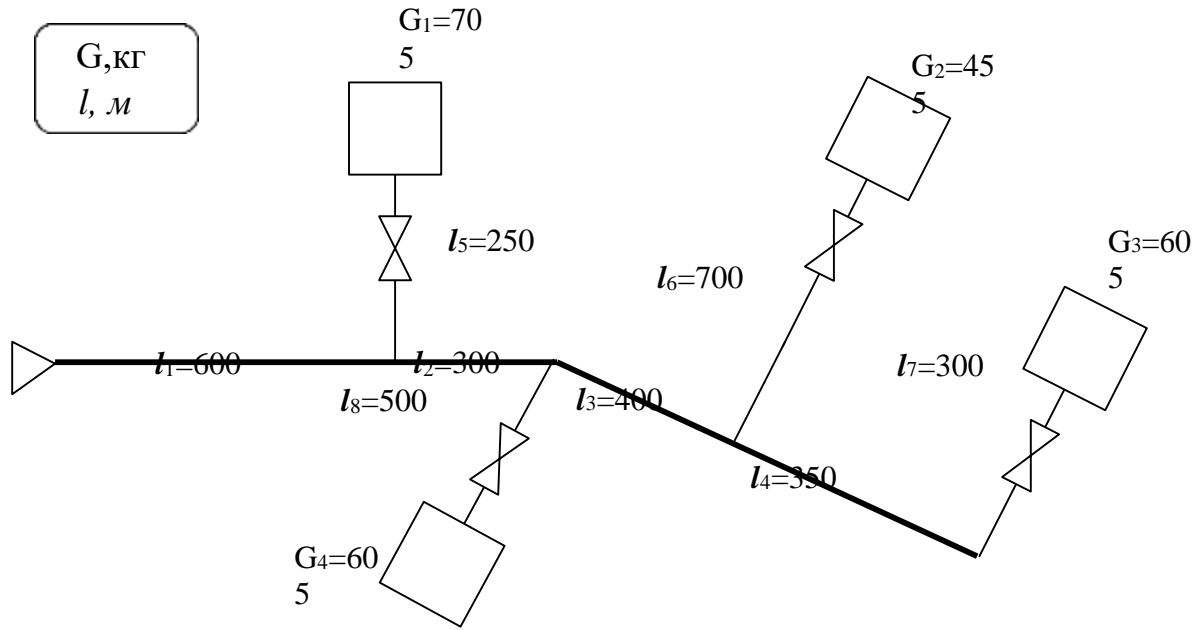
19.



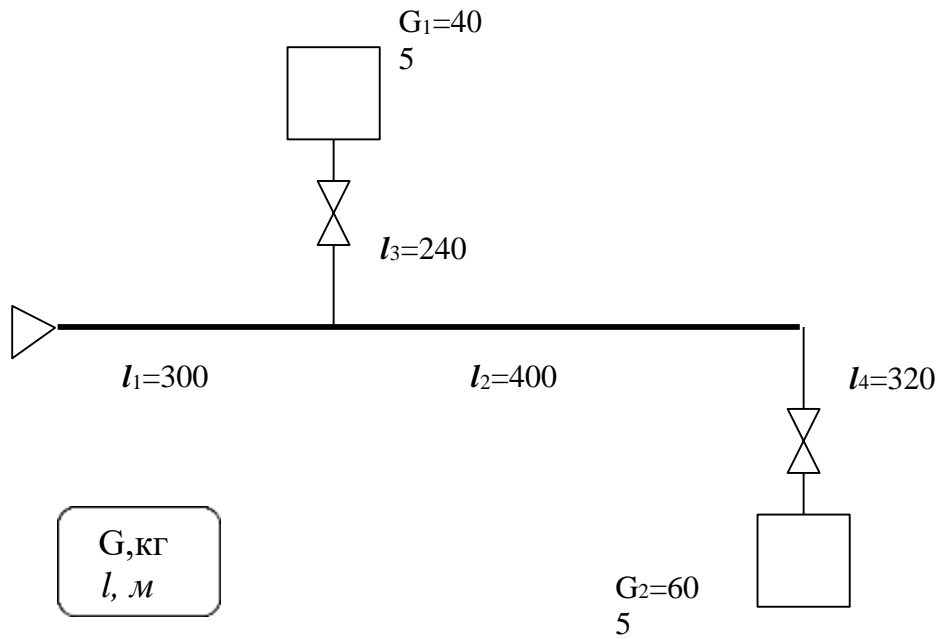
20.



