

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім.акад. І.С.Гулого
Кафедра теплоенергетики та холодильної техніки

«До захисту в ЕК»
Директор інституту
_____ Сергій Блаженко
(підпис) (ім'я та прізвище)

«__» лютого 2022 р.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
_____ Валентин Петренко
(підпис) (ім'я та прізвище)

«__» лютого 2022 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА

зі спеціальності _____ 144 Теплоенергетика _____
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми _____

_____ Теплоенергетика та енергоефективні технології _____

на тему: _____ Проект системи теплопостачання житлово-промислового _____

_____ району № 5 в місті Одеса _____

Виконав: здобувач 5 курсу, групи ЗТЕ-5-7ск

_____ Колінченко Ілля Костянтинович _____
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник проф. Прядко Микола Олексійович _____
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Рецензент _____
(ім'я та прізвище) (підпис)

Я як здобувач Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав і не одержував недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідні джерела.

Здобувач _____
(підпис)

Київ — 2022 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім.акад. І.С.Гулого
Кафедра теплоенергетики та холодильної техніки

Освітній ступінь бакалавр

Спеціальність 144 Теплоенергетика
(код і назва)

Освітньо-професійна програма Теплоенергетика та енергоефективні технології
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТЕХТ

проф. Петренко В.П.

“01” листопада 2021 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Колінченко Іллі Костянтиновича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект системи тепlopостачання житлово-промислового району № 5 в місті Одеса

керівник роботи д.т.н., проф. Прядко Микола Олексійович

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “01” 11.2021 року № 859-кс

2. Строк подання здобувачем роботи 01.02.2022 року

3. Вихідні дані до роботи технологічне навантаження 12,0 МВт; температура теплоносія 95 С; розрахункова температура -17 С; температура зовнішнього повітря 1,0 С; температура для системи вентиляції -10 °С; тривалість роботи промислового підприємства – 7000 год; тривалість опалювального періоду – 165 днів; температури мережної води $\tau_{01}/\tau_{02}: 120^{\circ}\text{C}/70^{\circ}\text{C}$.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Розрахунок теплових навантажень житлово–промислового району міста

2. Розрахунок теплової схеми котельні з водогрійними котлами

3. Охорона праці

4. Творче завдання на тему “ Система регулювання температури води в ІТП та ЦТП ”

5. Перелік графічного матеріалу

1. План району з трасою теплових мереж. Схема абонентського приєднання житлового будинку до теплової мережі. Графіки.

2. Теплова схема котельні.

3. Компановка обладнання.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 16.12.2021

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Визначення теплових навантажень в системі ТПЖР	16.12-19.12.2021	Виконано
2	Розрахунок витрати та температури мережної води в прямій та зворотній магістралях	20.12-29.12.2021	Виконано
3	Визначення розрахункових витрат теплоносія	30.12-09.01.2022	Виконано
4	Формування вихідних даних до Частини 2 проекту	10.01-12.01.2022	Виконано
5	Розрахунок теплової схеми котельні	13.01-18.01.2022	Виконано
6	Вибір енергетичного обладнання котельні	19.01-22.01.2022	Виконано
7	Оформлення креслень та ПЗ	23.01-31.01.2022	Виконано

Здобувач _____
(підпис)

Керівник роботи _____
(підпис)

Колінченко І.К.
(прізвище та ініціали)

Прядко М.О.
(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ.....	5
ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. Розрахунок теплових навантажень житлово – промислового району міста.....	8
1.1. Вихідні дані до проекту.....	8
1.2. Визначення теплових навантажень в системі теплопостачання житлового району.....	10
1.3. Розрахунок витрати та температури мережної води в прямій та зворотній магістралях.....	16
1.3.1. Розрахунок витрат та температур мережної води на опалення	16
1.3.2. Розрахунок витрат та температур мережної води на гаряче водопостачання.....	18
1.3.3. Розрахунок витрат та температур мережної води на вентиляцію.....	24
1.4. Визначення розрахункових витрат теплоносія.....	26
1.5. Вихідні дані до розділу 2.....	27
РОЗДІЛ 2. Розрахунок теплової схеми котельні з водогрійними котлами.....	29
2.1.Формування вихідних даних для теплового розрахунку котельні з водогрійними котлами.....	29
2.2. Формування принципової схеми водогрійної котельні.....	31
2.3. Розрахунок теплової схеми котельні з водогрійними котлами ...	32
2.4. Визначення енергетичних показників роботи водогрійної котельні	42
2.5. Вибір обладнання котельні з водогрійними котлами.....	45
РОЗДІЛ 3. Охорона праці.....	55
РОЗДІЛ 4. Система регулювання температури води в ІТП та ЦТП ...	61
Список використаної літератури.....	82

					КР 000.144.005.005.2022.ПЗ			
Змін.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	<i>Проект системи теплопостачання житлово-промислового району №5 в м. Одеса</i> ЗМІСТ	Літера	Аркушів	Аркуш
Розробив		Колінченко І.К.						4
Перевірив		Прядко М.О.						
Рецензув.								
Затвердив		Петренко В.П.					ЗТЕ-5-7ск кафедра ТЕХТ НУХТ	

АНОТАЦІЯ

Колінченко І.К. Проект системи тепlopостачання житлово-промислового району № 5 в місті Одеса - кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Даний проект містить розрахунок теплових навантажень в системі тепlopостачання житлового району на 20 кварталів, знайдені графіки залежності теплових навантажень опалення, вентиляції та гарячого водопостачання району від температури зовнішнього повітря, графік залежності температур і витрати мережної води від температури зовнішнього повітря, графік річної сумарної витрати теплоти.

Обґрунтована та сформульована система технічних рішень зі створення котельні, виконаний розрахунок теплової схеми котельні з техніко – економічним показником ефективності її роботи, здійснений вибір енергетичного обладнання котельні, викреслена розгорнута схема котельні, план та повздовжній розріз.

Третя частина - розділ з охорони праці, в якому розглянуто питання безпечної експлуатації котельного устаткування.

Четвертий розділ - система регулювання температури води в ІТП та ЦТП.

Графічна частина виконана на 3 листах формату А1.

Ключові слова: тепловий розрахунок, котельня, графіки навантажень, теплове обладнання, схема абонентського приєднання, водогрійна котельня, сучасні системи теплозабезпечення.

					КР 000.144.005.005.2022.ПЗ			
Змін.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	Проект системи тепlopостачання житлово-промислового району №5 в м. Одеса АНОТАЦІЯ	Літера	Аркушів	Аркуш
Розробив	Колінченко І.К.							5
Перевірив	Прядко М.О.							
Рецензув.								
Затвердив	Петренко В.П.							
						ЗТЕ-5-7ск кафедра ТЕХТ НУХТ		

ABSTRACT

Kolinchenko I.K. Project of heat supply system of residential-industrial district № 5 in the city of Odesa - qualification work on the rights of the manuscript.

This project contains the calculation of heat loads in the heating system of a residential area for 20 quarters, found graphs of dependence of heat loads of heating, ventilation and hot water supply of the area on the outside air temperature, graph of temperature and network water consumption from outside air temperature, schedule of annual total heat consumption.

The system of technical decisions on creation of a boiler-house is substantiated and formulated, the calculation of the thermal scheme of a boiler-house with a technical-economic indicator of efficiency of its work is executed, the choice of power equipment of a boiler-house is carried out, the expanded scheme of a boiler-house

The third part is the section on labor protection, which considers the issue of safe operation of boiler equipment.

The fourth section is water temperature control system in ITP and CTP.

The graphic part is made on 3 sheets of A1 format.

Key words: thermal calculation, boiler house, load schedules, thermal equipment, subscriber connection scheme, water-heating boiler room, modern heat supply systems.

					КР 000.144.005.005.2022.ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		6

ВСТУП

Метою дипломного проекту є розроблення водогрійної котельні для забезпечення потреб опалення, вентиляції та гарячого водопостачання житлового району міста та технологічного навантаження підприємства.

Актуальність даної роботи полягає в тому, що на сьогоднішній день більшість будинків житлових районів мають «морально» застаріле обладнання, яке не відповідає сучасним вимогам і потребам населення нашої держави. Через це виникає потреба у створенні сучасного обладнання, яке відповідає європейським стандартам і зможе повністю забезпечувати зростаючі потреби населення у тепло – та водопостачанні.

В основу даного дипломного проекту покладено створення водогрійної котельні, яка зможе при економії електроенергії та палива, працюючи максимально ефективно, забезпечити житловий район опаленням, гарячим водопостачанням, та технологічним навантаженням підприємства.

Для реалізації цього виконані такі задачі :

- розраховані теплові навантаження в системі тепlopостачання житлового району;
- знайдені витрата та температури мережної води в прямій та зворотній магістралях;
- розрахована теплова схема котельні з водогрійними котлами;
- визначена собівартість теплоти, відпущена від котельні;
- виконані монтажні креслення котельні;

При дотриманні всіх розрахунків, дана система зможе більш повно задовольнити потреби населення даного району у опаленні, гарячому водопостачанні та потреби у тепловому навантаженні підприємства.

					КР 000.144.005.005.2022.ПЗ			
Змін.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	<i>Проект системи тепlopостачання житлово-промислового району №5 в м. Одеса</i> ВСТУП	Літера	Аркушів	Аркуш
Розробив		Колінченко І.К.						7
Перевірив		Прядко М.О.						
Рецензув.								
Затвердив		Петренко В.П.						
						ЗТЕ-5-7ск кафедра ТЕХТ НУХТ		

РОЗДІЛ 1. РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ ЖИТЛОВО-ПРОМИСЛОВОГО РАЙОНУ МІСТА

1.1. ВИХІДНІ ДАНІ ДО ПРОЕКТУ

- 1.1.1. Географічний пункт розміщення житлово-промислового району – м. Одеса.
- 1.1.2. Генплан мікрорайону з розміщенням джерела теплоти – варіант №5 (20 житлових кварталів).
- 1.1.3. Структура теплового навантаження:
- 1.1.3.1. Опалення житлових кварталів;
- 1.1.3.2. Гаряче водопостачання житлових кварталів;
- 1.1.3.3 Вентиляція громадських будівель;
- 1.1.3.4. Технологічне навантаження промислового підприємства 12 МВт ; (Теплоносій – гаряча вода $t_2'' = 95$ °С, степінь повернення води 1,0).
- 1.1.4. Розрахункова температура (максимально зимова) для проектування системи опалення $t_{3,0} = (-17)$ °С.
- 1.1.5. Середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період – $t_3^{ср.оп} = 1,0$ °С.
- 1.1.6. Розрахункова температура для проектування системи вентиляції – (-10 °С).
- 1.1.7. Температура початку опалювального періоду, $t_{3,пк} = +8$ °С
- 1.1.8. Температура точки “зламу”, $t_{3,з}$ (розраховуються після побудови графіка зміни температури і витрати мережної води на опалення в залежності від температури зовнішнього повітря)
- 1.1.9. В дипломному проекті розрахунки всіх видів теплових навантажень здійснюються для трьох характерних режимів:
- максимально зимового;
 - точки “зламу” температурного графіка опалення;
 - літнього.
- 1.1.10. Тривалість роботи промислового підприємства – 7000 год.
- 1.1.11. Тривалість опалювального періоду – $n_o = 165$ діб.
- 1.1.12. Тривалість періоду стояння температур зовнішнього повітря, діб

Таблиця 1.1

Температура	Інтервали середньодобових температур зовнішнього повітря, °С							
	-30... ...-25	-25... ...-20	-20... ...-15	-15... ...-10	-10... ...-5	-5... ...0	0... ...+5	+5... ...+8
У вказаному інтервалі	0,0	0,0	5,1	12,5	25,9	48,0	60,4	13,1
Нижче даної	0,0	0,0	5,1	17,6	43,5	91,5	151,9	165,0

					КР 000.144.005.005.2022.ПЗ						
Змін.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	<i>Проект системи теплопостачання житлово-промислового району №5 в м. Одеса</i> РОЗДІЛ 1			Літера	Аркушів	Аркуш	
Розробив	Колінченко І.К.								8		
Перевірив	Прядко М.О.							ЗТЕ-5-7ск кафедра ТЕХТ НУХТ			
Рецензув.											
Затвердив	Петренко В.П.										

- 1.1.13. Розрахункові температури мережної води $\tau'_{01} / \tau'_{02} : 120^{\circ}C / 70^{\circ}C$.
- 1.1.14. Система тепlopостачання – закрита
- 1.1.15. Метод регулювання теплового навантаження на опалення - центральне якісне регулювання спільно з місцевим кількісним регулюванням.
- 1.1.16. Схема підключення підігрівників гарячого водопостачання до системи опалення - двоступенева змішана.

					КР 000.144.005.005.2022.ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		9

1.2. ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ В СИСТЕМІ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ЖИТЛОВОГО РАЙОНУ

1.2.1. Викреслюємо план району, у відповідності із завданням у масштабі 1:6000 .

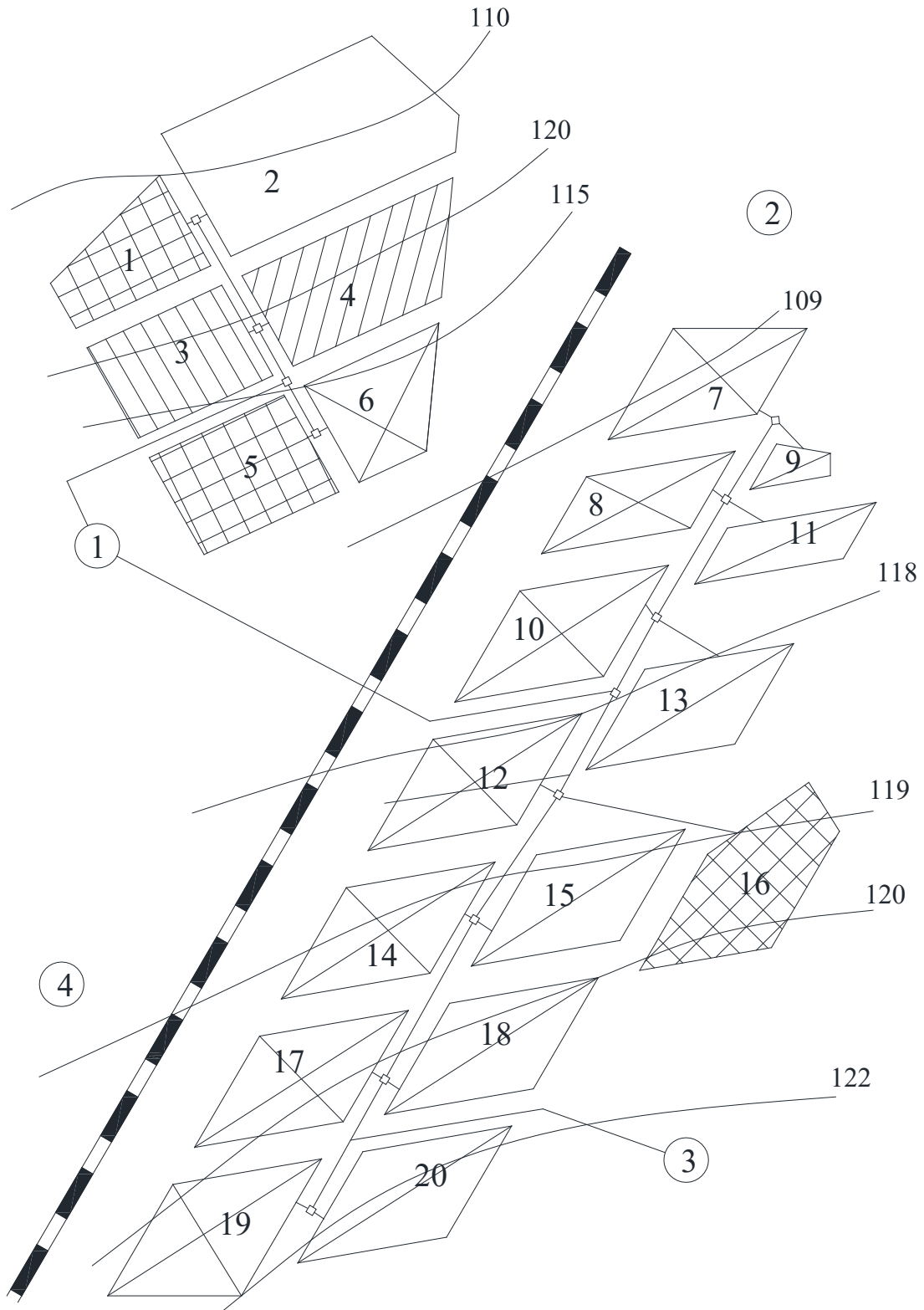


Рис.1.1 План району

					КР 000.144.005.005.2022.ПЗ	Арк. 10
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

1.2.2. Нумеруємо на плані району квартали району тепlopостачання.

1.2.3. Визначаємо загальну площу житлових споруд району:

$$F_{\text{жс}} = F_i f_i = 0,98 \cdot 7700 = 7515,01 \text{ м}^2$$

де f_i - густина (щільність) житлового фонду, м²/га, приймається в залежності від поверховості забудови (Додаток 8 [1]).

1.2.4. Визначаємо максимальне теплове навантаження системи опалення житлових і громадських будівель:

$$Q'_{o \max} = q_o F_{\text{жс}} (1 + K_{\text{зп}}) 10^{-6} = 71,2 \cdot 7515,01 \cdot (1 + 0,25) \cdot 10^{-6} = 0,67 \text{ МВт}$$

де q_o - укрупнений показник максимального теплового потоку на опалення 1 м² загальної площі житлових споруд, Вт/м² (Додаток 9 [1]); $K_{\text{зп}}$ - коефіцієнт, що враховує тепловий потік на опалення громадських споруд, $K_{\text{зп}} = 0,25$.

1.2.5. Визначаємо максимальне теплове навантаження системи вентиляції громадських споруд:

$$Q'_{\text{в} \max} = K_{\text{зп}} K_{\text{в}} q_o F_{\text{жс}} 10^{-6} = 0,25 \cdot 0,6 \cdot 71,2 \cdot 7515,01 \cdot 10^{-6} = 0,09 \text{ МВт}$$

де $K_{\text{в}}$ - коефіцієнт, що враховує тепловий потік на вентиляцію громадських споруд; $K_{\text{в}} = 0,4$ - для споруд, збудованих до 1985 року, $K_{\text{в}} = 0,6$ - для споруд, збудованих після 1985 року.

1.2.6. Визначаємо чисельність (кількість мешканців) людей, що проживають у районі:

$$m = \frac{F_{\text{жс}}}{f_3} = \frac{7515,01}{18} = 418$$

де f_3 - норма загальної площі на одного мешканця (людину), приймається $f_3 = 18 \dots 25$ м²/люд.

1.2.7. Визначаємо середнє теплове навантаження на гаряче водопостачання житлових і громадських споруд:

$$Q'_{\text{ГВП}} = q_e m 10^{-6} = 407 \cdot 418 \cdot 10^{-6} = 0,17 \text{ МВт}$$

де q_e - укрупнений показник середнього теплового потоку на гаряче водопостачання на одну людину, Вт/люд., (Додаток 10[1]); m - кількість людей.

					КР 000.144.005.005.2022.ПЗ	Арк.
						11
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

1.2.8. Зводимо результати розрахунку по кожному кварталу в таблицю 1.2

Таблиця 1.2

Розрахунок теплових навантажень

Номер кварталу	Площа кварталу, га	Густина (щільність) житлового фонду м ² /га	Житлова площа кварталу, м ²	Кількість мешканців, чол.	Теплові потоки			
					Опалення Q' _{о max} , МВт	Вентиляція Q' _{в max} , МВт	ГВП Q' _{ГВП} , МВт	Всього 6+7+8, МВт
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0,98	7700	7515,01	418	0,67	0,08	0,17	0,92
2	3,00	4000	11982,10	666	2,42	0,29	0,27	2,99
3	1,30	5900	7677,67	427	0,84	0,10	0,17	1,12
4	1,73	5500	9527,38	529	1,05	0,13	0,22	1,39
5	1,39	7700	10735,73	596	0,96	0,11	0,24	1,31
6	1,04	8500	8870,39	493	0,79	0,09	0,20	1,08
7	1,11	8500	9444,99	525	0,84	0,10	0,21	1,16
8	0,87	8500	7397,98	411	0,66	0,08	0,17	0,90
9	0,19	8100	1540,01	86	0,14	0,02	0,03	0,19
10	1,26	8500	10701,93	595	0,95	0,11	0,24	1,31
11	0,64	8100	5167,60	287	0,46	0,06	0,12	0,63
12	1,26	7500	9442,88	525	0,84	0,10	0,21	1,15
13	1,14	7200	8182,98	455	0,73	0,09	0,19	1,00
14	1,26	7500	9442,88	525	0,84	0,10	0,21	1,15
15	1,26	7200	9065,16	504	0,81	0,10	0,20	1,11
16	1,47	6800	9969,31	554	0,89	0,11	0,23	1,22
17	1,26	7800	9820,59	546	0,87	0,10	0,22	1,20
18	1,26	7500	9442,88	525	0,84	0,10	0,21	1,15
19	1,40	7800	10941,06	608	0,97	0,12	0,25	1,34
20	1,26	7500	9442,88	525	0,84	0,10	0,21	1,15
Всього	24,31		170928,13	9795	17,41	2,09	3,99	23,49

1.2.9. Визначаємо максимальне теплове навантаження на гаряче водопостачання житлових і громадських споруд:

$$Q'_{ГВП \max} = 2,4 Q'_{ГВП} = 2,4 \cdot 3,99 = 9,57 \text{ МВт}$$

1.2.10. Визначаємо середнє теплове навантаження на гаряче водопостачання для неопалювального (літнього) періоду:

$$Q'_{ГВП \text{ л}}^{\text{сер}} = Q'_{ГВП} \frac{55 - t_{х.в. \text{ л}}}{55 - t_{х.в. \text{ з}}} \beta = 3,99 \cdot \frac{55 - 15}{55 - 5} \cdot 0,8 = 2,55 \text{ МВт}$$

де $t_{х.в. \text{ л}}$ - температура холодної водопровідної води для літнього періоду, $t_{х.в. \text{ л}} = 15^\circ\text{C}$;

$t_{х.в. \text{ з}}$ - температура холодної водопровідної води для опалювального (зимового) періоду, $t_{х.в. \text{ з}} = 5^\circ\text{C}$;

β - коефіцієнт, що враховує зміну витрати мережної води на гаряче водопостачання в неопалювальний період по відношенню до опалювального; для

					КР 000.144.005.005.2022.ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		12

житлово-комунального сектора $\beta = 0,8$; для курортних і південних міст $\beta = 1,5$; для підприємств $\beta = 1$.

