МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ПОЛТАВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА
ІМЕНІ ЮРІЯ КОНДРАТЮКА»
КАФЕДРА ТЕПЛОГАЗОПОСТАЧАННЯ, ВЕНТИЛЯЦІЇ ТА ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКИ

Пояснювальна записка

до дипломного проекту
бакалавра

на тему : **Аналіз зміни гідравлічного режиму теплових мереж мікрорайону після проведення термомодернізації абонентів .**

Виконав: студент 2 курсу,
групи 201пНТ
спеціальності
144 Теплоенергетика
(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)
Верещака В.Д
(прізвище та ініціали)

Керівник Гічов Ю.А
(прізвище та ініціали)
Рецензент
(прізвище та ініціали)
Зав.кафедрою Голік Ю.С.
(прізвище та ініціали)

Полтава - 2022 року

Форма N Н-9.01

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

Інститут, факультет, відділення _ ***Навчально-науковий інститут нафти і газу***

Кафедра _ ***теплогазопостачання, вентиляції та теплоенергетики***

Освітньо-кваліфікаційний рівень ***бакалавр***

Спеціальність ***144 - Теплоенергетика***

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри, голова циклової комісії ***_Голік Ю.С.***

_____
"____"_____2022 року

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ СТУДЕНТА

Верещака Владислав Дмитрович

Тема проекту Аналіз зміни гідравлічного режиму теплових мереж мікрорайону після проведення термомодернізації абонентів

1/ Керівник проекту Гічов Ю.О. к.т.н..кафедри ТГВ

затверджені наказом вищого навчального закладу №156-фа від *"_1_"* *04* _____ року 2022

2. Строк подання студентом проекту 16.06. 2022 р.

3. Варіант забудови мікрорайону, розрахункові температури води в тепловій мережі (130-70 оС).,

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. Витрати теплоти на опалення, вентиляцію, гаряче водопостачання у мікрорайоні. Визначити гідравлічний розрахунок трубопроводів теплової мережі мікрорайону. Підбір мережних і підживлювальних насосів. Розрахунок теплових мереж після проведення термомодернізації. Розрахунок економічого ефекту.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) 1 лист: План забудови та схема траси теплових мереж мікрорайону, 2 лист. Монтажна схема трубопроводів темплової мережі мікрорайону,

3 лист. Прокладка попередньо ізольованих трубопроводів, 4 і 5 лист. Характеристика мережних та живільних насосів до та після термомодернізації. 6 лист. Висновки.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
–	–		

7. Дата видачі завдання 13.04. 2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Розрахунок теплових мереж до проведення термомодернізації абонентів	13.04 – 27. 04 2022 р.	
2	Розрахунок теплових мереж після проведення термомодернізації абонентів	28.04 – 10. 05 2022 р.	
3	Підбір мережного та живільного насосу та їх економічні показники	11.05 – 1.06 2022 р.	

Студент _____ **Верещака В.Д**
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту _____ **Гічов Ю.О.**
(підпис) (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ВСТУП **5**
1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ **7**
1.1 Мета проекту 7
1.2 Основні кліматологічні дані місця будівництва 8
1.3 Характеристика житлового мікрорайону 9
2 РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВИХ МЕРЕЖ ДО ПРОВЕДЕННЯ ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ **11**
2.1 Витрати теплоти на опалення, вентиляцію, гаряче водопостачання у мікрорайоні 11
2.2 Годинний графік витрати теплоти 12
2.3 Графік витрати теплоти від тривалості різних температур зовнішнього повітря 15
2.4 Річні витрати теплоти 17
2.5 Режим регулювання теплової мережі 19
2.5.1 Опалювальний графік температур теплоносія 19
2.5.2 Визначення розрахункових витрат теплоносія для теплової мережі 22
2.6 Гідравлічний розрахунок трубопроводів теплової мережі мікрорайону 25
2.6.1 Трасування теплової мережі 25
2.6.2 Оптимальний градієнт тиску по головній магістралі 26
2.6.3 Остаточний гідравлічний розрахунок 28
2.7 Тепловий розрахунок 32
2.8 Вибір будівельних конструкцій теплової мережі 36
2.8.1 Розрахунок Г-подібного компенсатора 36
2.9 Підбір мережних і підживлювальних насосів 38
3 РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВИХ МЕРЕЖ ПІСЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ **42**
3.1 Витрати теплоти на опалення, вентиляцію, гаряче водопостачання у мікрорайоні 42
3.2 Побудова годинного графіку витрати теплоти 43
3.3 Графік витрати теплоти від тривалості різних температур зовнішнього повітря 46
3.4 Річні витрати теплоти 48
3.5 Режим регулювання теплової мережі 50
3.5.1 Опалювальний графік температур теплоносія 50
3.5.2 Визначення розрахункових витрат теплоносія для теплової мережі 53
3.6 Остаточний гідравлічний розрахунок трубопроводів теплової мережі мікрорайону 56

3.7 Підбір мережних та живильних насосів 60
4.РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОГО ЕФЕКТУ 64
ВИСНОВКИ 66
ЛІТЕРАТУРА 67

Вступ

Житлові, громадські і промислові споруди в містах і робочих поселеннях є великими споживачами тепла. В житлових і громадських будівлях теплова енергія витрачається на комунально-побутові потреби і на забезпечення комфортних умов перебування людей в приміщеннях, що відповідають сучасному рівню розвитку техніки теплопостачання. В промислових спорудах, за умовами технології теплова енергія потрібна ще й для виготовлення різних видів продукції.

Необхідно відмітити, що споживання тепла з року в рік безперервно зростає. Збільшення споживання тепла в містах відбувається зі збільшенням кількості сучасних житлових та громадських будівель, що вводяться в експлуатацію, а також зі збільшенням втрат тепла при передачі та поганій ізоляції приміщень, що опалюються. В свою чергу ці будівлі характеризуються збільшенням норми корисної площі і норми витрати гарячої води на одну людину. Впровадження нових технологічних процесів і будівництво споруд з більш довершеними об'ємно-плановими досягненнями, що максимально відповідають функціонально-технологічному призначенню також вимагають збільшення споживання тепла.

Всі споживачі тепла умовно об`єднуються в дві групи: комунально-побутові і технологічні. До комунально-побутових відносяться споживачі теплової енергії в цілях опалення і вентиляції, а також для підігріву води.

У відповідності з призначенням кожна система, що є споживачем тепла, має свій режим роботи. Цей режим роботи визначається витратою тепла на протязі заданого проміжку часу, наприклад, однієї години, робочої зміни, доби, місяця, опалювального сезону або року.

Теплова мережа – це сукупність устаткування, за допомогою якого подається від джерела тепла (котельні) нагрітий теплоносій (з параметрами τ_1 = 130ºС) до споживачів тепла і повертається після часткового використання тепла у вигляді відпрацьованої гарячої води (τ_2 = 70ºС) до джерела тепла.

Для задоволення теплових потреб передбачуються відповідні інженерні пристрої, що забезпечуються теплом від теплових мереж: системи опалення, вентиляції, кондиціювання повітря, гарячого водозабезпечення, а також теплотехнічне обладнання для технологічних цілей. Кожен пристрій має власне призначення і задовольняє, як правило, один з видів теплоспоживання.

Отже, завданням є аналіз зміни гідравлічного режиму теплових мереж, яка має відповідати держстандарту, економічно виконаною, та в якій мають застосовуватись енергозберігаючі технології.

Об’єктом для розроблення дипломного проекту є житловий мікрорайон. Необхідно виконати аналіз роботи теплових мереж мікрорайону після проведення термомодернізації.

1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

1.1 Мета проекту

Завданням даного дипломного проекту є аналіз зміни гідравлічного режиму теплових мереж мікрорайону після проведення термомодернізації абонентів .

Метою проекту є: визначення економічних показників, роботи теплової мережі після проведення термомодернізації споживачем;

1.2 Вибір кліматологічних даних

Вихідними даними дипломного проекту є:

- Варіант забудови мікрорайону
- Розрахункові температури води в тепловій мережі (130-70 ºС).

Для умов мікрорайону згідно [2] кліматичними даними є:

- розрахункова температура зовнішнього повітря для проектування опалення – $t_{зо}$= – 20ºС;
- розрахункова температура зовнішнього повітря для проектування вентиляції – $t_{зв}$, = –7ºС;
- середню температуру зовнішнього повітря за опалювальний період – $t_{сер}$= -1ºС;
- тривалість опалювального періоду – $n_{оп}$= 165 діб;
- тривалість стояння температур зовнішнього повітря (табл. 1.2.1):

Таблиця 1.2.1 – Тривалість стояння температур зовнішнього повітря

Температура зовнішнього повітря ºС	-24,9…-20	-19,9…-15	-14,9…-10	-9,9…-5	-4,9…-0	0,1…-+5	+5,1…-+5	Всього
Число годин стояння	7	54	266	460	1050	1509	726	4032

1.3 Характеристика об’єкту теплопостачання

Теплова мережа – двотрубна, замкнена, тупикова, безканальна. Підключення абонентів до теплової мережі залежне через елеватор. Теплообмінники для приготування води на потреби гарячого водопостачання підключені по паралельній схемі і розміщені у кожного абонента (ІТП). Компенсація температурних деформацій відбувається за допомогою, сальникового компенсатора, а також за рахунок ділянок самокомпенсації. В місцях відводів на магістральному трубопроводі передбачені теплофікаційні камери, в яких встановлюється запірна арматура.

Для існуючого житлового мікрорайону у таблиці 1.3.1 наведені призначення будівлі та їх поверховість

Таблиця 1.3.1 – Характеристика мікрорайону

№	Назва будівлі	Кількість будинків	Кількість поверхів	Площа забудови	Житлова площа
1	Кінотеатр “Ювілейний”	1	1	235	-
2	Житловий будинок	2	4	398	223
3	Житловий будинок	2	4	921	1941
4	Житловий будинок	3	4	1842	4040
5	Житловий будинок	2	4	672	1378
6	Дитячий садок №12, 280місць	1	1	1488	-
7	Житловий будинок	3	5	921	2427
8	Музична школа, 50 дітей	1	1	1050	-
9	Житловий будинок	5	5	1101	2900
10	Житловий будинок	7	5	672	1720

Продовження таблиці 1.3.1

№	Назва будівлі	Кількість будинків	Кількість поверхів	Площа забудови	Житлова площа
11	Житловий будинок	2	9	1842	4040
12	Гуртожиток	2	3	810	1052
13	Школа на 960 учнів	1	3	2125	-
14	Навчальний корпус ДПТУ-6, 630 осіб	1	2	2125	-
15	Ресторан на 100 посадочних місць	1	2	1150	-

2 РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВИХ МЕРЕЖ ДО ПРОВЕДЕННЯ ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ

2.1 Витрата теплоти у мікрорайоні

Для існуючих теплових навантажень житлового мікрорайону маємо відомі витрати теплоти на опалення, вентиляцію та гаряче водопостачання, які наведені в таблиці 2.1.1

Таблиця 2.1.1 – Витрата теплоти у мікрорайоні

№ позиції на схемі	Кількість	Назва споживача	Теплове навантаження МВТ				
			На опалення Q_o	Сума Q_o	На гаряче водопостачання $Q_{гв}$	Сума $Q_{гв}$	На вентиляцію $Q_в$
1	2	3	4	5	6	7	8
'1	1шт	Кінотеатр “Ювілейний”	0,085	0,085	-	-	
2	2шт	Житловий будинок, 4 поверховий	0,253	0,506	0,232	0,464	
3	2шт	Житловий будинок, 4 поверховий	0,118	0,236	0,102	0,204	
4	3шт	Житловий будинок, 4 поверховий	0,112	0,336	0,232	0,696	
5	2шт	Житловий будинок, 4 поверховий	0,169	0,338	0,102	0,204	
6	1шт	Дитячий садок №12,	0,112	0,112	0,1	0,1	
7	3шт	Житловий будинок, 5 поверховий	0,367	1,101	0,165	0,495	
8	1шт	Музична школа № 72	0,195	0,195	0,03	0,03	0,057
9	5шт	Житловий будинок, 5 поверховий	0,193	0,965	0,341	1,705	
10	7шт	Житловий будинок, 5 поверховий	0,293	2,051	0,226	1,582	
11	2шт	Житловий будинок, 5 поверховий	0,367	0,734	0,188	0,376	
12	2шт	Гуртожиток, 5 поверховий	0,308	0,616	0,283	0,566	
13	1шт	Школа №47	0,224	0,224	0,34	0,34	
14	1шт	Навчальний корпус ДПТУ-6,	0,302	0,302	0,172	0,172	
15	1шт	Ресторан, 100 посадочних місць	0,222	0,222	0,22	0,22	
	Всього		**3,32**	**7,947**	**2,733**	**6,867**	**0,057**

2.2 Годинний графік витрати теплоти

Графік витрати теплоти дозволяє регулювати подачу теплоти споживачам залежно від температури зовнішнього повітря [4]. Будують графік витрати теплоти для всього мікрорайону міста (рис.1).

Витрата теплоти на опалення при температурі зовнішнього повітря $t_з$ буде:

$$Q_о = Q_о \cdot \frac{t_в - t_з}{t_в - t_{зо}} \qquad (11)$$

де $Q_о$ – розрахункова витрата тепла на опалення, МВт (таблиця 2.1.2);

$t_з$ – будь-яка температура зовнішнього повітря в діапазоні температур від +8 до $t_{зо}$.

Аналогічно визначають витрату тепла на вентиляцію, при температурі зовнішнього повітря, відмінної від $t_{зв}$.

$$Q_в = Q_в \cdot \frac{t_в - t_з}{t_в - t_{зв}} \qquad (12)$$

При температурі зовнішнього повітря нижче $t_{зв}$ годинна витрата тепла на вентиляцію дорівнює розрахунковій.

Витрата тепла на гаряче водопостачання в опалювальний період не залежить від температури зовнішнього повітря. Розрахунок теплових навантажень залежно від температури зовнішнього повітря виконую у табличній формі 2.2.1

Таблиця 2.2.1 – Теплові навантаження залежно від температури зовнішнього повітря

$t_з$, ^{Oc}	$Q_о$, МВт	$Q_в$, МВт	$Q_{гв}^{ср}$, МВт	∑Q, МВт
+8	2,04	0,0228	5,6	7,7
+5	2,7	0,0297		8,3
0	3,8	0,041		9,4
-5	4,8	0,052		10,5
-10, (-7)	5,9	0,064 (0,057)		11,6
-15	6,9	0,075		12,6
-20	7,947	0,087		13,6

1) Приклад розрахунку витрати теплоти на опалення при $t_{з.п}$= +8 ºС:

$$Q_о = 7{,}947 \cdot \frac{18-8}{18-(-20)} = 2{,}04\ МВт$$

2) Приклад розрахунку витрати теплоти на вентиляцію при $t_в$= +8 ºС:

$$Q_в = 0{,}057 \cdot \frac{18-8}{18-(-7)} = 0{,}0228\ МВт$$

3) Приклад розрахунку витрати теплоти на гаряче водопостачання:

$$Q_{гв}^{ср} = 6{,}867 \cdot \frac{60-15}{60-5} \cdot 0{,}8 = 5{,}6\ МВт$$

4) Приклад розрахунку сумарної витрати теплоти при $t_{з.п}$= +8 ºС:

$$\sum Q = 2{,}04 + 0{,}0228 + 5{,}6 = 7{,}7\ МВт$$

2.3 Графік витрати теплоти від тривалості різних температур зовнішнього повітря

Графік витрати теплоти по тривалості дозволяє визначити річну витрату теплоти, планувати завантаження обладнання тощо.

Графік по тривалості будують на основі сумарного графіка витрати тепла і тривалості стояння температур зовнішнього повітря.