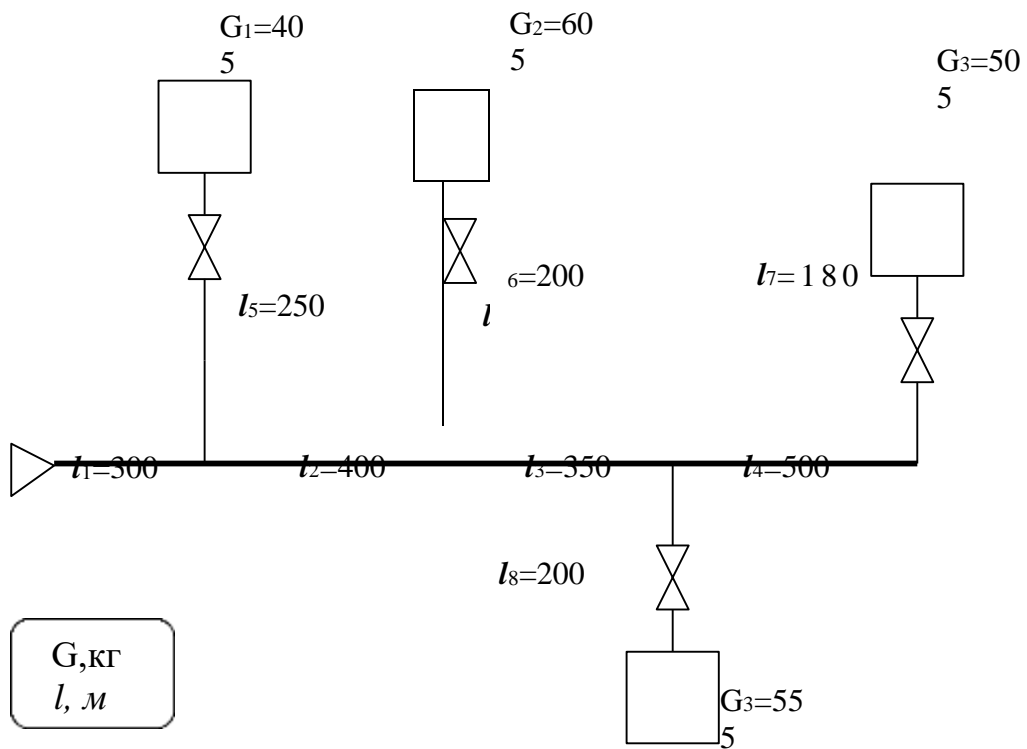
21.



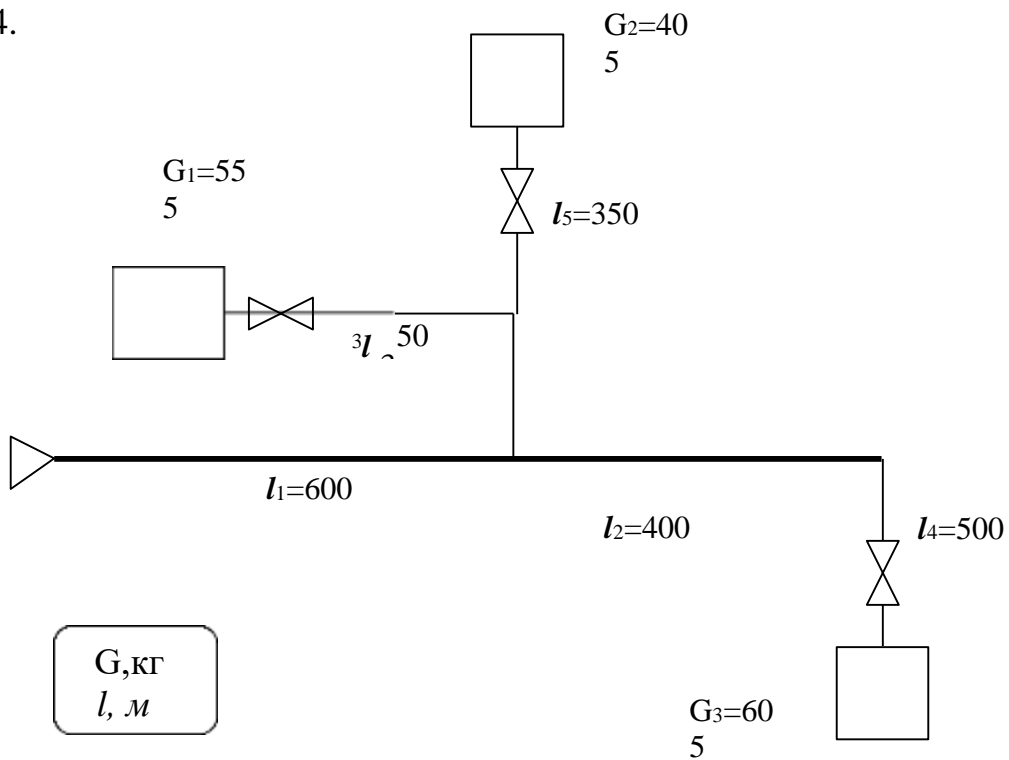
22.