1.2.11. Визначаємо максимальне теплове навантаження на гаряче водопостачання для неопалювального /літнього/ періоду:

$$Q_{ГВП \max_{Л}}^{сеп} = Q'_{ГВП \max} \frac{55 - t_{x.6}}{55 - t_{x.6_3}} \beta = 9,57 \cdot \frac{55 - 15}{55 - 5} \cdot 0,8 = 6,12 \text{ МВт}$$

1.2.12. Визначаємо теплові навантаження на опалення Q_0 та вентиляцію Q_6 для 5-ти характерних температур зовнішнього повітря $t_{3.0}$, t_3 , $t_3^{сеп.опал}$, $t_{3.3}$, $t_{зпк}$:

$$Q_0 = Q'_{0 \max} \bar{Q}_0 = Q'_{0 \max} \frac{t_{6.p} - t_3}{t_{6.p} - t_{3.0}} = 17,41 \frac{+18 - (-17)}{+18 - (-17)} = 17,41 \cdot 1 = 17,41 \text{ МВт}$$

$$Q_6 = Q'_{6 \max} \bar{Q}_0 = Q'_{6 \max} \frac{t_{6.p} - t_3}{t_{6.p} - t_{3.0}} = 2,09 \frac{+18 - (-17)}{+18 - (-17)} = 2,09 \cdot 1 = 2,09 \text{ МВт}$$

де $t_{6.p}$ - температура повітря всередині приміщення, $+18$ °С; $t_{3.0}$ - розрахункова температура зовнішнього повітря на опалення, °С.

1.2.13. Визначаємо теплове навантаження системи гарячого водопостачання (середнє і максимальне) на протязі опалювального періоду, як незмінні, незалежно від температури зовнішнього повітря.

1.2.14. Зводимо результати розрахунків теплових навантажень в таблицю 1.3.

Таблиця 1.3

**Значення максимальних і середніх теплових навантажень
в залежності від температури зовнішнього повітря**

№ п/п	Позначення	Одиниця виміру	Тепловий потік при t_3					літо
			$t_{3.0}$ -17 °С	t_3 -10 °С	$t_3^{сеп.опал}$ 1 °С	$t_{3.3}$ +1,8 °С	$t_{зпк}$ +8 °С	
1	\bar{Q}_0		1,00	0,80	0,49	0,46	0,29	
2	Q_0	МВт	17,41	13,93	8,46	8,06	4,97	
3	Q_6	МВт	2,09	1,67	1,01	0,97	0,60	
4	$Q'_{ГВП}$	МВт	3,99	3,99	3,99	3,99	3,99	2,55
5	$Q'_{ГВП \max}$	МВт	9,57	9,57	9,57	9,57	9,57	6,12
6	Всього: 2+3+4	МВт	23,49	19,59	13,46	13,01	9,56	2,55
7	Всього: 2+3+5	МВт	29,07	25,17	19,04	18,59	15,14	6,12

1.2.15. Визначаємо річну витрату теплоти :

- на опалення: $Q_0^{річн} = Q'_{0 \max} n_0 \frac{t_{6.p} - t_3^{сеп.опал}}{t_{6.p} - t_{3.0}} \cdot 3,6 =$
 $= 17,41 \cdot 165 \cdot 24 \cdot \frac{+18 - (-1)}{+18 - (-17)} \cdot 3,6 = 120552,74 \text{ ГДж/рік}$

- на вентиляцію: $Q_6^{річн} = Q'_{6 \max} n_0 \frac{z}{24} \frac{t_{6.p} - t_3^{сеп.опал}}{t_{6.p} - t_{3.0}} \cdot 3,6 =$

					КР 000.144.005.005.2022.ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		13

$$= 2,09 \cdot 165 \cdot 24 \cdot \frac{16}{24} \cdot \frac{+18 - (-1)}{+18 - (-17)} \cdot 3,6 = 9644,22 \text{ ГДж/рік}$$

- на гаряче водопостачання:

$$Q_{ГВП}^{річн} = (Q_{ГВП}^1 n_o + Q_{ГВП,л}^{сер} (n - n_o)) 3,6 =$$

$$= (3,99 \cdot 165 \cdot 24 + 2,55 \cdot (8400 - 165 \cdot 24)) \cdot 3,6 = 97614,83 \text{ ГДж/рік}$$

де n_o - тривалість опалювального періоду, діб; n - тривалість роботи системи гарячого водопостачання (ГВП) протягом року, $n = 8400$ год; Z - тривалість роботи вентиляційної системи протягом доби, $z = 16$ год/добу; $t_3^{сер.опал}$ - середня температура зовнішнього повітря протягом опалювального періоду, °С.

1.2.16. Визначаємо сумарну річну витрату теплоти на опалення, на вентиляцію та на ГВП(1 квартал):

$$\sum Q^{річн} = Q_o^{річн} + Q_в^{річн} + Q_{ГВП}^{річн} = 120552,74 + 9644,22 + 97614,83 = 227811,79 \text{ ГДж/рік}$$

$$\sum Q^{річн} = 63281,05 \text{ МВт} \cdot \text{год/рік}$$

1.2.17. Будуємо графік зміни теплових навантажень на опалення, ГВП та вентиляцію в залежності від температури зовнішнього повітря та графік зміни теплових навантажень протягом року.

					КР 000.144.005.005.2022.ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		14

Эм.	
Доклш	
№ док.м.	
Підпис	
Дата	

КР 000.144.005.005.2022.ПЗ

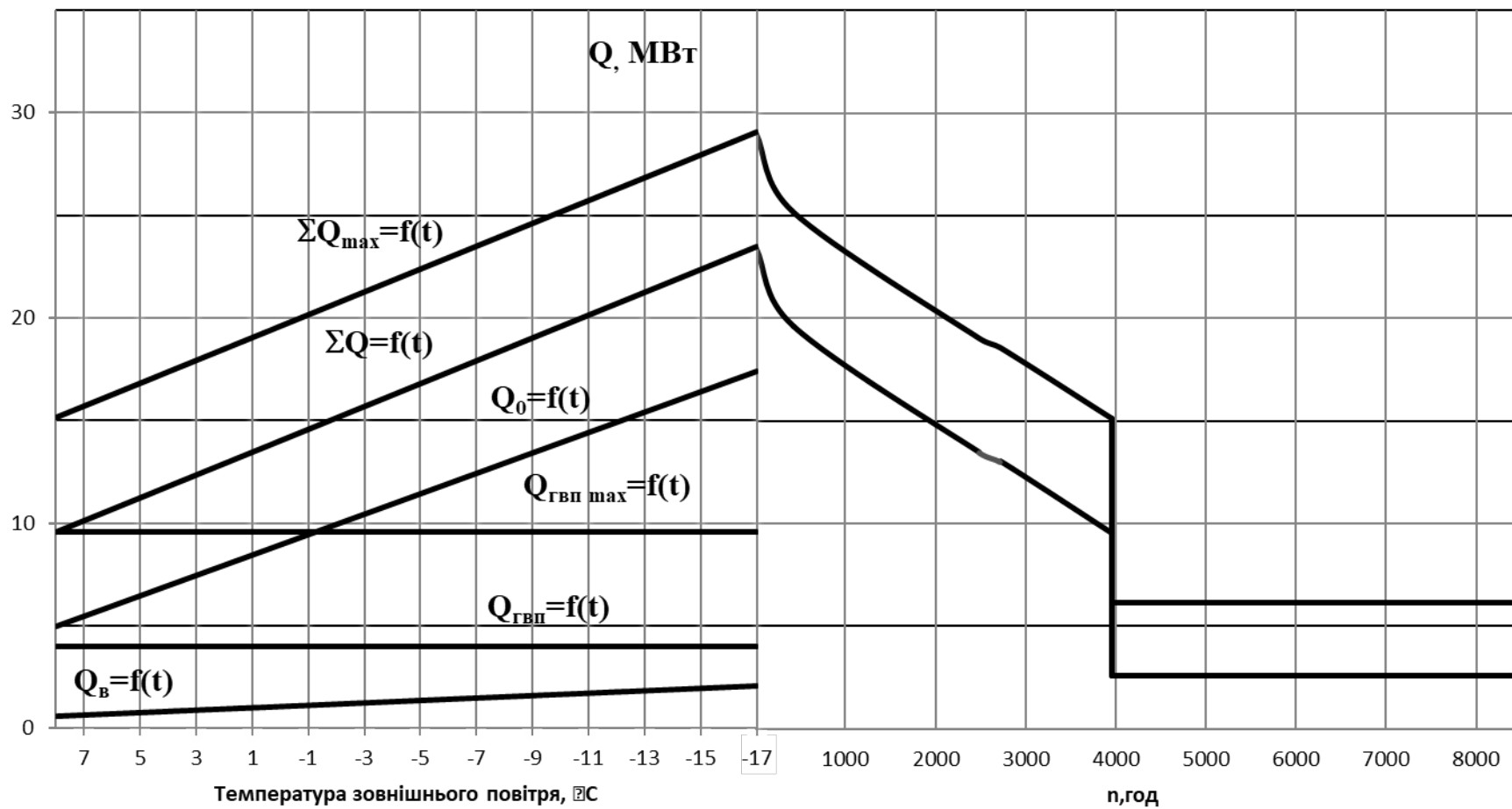


Рис 1.2 Графік зміни теплових навантажень опалення, вентиляції та ГВП на протязі опалювального періоду та року

1.3. РОЗРАХУНОК ВИТРАТИ ТА ТЕМПЕРАТУРИ МЕРЕЖНОЇ ВОДИ В ПРЯМІЙ ТА ЗВОРОТНІЙ МАГІСТРАЛЯХ

1.3.1. Розрахунок витрат та температур мережної води на опалення

1.3.1.1. Визначаємо температуру мережної води для 5-ти характерних температур зовнішнього повітря $t_{3.0}$, t_3 , $t_3^{cep.onan}$, $t_{3.3}$, $t_{3ПК}$:

- в подавальному трубопроводі:

$$\begin{aligned}\tau_{o1} &= t_{6.p} + \Delta t_o' \bar{Q}_o^{0,8} + \bar{Q}_o (\delta\tau_o' - 0,5\theta') = \\ &= 18 + \left(\frac{95+70}{2} - 18\right) \cdot \left(\frac{18-(-17)}{18-(-17)}\right)^{0,8} + \frac{18-(-17)}{18-(-17)} (50 - 0,5 \cdot 25) = 120 \text{ }^\circ\text{C}\end{aligned}$$

- після вузла змішування:

$$\begin{aligned}\tau_{o3} &= t_{6.p} + \Delta t_o' \bar{Q}_o^{0,8} + 0,5\theta' \bar{Q}_o = \\ &= 18 + 64,5 \cdot \left(\frac{18-(-17)}{18-(-17)}\right)^{0,8} + 0,5 \cdot 25 \frac{18-(-17)}{18-(-17)} = 95 \text{ }^\circ\text{C}\end{aligned}$$

після системи опалення (опалювальних приладів):

$$\begin{aligned}\tau_{o2} &= t_{6.p} + \Delta t_o' \bar{Q}_o^{0,8} - 0,5\theta' \bar{Q}_o = \\ &= 18 + 64,5 \cdot \left(\frac{18-(-17)}{18-(-17)}\right)^{0,8} - 0,5 \cdot 25 \frac{18-(-17)}{18-(-17)} = 70 \text{ }^\circ\text{C}\end{aligned}$$

де $\Delta t_o' = \tau_{np}' - t_{6.p} = 82,5 - 18 = 64,5 \text{ }^\circ\text{C}$; $\tau_{np}' = \frac{\tau_{o3}' + \tau_{o2}'}{2} = \frac{95 + 70}{2} = 82,5 \text{ }^\circ\text{C}$;

$$\bar{Q}_o = \frac{t_{6.p} - t_3}{t_{6.p} - t_{3.0}} = \frac{18 - (-17)}{18 - (-17)} = 1; \quad \delta\tau_o' = \tau_{o1}' - \tau_{o2}' = 120 - 70 = 50^\circ\text{C};$$

$$\theta' = \tau_{o3}' - \tau_{o2}' = 95 - 70 = 25 \text{ }^\circ\text{C}$$

τ_{o3}' - розрахункова температура мережної води перед системою опалення (на вході в опалювальні прилади), приймається в межах 95...105 °С.

1.3.1.2. Визначаємо витрату мережної води на опалення у першому діапазоні ($t_{3ПК} \dots t_{3.3}$):

$$G_o = \frac{Q_o 10^3}{c(\tau_{o1}''' - \tau_{o2}''')} = \frac{4,97 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (70 - 47,04)} = 51,71 \text{ кг/с}$$

1.3.1.3. Визначаємо витрату мережної води на опалення у другому діапазоні ($t_{3.3} - t_{3.0}$), витрата є постійною і дорівнює розрахунковій, за формулою:

$$G_{o \max}' = \frac{Q_{o \max}' 10^3}{c(\tau_{o1}' - \tau_{o2}')} = \frac{17,41 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (120 - 70)} = 83,1 \text{ кг/с}$$

1.3.1.4 Зводимо результати визначення температур і витрат в таблицю 1.4.

					КР 000.144.005.005.2022.ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		16

Результати розрахунку температури і витрати мережної води на опалення
в залежності від температури зовнішнього повітря

Позначення	Одиниця виміру	Температура і витрата мережної води при				
		$t_{3,0}$ -17 °C	t_3 -10 °C	$t_3^{сер.опал}$ 1 °C	$t_{3,3}$ +1,8 °C	$t_{зпк}$ +8 °C
τ_{o1}	°C	120	101,96	72,41	70	70
τ_{o2}	°C	70	61,96	48,12	47,04	47,04
τ_{o3}	°C	95	81,96	60,27	58,61	58,61
G_o	кг/с	83,10	83,10	83,10	83,10	51,71

1.3.1.5. Будемо графік зміни температури і витрати мережної води на опалення в залежності від температури зовнішнього повітря.

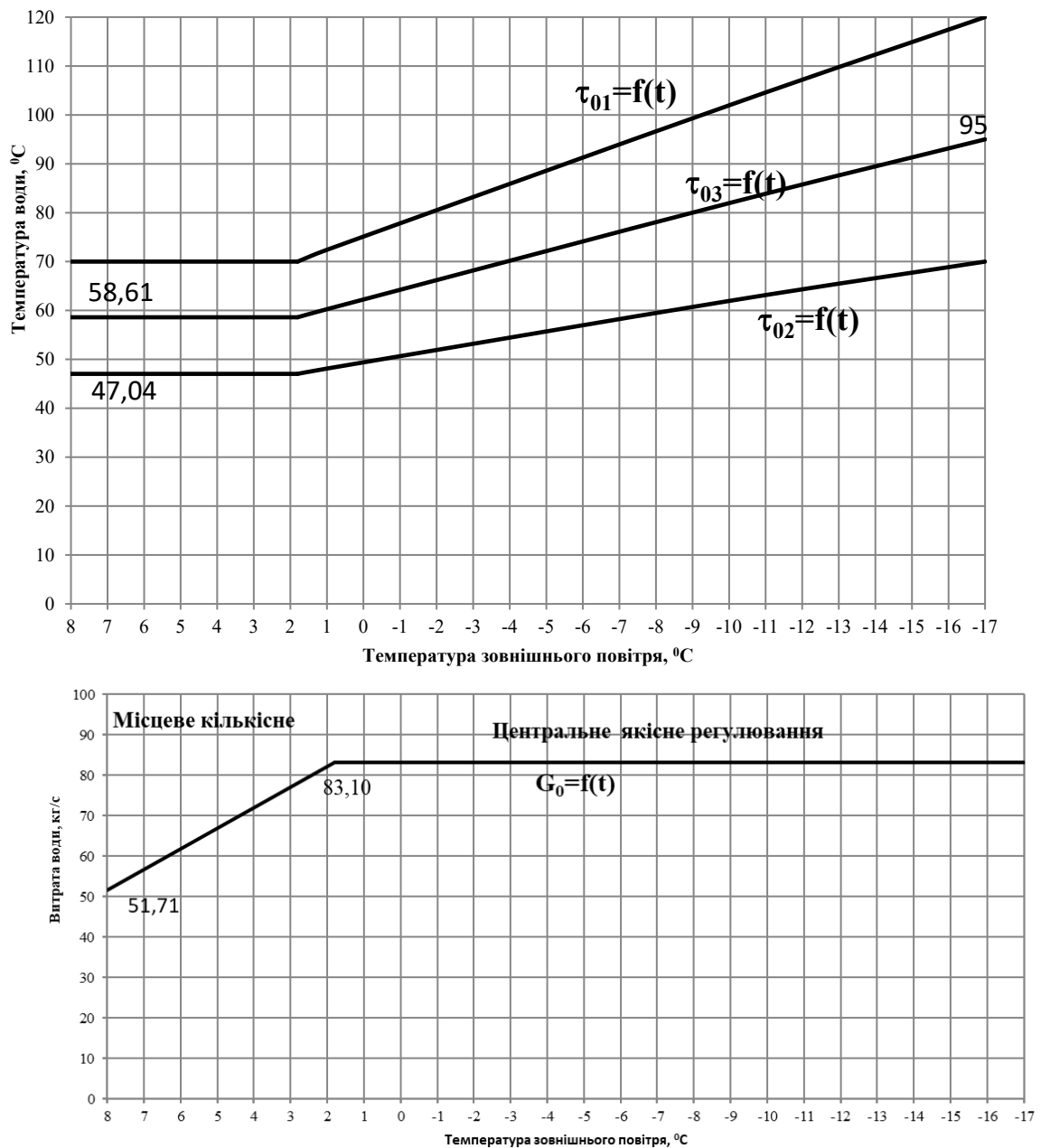


Рис 1.3 Графік зміни температури і витрати мережної води на опалення в залежності від температури зовнішнього повітря

1.3.2. Розрахунок витрат та температур мережної води на гаряче водопостачання

1.3.2.1. Визначаємо витрату мережної води на гаряче водопостачання:

$$G_{ГВП \max} = \frac{Q_{ГВП \max} 10^3}{c(\tau_{o1}''' - \tau_{o2}''')} \frac{t_2 - t_n}{t_2 - t_{x.3}} = \frac{9,57 \cdot 10^3}{4,19(70 - 47,04)} \cdot \frac{60 - (47,04 - 5)}{60 - 5} = 32,48 \text{ кг/с}$$

1.3.2.2. Визначаємо температуру мережної води після підігрівника 1-го ступеню:

$$t_2 = \tau_{o2} - Q_{ГВП} \frac{t_n - t_{x.3}}{t_2 - t_{x.3}} \frac{1}{c(G_{o \max} + G_{ГВП})} = 47,04 - 9,57 \cdot 10^3 \cdot \frac{(47,04 - 5) - 5}{60 - 5} \cdot \frac{1}{4,19 \cdot (83,1 + 32,48)} = 33,74^\circ\text{C}$$

де t_n - температура водопровідної води після підігрівника ГВП 1-го ступеня, $^\circ\text{C}$,
 $t_n = \tau_{o2}''' - (5 \dots 10^\circ\text{C})$.

3.2.3 Визначаємо витрату теплоносія і температури мережної води при $t_3 \neq t_3'''$. Розрахунок виконується в два етапи: попередній і кінцевий.