Таблиця 2.3.1 – Число годин стояння температури зовнішнього повітря [1]:

$t_з$, °C	-20	-15	-10	-5	0	+5	+8
Число годин стояння	7	61	287	747	1797	3306	4032

Витрата тепла на ГВП в літній період $Q_{гв}^{ср.л}$ визначається за формулою:

$$Q_{гв}^{ср.л} = Q_{гв}^{ср} \cdot \frac{60 - t_{х.л}}{60 - t_х}, \quad (13)$$

$$Q_{гв}^{ср.л} = 6{,}867 \cdot \frac{60 - 15}{60 - 5} = 5{,}6 \ МВт$$

де $t_{х.л.}$ – температура холодної водопровідної води в літній період, $t_{х.л}$ = 15^{0}C;Q

$t_{х.}$ – температура холодної водопровідної води в опалювальний період, $t_{х.л}$ = 5^{0}C;

2.4 Річні витрати теплоти

Річну витрату теплоти, ГДж, можна визначити за формулою:

$$Q_{річ} = Q_{о}^{річ} + Q_{в}^{річ} + Q_{г.в}^{річ} \tag{14}$$

де $Q_{о}^{річ}, Q_{в}^{річ}, Q_{г.в}^{річ}$ – річні витрати на опалення, вентиляцію, гаряче водопостачання, ГДж

Річну витрату тепла на опалення, ГДж розраховую за формулою:

$$Q_{о}^{річ} = Q_{о}^{ср} \cdot 3600 n_{о} \tag{15}$$

де $Q_{о}^{ср}$ – середня витрата теплоти на опалення, МВт; $n_{о}$ – тривалість опалювального періоду, год.

Середньо-годинна витрата тепла на опалення за опалювальний період, ГДж:

$$Q_{о}^{ср} = Q_{о} \cdot \frac{t_{в} - t_{н}^{ср.о}}{t_{в} - t_{н.о}} \tag{16}$$

де $Q_{о}$ – розрахункова годинна витрата тепла на опалення, ГВт; $t_{н}^{ср.о}$ – середня за опалювальний період температура зовнішнього повітря, °С.

Річна витрата тепла на вентиляцію, ГДж:

$$Q_{в}^{річ} = Q_{в} z_{в} \cdot \frac{3600 n_{о}}{24} + Q_{в}^{ср} z_{в} \cdot \frac{3600 \cdot (n_{о} - n_{в})}{24} \tag{17}$$

Де $Q_{в}$ – розрахункова годинна витрата тепла на вентиляцію, ГВт; $n_{в}$ – число годин стояння температури зовнішнього повітря нижче $t_{з.п}$; $z_{в}$ – число годин роботи вентиляції за добу.

Середньо-годинна витрата тепла на вентиляцію в період стояння температур зовнішнього повітря від +8 °С до $t_{з.п}$

$$Q_{в}^{ср} = Q_{в} \cdot \frac{t_{в} - t_{н}^{ср.в}}{t_{в} - t_{н.о}} \tag{18}$$

де $t_н^{ср.в}$ – середня температура зовнішнього повітря в період стояння температур від +8 °С до $t_{з.п}$; $Q_в$ – витрата теплоти на вентиляцію.

Річну витрату тепла на гаряче водопостачання, ГДж визначаю за формулою:

$$Q_{г.в}^{год} = Q_{гв}^{ср} \cdot 3600 n_o + Q_{гв}^{ср.л} \cdot 3600 \cdot (8760 - n_o) \tag{19}$$

Де $Q_{гв}^{ср}$, $Q_{гв}^{ср.л}$ – середньо-годинна витрата теплоти за опалювальний і літній періоди, ГВт.

1)Розрахунок середньо-годинной витрати тепла на опалення:

$$Q_о^{ср} = 7{,}947 \cdot \frac{18-(-1)}{18-(-20)} = 3{,}97\ МВт$$

2)Розрахунок річної витрати тепла на опалення:

$$Q_о^{річ} = 3{,}97 \cdot 3600 \cdot 4032 = 57625344\ Дж$$

3)Розрахунок середньо-годинної витрати тепла на вентиляцію:

$$Q_в^{ср} = 0{,}057 \cdot \frac{18-(-1)}{18-(-7)} = 0{,}043\ МВт$$

4)Розрахунок річної витрати теплоти на вентиляцію:

$$Q_в^{річ} = 0{,}057 \cdot \frac{4032}{24} + 0{,}043 \cdot 8 \cdot \frac{4032-400}{24} = 61{,}6\ Дж$$

5)Річна витрата тепла на гаряче водопостачання:

$$Q_{гв}^{річ} = 6{,}867 \cdot 4032 + 5{,}6 \cdot (8760 - 4032) = 54164{,}5\ Дж$$

6)Розрахунок річної витрати тепла:

$$Q^{річ} = 57625344 + 61{,}6 + 54164{,}5 = 57679570{,}1\ Дж$$

2.5 Режим регулювання теплової мережі

2.5.1 Опалювальний графік температур теплоносія

В основі режиму центрального якісного регулювання може бути опалювальний графік температур теплоносія. Опалювальний графік передбачають при паралельній схемі підключення підігрівачів чи двохступеневій змішаній.

В даному дипломному проекті передбачена закрита теплова мережа з паралельною схемою підключення теплообмінників, тобто режим регулювання здійснюється по опалювальному графіку температур теплоносія.

Для побудови опалювального графіка визначають температуру теплоносія в падаючому трубопроводі теплової мережі τ_1,при декількох значеннях температури зовнішнього повітря $t_з$. Значеннями $t_з$ попередньо задаються в діапазоні від +8 до $t_{зо}$:

$$\tau_1 = t_в + (\tau_{пр.о} - t_в) \cdot \overline{Q_o^{0,8}} + (\tau_{1o} - \tau_{пр.о}) \cdot \overline{Q_o} \tag{20}$$

$$\tau_1 = 18 + (82,5 - 18) \cdot 0,263^{0,8} + (130 - 82,5) \cdot 0,263 = 52,65^o C$$

Паралельно визначають і температуру в зворотному трубопроводі при температурі $t_з$:

$$\tau_2 = \tau_1 - (\tau_{1o} - \tau_{2o}) \cdot \overline{Q_o} \tag{21}$$

$$\tau_2 = 52,65 - (130 - 70) \cdot 0,263 = 36,87^o C$$

де $t_в$ – розрахункова температура внутрішнього повітря, °С; τ_{1o}, τ_{2o} - температура теплоносія відповідно в падаючому і зворотному трубопроводах теплової мережі при $t_{зо}$; $\tau_{пр.о}$ - середня температура теплоносія в нагрівальних приладах системи опалення, визначається за формулою:

$$\tau_{пр.о} = \frac{\tau_{зм} + \tau_{2o}}{2} \tag{22}$$

$$\tau_{пр.о} = \frac{95 + 70}{2} = 82.5^o C$$

$\tau_{зм}$ - температура теплоносія в падаючому трубопроводі системи опалення;

$\overline{Q_o}$ - відносна витрата тепла на опалення при температурі зовнішнього повітря $t_з$,

$$\overline{Q_o} = (\frac{t_в - t_з}{t_в - t_{зо}}) \qquad (23)$$

$$\overline{Q_o} = (\frac{18-8}{18-(-20)}) = 0{,}158$$

Розрахунок температури теплоносія записую в табличній формі (табл.2.5.1)

Таблиця 2.5.1 – Розрахунок температури теплоносія

Параметри	Температура зовнішнього повітря $t_з$ °С						
	+8	+5	0	-5	-10	-15	-20
$\overline{Q}$	0,158	0,205	0,284	0,363	0,442	0,521	0,6
τ_1	52,65	61,58	75,9	89,88	103,43	116,82	130
τ_2	36,87	40,7	47,52	53,58	59,27	64,74	70

По отриманим результатам будую опалювальний графік температур теплоносія.

Температура теплоносія в тепловій мережі при закритій системі не повинна знижуватись нижче 70 °С [3]. Лінії, що характеризують температуру мережної води в падаючому і зворотному трубопроводах, мають перелом.

Температура $t_з^/$ ділить опалювальний період на дві зони з різним характером регулювання систем опалення, вентиляції та гарячого водопостачання. В діапазоні температур від +8 до $t_з^/$ передбачають місцеве кількісне регулювання, а від $t_з^/$ до $t_{зо}$ – центральне якісне (рис.3).

2.5.2 Визначення розрахункових витрат теплоносія для теплової мережі

Витрати теплоносія для окремих ділянок теплової мережі у мікрорайоні згідно [3] розраховують за допомогою формули

$$G_р = G_о + G_в + \mathbf{к_з}\, G_{г.в.}^{сер.} \qquad (33)$$

де $G_о$,$G_в$, $G_{гв.}^{сер.}$– відповідно розрахункові витрати теплоносія на опалення, вентиляцію та гаряче водопостачання; $\mathbf{к_з}$– коефіцієнт, що залежить від теплового навантаження на ділянку. При загальному тепловому навантаженні 100 МВт і більше $\mathbf{к_з}$=1,0; при тепловому навантаженні, меншому ніж 100 МВт, але більшому за 10 МВт $\mathbf{к_з}$= 1,2. Якщо теплове навантаження менше від 10 МВт, то у формулі замість $Q_{гв}^{ср}$ підставляють $Q_{гв}^{max}$, а $\mathbf{к_з}$=1,0.

Розрахункову витрату теплоносія на опалення $G_о$ визначаю за формулою, кг/с:

$$G_o = \frac{Q_{р.о}}{c(\tau_{10} - \tau_{20})} \qquad (34)$$

де $Q_{р.о.}$– розрахункові витрати теплоти на опалення школи;

τ_{10}, τ_{20} – розрахункові температури теплоносія в подавальному та зворотному трубопроводах; 150-70 ºС;

c – теплоємність води, яка становить c = 4,187 кДж/кгºС.

$$G_в = \frac{Q_{р.в}}{c(\tau_{1в} - \tau_{2в})} \qquad (35)$$

де $Q_{р.в.}$– розрахункові витрати теплоти на вентиляцію;

На гаряче водопостачання, при регулюванні по опалювальному графіку та підключенню теплообмінників за двохступеневою-послідовною схемою, розрахункові витрати теплоносія $G_{гв}^{ср}$ обчислюю за допомогою рівняння, кг/с:

$$G_{гв}^{ср} = \frac{Q_{гв}^{ср}}{c(\tau_1^{/} - \tau_3^{/})} \qquad (36)$$

де $Q_{гв}^{ср}$ - середня витрата теплоти на гаряче водопостачання, кВт;

Виконую розрахунок витрат теплоносія та записую в табличній формі (табл.2.5.2)

Таблиця 2.5.2 – Розрахунок витрати теплоносія для мікрорайону

№ позиції на схемі	Кількість	Назва споживача	$G_о$, кг/с	$G_в$, кг/с	$G_{гв}$, кг/с	$\sum G$,кг/с
1	2	3	*4*	*5*	*6*	*7*
'1	1шт	Кінотеатр “Ювілейний”	0,34	-	-	0,34
2	2шт	Житловий будинок, 4 поверховий	1,01	-	2,81	3,82
3	2шт	Житловий будинок, 4 поверховий	0,47	-	1,24	1,71
4	3шт	Житловий будинок, 4 поверховий	0,45	-	1,21	1,66
5	2шт	Житловий будинок, 4 поверховий	0,67	-	2	2,67
6	1шт	Дитячий садок №12,	0,45	-	0,36	0,81
7	3шт	Житловий будинок, 5 поверховий	1,46	-	4,13	5,59
8	1шт	Музична школа № 72	0,78	0,227	2,74	3,75
9	5шт	Житловий будинок, 5 поверховий	0,77	-	2,28	3,05
10	7шт	Житловий будинок, 5 поверховий	1,17	-	3,43	4,6
11	2шт	Житловий будинок, 5 поверховий	1,46	-	4,12	5,58
12	2шт	Гуртожиток, 5 поверховий	1,23	-	2,09	3,32
13	1шт	Школа №47	0,89	-	2,67	3,56
14	1шт	Навчальний корпус ДПТУ-6,	1,20	-	2,09	3,29
15	1шт	Ресторан, 100 посадочних місць	0,88	-	1,41	2,29

1) Приклад розрахунку витрати теплоносія на опалення, вентиляцію, гаряче водопостачання житлового будинку:

$$G_o = \frac{253}{4{,}187 \cdot (130-70)} = 1{,}01 \ кг/с$$

$$G_{гв}^{ср} = \frac{232 \cdot 0{,}55}{4{,}187 \cdot (70-42)} = 2{,}81 \ кг/с$$

2) Приклад розрахунку витрати теплоносія на опалення, вентиляцію, гаряче водопостачання дитячого садка:

$$G_o = \frac{0{,}112}{4{,}187 \cdot (130-70)} = 0{,}45 \ кг/с$$

$$G_{гв}^{ср} = \frac{100 \cdot 0{,}55}{4{,}187 \cdot (70-42)} = 0{,}36 \ кг/с$$

4) Приклад розрахунку витрати теплоносія на опалення, вентиляцію, гаряче водопостачання музичної школи:

$$G_o = \frac{195}{4{,}187 \cdot (130-70)} = 0{,}78 \ кг/с$$

$$G_в = \frac{57}{4{,}187 \cdot (113-59)} = 0{,}227 \ кг/с$$

$$G_{гв}^{ср} = \frac{30 \cdot 0{,}55}{4{,}187 \cdot (70-42)} = 2{,}74 \ кг/с$$

Аналогічно виконую розрахунок витрати теплоносія для інших будівель та знаходжу витрату теплоносія в мережі.

5) Приклад витрати теплоти в мережі:

$G_p = 1{,}01 + 2{,}81 = 3{,}82 \ кг/с$ (житловий будинок)

$G_p = 0{,}45 + 0{,}36 = 0{,}81 \ кг/с$ (дитячий садок)

$G_p = 0{,}78 + 2{,}74 + 0{,}227 = 3{,}52 \ кг/с$ (музична школа)

2.6 Гідравлічний розрахунок трубопроводів теплової мережі мікрорайону

2.6.1 Трасування теплової мережі мікрорайону

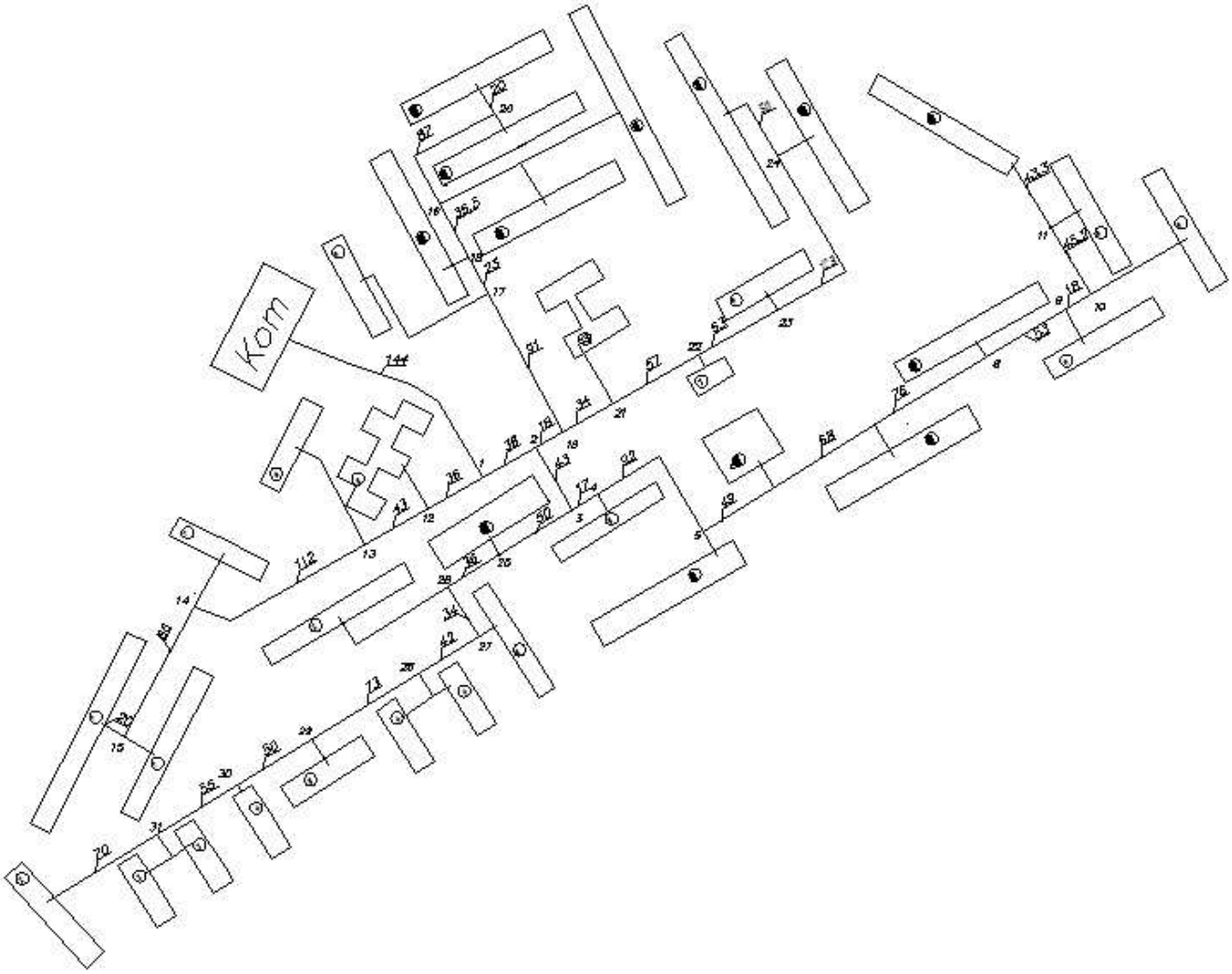


Рисунок 4 – Схема теплової мережі мікрорайону

2.6.2 Оптимальний градієнт тиску по головній магістралі

Гідравлічний розрахунок теплових мереж від джерела теплоти (котельні) до ІТП виконують у два етапи: попередній гідравлічний розрахунок та остаточний.