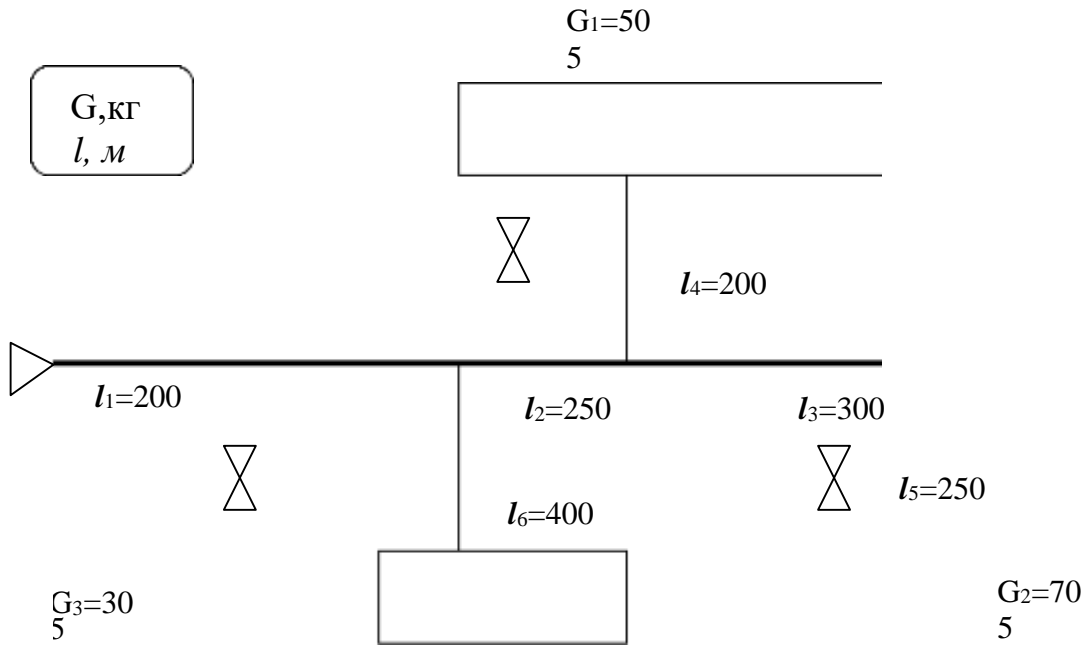
23.



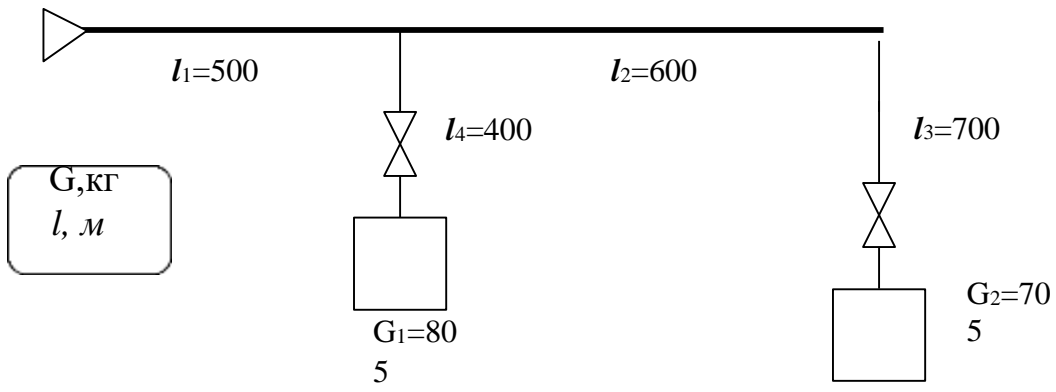
24.