Попередній розрахунок ($t_3 = 1,8^\circ\text{C}$):

1.3.2.4. Визначаємо температурні напори 1-го і 2-го ступенів підігрівників при розрахунковому режимі ($t_3 = t_3'''$):

$$\Delta t_I = \frac{\Delta t_{\delta_I} - \Delta t_{M_I}}{\ln \frac{\Delta t_{\delta_I}}{\Delta t_{M_I}}} = \frac{(\tau_2 - t_{x.3}) - (\tau_{o2}''' - t_n)}{\ln \frac{\tau_2 - t_{x.3}}{\tau_{o2}''' - t_n}} = \frac{(33,74 - 5) - (47,04 - 42,04)}{\ln \frac{33,74 - 5}{47,04 - 42,04}} = 13,57^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{II} = \frac{\Delta t_{\delta_{II}} - \Delta t_{M_{II}}}{\ln \frac{\Delta t_{\delta_{II}}}{\Delta t_{M_{II}}}} = \frac{(\tau_{o1}''' - t_2) - (\tau_{2e} - t_n)}{\ln \frac{\tau_{o1}''' - t_2}{\tau_{2e} - t_n}} = \frac{(70 - 60) - (47,04 - 42,04)}{\ln \frac{70 - 60}{47,04 - 42,04}} = 7,21^\circ\text{C}$$

3.2.5. Визначаємо витрату водопровідної води на ГВП:

$$q_{z_M} = \frac{Q_{ГВП \max} 10^3}{c(t_2 - t_{x.3})} = \frac{9,57 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (60 - 5)} = 41,52 \text{ кг/с}$$

1.3.2.6. Визначаємо теплопродуктивність підігрівників 1-го і 2-го ступенів, за формулами (4.16) та (4.17):

$$Q_I = cq_{z_M} (t_n - t_{x.3}) = 4,19 \cdot 41,52 \cdot (42,04 - 5) = 6,44 \text{ МВт}$$

$$Q_{II} = cq_{z_M} (t_2 - t_n) = 4,19 \cdot 41,52 \cdot (60 - 42,04) = 3,12 \text{ МВт}$$

Умова $Q_I + Q_{II} = Q_{ГВП \max}$ виконується.

1.3.2.7. Визначаємо витрати мережної води, що проходить через підігрівників 1-го і 2-го ступенів,:

$$G_I = G_{II} + G'_{o \max} = 54,7 + 83,1 = 137,81 \text{ кг/с}$$

$$G_{II} = \frac{0,55 Q_{ГВП \max} 10^3}{c(\tau_{o1}''' - \tau_{o2}''')} = \frac{0,55 \cdot 9,57 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (70 - 47,04)} = 54,7 \text{ кг/с}$$

1.3.2.8. Визначаємо параметр підігрівників 1-го та 2-го ступенів:

$$\Phi_I = \frac{Q_I 10^3}{\Delta t_I c \sqrt{G_{M_I} G_{\delta_I}}} = \frac{6,44 \cdot 10^3}{13,57 \cdot 4,19 \cdot \sqrt{41,52 \cdot 137,81}} = 1,5$$

$$\Phi_{II} = \frac{Q_{II} 10^3}{\Delta t_{II} c \sqrt{G_{M_{II}} G_{\delta_{II}}}} = \frac{3,12 \cdot 10^3}{7,21 \cdot 4,19 \cdot \sqrt{41,52 \cdot 54,7}} = 2,17$$

1.3.2.9. Визначаємо теплопродуктивність 1-го ступеню, нехтуючи витратою мережної води через 1-й ступінь G_I і приймаючи витрату нагрівної води через

					КР 000.144.005.005.2022.ПЗ	Арк.
						18
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

його рівною $G'_{o\max}$, температуру нагрівної води на вході в підігрівник 1-го ступеню, рівною $\tau_{cm} = \tau_{o2}$:

$$Q_I = c\varepsilon_I G_{M_I} (\tau_{cm} - t_{x,3}) = 4,19 \cdot 0,77 \cdot 41,52 \cdot (48,12 - 5) = 5,79 \text{ МВт}$$

де ε_I визначаю за формулою:

$$\varepsilon_I = \left(0,35 \frac{G_{M_I}}{G_{\delta_I}} + 0,65 + \frac{1}{\Phi_I} \sqrt{\left[\frac{G_{M_I}}{G_{\delta_I}} \right]} \right)^{-1} = \left(0,35 \cdot \frac{41,52}{83,1} + 0,65 + \frac{1}{1,5} \cdot \sqrt{\frac{41,52}{83,1}} \right)^{-1} = 0,77$$

1.3.2.10. Визначаємо температуру водопровідної води після підігрівника 1-го ступеню, за формулою:

$$t_n = t_{x,3} + \frac{Q_I 10^3}{c q_{z_M}} = 5 + \frac{5,79 \cdot 10^3}{4,19 \cdot 41,52} = 38,26 \text{ }^\circ\text{C}$$

1.3.2.11. Визначаємо теплопродуктивність підігрівника 2-го ступеню, за формулою:

$$Q_{II} = Q_{ГВП\max} - Q_I = 9,57 - 5,79 = 3,78 \text{ МВт}$$

1.3.2.12. Визначаємо витрату мережної води через підігрівник 2-го ступеню, за формулою:

$$G_{II} = \frac{Q_{II} 10^3}{c(\tau_{01} - \tau_{2z})} = \frac{3,78 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (72,41 - 38,26)} = 26,43 \text{ кг/с}$$

Для попереднього розрахунку нехтую величиною недогріву підігрівнику 2-го ступеню, тобто приймаю

$$\tau_{2z} = t_n$$

1.3.2.13. Визначаємо витрату мережної води через підігрівник 1-го ступеню, за формулою:

$$G_I = G_{II} + G'_{o\max} = 26,43 + 83,1 = 109,53 \text{ кг/с}$$

1.3.2.14. Визначаємо температуру мережної води на вході в підігрівник 1-го ступеню, за формулою:

$$\tau_{cm} = \frac{G'_{o\max}}{G_I} \tau_{o2} + \frac{G_{II}}{G_I} \tau_{2z} = \frac{83,1}{109,53} \cdot 48,12 + \frac{26,43}{109,53} \cdot 38,26 = 45,74 \text{ }^\circ\text{C}$$

Попередній розрахунок закінчено.

Кінцевий розрахунок.

1.3.2.15. Визначаємо теплопродуктивність 1-го ступеню. В даному випадку витрати нагрівної і водопровідної води приймаються відповідно G_I і q_{z_M} .

$$Q_I = c\varepsilon_I G_{M_I} (\tau_{cm} - t_{x,3}) = 4,19 \cdot 0,84 \cdot 41,52 \cdot (45,74 - 5) = 5,94 \text{ МВт}$$

$$\varepsilon_I = \left(0,35 \frac{G_{M_I}}{G_{\delta_I}} + 0,65 + \frac{1}{\Phi_I} \sqrt{\left[\frac{G_{M_I}}{G_{\delta_I}} \right]} \right)^{-1} = \left(0,35 \cdot \frac{41,52}{109,53} + 0,65 + \frac{1}{1,5} \cdot \sqrt{\frac{41,52}{109,53}} \right)^{-1} = 0,84$$

1.3.2.16. Визначаємо температуру водопровідної води після підігрівника 1-го ступеню, за формулою:

					КР 000.144.005.005.2022.ПЗ	Арк.
						19
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$t_n = t_{x.3} + \frac{Q_I 10^3}{c q_{z_M}} = 5 + \frac{5,94 \cdot 10^3}{4,19 \cdot 41,52} = 39,13^\circ\text{C}$$

1.3.2.17. Визначаємо теплопродуктивність підігрівника 2-го ступеню, за формулою:

$$Q_{II} = Q_{ГВП \max} - Q_I = 9,57 - 5,94 = 3,63 \text{ МВт}$$

1.3.2.18. Визначаємо витрату мережної води через підігрівник 2-го ступеню за формулою:

$$G_{II} = \frac{1,7 \Phi_{II}^2 q_{z_M}}{\left[-1 + \sqrt{1 + 2,6 \Phi_{II}^2 \left(\frac{(\tau_{01} - t_n) c q_{z_M}}{Q_{II} 10^3} - 0,35 \right)} \right]^2} = \frac{1,7 \cdot 2,17^2 \cdot 41,52}{\left[-1 + \sqrt{1 + 2,6 \cdot 2,17^2 \left(\frac{(72,41 - 39,13) \cdot 4,19 \cdot 41,52}{3,63 \cdot 10^3} - 0,35 \right)} \right]^2} = 27,27 \text{ кг/с}$$

1.3.2.19. Визначаємо температуру мережної води на виході із підігрівника 2-го ступеню, за формулою:

$$\tau_{2z} = \tau_{01} - \frac{Q_{II} 10^3}{G_{II} c} = 72,41 - \frac{3,63 \cdot 10^3}{27,27 \cdot 4,19} = 40,64^\circ\text{C}$$

1.3.2.20. Визначаємо витрату мережної води через підігрівник 1-го ступеню, за формулою:

$$G_I = G_{II} + G'_{o \max} = 27,27 + 83,1 = 110,37 \text{ кг/с}$$

1.3.2.21. Визначаю температуру мережної води на вході в підігрівник 1-го ступеню, за формулою:

$$\tau_{cm} = \frac{G'_{o \max}}{G_I} \tau_{o2} + \frac{G_{II}}{G_I} \tau_{2z} = \frac{83,1}{110,37} \cdot 48,12 + \frac{26,43}{110,37} \cdot 40,64 = 46,28^\circ\text{C}$$

1.3.2.22. Перевіряю теплову продуктивність 1-го і 2-го ступенів підігрівників за формулами (4.20)-(4.22) [1]. Якщо знайдені величини наближені до даних попереднього розрахунку, розрахунок закінчено.

- Визначаємо теплопродуктивність 1-го ступеню:

$$Q_I = c \varepsilon_I G_{M_I} (\tau_{cm} - t_{x.3}) = 4,19 \cdot 0,84 \cdot 41,52 \cdot (46,28 - 5) = 6,03 \text{ МВт}$$

$$\varepsilon_I = \left(0,35 \frac{G_{M_I}}{G_{\sigma_I}} + 0,65 + \frac{1}{\Phi_I} \sqrt{\frac{G_{M_I}}{G_{\sigma_I}}} \right)^{-1} = \left(0,35 \cdot \frac{41,52}{110,37} + 0,65 + \frac{1}{1,5} \cdot \sqrt{\frac{41,52}{110,37}} \right)^{-1} = 0,84$$

- Визначаємо температуру водопровідної води після підігрівника 1-го ступеню:

$$t_n = t_{x.3} + \frac{Q_I 10^3}{c q_{z_M}} = 5 + \frac{6,03 \cdot 10^3}{4,19 \cdot 41,52} = 39,65^\circ\text{C}$$

- Визначаємо теплопродуктивність підігрівника 2-го ступеню:

$$Q_{II} = Q_{ГВП \max} - Q_I = 9,57 - 6,03 = 3,54 \text{ МВт}$$

- Визначаємо витрату мережної води через підігрівник 2-го ступеню:

					КР 000.144.005.005.2022.ПЗ	Арк.
						20
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$G_{II} = \frac{1,7\Phi_{II}^2 q_{z_M}}{\left[-1 + \sqrt{1 + 2,6\Phi_{II}^2 \left(\frac{(\tau_{01} - t_n) c q_{z_M}}{Q_{II} 10^3} - 0,35 \right)} \right]^2} =$$

$$\frac{1,7 \cdot 2,17^2 \cdot 41,52}{\left[-1 + \sqrt{1 + 2,6 \cdot 2,17^2 \left(\frac{(72,41 - 39,62) \cdot 4,19 \cdot 41,52}{3,54 \cdot 10^3} - 0,35 \right)} \right]^2} = 26,95 \text{ кг/с}$$

$$G_{II} \leq \frac{Q_{II} 10^3}{(\tau_{01} - t_n) c} \quad (26,95 \geq \frac{Q_{II} 10^3}{(\tau_{01} - t_n) c} = 27,47)$$

- Визначаємо температуру мережної води на виході із підігрівника 2-го ступеню:

$$\tau_{2z} = \tau_{01} - \frac{Q_{II} 10^3}{G_{II} c} = 72,41 - \frac{3,54 \cdot 10^3}{27,47 \cdot 4,19} = 41,65^\circ\text{C}$$

- Визначаємо витрату мережної води через підігрівник I ступеню:

$$G_I = G_{II} + G'_{o_{\max}} = 27,47 + 83,1 = 110,57 \text{ кг/с}$$

- Визначаю температуру мережної води на вході в підігрівник 1-го ступеню:

$$\tau_{cm} = \frac{G'_{o_{\max}}}{G_I} \tau_{o2} + \frac{G_{II}}{G_I} \tau_{2z} = \frac{83,1}{110,57} \cdot 48,12 + \frac{27,47}{110,57} \cdot 41,65 = 46,52^\circ\text{C}$$

- Визначаємо теплопродуктивність 1-го ступеню:

$$Q_I = c \varepsilon_I G_{M_I} (\tau_{cm} - t_{x,3}) = 4,19 \cdot 0,84 \cdot 41,52 \cdot (46,52 - 5) = 6,07 \text{ МВт}$$

$$\varepsilon_I = \left(0,35 \frac{G_{M_I}}{G_{\sigma_I}} + 0,65 + \frac{1}{\Phi_I} \sqrt{\left[\frac{G_{M_I}}{G_{\sigma_I}} \right]} \right)^{-1} = \left(0,35 \cdot \frac{41,52}{110,57} + 0,65 + \frac{1}{1,5} \cdot \sqrt{\frac{41,52}{110,57}} \right)^{-1} = 0,84$$

- Визначаємо температуру водопровідної води після підігрівника 1-го ступеню:

$$t_n = t_{x,3} + \frac{Q_I 10^3}{c q_{z_M}} = 5 + \frac{6,07 \cdot 10^3}{4,19 \cdot 41,52} = 39,87^\circ\text{C}$$

- Визначаємо теплопродуктивність підігрівника 2-го ступеню:

$$Q_{II} = Q_{ГВП \max} - Q_I = 9,57 - 6,07 = 3,50 \text{ МВт}$$

1.3.2.23. Визначаємо температуру мережної води на виході з підігрівника 1-го ступеню, за формулою:

$$\tau_2 = \tau_{cm} - \frac{Q_I 10^3}{G_I c} = 46,52 - \frac{4,5 \cdot 10^3}{110,57 \cdot 4,19} = 33,42^\circ\text{C}$$

1.3.2.24. Здійснюємо перевірку, за формулою °C

Для визначення витрати теплоносія і температури мережної води при інших значеннях t_3 пункти 3.2.4-3.2.8 не розраховуються, приймаються з попереднього, оскільки вони визначені при $t_3 = t_3^{\text{м}}$.

1.3.2.25. Визначаємо витрату мережної води в літньому режимі:

$$G_{ГВП} = \frac{Q_{ГВП \text{ Л}}^{сер} 10^3}{(\tau_{01}^{\text{м}} - 30) c} = \frac{2,55 \cdot 10^3}{(70 - 30) \cdot 4,19} = 15,22 \text{ кг/с.}$$

					КР 000.144.005.005.2022.ПЗ	Арк.
						21
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

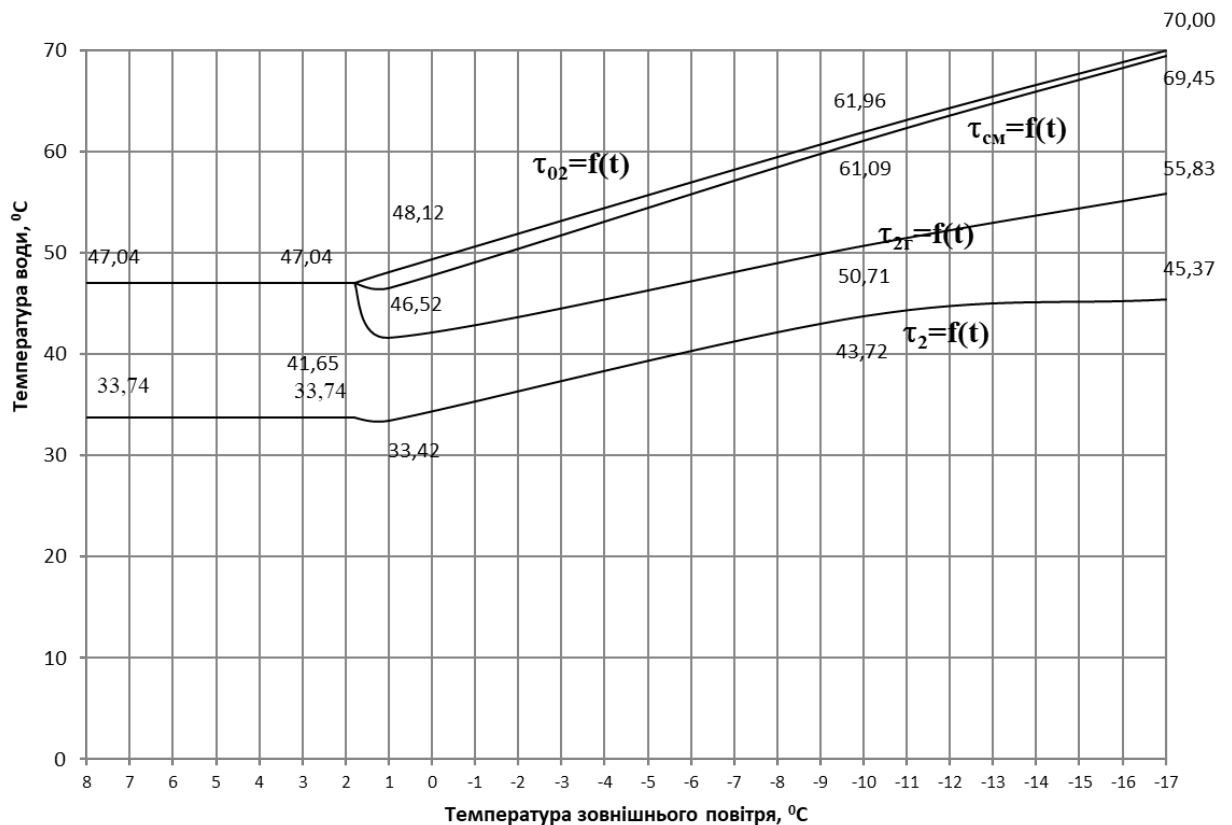
1.3.2.26. Зводимо результати розрахунків у таблицю 1.5.

Таблиця 1.5

Результати розрахунку витрат та температур мережної води на гаряче водопостачання

Позначення	Одиниця виміру	Температура мережної води при					літо
		$t_{3,0}$ -17 °C	t_3 -10 °C	$t_3^{сеп.опал}$ 1 °C	$t_{3,3}$ +1,8 °C	$t_{зпк}$ +8 °C	
τ_{02}	°C	70,00	61,96	48,12	47,04	47,04	70
τ_{2e}	°C	55,83	50,71	41,65	47,04	47,04	30
t_n	°C	55,13	50,29	39,87	42,04	42,04	60
τ_{cm}	°C	69,45	61,09	46,52	47,04	47,04	-
τ_2	°C	45,37	43,72	33,42	33,74	33,74	-
$G_{ГВП}$	кг/с	3,15	6,54	27,17	32,48	32,48	15,22

1.3.2.27. Будуємо графіки залежності витрати мережної води на ГВП і температури мережної води після підігрівників ГВП 1-го і 2-го ступеня від температури зовнішнього повітря.



Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата
-------	------	-------------	--------	------

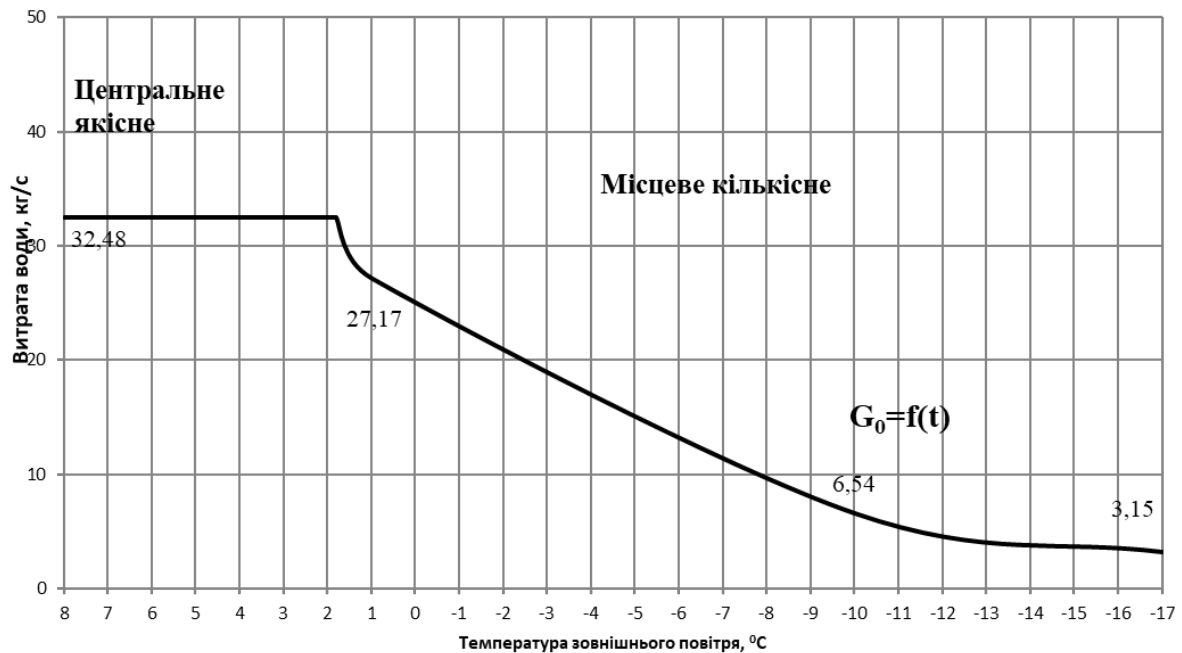


Рис.1.4 Графіки залежності витрати мережної води на ГВП і температури мережної води після підігрівників ГВП 1-го і 2-ступенів від температури зовнішнього повітря

1.3.3. Розрахунок витрат та температур мережної води на вентиляцію

За наявності “зрізки” температурного графіка виділяю три характерних діапазони.