Метою попереднього гідравлічного розрахунку – визначення матеріальної характеристики теплової мережі та оптимальний градієнт тиску на головній магістралі.

Визначення коефіцієнта техніко-економічних показників та обладнання теплової мережі [6]:

$$\varphi = \eta_{н.у.} \frac{(f_{т.м.} + E_n) \cdot в + 3{,}6 \cdot \pi \cdot к(\tau_{ср.} - t_o) \cdot \beta \cdot n \cdot 10^{-6} \cdot B_m}{(1+\alpha)\mathrm{n}_{\text{м.н}} \cdot \mathrm{B}_e} \tag{40}$$

$$\varphi = 0{,}6 \cdot \frac{(0{,}075 + 0{,}12) \cdot 400 + 3{,}6 \cdot 3{,}14 \cdot 1 \cdot (57-5) \cdot 1{,}2 \cdot 4032 \cdot 10^{-6} \cdot 1642}{(1+0{,}3) \cdot 6000 \cdot 1{,}3} = 0{,}28$$

У цій формулі $\eta_{т.у.}$- ККД насосної установки, $\eta_{н.у}$ = 0,6 $f_{т.м}$ – частка відрахувань на амортизацію, ремонт і обслуговування теплової мережі, приймають 0,075, 1/рік; $E_н$ – нормативний коефіцієнт ефективності, $E_н$ = 0,12, 1/рік; в – коефіцієнт, який характеризує вартість теплової мережі, грн./м^2, його значення приймають залежно від типу ґрунту й способу прокладення теплової мережі; к- коефіцієнт теплопередачі від теплоносія в навколишнє середовище, при техніко-економічних розрахунках можна приймати к = 1 Вт/(м^2°С); $\tau_{сер}$ – середня температура теплоносія в теплової мережі приймають по опалювальному графіку залежно від середньої температури зовнішнього повітря в опалювальний період; t_o- температура навколишнього середовища, при підземному прокладанні приймають середню температуру ґрунту на глибині осі трубопроводу,$t_{гр}$ = 5 °С; β – 1,2; n – кількість годин роботи теплової мережі протягом року; $B_т$ – вартість теплової енергії, 1642 грн./ГДж; $B_е$- вартість електричної енергії, грн./кВт*год.; α- коефіцієнт, який ураховує втрати тиску на місцевих опорах, α = 0,3; $n_{н.н}$ – кількість годин використання розрахункової потужності мережних насосів.

Визначення оптимального градієнта тиску по головній магістралі [6]:

$$R_{опт} = 26600 \cdot (\varphi \frac{M_o R_o^{0,19}}{G_o L})^{0,84} \tag{41}$$

$$R_{опт} = 26600 \cdot (0,28 \cdot \frac{3820,4 \cdot 12^{0,19}}{2098,1 \cdot 890})^{0,84} = 42 \text{ Па/м}$$

де – M_o матеріальна характеристика теплової мережі, визначена на основі попереднього гідравлічного розрахунку;

R_o – градієнт тиску по головній магістралі при матеріальній характеристиці M_o;

G_o – розрахункова витрата теплоносія в тепловій мережі;

L – загальна довжина головної магістралі (табл. 2.8.2);

φ – коефіцієнт, який залежить від техніко-економічних показників та обладнання теплової мережі, Вт/м^2.

2.6.3 Остаточний гідравлічний розрахунок

Задавшись оптимальним градієнтом тиску по головній магістралі $R_{опт}$=80 Па, виконую остаточний гідравлічний розрахунок мікрорайону та записую результати в табличній формі (табл.2.7.3)

Таблиця 2.6.3 – Остаточний гідравлічний розрахунок мікрорайону

№ діл	G кг/с	Dн x S	L м	R, Па	v м/сек	КМО	$L_{екв}$	$L_{пр}$	ΔP кПа
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Головна магістраль К-1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-буд.10 Rопт= 80 Па/м									
Кот-1	119,5	325 x 8	144	95,7	1,67		64,9	208,9	19,9
1-2	98,38	325 x 8	36	63,8	1,36		24,9	60,9	3,8
2-3	54,22	273 x 7	43	49	1,07		20	53	2,5
3-4	29,55	194 x 5	17	91,8	1,18		11,7	28,7	2,6
4-5	27,26	194 x 5	92	74,3	1,06		21,8	113,8	8,4
5-6	23,95	194 x 5	49	58,7	0,94		11,7	60,7	3,5
6-7	21,66	194 x 5	68	49,3	0,86		11,7	79,7	3,9
7-8	18,35	159 x 4,5	76	102,6	1,09		7,8	83,8	8,5
8-9	13,75	159 x 4,5	53	54,7	0,8		7,8	60,8	3,3
9-10	10,7	133 x 4	18	86,7	0,89		8,8	26,8	2,3
10-11	7,65	133 x 4	45,2	45,4	0,65		6,6	51,8	2,3
11-Буд 10	4,60	108 x 4	43,3	54,3	0,61		1,65	44,9	2,4
									63,4

Продовження таблиці 2.6.3

Відгалуження 1-12-13-14-15-Буд.7 $\Delta P_р$=43,5 кПа									
1-12	21,13	194 х 5	36	45	0,82		11,7	47,7	2,1
12-13	17,61	159 х 4,5	43	97,2	1,06		7,8	50,8	4,9
13-14	16,8	159 х 4,5	112	86,7	1		11,7	123,7	10,7
14-15	11,2	133 х 4	86	95,2	0,94		8,8	94,8	9
15-Буд 7	5,60	108 х 4	20	80,4	0,74		1,65	21,6	1,7
$\varepsilon = \frac{43,5-28,4}{43,5} \cdot 100 = 34\ \%$						dш $= 11,3 * \sqrt{\frac{21,13:0,28}{\sqrt{4,35-2,84}}} = 88,5$ мм.			28,4
Відгалуження 2-16-17-18-19-20-Буд.10 $\Delta P_р$=39,7кПа									
2-16	44,16	273 х 7	18	32,6	0,87		20	38	1,2
16-17	27,03	194 х 5	91	74,3	1,06		11,7	102,7	7,6
17-18	23,98	194 х 5	23	58,7	0,94		11,7	34,7	2
18-19	19,38	194 х 5	35,5	38,8	0,77		11,7	47,2	1,8
19-20	9,2	133 х 4	87	63,7	0,77		8,8	95,7	6
20-буд. 10	4,60	108 х 4	20	54,3	0,61		1,65	55,3	3
$\varepsilon = \frac{39,7-21,6}{39,7} \cdot 100 = 45\ \%$						dш $= 11,3 * \sqrt{\frac{44,16:0.28}{\sqrt{4,35-2,16}}} = 116,6$ мм.			21,6

Продовження таблиці 2.6.2

Відгалуження 16-21-22-23-24-Буд.11 ΔP_p=37,2 Па									
16-21	17,13	159 х 4,5	34	86,7	1		7,8	41,8	3,6
21-22	13,57	159 х 4,5	57	54,7	0,8		7,8	64,8	3,5
22-23	13,23	159 х 4,5	53	50,7	0,77		7,8	60,8	3
23-24	10,18	133 х 4	123	78,7	0,85		6,6	129,6	10,1
24-Буд.11	5,58	108 х 4	50	86,3	0,77		1,65	51,6	4,4
$\varepsilon = \frac{37,2-24,6}{37,2} \cdot 100 = 33\%$ dш $= 1,3 * \sqrt{\frac{17,13:0.28}{\sqrt{4,35-2,46}}} = 75,3$ мм.									24,6
Відгалуження 3-25-26-27-28-29-30-31-Буд.2 ΔP_p=37,2 кПа									
3-25	24,67	194 х 5	50	63,7	0,98		11,7	61,7	3,9
25-26	21,38	194 х 5	36	45	0,82		15,9	51,9	2,3
26-27	17,56	159 х 4,5	34	91,8	1,03		10,6	44,6	4
27-28	14,82	159 х 4,5	42	67,5	0,89		7,8	49,8	3,3
28-29	11,57	159 х 4,5	73	36,3	0,65		7,8	80,8	2,9
29-30	8,9	133 х 4	50	63,7	0,77		6,6	56,6	3,6
30-31	7,24	133 х 4	55	40,8	0,61		6,6	61,6	2,5
31-Буд.2	3,82	108 х 4	70	37	0,5		1,65	71,6	2,6
$\varepsilon = \frac{37,2-25,1}{37,2} \cdot 100 = 34\%$ $d = 11,3 * \sqrt{\frac{24,67:0.28}{\sqrt{4,35-2,51}}} = 91$ мм.									25,1

Якщо різниця тисків відгалудження і головної магістралі більша 10%, то потрібно вмонтувати діафрагму. В моєму випадку це потрібно зробити на таких відгалудженнях :

1. Відгалудження 1-12-13-14-15-Буд.7 похибка склала 34 %;
2. Відгалудження 2-16-17-18-19-20-Буд.20 похибка склала 45 %;
3. Відгалудження 16-21-22-23-24-Буд.11 похибка склала 33 %;
4. Відгалудження 3-25-26-27-28-29-30-31-Буд.2 похибка склала 34 %;

Діаметр діафрагми становитиме:

$$d = 11.3 * \sqrt{\frac{G}{\sqrt{\Delta P_{\text{гол}} - \Delta P_{\text{відг.}}}}} \quad (42)$$

$$d = 11.3 * \sqrt{\frac{21{,}13:0.28}{\sqrt{4{,}35-2{,}84}}} = 88{,}5 \text{ мм.}$$

2.7 Тепловий розрахунок

Задачами теплового розрахунку являються: визначення втрат тепла через трубопровід і ізоляцію в оточуюче середовище, розрахунок падіння температури теплоносія при транспортуванні його по теплопроводу і визначення економічно найвигіднішої товщини ізоляції.

В даному дипломному проекті задачею теплового розрахунку є визначення товщини теплової ізоляції на ділянці трубопроводу. При проектуванні теплових мереж товщину ізоляції визначають виходячи із норм втрат тепла, заданого перепаду температур на ділянці теплової мережі, допустимої температури на поверхні конструкції і техніко-економічного розрахунку.

Розрахунок теплової ізоляції виходячи із норм втрат тепла полягає у визначенні товщини основного ізоляційного шару для умови, щоб втрати тепла не перевищували норм.

Для прикладу обираю ділянку мікрорайону 23-24 (рис.7), діаметр якої станове 133 мм. та виконую розрахунок товщини теплової ізоляції.

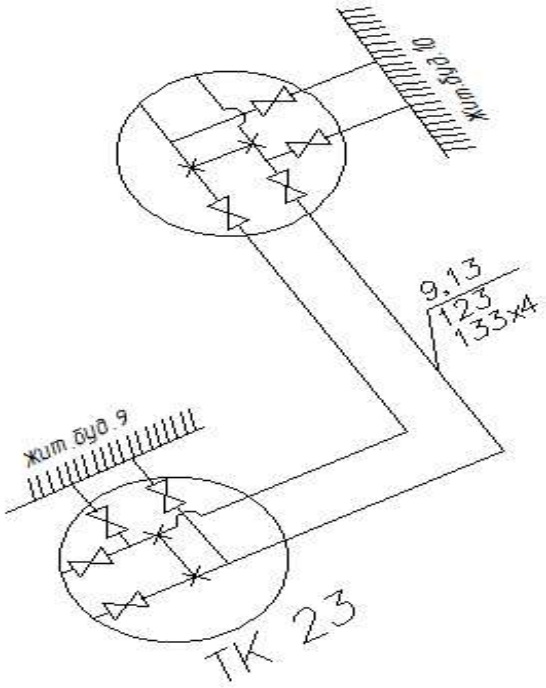


Рисунок 5 – Схема ділянки 23-24

Порядок розрахунку:

1. Загальний опір подаючого трубопроводу розраховую за формулою:

$$\sum R = \frac{\tau_{ср} - t_o}{q}$$
$$\sum R = \frac{90-5}{70} = 1{,}21 \ м,^o C / Вт \quad (43)$$

де q – норма втрат тепла, Вт/м [3] $\tau_{ср}$ - розрахункова температура теплоносія середня за рік; t_o – середньорічна температура рунта на осі закладання трубопроводу, приймаємо t_o=+5°С.

2. Підставляю діаметр конструкції в розрахунок:

$$D_к = 133 + 2 \cdot 70 = 233 \ мм \quad (44)$$

3. Протидія ґрунту визначаю за формулою:

$$R_{гр} = \frac{\ln \frac{4 \cdot h}{D_{екк}}}{2\pi\lambda_{гр}} \quad (45)$$

$$R_{гр} = \frac{\ln \frac{4 \cdot 1{,}2}{0{,}233}}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 1{,}7} = 0{,}283 \ м,^o C / Вт$$

де – h глибина залягання осі трубопроводу, м; $D_{екв}$ – зовнішній діаметр конструкції трубопроводу або еквівалентний діаметр каналу, м;

$\lambda_{гр}$ - розрахунковий коефіцієнт теплопровідності грунту, для маловогого/сухого грунту $\lambda_{гр}$ = 1,7, для волого $\lambda_{гр}$ = 2,3, для водонасиченого $\lambda_{гр}$ = 2,9 Вт/(м, °С)

4. Розраховую опір вплив зворотнього трубопровода на подаючий:

$$R_{1-2} = \psi_1 \frac{\ln \sqrt{1 + (\frac{2h}{\alpha})^2}}{2\pi\lambda_{гр}} \quad (46)$$

$$R_{1-2} = \frac{43}{70} \cdot \frac{\ln\sqrt{1+\left(\frac{2\cdot 1,2}{0,27}\right)^2}}{2\cdot 3,14\cdot 17} = 0,126 \ мм,^{o}\ C/Вт$$

де - ψ коефіцієнт, який враховує взаємний вплив труб (для подаючого трубопроводу $\psi_1 = q_{зв}/q_{под}$, для зворотнього $\psi_2 = q_{под}/q_{зв}$); α = відстань ро горизонтам між осями трубопроводів

5. Протидія ізоляції розраховую за формулою:

$$\sum R = R_{із} + R_{гр} + R_{1-2}$$

Звідси знаходжу:

$$R_{із} = \sum R - (R_{гр} + R_{1-2}) \qquad (47)$$

$$R_{із} = 1,21 - (0,283 + 0,126) = 0,81 \ м,^{o}C/Вт$$

6. Визначаю коефіцієнт теплопровідності ізоляції, Вт/(м, ºС):

$$\lambda_{із} = 1.163 \cdot 1.2 \cdot (0.046 + 0.00016 \cdot 57) = 0,077; \ Вт/(м, ºС) \qquad (48)$$

7. Обчислюю товщину основного ізоляційного шару, мм:

$$\delta_{із} = D_н \cdot \frac{e^{2\pi\lambda_{ІЗ}R_{ІЗ}} - 1}{2} \qquad (49)$$

де - $\lambda_{ІЗ}$ коефіцієнт теплопровідності ізоляції, Вт/(м, ºС); $D_н$ – зовнішній діаметр трубопроводу, мм.;

$$\delta_{із} = 159 \cdot \frac{e^{2*3,14*0,077*0,81} - 1}{2} = 151 \text{ мм}$$

<u>Приймаю товщину ізоляції для подаючого трубопровода 151 мм.</u>

Аналогічно розраховую зворотній трубопровід:

$$\sum R = \frac{50-5}{43} = 1{,}98 \ м,^{o}C/Вт \qquad (50)$$

8) Розраховую опір вплив зворотнього трубопровода на подаючий:

$$R_{1-2} = \frac{79}{46} \cdot \frac{\ln\sqrt{1+\left(\frac{2\cdot 1{,}2}{0{,}27}\right)^2}}{2\cdot 3{,}14\cdot 17} = 0{,}334 \ мм, oC/Вт \qquad (51)$$

9) Розрахунок опору ізоляції

$$R_{із}^{звор} = 1{,}98 - (0{,}283 + 0{,}334) = 1{,}36 \qquad (52)$$

10) Коефіцієнт теплопровідності ізоляції

$$\lambda_{із} = 1.163 \cdot 1.2 \cdot (0.046 + 0.00016 \cdot 50) = 0{,}075; \qquad (53)$$

11) Товщина основного ізоляційного шару

$$\delta_{із} = 159 \cdot \frac{e^{2*3{,}14*0{,}077*1{,}36} - 1}{2} = 77 \ мм \qquad (54)$$

<u>Приймаю ізоляцію для зворотнього трубопровода 77 мм</u>.