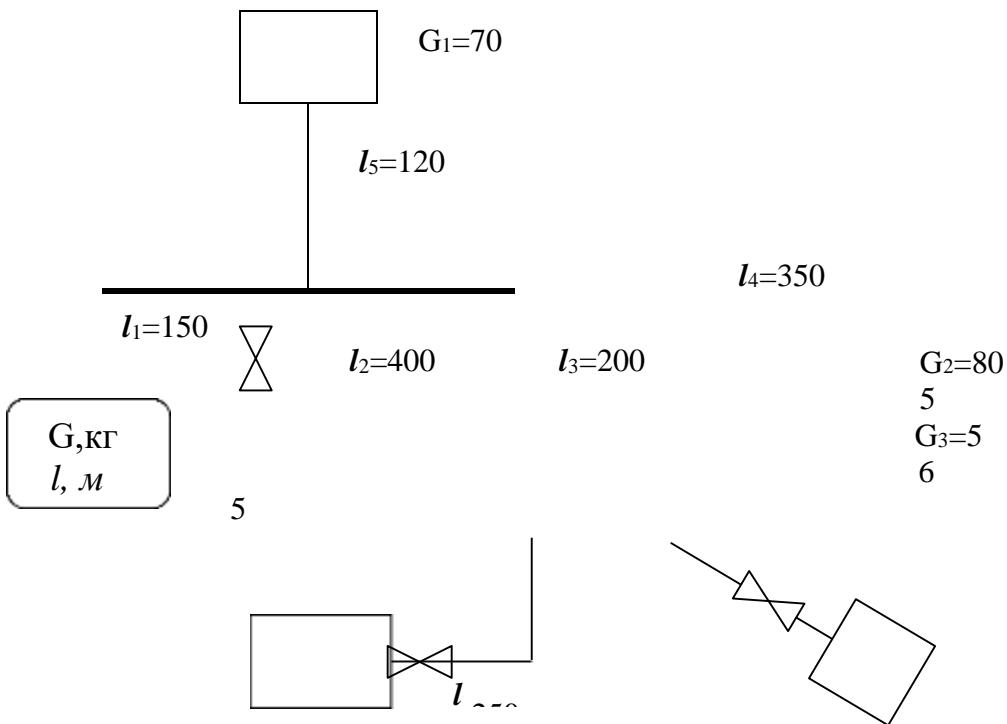
25.



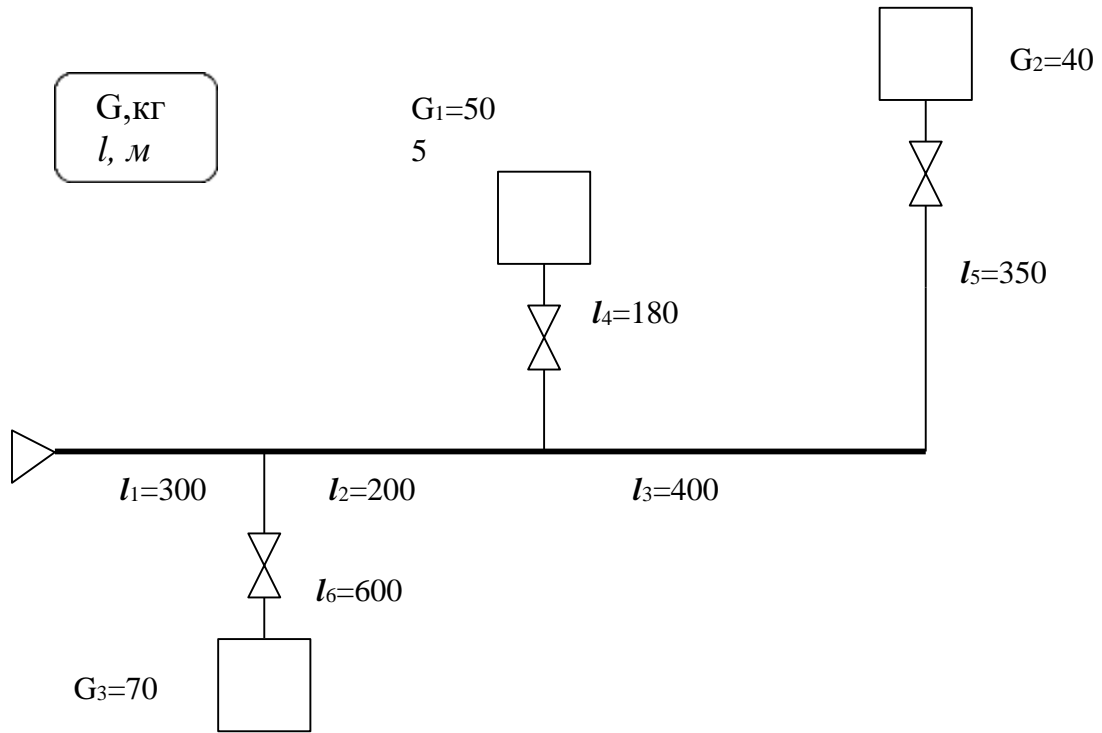
26.