III. Діапазон температур зовнішнього повітря, менших ніж $t_{з\text{овн.вент.}}$.

1.3.3.1. Визначаємо температуру мережної води після калориферів за формулою:

$$\frac{(\tau_{01} + \tau_{26}) - (t_{6,p} + t_3)}{(\tau_{01} + \tau_{26}^{\prime\prime}) - (t_{6,p} + t_{3,6})} \left(\frac{\tau_{01}^{\prime\prime} - \tau_{26}^{\prime\prime}}{\tau_{01} - \tau_{26}} \right)^{0,15} = \frac{(120 + \tau_{26}) - (18 + (-17))}{(101,96 + 61,96) - (18 + (-10))} \left(\frac{101,96 - 61,96}{120 - \tau_{26}} \right)^{0,15} = 1$$

де $\tau_{01}^{\prime\prime}$ - температура мережної води у подавальному трубопроводі при $t_{з\text{овн.вент.}}$; $\tau_{26}^{\prime\prime}$ - температура води після калориферів при $t_{3,6}$, °C.

Методом підбору знаходимо $\tau_{26} = 50,5$ °C.

1.3.3.2. Витрату мережної води на вентиляцію, за формулою:

$$G_6 = \frac{Q_6 \cdot 10^3}{c(\tau_{01} - \tau_{26})} = \frac{2,09 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (120 - 50,5)} = 7,17 \text{ кг/с}$$

II. Діапазон температур зовнішнього повітря ($t_{з\text{овн.вент.}} < t_3 \leq t_{3,3}$).

1.3.3.3. Визначаємо температуру води після калориферів, за формулою :

$$\tau_{26} = \tau_{01} - (\tau_{01} - \tau_{26}^{\prime\prime}) \frac{t_{6,p} - t_3}{t_{6,p} - t_{3,6}} = 70 - (101,96 - 61,96) \cdot \frac{18 - 1,8}{18 - (-10)} = 47,04 \text{ °C}$$

1.3.3.4. Витрату мережної води на вентиляцію, за формулою:

$$G_6^{\prime\prime} = \frac{Q_6 \cdot 10^3}{c(\tau_{01} - \tau_{26}^{\prime\prime})} = \frac{1,67 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (101,96 - 47,04)} = 9,97 \text{ кг/с}$$

I. Діапазон температур зовнішнього повітря ($t_{3,3} < t_3 \leq t_{3\text{ПК}}$).

					КР 000.144.005.005.2022.ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		23

1.3.3.5. Визначаю температуру води після калориферів, за формулою:

$$\frac{(\tau_{o1}'' + \tau_{2e}) - (t_{e.p} - t_{зПК}) \left(\frac{\tau_{o1}'' - \tau_{2e}}{\tau_{o1}'' - \tau_{2e}} \right)^{0,15}}{\left(\frac{t_{e.p} - t_{зПК}}{t_{e.p} - t_{з.в}} \right)^{0,85}} = \frac{(70 + \tau_{2e}) - (18 - 8) \left(\frac{101,96 - 61,96}{70 - \tau_{2e}} \right)^{0,15}}{\left(\frac{18 - 8}{18 - (-17)} \right)^{0,85}} = 1$$

Методом підбору знаходимо $\tau_{2e} = 23^\circ\text{C}$.

1.3.3.6. Визначаю витрату мережної води на вентиляцію, за формулою:

$$G_e = \frac{Q_e 10^3}{c(\tau_{o1} - \tau_{2e})} = \frac{0,6 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (70 - 23)} = 3,03 \text{ кг/с}$$

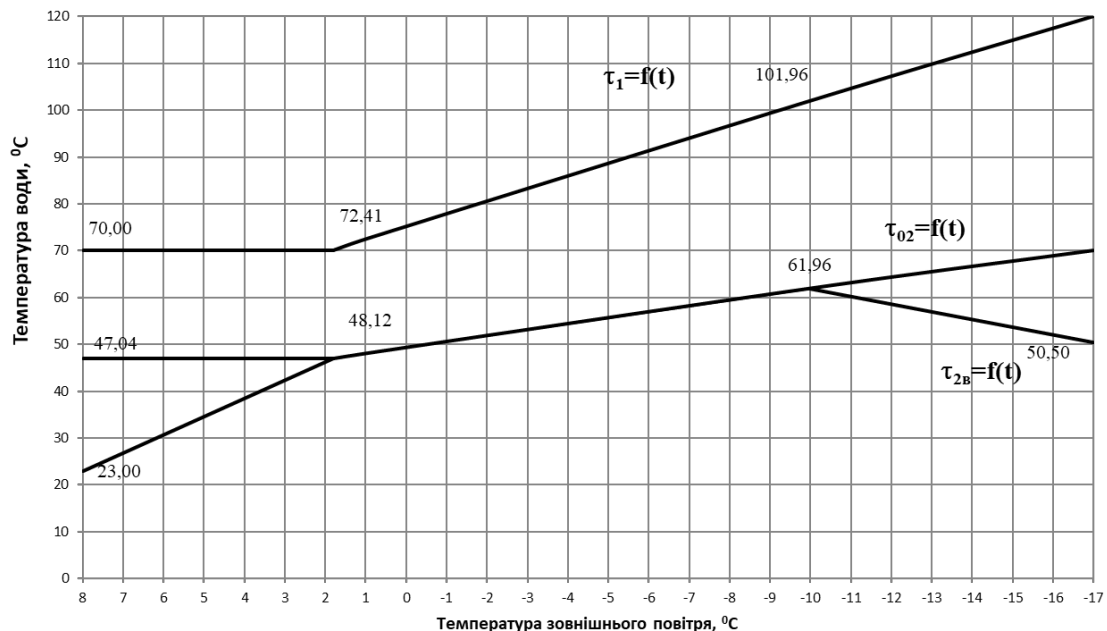
1.3.3.7. Зводимо результати розрахунків у таблицю 1.6.

Таблиця 1.6

Результати розрахунку витрат та температур мережної води на вентиляцію

Позначення	Одиниця виміру	Температура і витрата мережної води при				
		$t_{3,0}$ -17 °C	t_3 -10 °C	$t_3^{сеп.опал}$ 1 °C	$t_{3,3}$ +1,8 °C	$t_{зПК}$ +8 °C
τ_1	°C	120,00	101,96	72,41	70,00	70,00
τ_{o2}	°C	70,00	61,96	48,12	47,04	47,04
τ_{2e}	°C	50,50	61,96	48,12	47,04	23,00
G_e	кг/с	7,17	9,97	9,97	9,97	3,03

3.3.8. Будує графіки залежності температур мережної води після калориферів і витрати мережної води на вентиляцію від температури зовнішнього повітря.



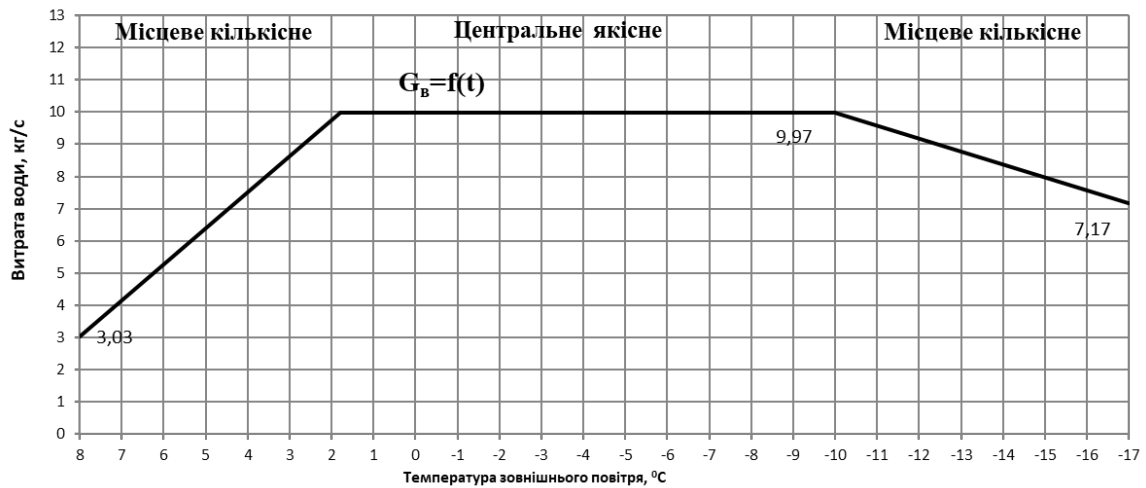


Рис.1.5 Графіки залежності витрати мережної води на вентиляцію і температури мережної води після калориферів від температури зовнішнього повітря

1.4. ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВИХ ВИТРАТ ТЕПЛОНОСІЯ

1.4.1. Визначаю розрахункову витрату мережної води:

- на опалення, за формулою

$$G'_{o\max} = \frac{Q'_{o\max} 10^3}{c(\tau'_{o1} - \tau'_{o2})} = \frac{18,31 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (150 - 70)} = 54,64 \text{ кг/с}$$

- на вентиляцію, для максимально зимового режиму:

$$G'_{e\max} = \frac{Q_{e\max} 10^3}{c(\tau'_{o1} - \tau'_{2e})} = \frac{2,20 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (150 - 28)} = 4,30 \text{ кг/с}$$

- середня при двоступеневих схемах приєднання підігрівників води в системі ГВП, за формулою

$$G'_{ГВП}{}^{сер} = \frac{Q'_{ГВП} 10^3}{c(\tau'''_{o1} - \tau'''_{o2})} \left(\frac{55 - t'}{55 - t_x} + 0,2 \right) = \frac{3,21 \cdot 10^3}{4,19(70 - 41,79)} \cdot \frac{55 - (41,79 - 5)}{55 - 5} = 9,90 \text{ кг/с}$$

де t' - температура водопровідної води після підігрівника ГВП першого (нижнього) ступеня; $t' = \tau'''_{o2} - (5 \dots 10^\circ \text{C})$.

- максимальна при двоступеневих схемах приєднання підігрівників води в системі ГВП, за формулою

$$G'_{ГВП}{}^{max} = \frac{0,55 Q'_{ГВП}{}^{max} 10^3}{c(\tau'''_{o1} - \tau'''_{o2})} = \frac{0,55 \cdot 7,71 \cdot 10^3}{4,19(70 - 41,79)} = 35,88 \text{ кг/с}$$

1.4.2. Визначаю сумарні розрахункові витрати мережної води, за формулою:

$$G' = G'_{o\max} + G'_{e\max} + K_3 G'_{ГВП}{}^{сер} = 54,64 + 4,30 + 1,2 \cdot 9,90 = 70,82 \text{ кг/с}$$

Коефіцієнт K_3 , що враховує частку середньої витрати води на гаряче водопостачання при регулюванні по навантаженню опалення, приймаю з додатку 8.

1.4.3. Визначаємо розрахункову витрату води в двотрубних водяних теплових мережах для неопалювального /літнього/ періоду, за формулою:

$$G'_l = \frac{Q'_{ГВП}{}^{сер} 10^3}{(\tau_{o1} - 30)c} = \frac{2,06 \cdot 10^3}{(70 - 30) \cdot 4,19} = 12,27 \text{ кг/с}$$

					КР 000.144.005.005.2022.ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		25

1.4.4. Заносимо результати розрахунків витрат теплоносія для кожного кварталу в таблицю 1.7

Таблиця 1.7

Значення розрахункових витрат теплоносія

Номер кварталу	Розрахункова витрата теплоносія для максимально зимового режиму, кг/с					
	$G'_{o \max}$	$G'_{e \max}$	$G'_{ГВП}^{сер}$	$K_з \cdot G'_{ГВП}^{сер}$	G'	$G'_л$
1	2,11	0,17	0,42	0,51	2,79	0,52
2	7,37	0,58	0,67	0,81	8,76	0,83
3	2,63	0,21	0,43	0,52	3,35	0,53
4	3,26	0,26	0,54	0,64	4,16	0,66
5	3,02	0,24	0,60	0,72	3,98	0,75
6	2,49	0,20	0,50	0,60	3,29	0,62
7	2,66	0,21	0,53	0,64	3,50	0,66
8	2,08	0,16	0,42	0,50	2,74	0,51
9	0,43	0,03	0,09	0,10	0,57	0,11
10	3,01	0,24	0,60	0,72	3,97	0,74
11	1,45	0,11	0,29	0,35	1,92	0,36
12	2,66	0,21	0,53	0,64	3,50	0,66
13	2,30	0,18	0,46	0,55	3,03	0,57
14	2,66	0,21	0,53	0,64	3,50	0,66
15	2,55	0,20	0,51	0,61	3,36	0,63
16	2,80	0,22	0,56	0,67	3,70	0,69
17	2,76	0,22	0,55	0,66	3,64	0,68
18	2,66	0,21	0,53	0,64	3,50	0,66
19	3,08	0,24	0,61	0,74	4,06	0,76
20	2,66	0,21	0,53	0,64	3,50	0,66
всього	54,64	4,30	9,90	11,88	70,82	12,27

5. ВИХІДНІ ДАНІ ДО РОЗДІЛУ II

1.5.1. Визначаю температуру суміші зворотної води після системи ГВП та вентиляції, для максимально зимового режиму:

$$\tau_2 = \frac{(G_o + G_{ГВП})}{(G_o + G_{ГВП}) + G_e} \tau_{o2ГВП} + \frac{G_e}{(G_o + G_{ГВП}) + G_e} \tau_{o2e} =$$

$$= \frac{54,64 + 2,43}{54,64 + 2,43 + 6,35} \cdot 41,21 + \frac{4,30}{54,64 + 2,43 + 4,30} \cdot 28,00 = 40,28 \text{ }^\circ\text{C}$$

1.5.2. Визначаю температуру суміші зворотної води після системи ГВП та вентиляції, для режиму точки зламу температурного графіка:

$$\tau_2 = \frac{(G_o + G_{ГВП})}{(G_o + G_{ГВП}) + G_e} \tau_{o2ГВП} + \frac{G_e}{(G_o + G_{ГВП}) + G_e} \tau_{o2e} =$$

$$\tau_2 = \frac{54,64 + 27,54}{54,64 + 27,54 + 9,79} \cdot 28,84 + \frac{6,56}{54,64 + 27,54 + 6,56} \cdot 41,79 = 29,80 \text{ }^\circ\text{C}$$

1.5.3. Формую результати розрахунку теплової мережі, що необхідні для теплового розрахунку джерела тепlopостачання (водогрійної котельні) у вигляді таблиці 1.8.

					КР 000.144.005.005.2022.ПЗ	Арк.
						26
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Загальні вихідні дані до розділу II

№ п.п.	Назва параметра	Ум. Позн.	Од. виміру	Характерні режими експлуатації теплофікаційної системи		
				Максимально-зимовий	Точки зламу температурного графіка	Літній
1	Місто розташування котельні			Хорол		
2	Тип системи теплопостачання			Закрита		
3	Температурна характеристика тепломережі району	τ_1/τ_2	°C/°C	150/70		
4	Температура зовнішнього повітря	$t_{\text{зовн}}$	°C	-23,00	3,4	15
5	Теплове навантаження системи опалення	$Q_{\text{оп}}$	МВт	18,31	6,52	-
6	Теплове навантаження системи ГВП	$Q_{\text{ГВП}}$	МВт	7,71	7,71	2,06
7	Теплове навантаження системи вентиляції	$Q_{\text{вент}}$	МВт	2,20	0,78	-
8	Річне теплове навантаження житлового району	$Q_{\text{ЖР}}^{\text{рік}}$	ГДж/рік	218277,56		
9	Теплове навантаження промислового підприємства (Теплоносій – гаряча вода)	$Q_{\text{п.п}}$	МВт	12	12	12
10	Температура технологічної води для промислового підприємства на виході з котельні	t_2''	°C	95		
11	Річне теплове навантаження промислового підприємства	$Q_{\text{п.п}}^{\text{рік}}$	МВт год/рік	84000		
12	Температура “прямої” мережної води	τ_1	°C	150	70	70
13	Температура “зворотної” мережної води	τ_2	°C	40,28	29,80	30,00
14	Витрата “прямої” води в тепломережу	G_1	т/ год	220,93	319,43	44,18
15	Убуток води в тепломережі	$G_{\text{уб.тм}}$	т/ год	15	15	5
16	Витрата “зворотної” води в тепломережі	G_2	т/ год	205,93	304,43	42,18
17	Втрати тиску в тепломережі	$\Delta p_{\text{втр.тм}}$	МПа	0,3	0,3	0,3
18	Статичний напір в тепломережі	$H_{\text{стат. тм}}$	м.вд.ст.	40,0	40,0	40,0

					КР 000.144.005.005.2022.ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		27

2. РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ КОТЕЛЬНОЇ З ВОДОГРІЙНИМИ КОТЛАМИ

2.1. ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ ТЕПЛООВОГО РОЗРАХУНКУ КОТЕЛЬНОЇ З ВОДОГРІЙНИМИ КОТЛАМИ

Перелік вихідних даних для теплового розрахунку котельні з водогрійними котлами формую на базі двох джерел інформації:

- на базі теплового розрахунку теплової мережі району;
- на базі даних, сформованих самостійно, та згідно з рекомендаціями.

Примітка:

Перед початком формування вихідних даних для теплового розрахунку котельні здійснюю балансову перевірку взаємоузгодженості по тепловій енергії одержаних в розділі I проекту результатів для трьох режимів за наступним балансовим рівняннями:

$$(Q_{оп} + Q_{ГВП}^6 + Q_{вент}) = G_1 \cdot 4,2 \cdot (\tau_1 - \tau_2)$$

МЗ	29,07	=	29,13
ТЗ	18,59	=	18,57
Л	2,55	=	2,56

(Висновок – результати для режиму МЗ, ТЗ, Л - взаємоузгоджені)

2.1.1 Вихідні дані для теплового розрахунку котельні представляю в таблиці 2.1:

					КР 000.144.005.005.2022.ПЗ			
Змін.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	<i>Проект системи теплостачання житлово-промислового району №5 в м. Одеса</i> РОЗДІЛ II	Літера	Аркушів	Аркуш
Розробив	Колінченко І.К.							28
Перевірив	Прядко М.О.							
Рецензув.								
Затвердив	Петренко В.П.							ЗТЕ-5-7ск кафедра ТЕХТ НУХТ

Вихідні дані для теплового розрахунку котельні

№ п.п	Назва параметра	Ум. позн.	Од. вим.	Характерні режими експлуатації			Джерело інформації
				МЗ	ТЗ	Л	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Вид палива для котельні		—	Природний газ			Засади паливо-постачання міста
2	Теплота згорання палива	$Q_{н^p}$	кДж / м ³	33730			Сертифікат палива
3	Температура в деаераторі	$t_{да}$	°С	65	65	65	Е.Р: 70 °С – 60 °С
4	Розрідження в деаераторі	$p_{да}$	бар	0,75	0,75	0,75	Е.Р:
							0,70 – 0,80 бар
5	Номінальна температура води на вході в котел	$t'_{вк.н ом}$	°С	70	70	70	Е.Р. для водогрійних котлів
6	Номінальна температура води на виході з котла	$t''_{вк.н ом}$	°С	150	150	150	“—“
7	Температура сирієї води	$t'_{с.в}$	°С	5	5	5	Е.Р: – 5 °С для МЗ та ТЗ режимів, 15 °С – для режиму Л
8	Температура сирієї води перед станцією хімічного очищення	$t''_{с.в}$	°С	15	15	15	Е.Р: 15 °С - 20 °С
9	Температура хімічно очищеної води на виході зі станції ХВО	$t'_{хов}$	°С	20	20	20	Е.Р: 15 °С – 20 °С
10	Температура хімічно очищеної води перед деаератором	$t''_{хов}$	°С	55	55	55	Е.Р: 50 °С – 65 °С
11	Температура технологічної води на вході в котельню	$t'_{тех.в}$	°С	5	5	15	Е.Р: 8 °С для МЗ та ТЗ режимів, 15 °С для режиму Л
12	Температура технологічної води на виході з котельні	$t''_{тех.в}$	°С	95	95	95	Технологічний регламент промислового підприємства