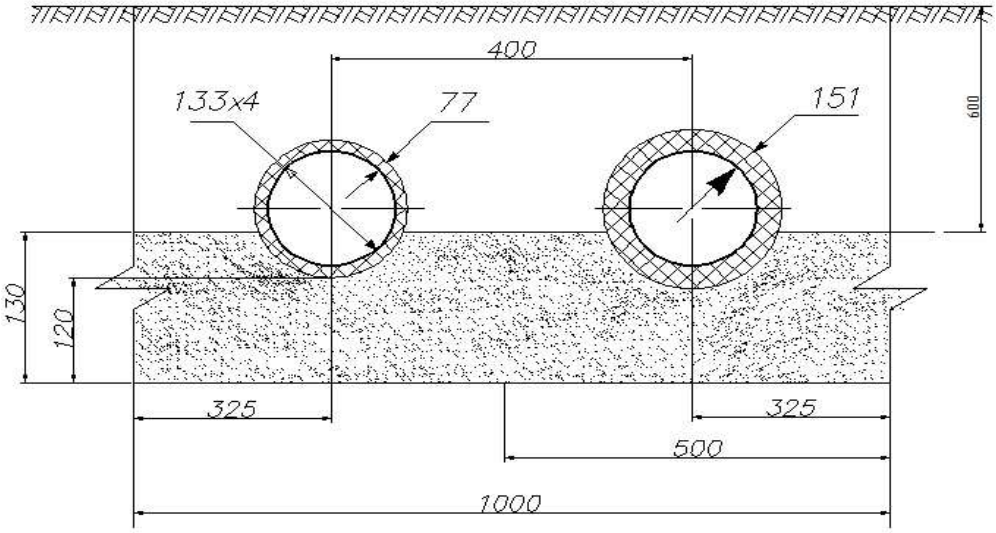


Рисунок 6 – Прокладка попередньо ізольваних трубопроводів

2.8 Вибір будівельних конструкцій теплової мережі

2.8.1 Розрахунок Г-подібного компенсатора (ділянка 4-5)

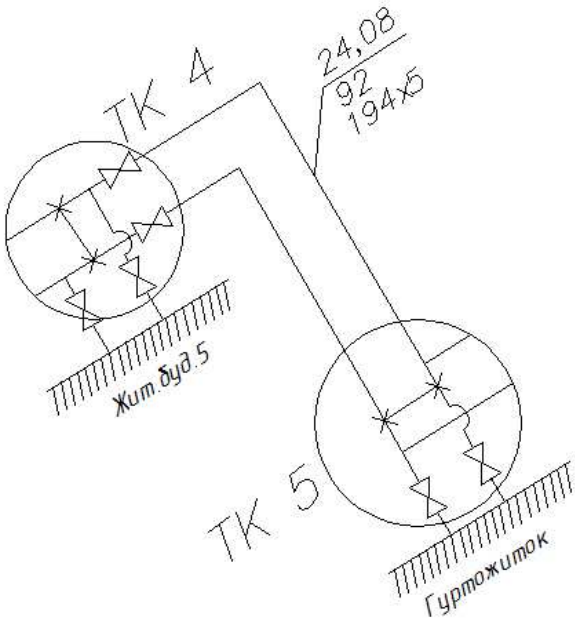


Рисунок 7 – Схема Г-подібного компенсатора

Розрахунковий кут компенсатора визначаю за такою формулою

$$\beta = 90 - 90 = 0^o \tag{57}$$

Відношення плеч компенсатора:

$$n = \frac{l_б, м}{l_м, м} \tag{58}$$

$$n = \frac{51}{42} = 1,2$$

де – $l_б$ довжина більшого плеча ділянки; $l_м$ довжина меншого плеча ділянки компенсатора.

Розрахункова різниця температур:

$$\Delta t = 130 - (20) = 150^o C \tag{59}$$

По номограмам [3] визначаю значення допоміжних коефіцієнтів при n=1.05; β=0; C=3,2; A=12; B=8,5;

також приймаю :

$$\frac{aEi}{10^7} = 3{,}18 кгс, м^2 /^o C ;$$

$$\frac{aEE_н}{10^7} = 0{,}0466 кгс, м^2 /^o C$$

Поздовжня вигинаюча компенсаційна напруга в закладенні меншого плеча:

$$\delta_a = 3{,}2 \cdot 0{,}0466 \cdot \frac{150}{42} = 0{,}532 кгс / мм^2 \quad (60)$$

Сила пружною деформації в закладенні меншого плеча:

$$\rho_x = 12 \cdot 3{,}18 \cdot \frac{150}{42^2} = 3{,}244 кгс \quad (61)$$

$$\rho_y = 12 \cdot 3{,}18 \cdot \frac{150}{42^2} = 2{,}298 кгс$$

2.9 Підбір мережних та живильних насосів

Вибір насосів здійснюється по витраті води (подачі) та по тиску, який повинен розвивати насос (напір).

Підбір мережного насосу

Подача мережних насосів дорівнює розрахунковій витраті теплоносія на виході із джерела тепла (котельні) $G_{Кот-1}$=119,5 кг/с

Тиск мережних насосів визначають по формулі (33), м вод.ст:

$$p_{м.н} = \Delta p_{под} + \Delta p_{зв} + \Delta p_{аб}, \quad (66)$$

де $\Delta p_к$ – втрати тиску в котельні, приймаються 5–10м вод.ст.;

$\Delta p_{под}$ – втрати тиску в подаючому трубопроводі теплової мережі (з гідравлічного розрахунку);

$\Delta p_{аб}$ – втрати тиску у абонента, для опалювальних систем при залежному приєднанні з елеваторами приймаються не менше 15 м вод. ст.;

$\Delta p_{зв}$ – втрати тиску у зворотному трубопроводі теплової мережі ($\Delta p_{зв} = \Delta p_{под}$).

$$p_{м.н} = 6{,}34 + 6{,}34 + 15 = 27{,}68 \text{ м.вод.ст.}$$

Враховую 10 % відсотків від потужності насосу:

$$P_{с.н} = p_{м.н.} \cdot 1{,}1 \quad (67)$$

$$P_{с.н} = 27{,}68 \cdot 1{,}1 = 30{,}44 \text{ м.вод.ст.}$$

Розрахунок мережного насосу:

$$\Delta P = S \cdot G^2 \quad (68)$$

Звідси:

$$S = \frac{\Delta P}{G^2} \quad (69)$$

$$S = \frac{30{,}44}{119{,}5^2} = 0{,}0021$$

$\Delta P = 0{,}0021 \cdot 50^2 = 5{,}25$ м. вод. ст.

$\Delta P = 0{,}0021 \cdot 119{,}5^2 = 30{,}44$ м. вод. ст.

$\Delta P = 0{,}0021 \cdot 150^2 = 47{,}25$ м. вод. ст.

G	0	50	119,5	150
ΔP	0	5,25	30,44	47,25

Отже при витраті G=119,5 кг/сек, тиск становить ΔP =30,44 м.вод.ст.

Підбираю насос по витраті і тиску в мережі [7];

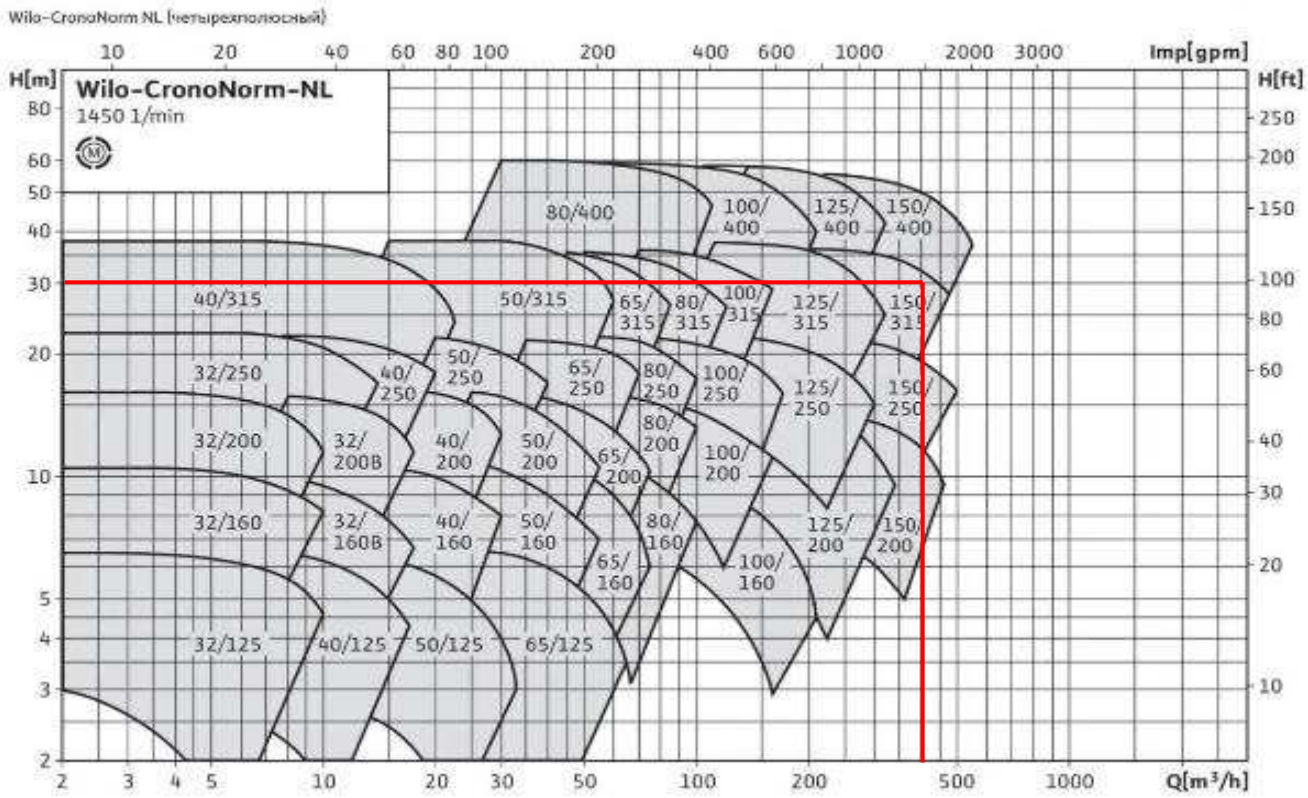


Рисунок 8 – Графік підбору мережного насосу

До установки приймаю два мережних насоси, один з яких резервний, типу WILO CRONONORM NL 150/400-55-4-12:

- макс. робочий тиск 16 бар
- потужність двигуна 55 кВт
- частота обертів 1480 об/хв

Підбір живильного насосу

Розрахункова витрата води для живлення закритої теплової мережі, м^3/год, приймається рівною 0,75% об'єму води в системі теплопостачання:

$$G_{жив} = \frac{0,75 \cdot V}{1000} \tag{43}$$

$$G_{жив} = \frac{0,75 \cdot 2487}{1000} = 1,9 \text{ м}^3/\text{год}$$

Звідси

$$V = \frac{Q_{роз} \cdot 50}{1,16} \tag{44}$$

$$V = \frac{57,7 \cdot 50}{1,16} = 2487$$

де – $Q_{роз}$ річна витрата теплоти, $Q_{роз}$ = 57,7 МВт;

Напір живильних насосів визначається при побудові графіку тисків, для даного дипломного проекту приймаємо $P_{жив}$ = 17 м вод. ст.

До установки приймаю два живильних насоси, один з яких резервний типу: Calpeda MXV4 25-212 **,** що має наступні технічні характеристики:

- Робочий тиск 12 бар;
- потужність двигуна 2,2кВт;
- частота обертів 1450 об/хв.

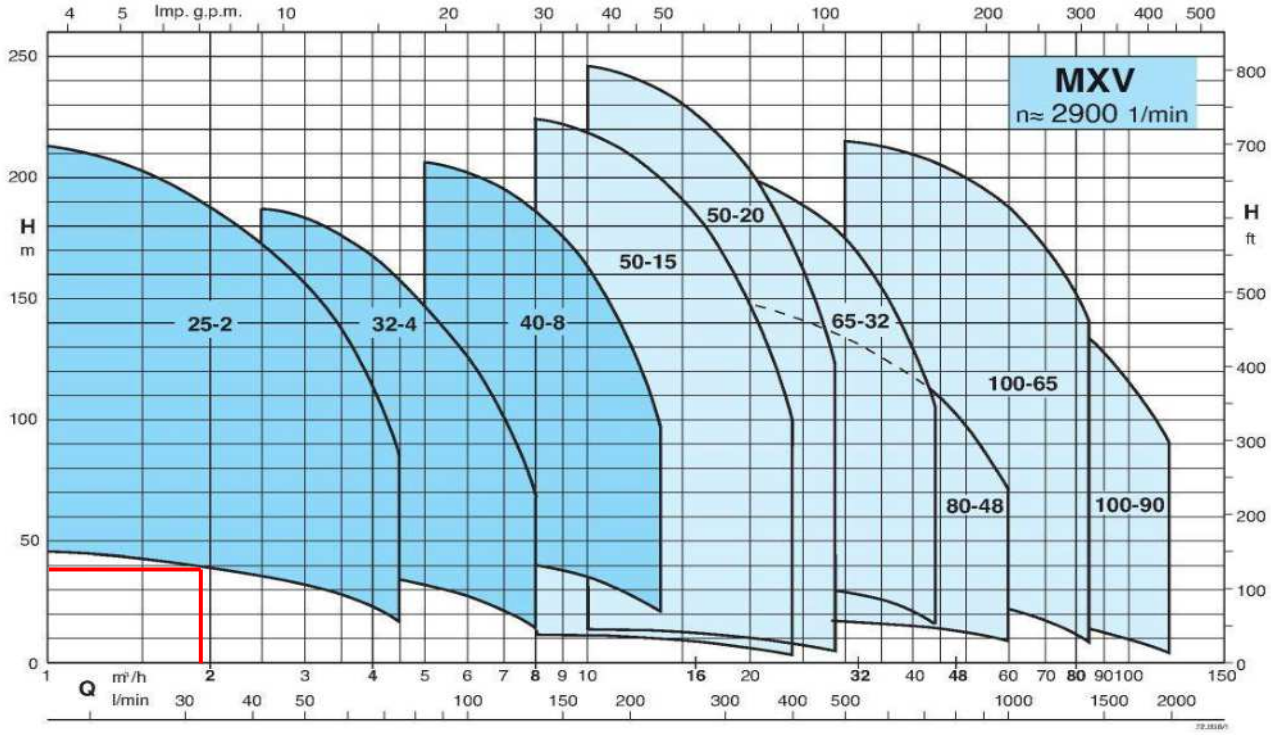


Рисунок 9 – Графік підбору живильного насосу

3 РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВИХ МЕРЕЖ ПІСЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ

3.1 Витрата теплоти у мікрорайоні

Для існуючих теплових навантажень житлового мікрорайону провів термомодернізацію та отримав такі витрати теплоти на опалення, вентиляцію та гаряче водопостачання, які наведені в таблиці 3.1.1

Таблиця 3.1.1 – Витрата теплоти у мікрорайоні

№ позиції на схемі	Кількість	Назва споживача	Теплове навантаження МВТ				
			На опалення Q_o	Сума Q_o	На гаряче водопостачання $Q_{гв}$	Сума $Q_{гв}$	На вентиляцію $Q_в$
1	2	3	4	5	6	7	8
'1	1шт	Кінотеатр “Ювілейний”	0,051	0,051	-	-	
2	2шт	Житловий будинок, 4 поверховий	0,1518	0,3036	0,232	0,464	
3	2шт	Житловий будинок, 4 поверховий	0,0708	0,1416	0,102	0,204	
4	3шт	Житловий будинок, 4 поверховий	0,0672	0,2016	0,232	0,696	
5	2шт	Житловий будинок, 4 поверховий	0,1014	0,2028	0,102	0,204	
6	1шт	Дитячий садок №12,	0,0672	0,0672	0,1	0,1	
7	3шт	Житловий будинок, 5 поверховий	0,2202	0,6606	0,165	0,495	
8	1шт	Музична школа № 72	0,117	0,117	0,03	0,03	0,057
9	5шт	Житловий будинок, 5 поверховий	0,1158	0,579	0,341	1,705	
10	7шт	Житловий будинок, 5 поверховий	0,1758	1,2306	0,226	1,582	
11	2шт	Житловий будинок, 5 поверховий	0,2202	0,4404	0,188	0,376	
12	2шт	Гуртожиток, 5 поверховий	0,1848	0,3696	0,283	0,566	
13	1шт	Школа №47	0,1344	0,1344	0,34	0,34	
14	1шт	Навчальний корпус ДПТУ-6,	0,1812	0,1812	0,172	0,172	
15	1шт	Ресторан, 100 посадочних місць	0,1332	0,1332	0,22	0,22	
	Всього		**1,992**	**4,814**	**2,733**	**6,867**	**0,057**

3.2 Годинний графік витрати теплоти

Графік витрати теплоти дозволяє регулювати подачу теплоти споживачам залежно від температури зовнішнього повітря [4]. Будую графік витрати теплоти для всього мікрорайону міста (рис.10).

Витрата теплоти на опалення при температурі зовнішнього повітря $t_з$ буде:

$$Q_о = Q_о \cdot \frac{t_в - t_з}{t_в - t_{зо}} \qquad (11)$$

де $Q_о$ – розрахункова витрата тепла на опалення, МВт (таблиця 3.2.1);

$t_з$ – будь-яка температура зовнішнього повітря в діапазоні температур від +8 до $t_{зо}$.

Аналогічно визначають витрату тепла на вентиляцію, при температурі зовнішнього повітря, відмінної від $t_{зв}$.

$$Q_в = Q_в \cdot \frac{t_в - t_з}{t_в - t_{зв}} \qquad (12)$$

При температурі зовнішнього повітря нижче $t_{зв}$ годинна витрата тепла на вентиляцію дорівнює розрахунковій.

Витрата тепла на гаряче водопостачання в опалювальний період не залежить від температури зовнішнього повітря. Розрахунок теплових навантажень залежно від температури зовнішнього повітря виконую у табличній формі 3.2.1

Таблиця 3.2.1 – Теплові навантаження залежно від температури зовнішнього повітря

$t_з$, ^{Oc}	$Q_о$, МВт	$Q_в$, МВт	$Q_{гв}^{ср}$, МВт	∑Q, МВт
+8	1,27	0,0228	5,6	6,89
+5	1,64	0,0297		7,53
0	2,28	0,041		7,92
-5	2,91	0,052		8,56
-10, (-7)	3,54	0,064 (0,057)		9,2
-15	4,17	0,075		9,84
-20	4,81	0,087		10,5

5) Приклад розрахунку витрати теплоти на опалення при $t_{з.п}$= +8 ºС:

$$Q_о = 4{,}81 \cdot \frac{18-8}{18-(-20)} = 1{,}27\ МВт$$

6) Приклад розрахунку витрати теплоти на вентиляцію при $t_в$= +8 ºС:

$$Q_в = 0{,}057 \cdot \frac{18-8}{18-(-7)} = 0{,}0228\ МВт$$

7) Приклад розрахунку витрати теплоти на гаряче водопостачання:

$$Q_{гв}^{ср} = 6{,}867 \cdot \frac{60-15}{60-5} \cdot 0{,}8 = 5{,}6\ МВт$$

8) Приклад розрахунку сумарної витрати теплоти при $t_{з.п}$= +8 ºС:

$$\sum Q = 1{,}27 + 0{,}0228 + 5{,}6 = 6{,}9\ МВт$$

3.3 Графік витрати теплоти від тривалості різних температур зовнішнього повітря

Графік витрати теплоти по тривалості дозволяє визначити річну витрату теплоти, планувати завантаження обладнання тощо.

Графік по тривалості будують на основі сумарного графіка витрати тепла і тривалості стояння температур зовнішнього повітря.

Таблиця 3.3.1 – Число годин стояння температури зовнішнього повітря [1]:

$t_з$, °C	-20	-15	-10	-5	0	+5	+8
Число годин стояння	7	61	287	747	1797	3306	4032

Витрата тепла на ГВП в літній період $Q_{гв}^{ср.л}$ визначається за формулою:

$$Q_{гв}^{ср.л} = Q_{гв}^{ср} \cdot \frac{60 - t_{х.л}}{60 - t_х}, \quad (13)$$

$$Q_{гв}^{ср.л} = 6{,}867 \cdot \frac{60 - 15}{60 - 5} = 5{,}6 \ МВт$$

де $t_{х.л.}$ – температура холодної водопровідної води в літній період, $t_{х.л} = 15^0$C;Q

$t_{х.}$ – температура холодної водопровідної води в опалювальний період, $t_{х.л} = 5^0$C;

3.4 Річні витрати теплоти

Річну витрату теплоти, ГДж, можна визначити за формулою:

$$Q_{річ} = Q_{о}^{річ} + Q_{в}^{річ} + Q_{г.в}^{річ} \tag{14}$$

де $Q_{о}^{річ}, Q_{в}^{річ}, Q_{г.в}^{річ}$ – річні витрати на опалення, вентиляцію, гаряче водопостачання, ГДж

Річну витрату тепла на опалення, ГДж розраховую за формулою:

$$Q_{о}^{річ} = Q_{о}^{ср} \cdot 3600 n_{о} \tag{15}$$

де $Q_{о}^{ср}$ – середня витрата теплоти на опалення, МВт; $n_{о}$ – тривалість опалювального періоду, год.

Середньо-годинна витрата тепла на опалення за опалювальний період, ГДж:

$$Q_{о}^{ср} = (Q_{о} \cdot \frac{t_{в} - t_{н}^{ср.о}}{t_{в} - t_{н.о}}) \tag{16}$$

де $Q_{о}$ – розрахункова годинна витрата тепла на опалення, ГВт; $t_{н}^{ср.о}$ – середня за опалювальний період температура зовнішнього повітря, °С.

Річна витрата тепла на вентиляцію, ГДж:

$$Q_{в}^{річ} = Q_{в} z_{в} \cdot \frac{3600 n_{о}}{24} + Q_{в}^{ср} z_{в} \cdot \frac{3600 \cdot (n_{о} - n_{в})}{24} \tag{17}$$

Де $Q_{в}$ – розрахункова годинна витрата тепла на вентиляцію, ГВт; $n_{в}$ – число годин стояння температури зовнішнього повітря нижче $t_{з.п}$; $z_{в}$ – число годин роботи вентиляції за добу.

Середньо-годинна витрата тепла на вентиляцію в період стояння температур зовнішнього повітря від +8 °С до $t_{з.п}$

$$Q_{в}^{ср} = Q_{в} \cdot \frac{t_{в} - t_{н}^{ср.в}}{t_{в} - t_{н.о}} \tag{18}$$

де $t_н^{ср.в}$ – середня температура зовнішнього повітря в період стояння температур від +8 °С до $t_{з.п}$; $Q_в$ – витрата теплоти на вентиляцію.

Річну витрату тепла на гаряче водопостачання, ГДж визначаю за формулою:

$$Q_{г.в}^{год} = Q_{гв}^{ср} \cdot 3600 n_o + Q_{гв}^{ср.л} \cdot 3600 \cdot (8760 - n_o) \tag{19}$$

Де $Q_{гв}^{ср}$, $Q_{гв}^{ср.л}$ – середньо-годинна витрата теплоти за опалювальний і літній періоди, ГВт.

1)Розрахунок середньо-годинной витрати тепла на опалення:

$$Q_о^{ср} = 4{,}814 \cdot \frac{18-(-1)}{18-(-20)} = 2{,}4\ МВт$$

2)Розрахунок річної витрати тепла на опалення:

$$Q_о^{річ} = 2{,}4 \cdot 3600 \cdot 4032 = 34836480\ Дж$$

3)Розрахунок середньо-годинної витрати тепла на вентиляцію:

$$Q_в^{ср} = 0{,}057 \cdot \frac{18-(-1)}{18-(-7)} = 0{,}043\ МВт$$

4)Розрахунок річної витрати теплоти на вентиляцію:

$$Q_в^{річ} = 0{,}057 \cdot \frac{4032}{24} + 0{,}043 \cdot 8 \cdot \frac{4032-400}{24} = 61{,}6\ Дж$$

5)Річна витрата тепла на гаряче водопостачання:

$$Q_{гв}^{річ} = 6{,}867 \cdot 4032 + 5{,}6 \cdot (8760 - 4032) = 54164{,}5\ Дж$$

6)Розрахунок річної витрати тепла:

$$Q^{річ} = 34836480 + 61{,}6 + 54164{,}5 = 35379061{,}1\ Дж$$

3.5 Режим регулювання теплової мережі

3.5.1 Опалювальний графік температур теплоносія

В основі режиму центрального якісного регулювання може бути опалювальний графік температур теплоносія. Опалювальний графік передбачають при паралельній схемі підключення підігрівачів чи двохступеневій змішаній.

В даному дипломному проекті передбачена закрита теплова мережа з паралельною схемою підключення теплообмінників, тобто режим регулювання здійснюється по опалювальному графіку температур теплоносія.

Для побудови опалювального графіка визначають температуру теплоносія в падаючому трубопроводі теплової мережі τ_1,при декількох значеннях температури зовнішнього повітря $t_з$. Значеннями $t_з$ попередньо задаються в діапазоні від +8 до $t_{зо}$:

$$\tau_1 = t_в + (\tau_{пр.о} - t_в) \cdot \overline{Q_o^{0,8}} + (\tau_{1o} - \tau_{пр.о}) \cdot \overline{Q_o} \tag{20}$$

$$\tau_1 = 18 + (82,5 - 18) \cdot 0,263^{0,8} + (130 - 82,5) \cdot 0,263 = 52,65^o C$$

Паралельно визначають і температуру в зворотному трубопроводі при температурі $t_з$:

$$\tau_2 = \tau_1 - (\tau_{1o} - \tau_{2o}) \cdot \overline{Q_o} \tag{21}$$

$$\tau_2 = 52,65 - (130 - 70) \cdot 0,263 = 36,87^o C$$

де $t_в$ – розрахункова температура внутрішнього повітря, °С; τ_{1o}, τ_{2o} - температура теплоносія відповідно в падаючому і зворотному трубопроводах теплової мережі при $t_{зо}$; $\tau_{пр.о}$ - середня температура теплоносія в нагрівальних приладах системи опалення, визначається за формулою:

$$\tau_{пр.о} = \frac{\tau_{зм} + \tau_{2o}}{2} \tag{22}$$

$$\tau_{пр.о} = \frac{95 + 70}{2} = 82.5^o C$$

$\tau_{зм}$ - температура теплоносія в падаючому трубопроводі системи опалення;

$\overline{Q_o}$ - відносна витрата тепла на опалення при температурі зовнішнього повітря $t_з$,

$$\overline{Q_o} = (\frac{t_в - t_з}{t_в - t_{зо}}) \cdot 0,6 \qquad (23)$$

$$\overline{Q_o} = (\frac{18-8}{18-(-20)}) \cdot 0,6 = 0,158$$

Розрахунок температури теплоносія записую в табличній формі (табл.2.6.1)

Таблиця 2.5.1 – Розрахунок температури теплоносія

Параметри	Температура зовнішнього повітря $t_з$ °С						
	+8	+5	0	-5	-10	-15	-20
$\overline{Q}$	0,158	0,205	0,284	0,363	0,442	0,521	0,6
τ_1	52,65	61,58	75,9	89,88	103,43	116,82	130
τ_2	36,87	40,7	47,52	53,58	59,27	64,74	70

По отриманим результатам будую опалювальний графік температур теплоносія.

Температура теплоносія в тепловій мережі при закритій системі не повинна знижуватись нижче 70 °С [3]. Лінії, що характеризують температуру мережної води в падаючому і зворотному трубопроводах, мають перелом.

Температура $t_з^/$ ділить опалювальний період на дві зони з різним характером регулювання систем опалення, вентиляції та гарячого водопостачання. В діапазоні температур від +8 до $t_з^/$ передбачають місцеве кількісне регулювання, а від $t_з^/$ до $t_{зо}$ – центральне якісне (рис.12).

3.5.2 Визначення розрахункових витрат теплоносія для теплової мережі

Витрати теплоносія для окремих ділянок теплової мережі у мікрорайоні згідно [3] розраховують за допомогою формули

$$G_р = G_о + G_в + \mathbf{к_з}\, G_{г.в.}^{сер.} \qquad (33)$$

де $G_о$,$G_в$, $G_{гв.}^{сер.}$– відповідно розрахункові витрати теплоносія на опалення, вентиляцію та гаряче водопостачання; $\mathbf{к_з}$– коефіцієнт, що залежить від теплового навантаження на ділянку. При загальному тепловому навантаженні 100 МВт і більше $\mathbf{к_з}$=1,0; при тепловому навантаженні, меншому ніж 100 МВт, але більшому за 10 МВт $\mathbf{к_з}$= 1,2. Якщо теплове навантаження менше від 10 МВт, то у формулі замість $Q_{гв}^{ср}$ підставляють $Q_{гв}^{max}$, а $\mathbf{к_з}$=1,0.