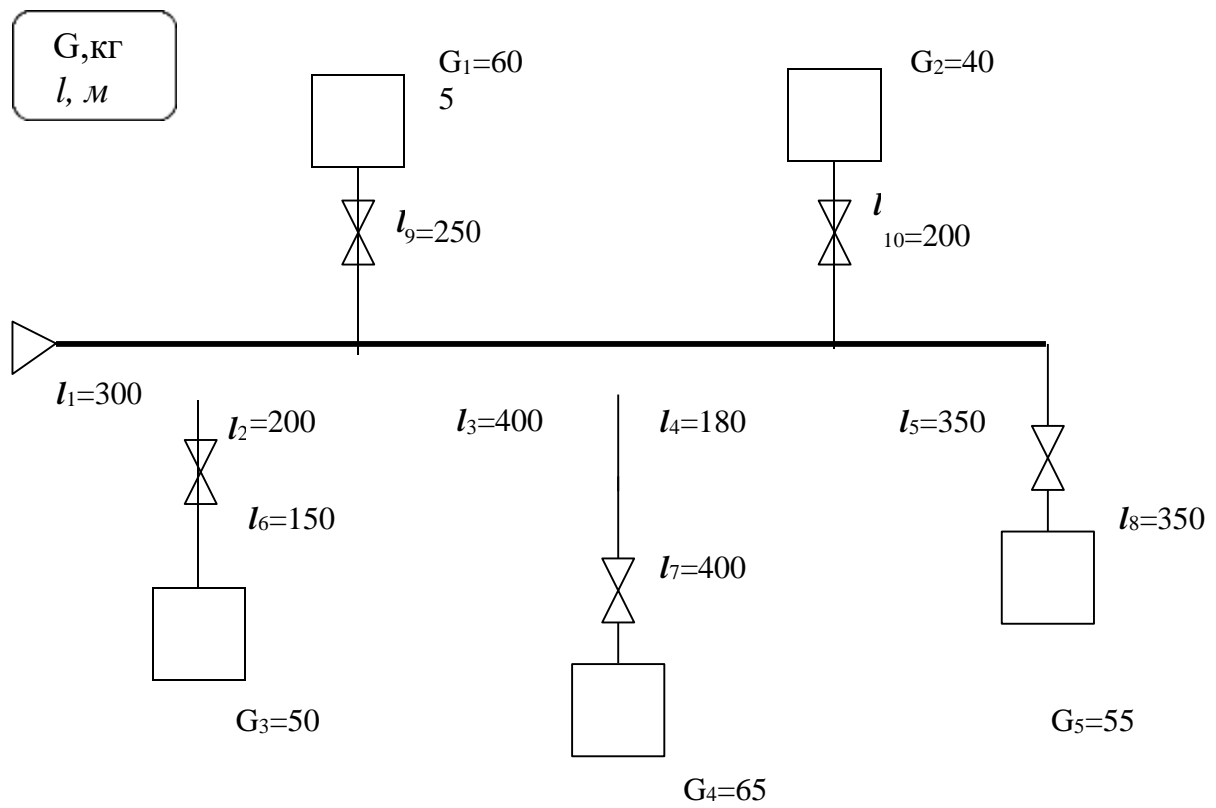
27.



28.



29.



30.