13	Температура грієної води на вході у внутрішньокотельні підігрівники та на вході в деаератор	$t'_{\text{ТОА}}$	°C	150	150	150	Е.Р: $t'_{\text{ТОА}} = t''_{\text{БК.НОМ}}$
14	Температура грієної води на виході з внутрішньокотельних підігрівників	$t''_{\text{ТОА}}$	°C	65	65	65	Е.Р: $t''_{\text{ТОА}} = 65 \text{ °C}$
15	Коефіцієнт випара з деаератора	$\alpha_{\text{вип.}}$	од.	0,01	0,01	0,01	Е.Р: 0,005 – 0,01
16	Коефіцієнт власних потреб станції хім-водоочищення	$K_{\text{ХВО}}$	од.	1,1	1,1	1,1	Е.Р: 1,05 – 1,10

					КР 000.144.005.005.2022.ПЗ	Арк.
						30
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

2.2. ФОРМУВАННЯ ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ ВОДОГРІЙНОЇ КОТЕЛЬНОЇ

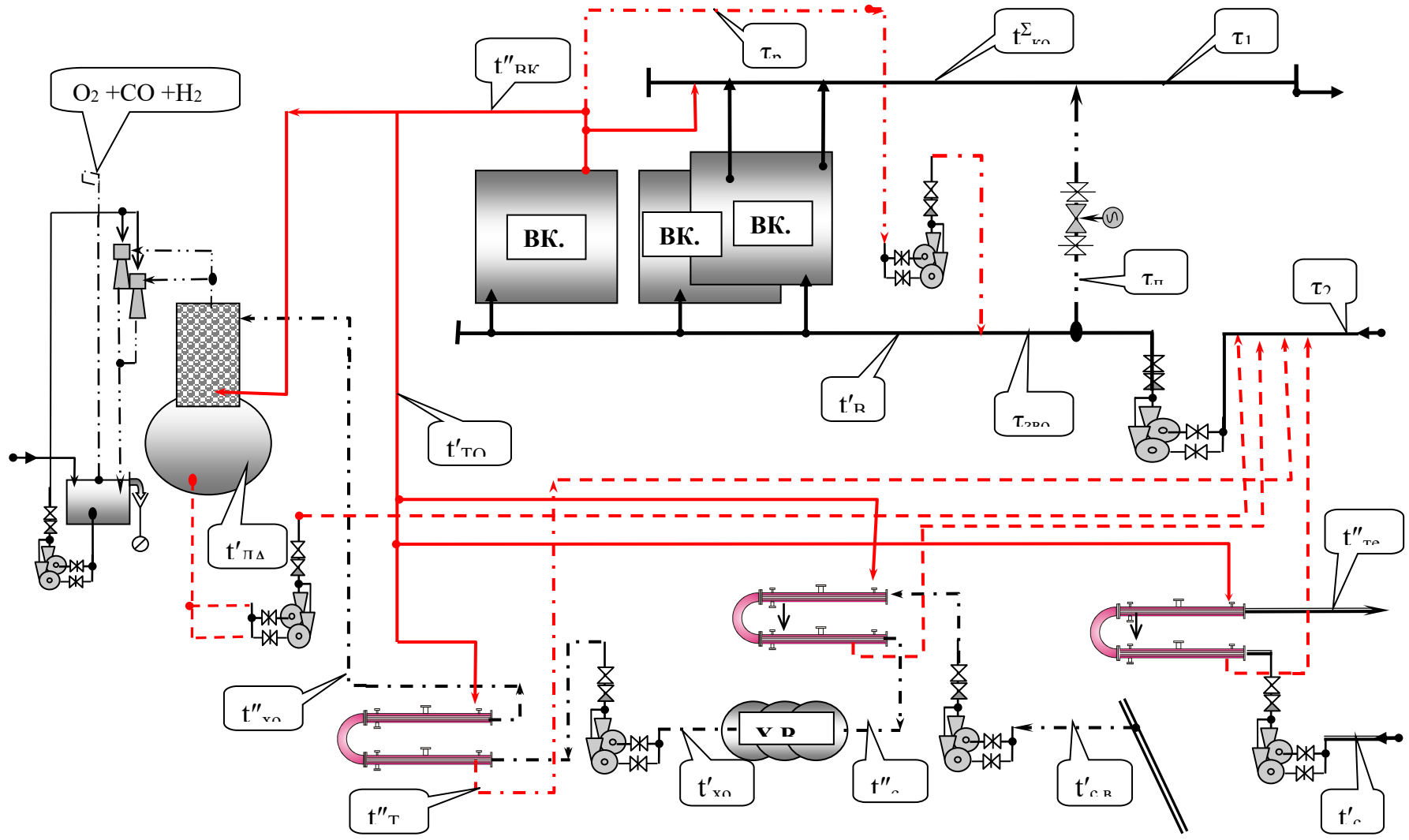


Рис 2.1 Принципова теплотехнологічна схема котельні у відповідності до встановлених технічних рішень, щодо направлення потоків енергоносіїв.

Зм	
Доклш	
№ док.ч.	
Підпис	
Дата	
КР 000.144.005.005.2022.ПЗ	
Доклш	31

2.3. РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ КОТЕЛЬНОЇ З ВОДОГРІЙНИМИ КОТЛАМИ

3.1. Визначаю сумарне теплове навантаження житлового району для котельні з урахуванням втрат теплоти в тепломережі – $\sum Q_{ЖР}$, МВт, за формулою:

$$\sum Q_{ЖР} = (1,05-1,15) \cdot (Q_{опал} + Q_{ГВП} + Q_{вент})$$

Результати визначення наводжу у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

Визначення результату	Значення для режимів, МВт		
	МЗ	ТЗ	Л
$\sum Q_{ЖР} = 30,52$	30,52		
$\sum Q_{ЖР} = 19,52$		19,52	
$\sum Q_{ЖР} = 2,68$			2,68

2.3.2. Визначаю режим роботи котельні – з одним “базовим” котлом.

2.3.3. Визначаю експлуатаційну температуру води на вході у встановлені котли – $t'_{ВК}$, °С, згідно з рекомендацією.

Результати визначення наводжу у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3

Визначення результату	Значення для режимів, °С		
	МЗ	ТЗ	Л
$t'_{ВК} = 70,00$	70,00	70,00	70,00

2.3.4. Визначаю експлуатаційну температуру води на виході з базового котла – $t''_{ВК.Б}$, °С, за рекомендацією.

Результати визначення наводжу у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4

Визначення результату	Значення для режимів, °С		
	МЗ	ТЗ	Л
$t''_{ВК.Б} = 150,00$	150,00	150,00	150,00

2.3.5. Визначаю експлуатаційну температуру грієної води на вході в теплообмінники технологічної, сирі, хімічищеної води та на вході в деаератор – $t'_{ТОА}$, °С, згідно з рекомендацією.

Результати визначення наводжу у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5

Визначення результату	Значення для режимів, °С		
	МЗ	ТЗ	Л
$t'_{ТОА} = 150,00$	150,00	150,00	150,00

2.3.6. Визначаю експлуатаційну температуру води на виході з теплообмінників технологічної, сирі та хімічищеної води – $t''_{ТОА}$, °С, згідно з рекомендацією.

Результати визначення наводжу у таблиці 2.1.

Таблиця 2.6

Визначення результату			Значення для режимів, °С		
			МЗ	ТЗ	Л
t''_{TOA}	=	65,00	65,00	65,00	65,00

2.3.7. Визначаю витрату води з деаератора на компенсацію втрат в тепломережі – $G_{ДА}^{підж}$, т/год, за формулою:

$$G_{ДА}^{підж} = G_{убут}$$

Результати визначення наводжу у таблиці 2.7.

Таблиця 2.7

Визначення результату			Значення для режимів, т/год		
			МЗ	ТЗ	Л
$G_{ДА}^{підж}$	=	15,00	15,00		
$G_{ДА}^{підж}$	=	15,00		15,00	
$G_{ДА}^{підж}$	=	2,00			2,00

2.3.8. Визначаю витрату грійної води з базового водогрійного котла на деаератор – $G_{ДА}^{гр.в}$, т/год, та його теплове навантаження – $Q_{ДА}$, МВт, за формулою:

$$G_{ДА}^{гр.в} = (1 + \alpha_{вип}) \cdot G_{підж} \cdot (t_{ДА} - t_{хов''}) / (t'_{TOA} - t_{ДА})$$

та формулою:

$$Q_{ДА} = (G_{ДА}^{гр.в} / 3,6) \cdot 4,2 \cdot (t'_{TOA} - t_{ДА}) \cdot 10^{-3}$$

Результати визначення наводжу у таблиці 2.8.

Таблиця 2.8

Визначення результату			Значення для режимів, т/год		
			МЗ	ТЗ	Л
$G_{ДА}^{гр.в}$	=	3,55	3,55		
$G_{ДА}^{гр.в}$	=	3,55		3,55	
$G_{ДА}^{гр.в}$	=	0,47			0,47
Визначення результату			Значення для режимів, МВт		
			МЗ	ТЗ	Л
$Q_{ДА}$	=	0,35	0,35		
$Q_{ДА}$	=	0,35		0,35	
$Q_{ДА}$	=	0,05			0,05

2.3.9. Визначаю витрату води з деаератора – $G''_{ДА}$, т/год, за формулою:

$$G''_{ДА} = (1 - \alpha_{вип}) \cdot G_{підж} + G_{ДА}^{гр.в}$$

Результати визначення наводжу у таблиці 2.9.

Таблиця 2.9

Визначення результату			Значення для режимів, т/год		
			МЗ	ТЗ	Л
G"ДА	=	18,40	18,40		
G"ДА	=	18,40		18,40	
G"ДА	=	2,45			2,45

2.3.10. Визначити витрату хімоочищеної води, що надходить в деаератор – $G_{\text{ХОВ}}$, т/год, за формулою:

$$G_{\text{ХОВ}} = (1 + \alpha_{\text{ВИП}}) \cdot G_{\text{ПІДЖ}}$$

Результати визначення наводжу у таблиці 2.11.

Таблиця 2.11

Визначення результату			Значення для режимів, т/год		
			МЗ	ТЗ	Л
G _{ХОВ}	=	15,15	15,15		
G _{ХОВ}	=	15,15		15,15	
G _{ХОВ}	=	2,02			2,02

2.3.11 Визначаю витрату сирі води для підживлення – $G_{\text{с.в.}}$, т/год, за формулою:

$$G_{\text{с.в.}} = K_{\text{ХВО}} \cdot G_{\text{ХОВ}}$$

Результати визначення наводжу у таблиці 2.12.

Таблиця 2.12

Визначення результату			Значення для режимів, т/год		
			МЗ	ТЗ	Л
G _{с.в.}	=	16,67	16,67		
G _{с.в.}	=	16,67		16,67	
G _{с.в.}	=	2,22			2,22

2.3.12. Визначаю теплову потужність підігрівника сирі води (ПСВ) – $Q_{\text{ПСВ}}$, МВт, та витрату грійної води на ПСВ – $G_{\text{ПСВ}}$, т/год, відповідно,
- за формулою:

$$Q_{\text{ПСВ}} = (G_{\text{с.в.}} / 3,6) \cdot 4,2 \cdot (t''_{\text{с.в.}} - t'_{\text{с.в.}}) \cdot 10^{-3},$$

- за формулою:

$$G_{\text{ПСВ}}^{\text{гр.в.}} = Q_{\text{ПСВ}} \cdot 3,6 \cdot 10^3 / [4,2 \cdot (t'_{\text{ТОА}} - t''_{\text{ТОА}})]$$

Результати визначення наводжу у таблиці 2.13.

Таблиця 2.13

Визначення результату					Значення для режимів, МВт		
					МЗ	ТЗ	Л
QПСВ	=	0,19			0,19		
QПСВ	=	0,19				0,19	
QПСВ	=	0,03					0,03
Визначення результату					Значення для режимів, т/год		
					МЗ	ТЗ	Л
ГПСВ гр.в.	=	1,96			1,96		
ГПСВ гр.в.	=	1,96				1,96	
ГПСВ гр.в.	=	0,26					0,26

2.3.13. Визначаю теплову потужність підігрівника хімоочищеної води (ПХВ) – $Q_{ПХВ}$, МВт, та витрату грійної води на ПХВ – $D^{гр.в.}_{ПХВ}$, т/ГОД, відповідно,

- за формулою:

$$Q_{ПХВ} = (G_{хов} / 3,6) \cdot 4,2 \cdot (t''_{хов} - t'_{хов}) \cdot 10^{-3}$$

- за формулою:

$$G_{ПХВ}^{гр.в.} = Q_{ПХВ} \cdot 3,6 \cdot 10^3 / [4,2 \cdot (t'_{ТОА} - t''_{ТОА})]$$

Результати визначення наводжу у таблиці 2.14.

Таблиця 2.14

Визначення результату					Значення для режимів, МВт		
					МЗ	ТЗ	Л
QПХВ	=	0,62			0,62		
QПХВ	=	0,62				0,62	
QПХВ	=	0,08					0,08
Визначення результату					Значення для режимів, т/год		
					МЗ	ТЗ	Л
ГПХВ гр.в.	=	6,24			6,24		
ГПХВ гр.в.	=	6,24				6,24	
ГПХВ гр.в.	=	0,83					0,83

2.3.14. Визначаю витрату технологічної води на ПТВ – $G_{техн.в.}$, т/ГОД, теплову потужність ПТВ – $Q_{ПТВ}$, МВт та витрату грійної води – $G_{ПТВ}^{гр.в.}$, т/ГОД, відповідно,

- за формулою:

$$G_{техн.в.} = Q_{ПТВ} \cdot 3,6 \cdot 10^3 / (4,2 \cdot t''_{техн.в.})$$

- за формулою:

$$Q_{ПТВ} = G_{техн.в.} \cdot 4,2 \cdot (t''_{техн.в.} - t'_{техн.в.}) \cdot 10^{-3}$$

- за формулою:

$$G_{ПТВ}^{гр.в.} = Q_{ПТВ} \cdot 3,6 \cdot 10^3 / [4,2 \cdot (t'_{ТОА} - t''_{ТОА})]$$

Результати визначення наводжу у таблиці 2.15.

Таблиця 2.15

Визначення результату					Значення для режимів, т/год		
					МЗ	ТЗ	Л
G техн.в.	=	114,29			114,29		
G техн.в.	=	114,29				114,29	
G техн.в.	=	128,57					128,57
Визначення результату					Значення для режимів, МВт		
					МЗ	ТЗ	Л
QПТВ	=	12,00			12,00		
QПТВ	=	12,00				12,00	
QПТВ	=	12,00					12,00
Визначення результату					Значення для режимів, т/год		
					МЗ	ТЗ	Л
ГПТВ гр.в.	=	121,01			121,01		
ГПТВ гр.в.	=	121,01				121,01	
ГПТВ гр.в.	=	121,01					121,01

2.3.15 Визначаю сумарну витрату грієної з базового котла води на на внутрішнє споживання котельні – $\Sigma G_{\text{вн}}^{\text{гр.в}}$, т/год, для трьох режимів за формулою:

$$\Sigma G_{\text{вн}}^{\text{гр.в}} = G_{\text{ПТВ}}^{\text{гр.в}} + G_{\text{ПХВ}}^{\text{гр.в}} + G_{\text{ПСВ}}^{\text{гр.в}} + G_{\text{ДА}}^{\text{гр.в}}$$

Результати визначення наводжу в таблиці 2.16.

Таблиця 2.16

Визначення результату					Значення для режимів, т/год		
					МЗ	ТЗ	Л
$\Sigma G_{\text{вн}}^{\text{гр.в.с.в.}}$	=	132,75			132,75		
$\Sigma G_{\text{вн}}^{\text{гр.в.с.в.}}$	=	132,75				132,75	
$\Sigma G_{\text{вн}}^{\text{гр.в.с.в.}}$	=	122,57					122,57

2.3.16 Визначаю температуру зворотної води на вході мережних насосів (після змішування всіх потоків води) – $\tau_{\text{звор}}$, °С, за формулою:

$$\tau_{\text{звор}} = (G_2 \cdot \tau_2 + G_{\text{ПТВ}}^{\text{гр.в}} \cdot t''_{\text{ТОА}} + G_{\text{ПХВ}}^{\text{гр.в}} \cdot t''_{\text{ТОА}} + G_{\text{ПСВ}}^{\text{гр.в}} \cdot t''_{\text{ТОА}} + G''_{\text{ДА}} \cdot t''_{\text{ДА}}) / (G_2 + G_{\text{ПТВ}}^{\text{гр.в}} + G_{\text{ПХВ}}^{\text{гр.в}} + G_{\text{ПСВ}}^{\text{гр.в}} + G''_{\text{ДА}})$$

Результати визначення наводжу у таблиці 2.17.

Таблиця 2.17

Визначення результату	Значення для режимів, т/год		
	МЗ	ТЗ	Л
Тзвор = 51,82	51,82		
Тзвор = 42,42		42,42	
Тзвор = 54,58			54,58

3.17. Визначаю загальну теплову потужність котельні (т. зв. потужність з “ви-робленої” теплоти) – $\sum Q_{\text{КОТ}}$, т/год, з урахуванням теплоти, що внесена водою підживлення, за формулою:

$$\sum Q_{\text{КОТ}} = \sum Q_{\text{ЖР}} + Q_{\text{ПТВ}} + Q_{\text{ПХВ}} + Q_{\text{ПСВ}} + Q_{\text{ДА}} - (G_{\text{підж}}/3,6) \times 4,2 \cdot t_{\text{с.в}} \cdot 10^{-3}$$

Результати визначення наводжу у таблиці 2.18.

Таблиця 2.18

Визначення результату	Значення для режимів, МВт		
	МЗ	ТЗ	Л
$\sum Q_{\text{КОТ}}$ = 43,60	43,60		
$\sum Q_{\text{КОТ}}$ = 32,60		32,60	
$\sum Q_{\text{КОТ}}$ = 14,80			14,80

2.3.18. Встановлюю типорозмір встановлюваних в котельні водогрійних котлів, їх номінальну теплову потужність – $Q_{\text{ВК.НОМ}}$, МВт, номінальний пропуск води через котли – $G_{\text{ВК.НОМ}}$, т/год, ККД котлів – $\eta_{\text{ВК.НОМ}}$, од, температурні параметри – $t'_{\text{ВК.НОМ}}$, °С, та $t''_{\text{ВК.НОМ}}$, °С.

Приймаю до встановлення 2 котла **КВ-ГМ-20** (23,26 МВт) – варіант, що задовольняє умовам експлуатації котлів в усіх режимах експлуатації в т.ч. в режимі Л на мінімально допустимому тепловому навантаженні.

Результати визначення наводжу у таблиці 2.19

Таблиця 2.19

Позн.	Одиниця виміру	Визначення результату
ТИП		КВ-ГМ-20
Q вк. ном.	МВт	23,26
G вк. Ном	т/год	247
η вк. Ном	%	92,3
t' вк. Ном	°С	150
t'' вк. Ном	°С	70

2.3.19. Визначаю число встановлених в котельні водогрійних котлів – $N_{\text{ВК.ВСТ}}$, шт., за формулою:

$$N_{\text{ВК.ВСТ}} = \sum Q_{\text{КОТ}} / Q_{\text{ВК.НОМ}}^*)$$

*) Примітка

					КР 000.144.005.005.2022.ПЗ	Арк. 37
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

До встановлення приймаю число котлів, що відповідає результату обчислення за формулою, округленого до більшого цілого числа.

Результати визначення наводжу у таблиці 2.20.

Таблиця 2.20

Визначення результату			Значення для режимів, шт		
			МЗ	ТЗ	Л
Нвк.вст	=	1,85	2,00		
Нвк.вст	=	1,27		2,00	
Нвк.вст	=	0,61			1,00

2.3.20. Визначаю кількість котлів, що будуть в експлуатації протягом року в базовому режимі, згідно рекомендації .

$$N_{ВК.Б} = 1$$

Результати визначення наводжу у таблиці 2.21.