Розрахункову витрату теплоносія на опалення $G_о$ визначаю за формулою, кг/с:

$$G_o = \left(\frac{Q_{p.o}}{c(\tau_{10} - \tau_{20})}\right) \cdot 0{,}6 \qquad (34)$$

де $Q_{р.о.}$– розрахункові витрати теплоти на опалення школи;

τ_{10}, τ_{20} – розрахункові температури теплоносія в подавальному та зворотному трубопроводах; 150-70 °С;

c – теплоємність води, яка становить c = 4,187 кДж/кг°С.

$$G_в = \frac{Q_{р.в}}{c(\tau_{1в} - \tau_{2в})} \qquad (35)$$

де $Q_{р.в.}$– розрахункові витрати теплоти на вентиляцію;

На гаряче водопостачання, при регулюванні по опалювальному графіку та підключенню теплообмінників за двохступеневою-послідовною схемою, розрахункові витрати теплоносія $G_{гв}^{ср}$ обчислюю за допомогою рівняння, кг/с:

$$G_{гв}^{ср} = \frac{Q_{гв}^{ср}}{c(\tau_1^{/} - \tau_3^{/})} \quad (36)$$

де $Q_{гв}^{ср}$ - середня витрата теплоти на гаряче водопостачання, кВт;

Виконую розрахунок витрат теплоносія та записую в табличній формі (табл.3.5.2)

Таблиця 3.5.2 – Розрахунок витрати теплоносія для мікрорайону

№ позиції на схемі	Кількість	Назва споживача	$G_о$, кг/с	$G_в$, кг/с	$G_{гв}$, кг/с	$\sum G$,кг/с
			4	*5*	*6*	*7*
'1	1шт	Кінотеатр “Ювілейний”	0,2	-	-	0,2
2	2шт	Житловий будинок, 4 поверховий	0,61	-	2,81	3,42
3	2шт	Житловий будинок, 4 поверховий	0,28	-	1,24	1,52
4	3шт	Житловий будинок, 4 поверховий	0,27	-	1,21	1,48
5	2шт	Житловий будинок, 4 поверховий	0,4	-	2	2,4
6	1шт	Дитячий садок №12,	0,27	-	0,36	0,63
7	3шт	Житловий будинок, 5 поверховий	0,88	-	4,13	5,01
8	1шт	Музична школа № 72	0,47	0,227	2,74	3,44
9	5шт	Житловий будинок, 5 поверховий	0,46	-	2,28	2,74
10	7шт	Житловий будинок, 5 поверховий	0,7	-	3,43	4,13
11	2шт	Житловий будинок, 5 поверховий	0,88	-	4,12	5
12	2шт	Гуртожиток, 5 поверховий	0,74	-	2,09	2,83
13	1шт	Школа №47	0,53	-	2,67	3,2
14	1шт	Навчальний корпус ДПТУ-6,	0,72	-	2,09	2,81
15	1шт	Ресторан, 100 посадочних місць	0,53	-	1,41	1,94

3) Приклад розрахунку витрати теплоносія на опалення, вентиляцію, гаряче водопостачання житлового будинку:

$$G_o = (\frac{253}{4{,}187 \cdot (130-70)}) \cdot 0{,}6 = 0{,}6 \; кг/с$$

$$G_{гв}^{ср} = \frac{232 \cdot 0{,}55}{4{,}187 \cdot (70-42)} = 2{,}81 \; кг/с$$

4) Приклад розрахунку витрати теплоносія на опалення, вентиляцію, гаряче водопостачання дитячого садка:

$$G_o = (\frac{0{,}112}{4{,}187 \cdot (130-70)}) \cdot 0{,}6 = 0{,}27 \; кг/с$$

$$G_{гв}^{ср} = \frac{100 \cdot 0{,}55}{4{,}187 \cdot (70-42)} = 0{,}36 \; кг/с$$

4) Приклад розрахунку витрати теплоносія на опалення, вентиляцію, гаряче водопостачання музичної школи:

$$G_o = (\frac{195}{4{,}187 \cdot (130-70)}) \cdot 0{,}6 = 0{,}47 \; кг/с$$

$$G_в = \frac{57}{4{,}187 \cdot (113-59)} = 0{,}227 \; кг/с$$

$$G_{гв}^{ср} = \frac{30 \cdot 0{,}55}{4{,}187 \cdot (70-42)} = 2{,}74 \; кг/с$$

Аналогічно виконую розрахунок витрати теплоносія для інших будівель та знаходжу витрату теплоносія в мережі.

5) Приклад витрати теплоти в мережі:

$$G_p = 0{,}6 + 2{,}81 = 3{,}41 \; кг/с$$ (житловий будинок)

$$G_p = 0{,}27 + 0{,}36 = 0{,}63 \; кг/с$$ (дитячий садок)

$$G_p = 0{,}47 + 2{,}74 + 0{,}227 = 3{,}44 \; кг/с$$ (музична школа)

3.6 Остаточний гідравлічний розрахунок трубопроводів теплової мережі для мікрорайону

Задавшись оптимальним градієнтом тиску по головній магістралі $R_{опт}$=80 Па, виконую остаточний гідравлічний розрахунок мікрорайону та записую результати в табличній формі (табл.3.6.1)

Таблиця 3.6.1 – Остаточний гідравлічний розрахунок мікрорайону

№ діл	G кг/с	Dн x S	L м	R, Па	v м/сек	КМО	$L_{екв}$	$L_{пр}$	ΔP кПа
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Головна магістраль К-1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-буд.10 Rопт= 80 Па/м									
ЦТП 5-1	107,03	325 x 8	144	77,5	1,5		64,9	208,9	16,2
1-2	87,93	325 x 8	36	51,5	1,22		24,9	60,9	3,1
2-3	48,41	273 x 7	43	38,8	0,95		20	53	2,1
3-4	26,48	194 x 5	17	68,9	1,02		11,7	28,7	2
4-5	24,08	194 x 5	92	58,7	0,94		21,8	113,8	6,7
5-6	21,25	194 x 5	49	45	0,82		11,7	60,7	2,7
6-7	19,31	194 x 5	68	38,8	0,77		11,7	79,7	3,1
7-8	16,48	159 x 4,5	76	86,7	0,97		7,8	83,8	7,3
8-9	12,35	159 x 4,5	53	46,9	0,74		7,8	60,8	2,9
9-10	9,16	133 x 4	18	63,7	0,77		8,8	26,8	1,7
10-11	6,87	133 x 4	45,2	36,4	0,58		6,6	51,8	1,9
11-Буд 10	4,13	108 x 4	43,3	45,2	0,56		1,65	44,9	2
									51,7

Продовження таблиці 3.6.1

Відгалуження 1-12-13-14-15-Буд.7 ΔP_p=35,5 кПа									
1-12	19,1	194 х 5	36	36,8	0,75		11,7	47,7	1,8
12-13	15,66	159 х 4,5	43	72	0,92		7,8	50,8	3,7
13-14	15,03	159 х 4,5	112	67,5	0,89		11,7	123,7	8,4
14-15	10,02	133 х 4	86	78,7	0,75		8,8	94,8	7,5
15-Буд 7	5,01	108 х 4	20	64,1	0,66		1,65	21,6	1,4
$\varepsilon = \frac{35,5-22,6}{35,5} \cdot 100 = 36\,\%$ $d\text{ш} = 11.3 * \sqrt{\frac{19,1:0.28}{\sqrt{4,35-2,26}}} = 78$ мм.									22,6
Відгалуження 2-16-17-18-19-20-Буд.10 ΔP_p=32,2 кПа									
2-16	39,52	273 х 7	18	26,9	0,79		20	38	1
16-17	24,26	194 х 5	91	58,6	0,94		11,7	102,7	6
17-18	21,59	194 х 5	23	49,3	0,86		11,7	34,7	1,7
18-19	17,39	194 х 5	35,5	31,2	0,69		11,7	47,2	1,5
19-20	8,26	133 х 4	87	50,3	0,68		8,8	95,7	4,8
20-буд. 10	4,13	108 х 4	20	41	0,53		1,65	55,3	2,3
$\varepsilon = \frac{32,2-17,3}{32,2} \cdot 100 = 46\,\%$ $d\text{ш} = 11.3 * \sqrt{\frac{39,52:0.28}{\sqrt{4,35-1,73}}} = 106$ мм.									17,3

Продовження таблиці 3.6.1

Відгалуження 16-21-22-23-24-Буд.11 ΔP_p=30,1 Па									
16-21	15,27	159 х 4,5	34	67,5	0,89		7,8	41,8	2,8
21-22	12,07	159 х 4,5	57	43,2	0,71		7,8	64,8	2,8
22-23	11,87	159 х 4,5	53	39,7	0,68		7,8	60,8	2,4
23-24	9,13	133 х 4	123	63,7	0,77		6,6	129,6	8,3
24-Буд.11	5	108 х 4	50	64,1	0,66		1,65	51,6	3,3
$\varepsilon = \frac{30{,}1-19{,}6}{30{,}1} \cdot 100 = 35\,\%$ dш $= 11.3 * \sqrt{\frac{15{,}27:0.28}{\sqrt{4{,}35-1{,}96}}} = 54$ мм.									19,6
Відгалуження 3-25-26-27-28-29-30-31-Буд.2 ΔP_p=30,1 кПа									
3-25	21,93	194 х 5	50	49,3	0,86		11,7	61,7	3
25-26	19,12	194 х 5	36	36,8	0,75		15,9	51,9	1,9
26-27	15,7	159 х 4,5	34	72	0,92		10,6	44,6	3,2
27-28	13,3	159 х 4,5	42	54,7	0,8		7,8	49,8	2,7
28-29	10,34	159 х 4,5	73	33,1	0,62		7,8	80,8	2,7
29-30	7,94	133 х 4	50	50,3	0,68		6,6	56,6	2,9
30-31	6,46	133 х 4	55	32,2	0,54		6,6	61,6	2
31-Буд.2	3,42	108 х 4	70	29,7	0,45		1,65	71,6	2,1
$\varepsilon = \frac{30{,}1-20{,}5}{30{,}1} = 32\,\%$ $d = 11.3 * \sqrt{\frac{21{,}93:0.28}{\sqrt{4{,}35-2{,}05}}} = 66$ мм.									20,5

Якщо різниця тисків відгалудження і головної магістралі більша 10%, то потрібно вмонтувати діафрагму. В моєму випадку це потрібно зробити на таких відгалудженнях :

1. Відгалудження 1-12-13-14-15-Буд.7 похибка склала 36 %;
2. Відгалудження 2-16-17-18-19-20-Буд.20 похибка склала 46 %;
3. Відгалудження 16-21-22-23-24-Буд.11 похибка склала 35 %;
4. Відгалудження 3-25-26-27-28-29-30-31-Буд.2 похибка склала 32 %;

Діаметр діафрагми становитиме:

$$d = 11.3 * \sqrt{\frac{G}{\sqrt{\Delta P_{\text{гол}} - \Delta P_{\text{відг.}}}}} \quad (42)$$

$$d\text{ш} = 11.3 * \sqrt{\frac{19{,}1{:}0.28}{\sqrt{4{,}35-2{,}26}}} = 78 \text{ мм.}$$

3.7 Підбір мережних та живильних насосів

Вибір насосів здійснюється по витраті води (подачі) та по тиску, який повинен розвивати насос (напір).

Підбір мережного насосу

Подача мережних насосів дорівнює розрахунковій витраті теплоносія на виході із джерела тепла (котельні) $G_{ЦТП-5}$=107,03 кг/с

Тиск мережних насосів визначають по формулі (33), м вод.ст:

$$p_{м.н} = \Delta p_{под} + \Delta p_{зв} + \Delta p_{аб}, \quad (66)$$

де $\Delta p_к$ – втрати тиску в котельні, приймаються 5–10м вод.ст.;

$\Delta p_{под}$ – втрати тиску в подаючому трубопроводі теплової мережі (з гідравлічного розрахунку);

$\Delta p_{аб}$ – втрати тиску у абонента, для опалювальних систем при залежному приєднанні з елеваторами приймаються не менше 15 м вод. ст.;

$\Delta p_{зв}$ – втрати тиску у зворотному трубопроводі теплової мережі ($\Delta p_{зв} = \Delta p_{под}$).

$$p_{м.н} = 5{,}17 + 15 + 5{,}17 = 25{,}34 \text{м.вод.ст.}$$

Враховую 10 % відсотків від потужності насосу:

$$P_{с.н} = p_{м.н.} \cdot 1{,}1 \quad (67)$$

$$P_{с.н} = 25{,}34 \cdot 1{,}1 = 27{,}9 \text{м.вод.ст.}$$

Розрахунок мережного насосу:

$$\Delta P = S \cdot G^2 \quad (68)$$

Звідси:

$$S = \frac{\Delta P}{G^2} \quad (69)$$

$$S = \frac{27{,}9}{107{,}03^2} = 0{,}0024$$

$\Delta P = 0{,}0024 \cdot 50^2 = 6$ м. вод. ст.

$\Delta P = 0{,}0024 \cdot 107{,}03^2 = 27{,}9$ м. вод. ст.

$\Delta P = 0{,}0024 \cdot 150^2 = 54$ м. вод. ст.

G	0	50	107,03	150
ΔP	0	6	27,9	54

Отже при витраті G=107,03 кг/сек, тиск становить ΔP =27,9м.вод.ст.

Підбираю насос по витраті і тиску в мережі [7];

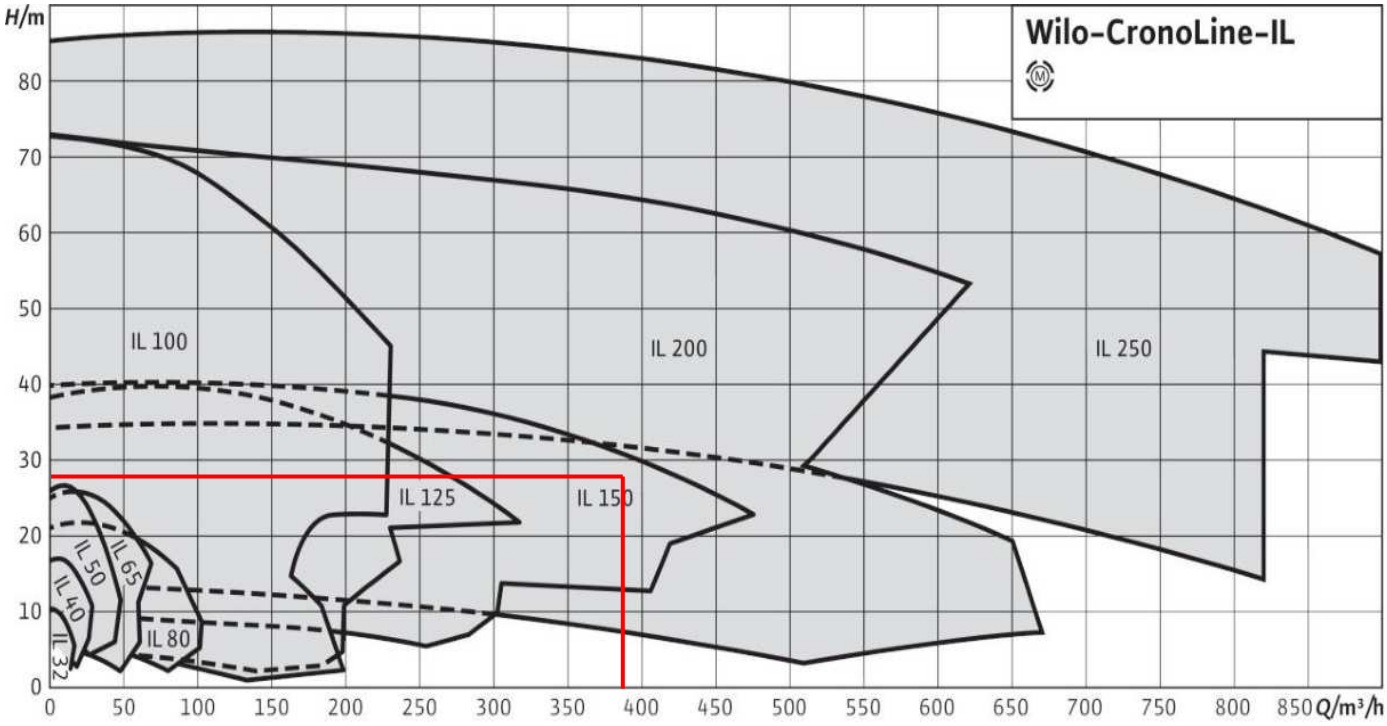


Рисунок 13 – Графік підбору мережного насосу

До установки приймаю два мережних насоси, один з яких резервний, типу Wilo CronoLine-IL 150/335-45/4:

- макс. робочий тиск 16 бар
- потужність двигуна 45 кВт
- частота обертів 1450 об/хв

Підбір живильного насосу

Розрахункова витрата води для живлення закритої теплової мережі, м^3/год, приймається рівною 0,75% об'єму води в системі теплопостачання:

$$G_{жив} = \frac{0,75 \cdot V}{1000} \tag{43}$$

$$G_{жив} = \frac{0,75 \cdot 1525}{1000} = 1,1 \text{ м}^3\text{/год}$$

Звідси

$$V = \frac{Q_{роз} \cdot 50}{1,16} \tag{44}$$

$$V = \frac{35,4 \cdot 50}{1,16} = 1525$$

де – $Q_{роз}$ річна витрата теплоти, $Q_{роз}$ = 35,4 МВт;

Напір живильних насосів визначається при побудові графіку тисків, для даного дипломного проекту приймаємо $P_{жив}$ = 17 м вод. ст.