Таблиця 2.21

Визначення результату			Значення для режимів, шт		
			МЗ	ТЗ	Л
Нвк.б	=	1,00	1,00		
Нвк.б	=	1,00		1,00	
Нвк.б	=	1,00			1,00

2.3.21. Визначаю число котлів, що працюють у змінному режимі – $N_{ВК.З}$, шт, за формулою:

$$N_{ВК.З} = N_{ВК.ВСТ} - 1$$

Результати визначення наводжу у таблиці 2.22

Таблиця 2.22

Визначення результату			Значення для режимів, шт		
			МЗ	ТЗ	Л
Нвк.з	=	1,00	1,00		
Нвк.з	=	1,00		1,00	
Нвк.з	=	0,00			0,00

2.3.22. Визначаю число котлів, що знаходяться в експлуатації в кожному з трьох розрахункових режимів – $N_{ВК.Р}$, шт, за формулою:

$$N_{ВК.Р} = N_{ВК.Б} + N_{ВК.З}$$

Результати визначення навести у таблиці 2.23

Таблиця 2.23

Визначення результату		Значення для режимів, шт		
		МЗ	ТЗ	Л
Нвк.р	= 2,00	2,00		
Нвк.р	= 2,00		2,00	
Нвк.р	= 1,00			1,00

2.3.23. Визначаю експлуатаційні параметри роботи “базового” водогрійного котла для всіх режимів, враховуючи рекомендації:

- у разі експлуатації в котельні двох або більше котлоагрегатів:

$$Q_{\text{ВК.Б}} = Q_{\text{ВК.НОМ}}, \text{МВт}$$

$$t''_{\text{ВК.Б}} = t''_{\text{ВК.НОМ}}, \text{°C}$$

$$t'_{\text{ВК.Б}} = t'_{\text{ВК}}, \text{°C}$$

$$G_{\text{ВК.Б}} = G_{\text{ВК.НОМ}}, \text{т/ч}$$

- у разі експлуатації в котельні одного котлоагрегата:

$$Q_{\text{ВК.Б}} = \sum Q_{\text{КОТ}}, \text{МВт}$$

$$t'_{\text{ВК.Б}} = t'_{\text{ВК}}, \text{°C}$$

$$t''_{\text{ВК.Б}} = t''_{\text{ВК.НОМ}}, \text{°C}$$

$$G_{\text{ВК.Б}} = \sum Q_{\text{КОТ}} \cdot 3,6 \cdot 10^3 / [4,2 \cdot (t''_{\text{ВК.Б}} - t'_{\text{ВК.Б}})], \text{т/ч}$$

Результати визначення наводжу у таблиці 2.24

Таблиця 2.24

Визначення результату		Значення для режимів				
		МЗ	ТЗ	Л		
Q _{вк.б}	= 23,26	2	котла	23,26		
t' _{вк.б}	= 70,00			70,00		
t'' _{вк.б}	= 150,00			150,00		
G _{вк.б}	= 247,00			247,00		
Визначення результату		Значення для режимів				
		МЗ	ТЗ	Л		
Q _{вк.б}	= 23,26	2	котла		23,26	
t' _{вк.б}	= 70,00				70,00	
t'' _{вк.б}	= 150,00				150,00	
G _{вк.б}	= 247,00				247,00	
Визначення результату		Значення для режимів				
		МЗ	ТЗ	Л		
Q _{вк.б}	= 14,28	1	котла			14,28
t' _{вк.б}	= 70,00					70,00
t'' _{вк.б}	= 150,00					150,00
G _{вк.б}	= 153,00					153,00

2.3.24. Визначаю теплове навантаження водогрійних котлів, що несуть змінну складову теплового навантаження котельні – $\sum Q_{ВК.3}$, МВт, за формулою:

$$\sum Q_{ВК.3} = \sum Q_{КОТ} - Q_{ВК.}$$

Результати визначення наводжу у таблиці 2.25.

Таблиця 2.25

Визначення результата		Значення для режимів, МВт		
		МЗ	ТЗ	Л
$\sum Q_{ВК.3}$	= 20,34	20,34		
$\sum Q_{ВК.3}$	= 9,34		9,34	
$\sum Q_{ВК.3}$	= 0,00			0,00

2.3.25. Визначаю теплове навантаження кожного котла, що несе змінну складову теплового навантаження – $Q_{ВК.3}$, МВт, за формулою:

$$Q_{ВК.3} = \sum Q_{ВК.3} / N_{ВК.3}$$

Результати визначення наводжу у таблиці 2.26.

Таблиця 2.26

Визначення результата		Значення для режимів, МВт		
		МЗ	ТЗ	Л
$Q_{ВК.3}$	= 20,34	20,34		
$Q_{ВК.3}$	= 9,34		9,34	
$Q_{ВК.3}$	= 0,00			0,00

2.3.26. Визначаю пропуск води через кожний котел, що експлуатується зі “змінним” тепловим навантаженням та температурним режимом:

- для МЗ режиму (зменшений проти номінального, враховуючи номінальний температурний режим і зменшене теплове навантаження, за формулою:

$$G_{ВК.3} = Q_{ВК.3} \cdot 10^3 \cdot 3,6 / [4,2 \cdot (t''_{ВК.НОМ} - t'_{ВК})]$$

- для ТЗ режиму (враховуючи доцільність номінального пропуску води через котли) за рекомендацією.

$$G_{ВК.3} = G_{ВК.НОМ}$$

- для Л режиму (за відсутності такого котла):

$$G_{ВК.3} = 0,0$$

Результати визначення навести у таблиці 2.27.

Таблиця 2.27

Визначення результата		Значення для режимів, т/год		
		МЗ	ТЗ	Л
$G_{ВК.3}$	= 217,90	217,90		
$G_{ВК.3}$	= 247,00		247,00	
$G_{ВК.3}$	= 0,00			0,00

2.3.27. Визначаю сумарну подачу води на котли, що знаходяться в експлуатації – $\sum G_{ВК}$, т/год, за формулою:

					КР 000.144.005.005.2022.ПЗ	Арк.
						40
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$\sum G_{\text{ВК}} = G_{\text{ВК.Б}} + N_{\text{ВК.З}} \cdot G_{\text{ВК.З}}$$

Результати визначення наводжу у таблиці 2.28.

Таблиця 2.28

Визначення результату		Значення для режимів, т/год		
		МЗ	ТЗ	Л
$\sum G_{\text{ВК}}$	=	464,90		
$\sum G_{\text{ВК}}$	=		494,00	
$\sum G_{\text{ВК}}$	=			158,56

2.3.27. Визначаю температуру води на виході з котлів, що несуть змінну складову теплового навантаження котельні – $t''_{\text{ВК.З}}$, °С, за формулою:

$$t''_{\text{ВК.З}} = t'_{\text{ВК}} + Q_{\text{ВК.З}} \cdot 10^3 \cdot 3,6 / (4,2 \cdot G_{\text{ВК.З}})$$

Результати визначення навести у таблиці 2.29.

Таблиця 2.29

Визначення результату		Значення для режимів, т/год		
		МЗ	ТЗ	Л
$t''_{\text{ВК.З}}$	=	150,00		
$t''_{\text{ВК.З}}$	=		102,41	
$t''_{\text{ВК.З}}$	=			

2.3.28. Визначаю витрату води в рециркуляційному трубопроводі – $G_{\text{рец}}$, т/год, для трьох режимів за формулою:

$$G_{\text{рец}} = \sum G_{\text{ВК}} \cdot (t'_{\text{ВК}} - \tau_{\text{звор}}) / (t''_{\text{ВК.Б}} - \tau_{\text{звор}})$$

Результати визначення наводжу в таблиці 2.30

Таблиця 2.30

Визначення результату		Значення для режимів, т/год		
		МЗ	ТЗ	Л
$G_{\text{рец}}$	=	86,08		
$G_{\text{рец}}$	=		126,65	
$G_{\text{рец}}$	=			25,62

2.3.28. Визначаю середньовагову температуру води на виході з усіх водогрійних котлів після змішування її з “базового” та “змінних” котлів – $t_{\text{ВК}}^{\Sigma}$, °С, для трьох режимів за формулою:

$$t_{\text{ВК}}^{\Sigma} = ((G_{\text{ВК.Б}} - \sum G_{\text{ВН}} - G_{\text{рец}}) \cdot t''_{\text{ВК.Б}} + N_{\text{ВК.З}} \cdot G_{\text{ВК.З}} \cdot t''_{\text{ВК.З}}) / (\sum G_{\text{ВК}} - \sum G_{\text{ВН}} - G_{\text{рец}} + N_{\text{ВК.З}} \cdot G_{\text{ВК.З}})$$

Результати визначення наводжу в таблиці 2.31

Таблиця 2.31

Визначення результата			Значення для режимів, т/год		
			МЗ	ТЗ	Л
$t_{BK\Sigma}$	=	150,00	150,00		
$t_{BK\Sigma}$	=	99,90		99,90	
$t_{BK\Sigma}$	=	150,00			150,00

2.3.29. Визначаю витрату зворотної води через регулюючий клапан в трубопроводі перепуску зворотної води в пряму магістраль (т. зв. перепуск) – $G_{пер}$, т/год, для трьох режимів за формулою:

$$G_{пер} = G_1 \cdot (t_{BK\Sigma} - \tau_1) / (t_{BK\Sigma} - \tau_{звор})$$

Результати визначення наводжу в таблиці 2.32.

Таблиця 2.32

Визначення результата			Значення для режимів, т/год		
			МЗ	ТЗ	Л
$G_{пер}$	=	102,77	102,77		
$G_{пер}$	=	235,10		235,10	
$G_{пер}$	=	45,95			45,95

2.3.30. Визначаю похибку балансових розрахунків водогрійної котельні за формулою:

$$\Delta G\% = (\sum G_{BK} - G_2 - G_{вн} + G_{пер} - G_{рец}) \cdot 100 / \sum G_{BK}$$

Результати визначення наводжу в таблиці 2.33.

Таблиця 2.33

Визначення результата			Значення для режимів, %		
			МЗ	ТЗ	Л
$\Delta G\%$	=	2,69	2,69		
$\Delta G\%$	=	3,59		3,59	
$\Delta G\%$	=	0,95			0,95

Висновок: Результати розрахунку теплової схеми котельні з водогрійними котлами виконані з прийнятною точністю.

2.4. ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ ВОДОГРІЙНОЇ КОТЕЛЬНІ

2.4.1. Визначаю годинну витрату природного газу в котельні – $V_{кот}$, тис. м³/год, для трьох режимів роботи за формулою:

$$V_{кот} = (1,01 - 1,02) \cdot \sum Q_{кот} \cdot 10^3 \cdot 3,6 / (\eta_{кот} \cdot Q_{н}^{роб})$$

Результати визначення наводжу у табл. 2.34.

					КР 000.144.005.005.2022.ПЗ	Арк.
						42
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 2.34

Визначення результата			Значення для режимів, тис м3/год		
			МЗ	ТЗ	Л
Вкот	=	5,09	5,09		
Вкот	=	3,81		3,81	
Вкот	=	1,73			1,73

2.4.2. Визначити сумарну “встановлену” електричну потужність, що споживає електричне обладнання власних потреб котельні – $\Sigma W_{\text{КОТ}}^{\text{вл.п}}$, кВт, за формулою:

$$\Sigma W_{\text{КОТ}}^{\text{вл.п}} = W_{\text{нас.реци}} + W_{\text{нас.т/м}} + W_{\text{нас.підж}} + W_{\text{техн.води}} + W_{\text{нас.св}} + W_{\text{нас.хв}} + \Sigma W_{\text{ВД}} + \Sigma W_{\text{Д}} + W_{\text{освітл}} = 11+90+2,2+22+2,2+2,2+2*55+2*30=300 \text{ кВт}$$

де:

$W_{\text{нас.реци}}$ – встановлена потужність робочих насосів рециркуляції, кВт.

$W_{\text{нас.т/м}}$ – встановлена потужність робочих мережних насосів, кВт.

$W_{\text{нас.підж}}$ – встановлена потужність робочих насосів підживлення тепломережі, кВт.

$W_{\text{нас.св}}$ – встановлена потужність робочих насосів сирової води, кВт.

$W_{\text{нас.хв}}$ – встановлена потужність робочих насосів хімічещеної води, кВт.

$\Sigma W_{\text{ВД}}$ – встановлена потужність робочих дутьових вентиляторів водогрійних котлів, кВт.

$\Sigma W_{\text{Д}}$ – встановлена потужність робочих димососів водогрійних котлів, кВт.

$W_{\text{освітл}}$ – встановлена електрична потужність приладів освітлення, кВт.

2.4.3. Визначити годинну, добову та річну потребу електричної енергії для власних потреб котельні, відповідно, $W_{\text{вл.п}}^{\text{год}}$, кВт·год/год, $W_{\text{вл.п}}^{\text{доб}}$, кВт·год/добу, $W_{\text{вл.п}}^{\text{рік}}$, кВт·год/рік, за формулами:

$$W_{\text{вл.п}}^{\text{год}} = \Sigma W_{\text{КОТ}}^{\text{вл.п}} \cdot 1 \cdot K_{\tau}^{\text{год}} = 300 \cdot 1 \cdot 0,8 = 240 \text{ кВт·год/год}$$

$$W_{\text{вл.п}}^{\text{доб}} = \Sigma W_{\text{КОТ}}^{\text{вл.п}} \cdot 24 \cdot K_{\tau}^{\text{доб}} = 300 \cdot 24 \cdot 0,75 = 5400 \text{ кВт·год/добу}$$

$$W_{\text{вл.п}}^{\text{рік}} = \Sigma W_{\text{КОТ}}^{\text{вл.п}} \cdot 8760 \cdot K_{\tau}^{\text{рік}} = 300 \cdot 8760 \cdot 0,65 = 1708200 \text{ кВт·год/рік}$$

де:

$K_{\tau}^{\text{год}}$ – середньогодинний експлуатаційний коефіцієнт завантаження споживачів електроенергії котельні, од. Визначаються орієнтовно в межах 0,8–0,9;

$K_{\tau}^{\text{доб}}$ – середньодобовий експлуатаційний коефіцієнт завантаження споживачів електроенергії котельні, од. Визначаються орієнтовно в межах 0,7–0,8;

$K_{\tau}^{\text{рік}}$ – середньорічний експлуатаційний коефіцієнт завантаження споживачів електроенергії котельні, од. Визначаються орієнтовно в межах 0,6–0,7;

2.4.4. Визначаю для МЗ режиму середньогодинні питомі витрати природного газу – $(b_{\text{т}}^{\text{відп}})_{\text{газ}}$, м³/МВт, та умовного в палива – $(b_{\text{т}}^{\text{відп}})_{\text{у.п}}$, кг у.п/МВт в котельній з відпущеної теплової енергії за формулами:

$$(b_{\text{т}}^{\text{відп}})_{\text{газ}} = V_{\text{КОТ}} \cdot 10^3 / (\Sigma Q_{\text{ЖР}} + Q_{\text{п.п}})$$

					КР 000.144.005.005.2022.ПЗ	Арк.
						43
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$(b_T^{\text{відп}})_{\text{у.п}} = V_{\text{кот}} \cdot K_{\text{газ}}^{\text{у.п}} \cdot 10^3 / (\Sigma Q_{\text{ЖР}} + Q_{\text{п.п}})$$

Результати визначення навести у таблиці 2.35.

Таблиця 2.35

Визначення результату				Значення для режимів, кг у.п./МВт		
				МЗ	ТЗ	Л
(bТвідп)газ	=	33,26	мЗ/ГДж	33,26	33,55	32,71
(bТвідп)у.п.	=	38,25	кг у.п./ГДж	38,25	38,58	37,61

2.4.5 Визначаю проектну середньодобову питому витрату електричної енергії в котельній на відпущену теплову енергію – $e_{e/e}^{\text{відп}}$, кВт/МВт за формулою:

$$e_{e/e}^{\text{відп}} = \Sigma W^{\text{доб}} / (\Sigma Q_{\text{Т/Ф}} \cdot 24) = 5400 / (30,02 + 12) \cdot 24 = 4,32$$

2.4.6 Визначити собівартість теплоти, відпущеної від котельні – C_Q , грн/ГДж за формулою:

$$C_Q = [(b_T^{\text{відп}})_{\text{у.п}} / K_{\text{у.п}}] \cdot C_{\text{палив}} \cdot 10^{-3} + e_{e/e}^{\text{відп}} \cdot C_{\text{Е/Е}} + C_Q^{\text{експл}}$$

$$C_Q = (38,67 / 1,15) \cdot 8000 \cdot 10^{-3} + 4,32 \cdot 1,68 + 30,0 = 302,33 \text{ грн/ГДж}$$

4.7 Формую висновок щодо енергоефективності проектної котельні.

“Проект водогрійної котельні за своїми показниками енергетичної та економічної ефективності, відповідає середньогалузевому рівню українських котельень комунальної енергетики і може бути прийнятний до реалізації”.

Основні результати розрахунку зводжу в таблицю 2.36.

Таблиця 2.36

Результати розрахунку теплової схеми котельні з водогрійними котлами

№ п.п	Умовне позначення	Назва параметра	Один. виміру	Числове значення для режимів		
				МЗ	ТЗ	Л
1	2	3	4	5	6	7
1	$t_{\text{зовн}}$	Температура зовнішнього повітря	°С	- 17	1,8	+ 15
2	$\Sigma Q_{\text{Ж.Р}}$	Сумарне теплове навантаження житлового району	МВт	30,52	19,52	2,68
3	$Q_{\text{п.п}}$	Теплове навантаження промислового підприємства	МВт	12,0	12,0	12,0
4	$\Sigma Q_{\text{кот}}$	Сумарне теплове навантаження котельні	МВт	43,60	32,60	14,8
5	τ_1	Температура мережної води в “прямій” магістралі на виході з котельні	°С	120°	70°	70°

6	t_2	Температура води в “зворотній” магістралі на вході в котельню	°С	45,77	34,79	30,00
7	$t_{звор}$	Температура води в “зворотній” магістралі на вході в мережні насоси	°С	51,82	42,42	54,58
8	G_1	Витрата води в “прямій” магістралі на виході з котельні	т/год	336,33	451,98	54,80
9	$G_{убут}$	Убуток води в тепломережі	т/год	15	15	2
10	G_2	Витрата води в «зворотній» магістралі на вході в котельню	т/год	321,33	436,98	52,80
11	$G_{рец}$	Витрата води в трубопроводі рециркуляції котлів	т/год	86,08	126,65	25,62
12	$G_{пер}$	Витрата води в трубопроводі перепуску	т/год	102,77	235,10	45,95
13	$N_{ВК.ВСТ}$	Число встановлених водогрійних котлів	од	2	2	2
14	$N_{ВК.Р}$	Число котлів, що знаходяться в експлуатації	од	2	2	2
15	$N_{ВК.Б}$	Число котлів, що експлуатуються в базовому (номінальному) режимі	од	1	1	1
16	$N_{ВК.З}$	Число котлів, що експлуатуються в режимі змінного навантаження	од	1	1	0
17	$V_{КОТ}$	Годинна витрата природного газу в котельні	тис.м ³ / год	5,09	3,81	1,73
18	$(b_T^{відп})_{газ}$	Питома витрата природного газу на відпущену від котельні теплову енергію	м ³ /ГДж	33,26		
19	$(b_T^{відп})_{у.п}$	Питома витрата умовного палива на відпущену від котельні теплову енергію	кг у.п /ГДж	38,25		
20	$\Sigma W_{ВК}$	Сумарна встановлена потужність споживачів електроенергії котельні	кВт	300		
21	$e_e/e^{доб}$	Середньодобова питома витрата електроенергії на відпуск теплоти від котельні	кВт/МВт	4,32		
22	$\text{Ц}_{Палив}$	Вартість природного газу	грн./ тис. м ³	8000	8000	8000
23	$\text{Ц}_{Е/Е}$	Вартість електроенергії	грн./ кВт.год	1,68	1,68	1,68
24	C_Q	Собівартість теплоти, що відпущена від котельні	Грн./ГДж	302		

Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

КР 000.144.005.005.2022.ПЗ

2.5. ВИБІР ОБЛАДНАННЯ КОТЕЛЬНІ З ВОДОГРІЙНИМИ КОТЛАМИ

2.5.1. Вибір водогрійних котлів

У відповідності до рекомендацій та розрахунків до встановлення приймаємо 2 котли. Визначену інформацію по водогрійним котлам наводжу в таблиці 2.37.

Таблиця 2.37

№ п.п	Ум. позн.	Назва параметра	Один. вим.	Метод визначення	Значення
1	2	3	4	5	6
1	Тип ВК	Типорозмір водогрійного котла		За інформаційними листами заводів виробників	КВ-ГМ-20
2	$Q_{ВК.НОМ}$	Номінальна теплова потужність котла	МВт(т)	З паспорта котла	23,26
3	$G_{ВК.НОМ}$	Номінальна витрата води на котел	т/год	«--»	247
4	$V_{ВК.НОМ}$	Номінальна витрата природного газу на котел	тис. м ³ /год	«--»	2,53
5	$\Delta p'_{ВК.НОМ}$	Номінальний гідравлічний опір котла	атм	«--»	2,5
6	$\Delta p''_{ВК.НОМ}$	Номінальний аеродинамічний опір котла	мм.вд.ст	«--»	57
7	$t'_{ВК.НОМ}$	Номінальна температура води на вході в котел	°С	«--»	70
8	$t''_{ВК.НОМ}$	Номінальна температура води на виході з котла	°С	«--»	150
9	$\eta_{ВК.НОМ}$	Номінальний ККД котла	од.	«--»	0,925

2.5.2. Вибір рециркуляційних насосів

2.5.2.1. Здійснюю вибір типорозміру насосів рециркуляції, його номінальної подачі – $Q_{нас.реци}^{НОМ}$, м³/год, та напору – $H_{нас.реци}^{НОМ}$, м вд.ст, на базі визначених максимальних значень (в режимі ТЗ) пропуску води через трубопровід рециркуляції – $G_{РЕЦИ}=126,65$ т/год, та опору трубопровідної системи рециркуляції – $\Delta H_{РЕЦИ}$.

2.5.2.2. Визначаю число робочих рециркуляційних насосів – $N_{нас.реци}^{роб}$, шт, за формулою:

$$N_{нас.реци}^{роб} = G_{РЕЦИ}^{Т.З} / Q_{нас.реци}^{НОМ} = 126,65/140=0,92$$

*) Примітка.

Одержане число насосів потрібно округлити до більшого цілого значення.

2.5.2.3. Визначаю число встановлених насосів рециркуляції з урахуванням одного резервного – $N_{нас.реци}^{вст}$, шт, за формулою:

$$N_{нас.реци}^{вст} = N_{нас.реци}^{роб} + 1 = 1 + 1 = 2$$

2.5.2.4. Блок параметрів по насосам рециркуляцій наводжу в табл. 2.38.

					КР 000.144.005.005.2022.ПЗ	Арк.
						46
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 2.38

Характеристика насосів рециркуляції

№п.п	Ум. позн.	Назва параметра	Один. вим.	Метод визначення	Значення для режимів		
					МЗ	ТЗ	Л
1	2	3	4	5	6	7	8
1	ТИП НАСОСА	Типорозмір насоса рециркуляції	---	З інформаційного листа заводу-виробника	NBE 65-125/141 A-F-A-BAQE		NKG 50-32-125.1/140 A1-F-A-E-NAQK
2	$Q_{н. рец}^{ном}$	Номінальна подача насоса	м ³ /год	З паспорта насоса	140		26
3	$H_{н. рец}^{ном}$	Номінальний напір насоса	м.вд.ст..	“ – “	20		20
4	$N_{н. рец}^{ном}$	Номінальна потужність насоса	кВт(є)	“ – “	11		2,2
5	$\eta_{н. рец}^{ном}$	Номінальний ККД насоса	од.	“ – “	0,82		0,68

2.5.3. Вибір циркуляційних насосів теплової мережі (мережних насосів).

Передбачаємо до встановлення як мережних насосів відцентрові насоси типу Д.

2.5.3.1. Здійснюю вибір типорозміру мережних насосів, його номінальної подачі – $Q_{нас.мер}^{ном}$, м³/год, та напору – $H_{нас.мер}^{ном}$, м в.д.ст, на базі визначених максимальних значень (в режимі ТЗ) витрати води через трубопровідну систему “Котельня – Тепломережа” – $G_1=451,98$ т/год, та опору трубопровідної системи – $\Delta H_{мер}$ та статичного напору тепломережі. Число робочих мережних насосів – $N_{нас.мер}^{роб}$, шт, становить — 1.

2.5.3.2. Визначаю число встановлених насосів рециркуляції з урахуванням одного резервного – $N_{нас.мер}^{вст}$, шт, за формулою:

$$N_{нас.мер}^{вст} = N_{нас.мер}^{роб} + 1 = 1 + 1 = 2$$

2.5.3.3. Блок параметрів по мережним насосам наводжу в табл. 2.39.

Таблиця 2.39

Характеристика мережних насосів.

№п.п	Ум. позн.	Назва параметра	Один. вим.	Метод визначення	Значення для режимів		
					МЗ	ТЗ	Л
1	2	3	4	5	6	7	8
1	ТИП НАСОСА	Типорозмір мережного насоса	---	З інформаційного листа завода-виробника	NB 150-400/438 A-F-A-BAQE		NKGE 65-40-250/255 A2-F-A-E-NAQK
2	$Q_{\text{нас.мер}}^{\text{ном}}$	Номінальна подача насоса	м ³ /год	З паспорта насоса	455	55	
3	$H_{\text{нас.мер}}^{\text{ном}}$	Номінальний напір насоса	м.вд.ст..	“ – “	55	55	
4	$N_{\text{нас. мер}}^{\text{ном}}$	Номінальна потужність насоса	кВт(е)	“ – “	90	18,5	
5	$\eta_{\text{нас. мер}}^{\text{ном}}$	Номінальний ККД насоса	од.	“ – “	0,86	85,6	

2.5.4. Вибір внутрішньо-котельних насосів**2.5.4.1. Вибір насосів сирової води**

2.5.4.1.1. Здійснюю вибір типорозміру насосів сирової води, його номінальної подачі – $Q_{\text{нас.с.в}}^{\text{ном}}$, м³/год, та напору – $H_{\text{нас.с.в}}^{\text{ном}}$, м вд.ст, на базі визначених значень витрати води для підживлення – $G_{\text{с.в}}=16,67$ т/год, та опору трубопровідної системи – ΔH .

5.4.1.2. Визначаю число робочих насосів сирової води – $N_{\text{нас.с.в}}^{\text{роб}}$, шт, за формулою:

$$N_{\text{нас.с.в}}^{\text{роб}} = G_{\text{с.в.}} / Q_{\text{нас.с.в}}^{\text{ном}} = 16,67 / 17 = 0,99$$

*) Примітка.

Одержане число насосів потрібно округлити до більшого цілого значення Число робочих насосів – $N_{\text{нас.с.в}}^{\text{роб}}$, шт, становить — 1.

5.4.1.3. Визначаю число встановлених насосів з урахуванням одного резервного – $N_{\text{нас.с.в}}^{\text{вст}}$, шт, за формулою:

$$N_{\text{нас.с.в}}^{\text{вст}} = N_{\text{нас.с.в}}^{\text{роб}} + 1 = 1 + 1 = 2$$

2.5.4.1.4. Блок параметрів по насосам сирової води наводжу в табл. 2.40.

Таблиця 2.40

Характеристика насосів сирі води

№п.п	Ум. позн.	Назва параметра	Один. вим.	Метод визначення	Значення для режимів		
					МЗ	ТЗ	Л
1	2	3	4	5	6	7	8
1	ТИП НАСОСА	Типорозмір насоса	---	З інформаційного листа заводу-виробника	NKGE 50-32-160.1/172 A1-F-A-E-BAQE		
2	$Q_{\text{нас.св}}^{\text{ном}}$	Номінальна подача насоса	м ³ /год	З паспорта насоса	17		
3	$H_{\text{нас.св}}^{\text{ном}}$	Номінальний напір насоса	м.вд.ст..	“ – “	35		
4	$N_{\text{нас.св}}^{\text{ном}}$	Номінальна потужність насоса	кВт(е)	“ – “	2,2		
5	$\eta_{\text{нас.св}}^{\text{ном}}$	Номінальний ККД насоса	од.	“ – “	0,54		

2.5.4.2. Вибір підживлювальних насосів

2.5.4.2.1. Здійснюю вибір типорозміру насосу, його номінальної подачі – $Q_{\text{нас.під}}^{\text{ном}}$, м³/год, та напору – $H_{\text{нас.під}}^{\text{ном}}$, м вд.ст, на базі визначених значень витрати води для підживлення – $G_{\text{під}}=15$ т/год, опору трубопровідної системи – ΔH (не вище 40 м.вд.ст.) та статичного напору.

2.5.4.2.2. Визначаю число робочих насосів – $N_{\text{нас.під}}^{\text{роб}}$, шт, за формулою:

$$N_{\text{нас.під}}^{\text{роб}} = G_{\text{під}} / Q_{\text{нас.під}}^{\text{ном}} = 15/17=0,97$$

*) Примітка.

Одержане число насосів потрібно округлити до більшого цілого значення Число робочих насосів – $N_{\text{нас.під}}^{\text{роб}}$, шт, становить — 1.

2.5.4.2.3. Визначаю число встановлених насосів рециркуляції з урахуванням одного резервного – $N_{\text{нас.під}}^{\text{вст}}$, шт, за формулою:

$$N_{\text{нас.під}}^{\text{вст}} = N_{\text{нас.під}}^{\text{роб}} + 1 = 1 + 1 = 2$$

2.5.4.2.4. Блок параметрів по насосам наводжу в табл. 2.41.

					КР 000.144.005.005.2022.ПЗ	Арк.
						49
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 2.41

Характеристика підживлювальних насосів

№п.п	Ум. позн.	Назва параметра	Один. вим.	Метод визначення	Значення для режимів		
					МЗ	ТЗ	Л
1	2	3	4	5	6	7	8
1	ТИП НАСОСА	Типорозмір насоса	---	З інформаційного листа заводу-виробника	NKGE 50-32-160.1/172 A1-F-A-E-BAQE		
2	$Q_{\text{нас.під}}^{\text{ном}}$	Номінальна подача насоса	м ³ /год	З паспорта насоса	17		
3	$H_{\text{нас.під}}^{\text{ном}}$	Номінальний напір насоса	м.вд.ст..	“ – “	35		
4	$N_{\text{нас.під}}^{\text{ном}}$	Номінальна потужність насоса	кВт(е)	“ – “	2,2		
5	$\eta_{\text{нас.під}}^{\text{ном}}$	Номінальний ККД насоса	од.	“ – “	0,54		

2.5.4.3. Вибір насосів технологічної води

2.5.4.3.1. Здійснюю вибір типорозміру насосу, його номінальної подачі – $Q_{\text{нас.тех}}^{\text{ном}}$, м³/год, та напору – $H_{\text{нас.тех}}^{\text{ном}}$, м вд.ст, на базі визначених значень витрати води для потреб промислового підприємства – $G_{\text{тех}}=129$ т/год та опору трубопровідної системи – ΔH .

2.5.4.3.2. Визначаю число робочих насосів технологічної води – $N_{\text{нас.тех}}^{\text{роб}}$, шт, за формулою:

$$N_{\text{нас.тех}}^{\text{роб}} = G_{\text{тех}} / Q_{\text{нас.тех}}^{\text{ном}} = 129/130 = 0,98 \quad *)$$

*) Примітка.

Одержане число насосів потрібно округлити до більшого цілого значення Число робочих насосів – $N_{\text{нас.тех}}^{\text{роб}}$, шт, становить — 1.

2.5.4.3.3. Визначаю число встановлених насосів з урахуванням одного резервного – $N_{\text{нас.с.в}}^{\text{вст}}$, шт, за формулою:

$$N_{\text{нас.тех}}^{\text{вст}} = N_{\text{нас.с.в}}^{\text{роб}} + 1 = 1 + 1 = 2$$

2.5.4.3.4. Блок параметрів по насосам технологічної води наводжу в табл. 2.42.

					КР 000.144.005.005.2022.ПЗ	Арк.
						50
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 2.42

Характеристика насосів технологічної води

№п.п	Ум. позн.	Назва параметра	Один. вим.	Метод визначення	Значення для режимів		
					МЗ	ТЗ	Л
1	2	3	4	5	6	7	8
1	ТИП НАСОСА	Типорозмір насоса	---	З інформаційного листа заводу-виробника	NB 50-160/165 D-F-A-BAQE		
2	$Q_{\text{нас.тех}}^{\text{ном}}$	Номінальна подача насоса	м ³ /год	З паспорта насоса	130		
3	$H_{\text{нас.тех}}^{\text{ном}}$	Номінальний напір насоса	м.вд.ст..	“ – “	45		
4	$N_{\text{нас.тех}}^{\text{ном}}$	Номінальна потужність насоса	кВт(е)	“ – “	22		
5	$\eta_{\text{нас.тех}}^{\text{ном}}$	Номінальний ККД насоса	од.	“ – “	0,8		

2.5.4.4. Вибір насосів хімоочищеної води

2.5.4.4.1. Здійснюю вибір типорозміру насосу, його номінальної подачі – $Q_{\text{нас.хов}}^{\text{ном}}$, м³/год, та напору – $H_{\text{нас.хов}}^{\text{ном}}$, м вд.ст, на базі визначених значень витрати хімоочищеної води для підживлення – $G_{\text{хов}}=15,15$ т/год, та опору трубопроводної системи – ΔH .

2.5.4.4.2. Визначаю число робочих насосів сирової води – $N_{\text{нас.хов}}^{\text{роб}}$, шт, за формулою:

$$N_{\text{нас.с.в.}}^{\text{роб}} = G_{\text{хов}} / Q_{\text{нас.реци}}^{\text{ном}} = 15,15/17=0,98$$

*) Примітка.

Одержане число насосів потрібно округлити до більшого цілого значення. Число робочих мережних насосів – $N_{\text{нас.с.в.}}^{\text{роб}}$, шт, становить — 1.

2.5.4.4.3. Визначаю число встановлених насосів з урахуванням одного резервного – $N_{\text{нас.с.в.}}^{\text{вст}}$, шт, за формулою:

$$N_{\text{нас.с.в.}}^{\text{вст}} = N_{\text{нас.с.в.}}^{\text{роб}} + 1 = 1 + 1 = 2$$

2.5.4.4.4. Блок параметрів по насосам сирової води наводжу в табл. 2.43.

					КР 000.144.005.005.2022.ПЗ	Арк.
						51
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 2.43

Характеристика насосів хімоочищеної води

№п.п	Ум. позн.	Назва параметра	Один. вим.	Метод визначення	Значення для режимів		
					МЗ	ТЗ	Л
1	2	3	4	5	6	7	8
1	ТИП НАСОСА	Типорозмір насоса	---	З інформаційного листа завода-виробника	NKGE 50-32-160.1/172 A1-F-A-E-BAQE		
2	$Q_{\text{нас.хов}}^{\text{ном}}$	Номінальна подача насоса	м ³ /год	З паспорта насоса	17		
3	$H_{\text{нас.хов}}^{\text{ном}}$	Номінальний напір насоса	м.вд.ст..	“ – “	35		
4	$N_{\text{нас.хов}}^{\text{ном}}$	Номінальна потужність насоса	кВт(е)	“ – “	2,2		
5	$\eta_{\text{нас.хов}}^{\text{ном}}$	Номінальний ККД насоса	од.	“ – “	0,54		

2.5.5. Вибір деаераторів водогрійної котельні

Загальноприйнятим рішенням для водогрійних котельних є встановлення для деаерації води не менше двох деаераторів вакуумного типу з охолодником випару для кожного. До встановлення обираємо 2 деаератори ДВ-15. Блок параметрів наводжу в таблиці 2.44.

Таблиця 2.44

Характеристика деаераторів водогрійної котельні

№ п.п	Назва параметра	Один. вим.	Метод визначення	Значення
1	3	4	5	6
1	Типорозмір деаератора		За інформаційними листами заводів виробників	ДВ-15
2	Номінальна продуктивність	т/год	«--»	5
3	Діапазон продуктивності	т/год	«--»	4,5...18
4	Температура деаерованої води	°С	«--»	40...80
5	Температура теплоносія	°С	«--»	70...180
6	Тип охолодника випару		«--»	ОВВ-2
7	Тиск робочий абсолютний	МПа	«--»	0,0075...0,05
8	Тип ежектора		«--»	ЕВ-10

2.5.6. Вибір підігрівників

Вибір типорозміру підігрівників сирі води (ПСВ), хімоочищеної води (ПХВ), технологічної води (ПТВ) здійснюється за визначеною в проекті їх тепловою потужністю та переліком стандартних типорозмірів вказаних підігрівників за методикою, сформованою в курсі “Теплотехнологічні процеси та установки”.

2.5.6.1. Підігрівник сирі води

2.5.6.1.1. Теплове навантаження підігрівника сирі води $Q_{\text{ПСВ}} = 0,19$ МВт;

2.5.6.1.2. Обчислюємо наявний температурний перепад:

$$\Delta t = (\Delta t_{\text{г}} - \Delta t_{\text{м}}) / \ln(\Delta t_{\text{г}} / \Delta t_{\text{м}}) = (150 - 70) / \ln(150 / 70) = 105 \text{ } ^\circ\text{C}$$

2.5.6.1.3. Визначаємо необхідну поверхню теплообміну:

$$F = Q_{\text{ПСВ}} / \Delta t \cdot K = 190000 / 105 \cdot 2500 = 0,73 \text{ м}^2$$

K — коефіцієнт теплопередачі.

З переліку стандартних типорозмірів підігрівників обираємо пластинчастий підігрівник FUNKE FP 04. Максимально можлива площа поверхні нагріву — $F = 1,24 \text{ м}^2$, площа поверхні нагріву однієї пластини — $0,04 \text{ м}^2$, кількість пластин — 19 шт.

2.5.6.2. Підігрівник хімоочищеної води

2.5.6.2.1. Теплове навантаження підігрівника хімоочищеної води $Q_{\text{ПХВ}} = 0,62$ МВт;

2.5.6.2.2. Обчислюємо наявний температурний перепад:

$$\Delta t = (\Delta t_{\text{г}} - \Delta t_{\text{м}}) / \ln(\Delta t_{\text{г}} / \Delta t_{\text{м}}) = (95 - 55) / \ln(95 / 55) = 73 \text{ } ^\circ\text{C}$$

2.5.6.2.3. Визначаємо необхідну поверхню теплообміну:

$$F = Q_{\text{ПХВ}} / \Delta t \cdot K = 620000 / 73 \cdot 2500 = 3,4 \text{ м}^2$$

K — коефіцієнт теплопередачі.

З переліку стандартних типорозмірів підігрівників обираємо пластинчастий підігрівник FUNKE FP 04. Максимально можлива площа поверхні нагріву — $F = 3,4 \text{ м}^2$, площа поверхні нагріву однієї пластини — $0,04 \text{ м}^2$, кількість пластин — 85 шт.

2.5.6.3. Підігрівник технологічної води

2.5.6.3.1. Теплове навантаження підігрівника технологічної води $Q_{\text{тех}} = 12$ МВт;

2.5.6.3.2. Обчислюємо наявний температурний перепад:

$$\Delta t = (\Delta t_{\text{г}} - \Delta t_{\text{м}}) / \ln(\Delta t_{\text{г}} / \Delta t_{\text{м}}) = (60 - 55) / \ln(60 / 55) = 57,46 \text{ } ^\circ\text{C}$$

2.5.6.3.3. Визначаємо необхідну поверхню теплообміну:

$$F = Q_{\text{тех}} / \Delta t \cdot K = 120000 / 57,46 \cdot 2500 = 7,6 \text{ м}^2$$

K — коефіцієнт теплопередачі.

З переліку стандартних типорозмірів підігрівників обираємо пластинчастий підігрівник FUNKE FP 08. Максимально можлива площа поверхні нагріву — $F = 8,4 \text{ м}^2$, площа поверхні нагріву однієї пластини — $0,08 \text{ м}^2$, кількість пластин — 105 шт.

					КР 000.144.005.005.2022.ПЗ	Арк.
						53
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

2.5.7. Вибір вентиляторів (В) та димососів (Д) для водогрійних котлів

Вибір В та Д здійснюється у відповідності до технічних умов (ТУ) заводу-виробника водогрійних котлів на комплект поставки котла таблиця 2.45.

Таблиця 2.45

Рекомендоване тягодуттєве обладнання

№ п/п	Найменування	Димосос	Вентилятор
1	Тип обладнання	ДН-17І	ВДН-12,5у
2	Потужність, кВт	55	30
3	Частота обертання, об/хв	750	1000

РОЗДІЛ 3. Охорона праці

В даному дипломному проекті розглядається розрахунок та проектування обладнання водогрійної котельні.

Впровадження нового більш вдосконаленого обладнання, з сучасною системою автоматизації та управління дозволить знизити рівень впливу шкідливих та небезпечних факторів на людину, підвищить ступінь безпеки експлуатація і обслуговування, що значно покращить умови праці в котельному залі.

При здійсненні проектування враховані вимогою охорони праці до організації та забезпечення здорових і безпечних умов праці на робочому місці оператора котельні.

3.1. Виробнича санітарія

При плануванні приміщення враховуються:

- санітарна характеристика обладнання та технологічних процесів;
- норма корисного простору на одного працівника (15м^3);
- нормативи площі розміщення обладнання ($4,5\text{м}^2$);
- висота виробничого приміщення не менше (4,8) м.

Протяжність санітарно-гігієнічної зони даного підприємства (IV класу) складає – 50 м.

Для зручності обслуговування котлових апаратів змонтовані багатоярусні технологічні площадки, які починаються з висоти 2,5м.

3.1.1. Мікроклімат та чистота повітря виробничого середовища

Показниками мікроклімату є температура повітря, відносна вологість, швидкість руху повітря та атмосферний тиск.

Нормативний документ передбачає оптимальні і допустимі значення параметрів мікроклімату в залежності від періоду року (. Наприклад, у теплий період року (середньодобова температура зовнішнього середовища становить $>10\text{ }^\circ\text{C}$), холодний (середньодобова температура зовнішнього середовища становить $<10\text{ }^\circ\text{C}$) та категорії важкості виконуваних робіт.

Контроль та вимірювання параметрів мікроклімату виконується спеціальними приладами – термометрами (температура), психрометрами (вологість повітря). Швидкість руху повітря вимірюється анемометром (крильчатий), межі вимірювання від 0,3 – 5 м/с, чашковий (індукційний) анемометр – межі вимірювання 1 – 20 м/с та кататермометрами – межі вимірювання 0 – 0,5 м/с.

Вміст шкідливих речовин в повітрі обмішується гранично допустимими концентраціями(ГДК).

CH_4 (300 мг/м^3 , клас небезпечності IV), CO (20 мг/м^3 , клас небезпечності IV), CO_2 (ГДК 9000 мг/м^3 , клас небезпечності IV), сполуки азоту (ГДК 5 мг/м^3 , клас небезпечності II).

Концентрація шкідливих речовин у повітрі, газів і парів повинна визначатися для 1-го класу безпеки безперервно, для 2-го, 3-го, 4-го класу – періодично.