До установки приймаю два живильних насоси, один з яких резервний типу:
WILO MULTIVERT MVIL 102-905**,** що має наступні технічні характеристики:

- Робочий тиск 10 бар;
- потужність двигуна 0,37кВт;
- частота обертів 2900 об/хв.

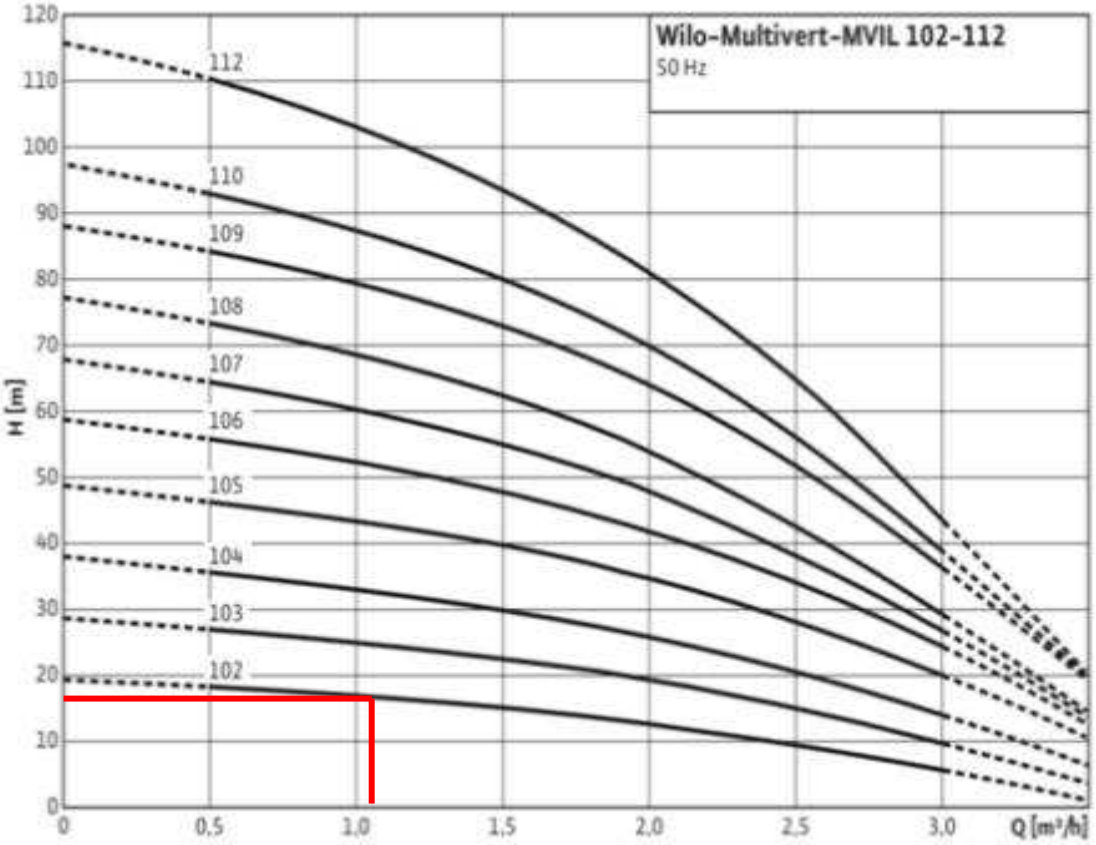


Рисунок 14 – Графік підбору живильного насосу

4.РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОГО ЕФЕКТУ

В ході проведення розрахунків теплової мережі, опираючись на отримані результати, я підібрав мережні насоси марки WILO CRONONORM NL 150/400-55-4-12 та живільні Calpeda MXV4 25-212 які споживать разом електроенергії на 661415 грн. Результати наведені в таблиці. 4.1

Таблиця 4.1 Економічні показники мережних та живільних насосів

Назва насосу	Кількість, шт	Потужність, кВт	Витрати ел.енергії кВт/год	Варість ел.енергії, грн.
WILO CRONONORM NL 150/400-55-4-12	2	55	217800	635976
Calpeda MXV4 25-212	2	2,2	8712	25439

Після цього, я провів термомодернізацію абонентів, в наслідок чого виникла необхідність в заміні насосів. Мій вибір впав на мережны насоси Wilo CronoLine-IL 150/335-45/4 та живільні насоси Wilo MULTIVERT MVIL 102-905 які споживають разом електроенергії на 524622 грн, що на 20% більше ніж до термомодернізації. Результати наведені в таблиці 4.2

Таблиця 4.2 Економічні показники мережних та живільних насосів після термомодернізації абонентів

Назва насосу	Кількість, шт	Потужність, кВт	Витрати ел.енергії, кВт/год	Варість ел.енергії, грн
Wilo CronoLine-IL 150/335-45/4	2	45	178200	520344
WILO MULTIVERT MVIL 102-905	2	0,37	1465	4278

Крім того, я порівняв мережні насоси до та після термомодернізації, результати чого зображені на рисунку 15, також подібного роду дії були проведені із живільними насосами, результати приведені на рисунку16 .

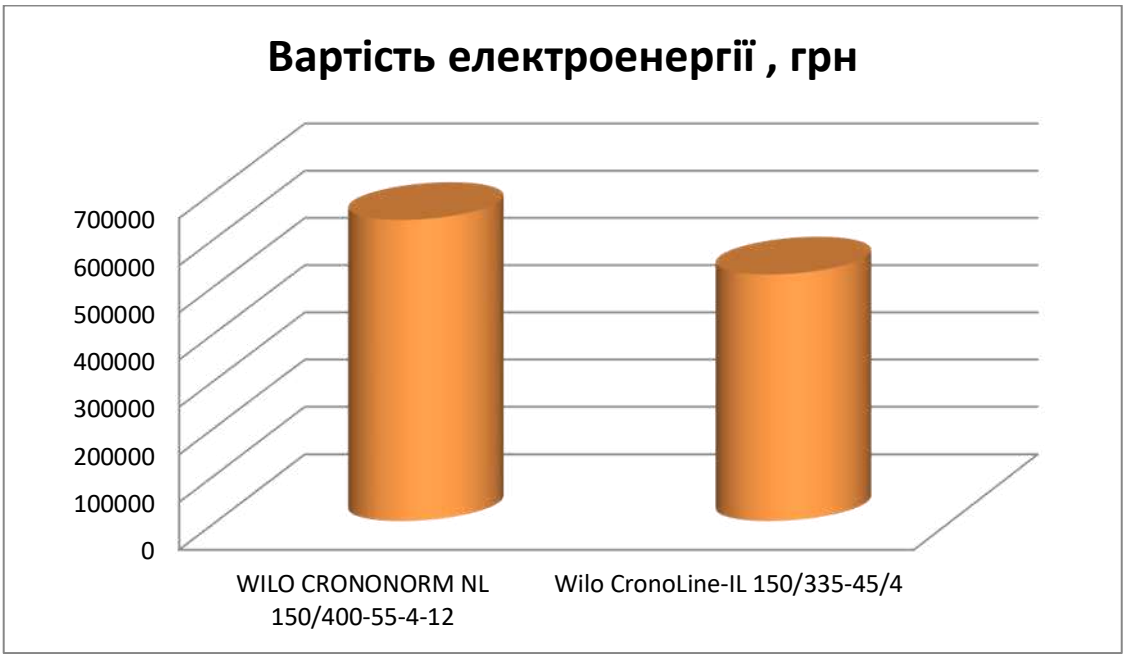


Рисунок 15 Порівняння енергоспоживання мережних насосів до та після термомодернізації абонентів

Рисунок 16. Порівняння енергоспоживання живільних насосів до та після термомодернізації користувачів

Висновки

Завданням даного дипломного проекту був аналіз зміни гідравлічного режиму теплових мереж мікрорайону після проведення термомодернізації абонентів .

Отже, були визначенні основні кліматичні характеристики заданого мікрорайону. Далі було розраховано теплові навантаження на системи опалення, вентиляції та гарячого водопостачання. Побудувано годинні графіки тепло споживання залежно від температури зовнішнього повітря, а також графік витрати теплоти по тривалості. Після цього, орієнтуючись на теплове навантаження системи опалення було побудувано графік регулювання температур теплоносія в залежності від температури зовнішнього повітря та скоригував його з урахуванням навантаження на систему гарячого водопостачання. Потім було визначено розрахункові витрати теплоносія та виконаний гідравлічний розрахунок системи теплопостачання, з метою визначення діаметрів трубопроводів та втрат тиску на ділянках теплової мережі. На основі цих даних порахувався напір мережних та живильних насосів. Далі був виконаний тепловий розрахунок, завданням якого було розрахувати товщину основного ізоляційного шару та підібрати основне обладнання – мережні WILO CRONONORM NL 150/400-55-4-12 і живильні насоси, Calpeda MXV4 25-212.

Після проведення термомодернізацію абонентів було:

- пораховано теплові навантаження на сиситему опалення, вентиляції та гарячого водопостачання;
- на основі нових данних було зроблено: побудувано годинні графіки тепло споживання залежно від температури зовнішнього повітря, графік витрати теплоти по тривалості, а також орієнтуючись на теплове навантаження системи опалення створено графік регулювання температур теплоносія в залежності від температури зовнішнього повітря який скоригуваний з урахуванням навантаження на систему гарячого водопостачання;
- перерахувано витрати теплоносія та виконаний гідравлічний розрахунок системи теплопостачання мікрорайону, з урахуванням термомодернізації абонентів визначині нові втрати тиску на ділянках теплової мережі;

— визначений напір мережних та живільних насосів;

— підібране основне обладнання – мережні Wilo CronoLine-IL 150/335-45/4 та живильні насоси, WILO MULTIVERT MVIL 102-905.

В економічній частині був виконаний розрахунок основних матеріалів (насосів).

Крім того, в ході розрахунків з'ясувалося, що після термомодернізації вартість оплати енергоспоживання насосів зменшилася на 20%.

Отже, слід зазначити, що за рахунок успішного аналізу зміни гідравлічного режиму теплових мереж мікрорайону після проведення термомодернізації абонентів встановлено, що тепловтрати зменшились на 40% та втрати тиску по мережі також значно знизилися.

Література

1. СНиП 2.01.01-82. Будівнича кліматологія і геофізика. – М. : “Стройиздат”, 1983.
2. СНиП 2.04.07-86. Теплові мережі. – М. : ЦИТП "Госстрой”, 1987 . – 48 с.
3. Строй А.Ф., Скальский В.Л. Розрахунок і проектування теплових мереж : навч. посіб. / Строй А.Ф. , Скальский В.Л. – М. “Будівельник” 1981 – 142
4. Манюк В.І. Спавочник по наладці та експлуатації водяних теплових мереж : навч. посіб. / Манюк В.І. – М. : “Стройиздат” , 1982. – 214 с.
5. Щекин В. Справочник по теплопостачанню та вентиляції : навч. посіб. / Щекин В. – М. : “Будівельник” , 1976 – 418 с.
6. Соколов Е.Я. Теплофікація і теплові мережі : навч. посіб. / Соколов Е.Я. – М. : “Енергоиздат” , 1983 – 360 с.
7. WILO. Водоснабжение и повышение давления : каталог / WILO – М. : “Pumpen Intelligenz” , 2016 – 346 с.
8. Николаев А.А. Справочник проектировщика. Проектирование теплових сетей : навч. посіб. / Николаев А.А. – М. : “Стройиздат” , 1965 – 358 с.
9. Методические указания к курсовому проекту. Теплоснабжение жилого района города : навч. метод. / – М. : ПолтаваИСИ, 1989 – 51 с.
10. Методичні вказівки. Теплогазопостачання жилого району міста і вентиляція : навч. метод. / – М. : Полтава, 2005 – 51 с.
11. Методичні вказівки. Теплопостачання і вентиляція : навч. метод. / – М.
12. Тарифи на електричну та теплову енергыю [Електронний ресурс] : навч. посіб. / Електрон. Дані – М., Режим доступу 2018 : https://smr.gov.ua/uk/dovidka/tarifi.htmlkotly-preimuschestva.html (дата звернення 10.11.18). – Назва з екрану.
13. Жабо В.В. Охрана окружающей среды на ТЭС и АЭС. – М.: Энергоатомиздат, 1992. – 240 с.
14. Закон України «Про охорону праці» № 2695-XII від 14.10.92, ВВР, 1992, № 49, ст.669.

15. «Правила пожежної безпеки в Україні» № 1417 від 30.12.2014

16. ГОСТ 12.1.004-91 «Пожежна безпека. Загальні вимоги»

17. Закон України «Про охорону праці» № 2695-XII від 14.10.92, ВВР, 1992, № 49, ст.669.

18. ДБН В.2.5-39:2008 «Теплові мережі»

19. Гігієнічною класифікацією праці та небезпечних чинників виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу", затвердженою наказом МОЗ № 382 від 31.12.97р.

Міністерство освіти і науки України національний університет
«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
Навчально-науковий інститут нафти і газу
Кафедра теплогазопостачання, вентиляції та теплоенергетики

Ілюстративні матеріали
до дипломної роботи бакалавра

на тему : “Аналіз зміни гідравлічного режиму теплових мереж мікрорайону після проведення термомодернізації абонентів”

Виконав: студент 2 курсу, групи 201 пНТ спеціальності 144 Теплоенергетика
(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)
Верещака Владислав Дмитрович

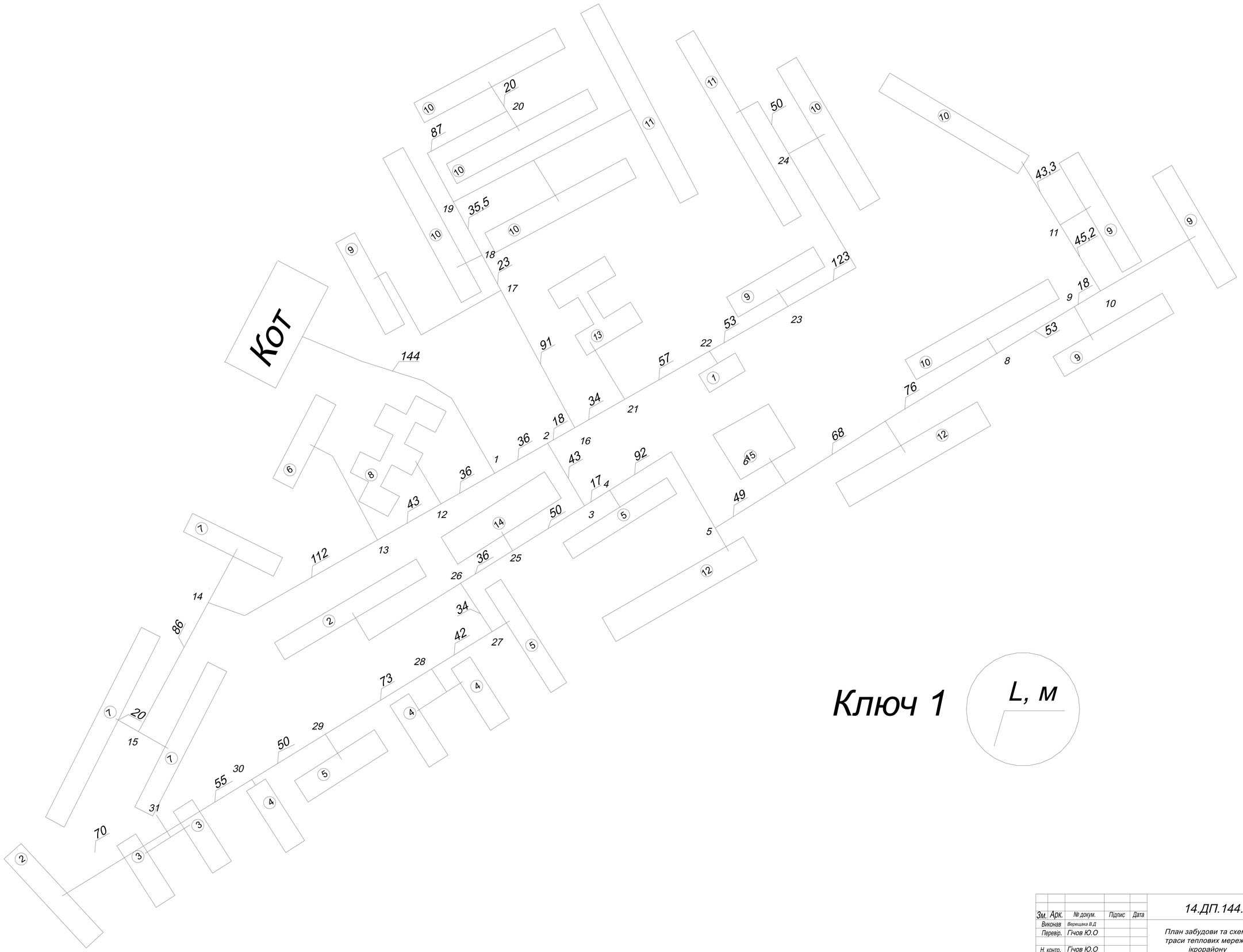
(прізвище та ініціали)

Керівник *к.т.н., доц. Гузик Д.В.*
(прізвище та ініціали)

Зав кафедрою *к.т.н проф.Голік Ю.С.*
(прізвище та ініціали)

Полтава - 2022 рік

План забудови та схема траси теплових мереж мікрорайону



Зм. Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	14.ДП.144.20235.ГЧ	
Виконав	Верешака В.Д			План забудови та схема траси теплових мереж м ікрорайону	Літера / Арк. 2 / Аркушів 7
Перевір.	Гічов Ю.О				
Н. контр.	Гічов Ю.О				НУПП ім Ю.Кондратюка
Затвердив	Голік Ю.С				

Монтажна схема трубопроводів тепловї мережі мікрорайону

Ключ 2

dш, мм

Ключ 3

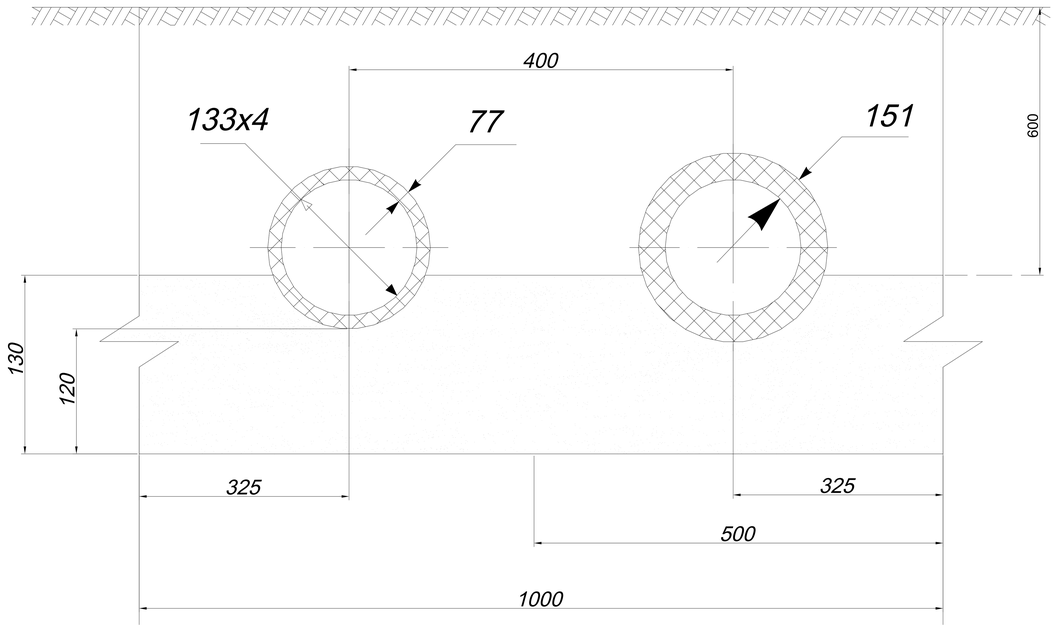
G, кг/с

L, м

dxs, мм.

				14.ДП.144.20235.ГЧ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Виконав		Верешака В.Д			Монтажна схема трубопроводів тепловїмережі мікрорайону	Літера	Арк.	Аркушів
Перевір.		Гічов Ю.О					3	7
Н. контр.		Гічов Ю.О				НУПП ім Ю.Кондратюка		
Затвердив		Голік Ю.С						

Прокладка попередньо ізольованих трубупроводів

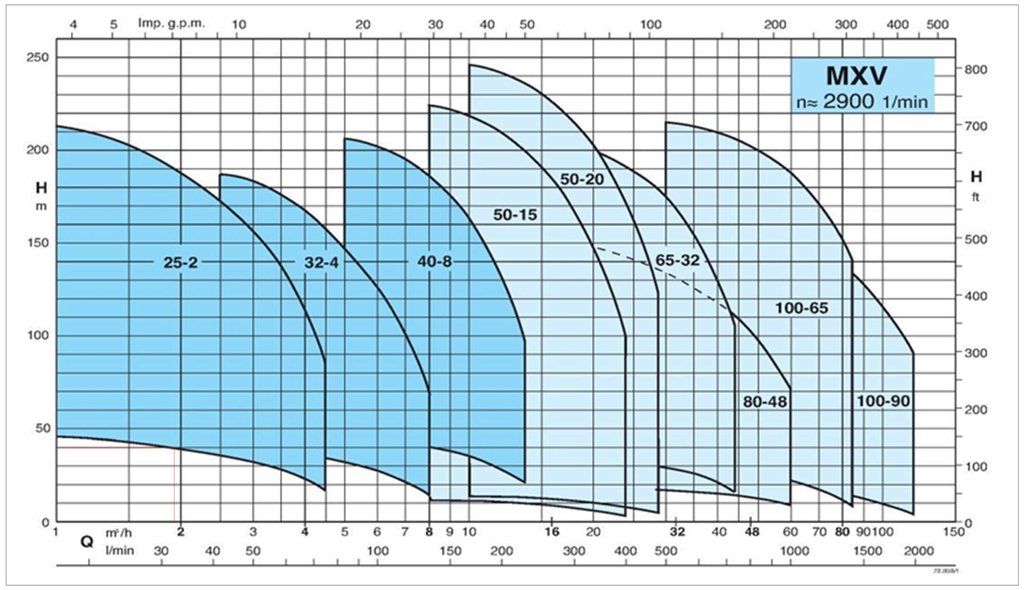


Загальний вид попередньо ізольованих труб

Матеріал теплоізоляції требопроводів

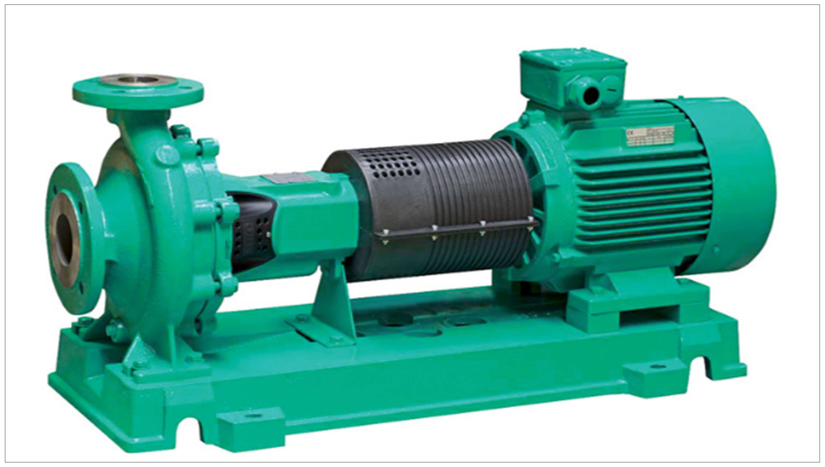
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	14.ДП.144.20235.ГЧ		
Виконав		Верешака В.Д			Прокладка попередньо ізольованих трубупроводів	Літера	Арк.	Аркушів
Перевір.		Гічов Ю.О					4	7
Н. контр.		Гічов Ю.О			НУПП ім Ю.Кондратюка			
Затвердив		Голік Ю.С						

Характеристика насосуCalpeda MXV4 25-212

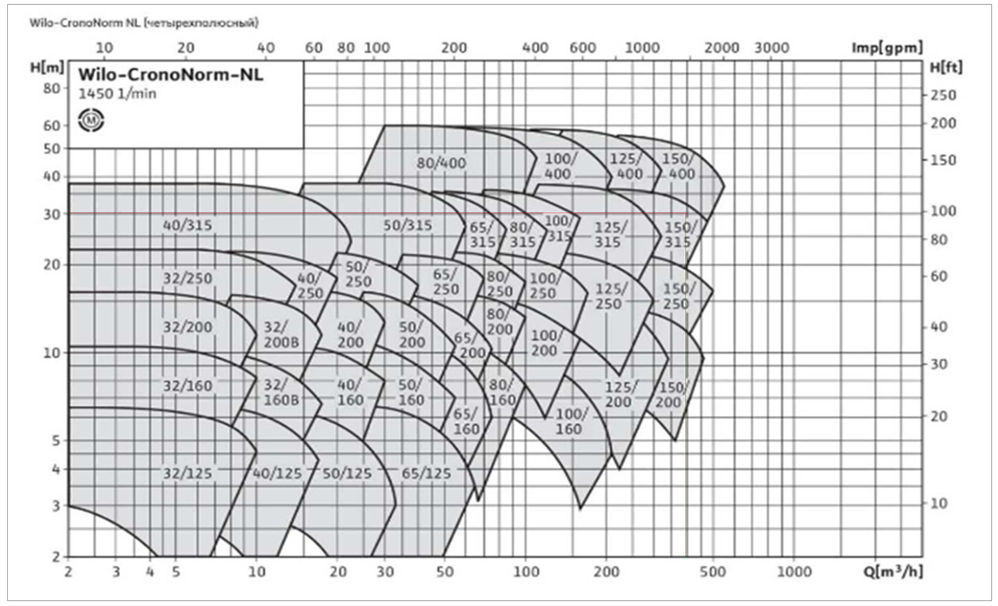


Загальний вид насосуCalpeda MXV4 25-212

Загальний вид насосуWILO CRONONORM NL 150/400-55-4-12

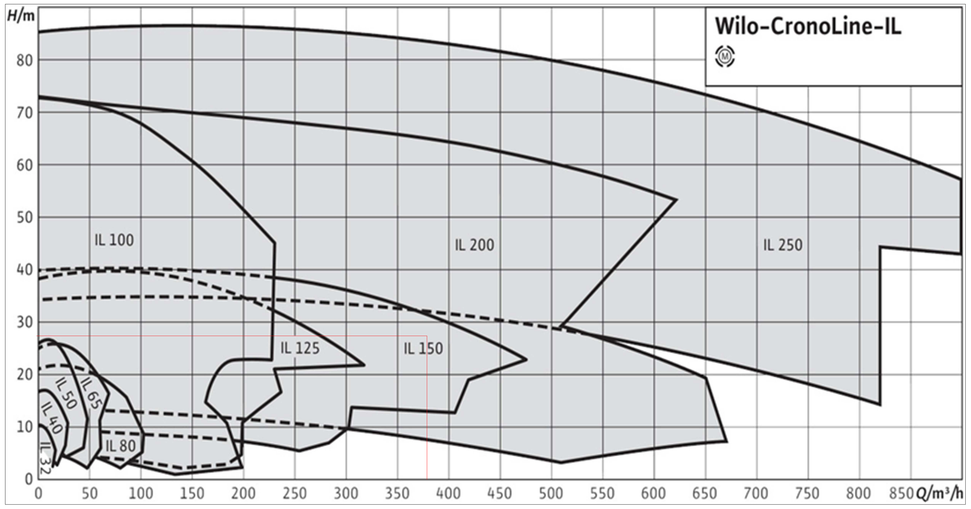


Характеристика насосуWILO CRONONORM NL 150/400-55-4-12



Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	14.ДП.144.20235.ГЧ			
Виконав		Верешака В.Д			Характеристики мережних та живільних насосів після модернізації	Літера	Арк.	Аркушів
Перевір.		Гічов Ю.О					5	7
Н. контр.		Гічов Ю.О			НУПП ім Ю.Кондратюка			
Затвердив		Голік Ю.С						

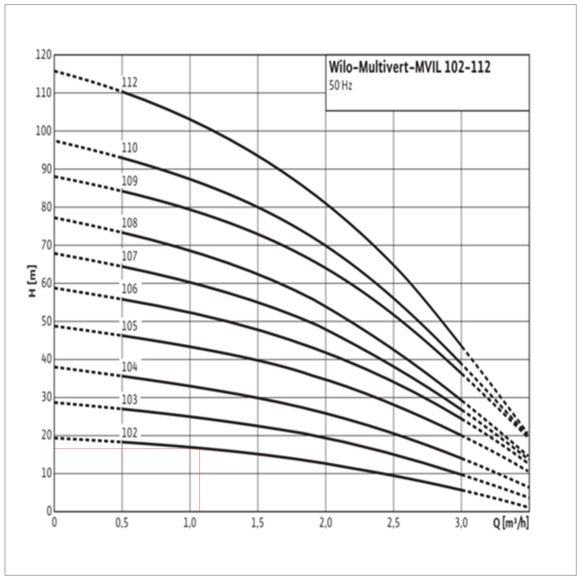
Характеристика насосуWilo CronoLine-IL 150/335-45/4



Загальний вид насосуWilo CronoLine-IL 150/335-45/4

Загальний вид насосуWilo CronoLine-IL 150/335-45/4

Характеристика насосуWilo CronoLine-IL 150/335-45/4



Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	14.ДП.144.20235.ГЧ		
Виконав		Верешака В.Д			Характеристики мережних та живільних насосів після модернізації	Літера	Арк. 6 / Аркушів 7
Перевір.		Гічов Ю.О					
Н. контр.		Гічов Ю.О			НУПП ім Ю.Кондратюка		
Затвердив		Голік Ю.С					

Висновки

Завданням даного дипломного проекту був аналіз зміни гідравлічного режиму теплових мереж мікрорайону після проведення термомодернізації абонентів .

Отже, були визначенні основні кліматичні характеристики заданого мікрорайону. Далі було розраховано теплові навантаження на системи опалення, вентиляції та гарячого водопостачання. Побудувано годинні графіки тепло споживання залежно від температури зовнішнього повітря, а також графік витрати теплоти по тривалості. Після цього, орієнтуючись на теплове навантаження системи опалення було побудувано графік регулювання температур теплоносія в залежності від температури зовнішнього повітря та скоригував його з урахуванням навантаження на систему гарячого водопостачання. Потім було визначено розрахункові витрати теплоносія та виконаний гідравлічний розрахунок системи теплопостачання, з метою визначення діаметрів трубопроводів та втрат тиску на ділянках теплової мережі. На основі цих даних порахувався напір мережних та живильних насосів. Далі був виконаний тепловий розрахунок, завданням якого було розрахувати товщину основного ізоляційного шару та підібрати основне обладнання - мережні WILO CRONONORM NL 150/400-55-4-12 і живильні насоси, Calpeda MXV4 25-212.

Після проведення термомодернізацію абонентів було:

- пораховано теплові навантаження на сиситему опалення, вентиляції та гарячого водопостачання;
-на основі нових данних було зроблено: побудувано годинні графіки тепло споживання залежно від температури зовнішнього повітря, графік витрати теплоти по тривалості, а також орієнтуючись на теплове навантаження системи опалення створено графік регулювання температур теплоносія в залежності від температури зовнішнього повітря який скоригуваний з урахуванням навантаження на систему гарячого водопостачання;
-перерахувано витрати теплоносія та виконаний гідравлічний розрахунок системи теплопостачання мікрорайону, з урахуванням термомодернізації абонентів визначині нові втрати тиску на ділянках теплової мережі;
-визначений напір мережних та живільних насосів;
-підібране основне обладнання - мережні Wilo CronoLine-IL 150/335-45/4 та живильні насоси, WILO MULTIVERT MVIL 102-905.

В економічній частині був виконаний розрахунок основних матеріалів (насосів).

Крім того, в ході розрахунків з'ясувалося, що після термомодернізації вартість оплати енергоспоживання насосів зменшилася на 20%.

Отже, слід зазначити, що за рахунок успішного аналізу зміни гідравлічного режиму теплових мереж мікрорайону після проведення термомодернізації абонентів встановлено, що тепловтрати зменшились на 40% та втрати тиску по мережі також значно знизилися.