					КР 000.144.005.005.2022.ПЗ			
Змін.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	<i>Проект системи теплопостачання житлово-промислового району №5 в м. Одеса</i> Охорона праці	Літера	Аркушів	Аркуш
Розробив		Колінченко І.К.						55
Перевірив		Прядко М.О.						
Рецензув.								
Затвердив		Петренко В.П.						ЗТЕ-5-7ск кафедра ТЕХТ НУХТ

Періодичність контролю вмісту шкідливих речовин складає:

— для 1-го класу небезпеки – 1 раз/10 днів;

— для 2-го класу небезпеки – 1 раз/місяць;

— для 3-го та 4-го класу небезпеки – 1 раз/квартал.

Методи визначення шкідливих речовин у повітрі:

1. Лабораторний (колориметричні, спектрофотометричні, хроматографічні).

2. Експрес (хімічні індикатори, універсальний газоаналізатор, УГ-1, УГ-2).

3. Автоматичні (стаціонарний газоаналізатор, газосигналізатор).

Для видалення надлишків теплоти та шкідливих газів в котельні застосовується загально-обмінна змішана припливно-витяжна вентиляція. Забирання забрудненого повітря здійснюється за допомогою аераційного ліхтаря, а подача свіжого – механічним вентилятором.

Оператор котлоагрегату, у разі необхідності, повинен бути забезпечений засобами індивідуального захисту (костюм бавовняний, рукавиці комбіновані, навушники протишумові, окуляри захисні із світлофільтрами, та протигазами).

3.2. Виробниче випромінювання

Джерелами теплового випромінювання є паровий котел, трубопроводи з парою. Ознаками перегрівання організму є підвищення температури, спрага, збільшення частоти дихань та пульсу, задишка, головний біль, запаморочення, сильне потовиділення.

Зниження інтенсивності теплового випромінювання досягається застосуванням екранів, теплоізоляції устаткування та гарячих поверхонь, а також індивідуальними засобами; збільшенням відстані між джерелом випромінювання та робочим місцем.

Нормальними умовами, що відповідають санітарно-гігієнічним нормам, вважають такі, за яких інтенсивність опромінення працівників інфрачервоними променями не перевищує: 35 Вт/м² при опромінюванні більше 50 % тіла.

Інтенсивність інфрачервоного випромінювання вимірюється актинометрами, а спектральна інтенсивність випромінювання – інфрачервоними спектрографами типу ИКС-10, ИКС-12, ИКС-14.

3.3. Шум на виробництві

Робота котлових установок супроводжується шумом.

Класифікація шумів за походженням:

— механічні;

— аерогідродинамічні (вентилятори, насоси, компресори, системи транспортування);

— електричні (трансформатори тощо).

Класифікація шумів за частотою:

— низькочастотний (до 300 Гц);

— середньо частотний (300-800 Гц);

— високочастотний (більше 800 Гц).

Основними фізичними характеристиками звуку є: частота f (Гц), звуковий тиск P (Па), інтенсивність або сила звуку I (Вт/м²).

					КР 000.144.005.005.2022.ПЗ	Арк.
						56
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Порогові значення шуму при $f=1000$ Гц складають: нижній поріг чутності ($I_0 = 10^{-12}$ Вт/м²; $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па), больовий поріг ($I_6 = 10^2$ Вт/м²; $P_6 = 60$ Па).

Рівень шуму у виробничому цеху не повинен перевищувати 80 дБ.

Технічні засоби захисту від шкідливої дії шуму чутного діапазону передбачають використання трьох головних напрямків: боротьба з шумом в джерелі його утворення, шумопоглинання, та шумоізоляцією.

До заходів боротьби з аеродинамічним шумом відносяться зменшення швидкостей транспортування середовища, використання плавних заокруглень, глушників шуму в місцях забору і вихлопу повітря.

Для вимірювання рівня шуму використовують шумоміри Ш-71, ПИ-14 в комплекті з активними фільтрами. Рівень вимірювання шуму даними приладами становить 10-130 дБ в діапазоні 20 Гц – 16 кГц.

3.4. Виробнича вібрація

Під впливом інтенсивної вібрації в організмі людини відбуваються функціональні зміни у серцево-судинній системі та регуляторної функції центральної нервової системи. Вібрація викликає появу вібраційної хвороби, що може призвести до втрати працездатності.

Вібрацію поділяють на загальну (передається через опорні поверхні тіла людини) та локальну (передається через руки).

Основними характеристиками (параметрами) вібрації є частота гармонічного коливального руху (Гц), віброшвидкість (м/с) та віброприскорення (м/с²), рівень вібрації (дБ).

Порогові значення віброшвидкості становить $v_0=5 \times 10^{-8}$ м/с, а віброприскорення становить $a_0=3 \times 10^{-4}$ м/с².

Загальна та локальна вібрації обмежуються допустимими значеннями віброшвидкості або логарифмічними рівнів віброшвидкості в октавних смугах із частотою 2-1000 Гц.

Для захисту від впливу виробничої вібрації застосовують наступні колективні методи: послаблення вібрації у джерелі утворення, вібропоглинання та віброізоляція.

Вібрація вимірюється віброметрами ВИП-4 та ВИП-2М та вібрографами ВР-1, ВР-2, в діапазоні 10 Гц – 1кГц, шкала приладів проградуєвана в дБ.

3.5. Освітлення виробничих приміщень

Основними вимогами охорони праці до освітленості виробничих приміщень є:

- 1) освітлення на робочому місці має відповідати санітарно-гігієнічним нормам і бути рівномірним;
- 2) між об'єктом, що розглядається, і навколишнім фоном повинен бути певний контраст;
- 3) на робочій поверхні не повинно бути різких тіней;
- 4) не допускається освітлення (пряме чи відбите) у полі зору.

На виробництві використовується природне комбіноване освітлення (двостороннє бічне та аераційний ліхтар).

В темні години доби використовується штучне освітлення.

					КР 000.144.005.005.2022.ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		57

За призначенням *штучне освітлення* поділяється на робоче, чергове, аварійне, евакуаційне, охоронне. За виконанням (розміщенням джерел світла) штучне освітлення поділяється на:

- загальне – призначене для рівномірного освітлення приміщення або його частин;
- місцеве – для освітлення тільки робочих поверхонь;
- комбіноване (поєднання загального та місцевого освітлення).

Джерелами штучного світла є лампи розжарювання та газозарядні лампи. Виробниче приміщення обладнане світильниками прямого світла з лампами розжарювання у герметичному виконанні із захисним кутом 20-25° (типу ВЗГ200, потужністю 200 Вт), які розташовуються у шаховому порядку.

Контроль освітленості здійснюється люксметрами Ю-16, Ю-17, Ю-116, Ю-117.

3.5. Техніка безпеки

3.5.1. Безпечна експлуатація технологічного устаткування

Для безпечної експлуатації технологічного устаткування та запобігання виникненню небезпечних або аварійних ситуацій застосовуються в першу чергу засоби колективного захисту. За принципом дії та залежно від впливу небезпечного фактора засоби колективного захисту поділяються на огорожувальні, запобіжні пристрої, блокування, сигналізаційне обладнання, профілактичні випробування.

Роботи всередині котлів проводяться тільки після повної зупинки роботи, продувки і охолодження, якщо таке необхідно.

Огорожувальні пристрої (кожухи, щити, екрани, бар'єри) застосовуються для ізоляції зон з безпекою механічних дій, для огорожі зон випромінювань і зон з хімічними речовинами, а також робочих майданчиків, розташованих на висоті. Вони поділяються на стаціонарні, які демонтуються для виконання допоміжних операцій (заміна інструмента, змазка обладнання тощо), та переносні, що використовуються для огорожі нестационарних робочих місць (зварювальні пости), а також при виконанні ремонтних чи налагоджувальних робіт.

Запобіжні пристрої застосовуються для автоматичного виключення обладнання при виникненні аварійних ситуацій (наприклад, при виході одного з параметрів — температури, електричної напруги тощо за межі допустимих значень).

Блокування дозволяє виключити можливість проникнення людини в небезпечну зону чи ліквідувати небезпечний фактор при проникненні людини в небезпечну зону. Блокувальні пристрої поділяються на механічні, електричні, фотоелементні, радіаційні, пневматичні, гідравлічні та комбіновані.

Сигналізаційне обладнання призначено для повідомлення персоналу про режим роботи устаткування і можливості аварійних ситуацій. За засобами інформації сигналізація поділяється на кольорову, звукову, кольорово-звукову, одоризаційну (за запахом).

На виробництві використовується світлова та звукова аварійна сигналізація, яка відключається за допомогою комп'ютерного інтерфейсу, світлова і звукова передпускова сигналізація (відключення за допомогою кнопки квітування).

Нормативно-технічна документація з безпечної експлуатації основного технологічного обладнання, що працюють під тиском (парові котли): «Правила будови і

					КР 000.144.005.005.2022.ПЗ	Арк.
						58
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

безпечної експлуатації парових та водогрійних котлів», трубопроводів пари та гарячої води «Правила будови і безпечної експлуатації трубопроводів пари та гарячої води».

3.5.2. Безпечна експлуатація електроустаткування

Види електричних травм на виробництві:

- 1) механічне (при проходженні через тіло людини струму великої сили; падіння людини з висоти);
- 2) місцеві зовнішні електротравми:
 - електричні опіки;
 - електричні знаки (плями сірого чи блідо-жовтого кольору на поверхні шкіри);
 - захворювання зовнішніх оболонок очей під дією ультрафіолетових променів електричної дуги;
- 3) електричний удар (призводить до паралічу серця, легень, до фібриляції серця).

Факторами, що зумовлюють небезпечне ураження електричним струмом, є:

- фактори електричного характеру (напруга, сила, рід і частота струму). Сюди ж відноситься і електричний опір людини;
- фактори неелектричного характеру (індивідуальні властивості людини, тривалість дії струму, шлях проходження струму через тіло людини);
- стан навколишнього середовища.

Згідно «ПУЕ. Правила улаштування електроустановок» за ступенем небезпеки ураження існує три класи приміщень:

- 1) приміщення без підвищеної небезпеки;
- 2) приміщення з підвищеною небезпекою
- 3) особливо небезпечні

Котельня відноситься до приміщень з підвищеною небезпекою (наявність струмопровідних підлог).

Для забезпечення електробезпеки на виробництві передбачено спеціальні заходи і засоби захисту. До них належать, наприклад, недоступність струмопровідних частин обладнання; ізоляція струмоведучих частин з опором силового устаткування та освітлюючої апаратури $R_{i3} \geq 0,5$ МОм, заземлення опором $R_3 \leq 4$ Ом, швидкодіюче автоматичне захисне відключення; застосування низьких напруг ($U < 42$ В), використання засобів індивідуального захисту, проведення планово-попереджувальних ремонтів та профілактичних робіт устаткування, а також виробничих інструктажів з техніки безпеки.

Небезпечними є також розряди атмосферної електрики (блискавки), що утворюється і концентрується в хмарах. Сила струму блискавки досягає до 200 кА, а напруга до 150 МВ. Котельня відповідає вимогам нормативних документів по захисту від атмосферної електрики будівель і споруд II-категорії із застосуванням стержньових блискавковідводів.

3.6. Пожежна та вибухобезпека на виробництві

Основними причинами пожежі та вибуху в котельні є:

1. організаційні (порушення вимог проектування промислових та допоміжних будівель та споруд, вибору будівельних матеріалів та конструкцій, планування

					КР 000.144.005.005.2022.ПЗ	Арк.
						59
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

приміщень, розміщення технологічного обладнання та комунікацій; відхилення від правил експлуатації та ремонту обладнання, споживачів електроенергії та електромереж, порушення посадових інструкцій щодо пожежної безпеки; необережне поводження з вогнем та матеріалами, що легко запалюються).

2. технологічні (відносять роботу за несправним технологічним обладнанням чи при порушенні режимів технологічних процесів; використання горючих речовин, що не відповідають технологічним характеристикам обладнання, що використовується, та порушення режиму його експлуатації та зупинки, використання невідповідних ГОСТу змащувальних матеріалів).
3. причини пов'язані із застосуванням електрики (відносять використання електричного обладнання, що не відповідає категорії вибухо- та пожежо-безпеки, перевантаження мереж та електроустаткування, пошкодження ізоляції, поганий електричний контакт в місцях з'єднання контактів, відсутність захисту від статичної та атмосферної електрики).

За спалимістю речовини і матеріали поділяються на три групи:

Спалимі, важко спалимі, неспалимі.

Пожежна безпека виробництва забезпечується системою запобігання пожеж та системою пожежного захисту.

Усі будівлі та споруди за вогнестійкістю класифікуються за V ступенями.

Заходи пожежної безпеки поділяються на 4 групи:

1. заходи у виробничих процесах;
2. будівельно-технічні заходи (підвищення стійкості огорожувальних конструкцій будівель, обмеження поширення пожежі);
3. організаційні та агітаційні заходи (навчання обслуговуючого персоналу заходам поширення пожеж та поводження із пожежним інвентарем);
4. заходи із забезпеченням швидкого гасіння пожеж (вибір найбільш ефективних способів та засобів гасіння, налагодження протипожежного водопостачання та сигналізації).

Категорія відділення ВОДОГРІЙНА КОТЕЛЬНЯ з вибухопожежної та пожежної безпеки – «Г» .

Будівля відділення ВОДОГРІЙНА КОТЕЛЬНЯ – відноситься до III класу пожежонебезпечної зони.

Система пожежного захисту виробничого приміщення включає також наявність системи оповіщення (ручні кнопочні пости), сигналізацію та схеми евакуації працюючих, які розташовані на видних місцях.

Основними вогнегасними речовинами і матеріалами є: вода, повітряно-механічна піна, негорючі гази та пісок.

До первинних засобів гасіння пожежі відносять:

- внутрішнє пожежне водопостачання (подача води до робочих місць здійснюється пожежними кранами з рукавами, що закінчується металевим соплом обладнаним розбризкувачем);
- пожежний інвентар:
 - відра, кошма, лопати;
 - вогнегасники(ОВП-10-2шт; ОУ-2шт);
 - ящики з піском.

					КР 000.144.005.005.2022.ПЗ	Арк.
						60
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Розділ 4. Система регулювання температури води в ІТП та ЦТП

Регулювання в індивідуальному тепловому пункті (ІТП) будівлі
 При регулюванні в ІТП використовуються ті ж принципи, що і при регулюванні систем опалення будівель з вбудованими котельнями. Температура приміщень регулюється в залежності від зовнішніх погодних умов, але в ІТП можуть бути задіяні і інші регулюючі органи.

ІТП із залежним приєднанням теплової мережі

В індивідуальних теплових пунктах вода теплової мережі поступає в систему опалення, де регулювання здійснюється за допомогою клапана на трубопроводі (рис.4.1) або регульованого елеватора (рис.4.2).

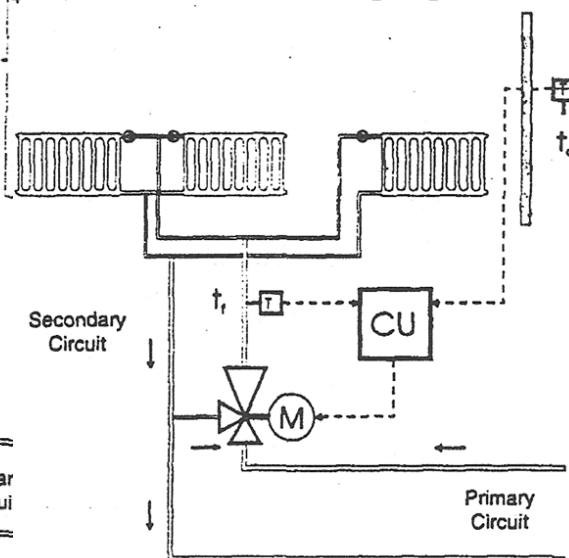
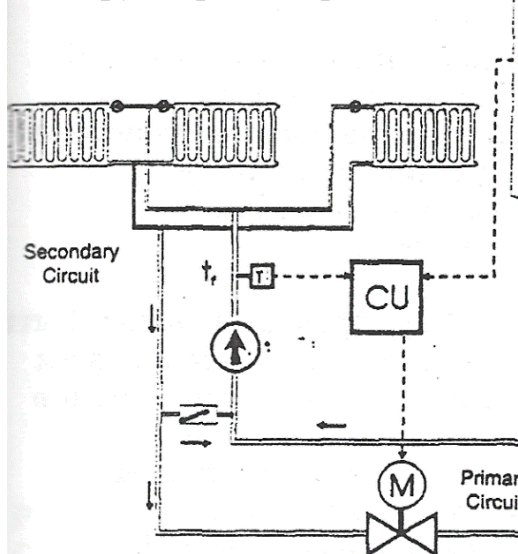


Рис. 4.1. Регулювання температури приміщень залежно від температури зовнішнього повітря за допомогою регулюючого клапана ІТП

Рис. 4.2. Регулювання температури приміщень залежно від температури зовнішнього повітря за допомогою регульованого елеватора

залежно

від температури зовнішнього зовнішнього повітря за допомогою регулюючого клапана ІТП елеватора

від температури повітря за допомогою регульованого

При регулюванні витрати мережної води за допомогою регулюючого клапана температура теплоносія в системі опалення встановлюється в залежності від температури оточуючого зовнішнього повітря. Характер такої залежності необхідно «закласти» в блок регулятора. При збільшенні температури повітря вентиль зменшує витрату води у мережі і таким чином примусово знижує температуру гарячої води (теплоносія) в системі опалення. Циркуляційний насос підтримує постійний рівень витрати води в системі опалення.

					КР 000.144.005.005.2022.ПЗ			
Змін.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	Проект системи теплопостачання житлово-промислового району №5 в м. Одеса Система регулювання температури води в ІТП та ЦТП	Літера	Аркушів	Аркуш
Розробив		Колінченко І.К.						61
Перевірив		Прядко М.О.				ЗТЕ-5-7ск кафедра ТЕХТ НУХТ		
Рецензув.								
Затвердив		Петренко В.П.						

Цей спосіб регулювання може застосовуватися в ІТП всіх типів будівель. Установка регулювальних приладів замість елеваторів на існуючих теплових пунктах не потребує великих витрат. Сучасні циркуляційні насоси, які використовують при такому регулюванні, мають ряд переваг: вони практично не вимагають тех.обслуговування, вони споживають порівняно мало електричної енергії, а також при використанні регульованих елеваторів для регулювання системи опалення використовується інший підхід – штучно змінюється коефіцієнт змішування, і, як наслідок, температура гарячої води в системі опалення підтримується в залежності від температури оточуючого зовнішнього повітря.

Даний спосіб регулювання може застосовується на індивідуальних теплових пунктах для всіх типів будівель. Елеватор виконує одночасно функції змішувача і циркуляційного насоса. Перевагами вище розглядуваного способу є: низькі експлуатаційні витрати та відсутність у потребі установки насосу з електричним приводом. Але даний спосіб має значну кількість недоліків, серед яких – складність регулювання та пуску, незначний діапазон регулювання та недостатня гідравлічна стійкість.

ІТП з незалежним приєднанням до теплової мережі

На теплових пунктах з незалежним приєднанням, мережева вода ізольована від води циркуляційного контуру системи опалення. Теплова енергія від І (гріючого) контуру передається об'єкту нагрівання через поверхню теплообмінника (рис.4.3). Така конструкція робить взаємно незалежними якість води в циркуляційному котурі та якість мережевої води. Крім того, перепади тиску в системі централізованого тепlopостачання не мають впливу на циркуляцію води всередині будівлі.

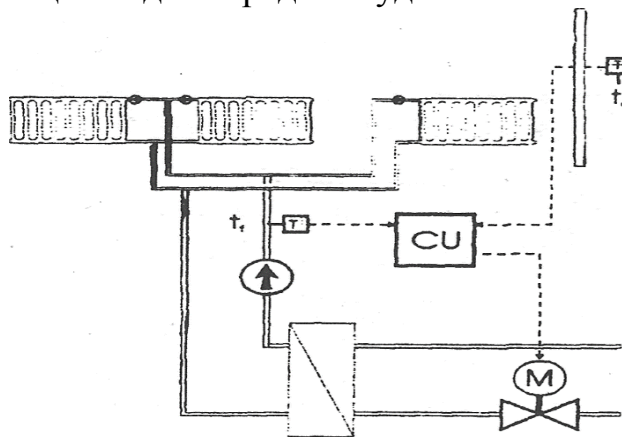


Рис. 4.3. Регулювання температури приміщень залежно від температури зовнішнього повітря за допомогою регулюючого клапана в ІТП

При регулюванні витрати мережної води регулюючим клапаном, температура гарячої води в системі опалення залежить від температури оточуючого зовнішнього повітря.

					КР 000.144.005.005.2022.ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		60

Цей спосіб регулювання може бути застосований на теплових пунктах всіх типів будівель. При застосуванні насосів з регульованим числом обертів отримують додаткові економії теплової і електричної енергії.

У вітчизняних системах централізованого теплопостачання системи опалення, як правило, приєднані до теплової мережі по залежній схемі. Основним обладнанням ІТП в будівлях залишається: елеватор, і однією з актуальних завдань енергозбереження є переобладнання ІТП із застосуванням сучасних приладів обліку та регулювання.

Таке переобладнання буде більш ефективним, якщо регулювання температури води в подавальному трубопроводі системи опалення буде виконуватися окремо для кожної пофасадної гілки системи (рис.4.4).

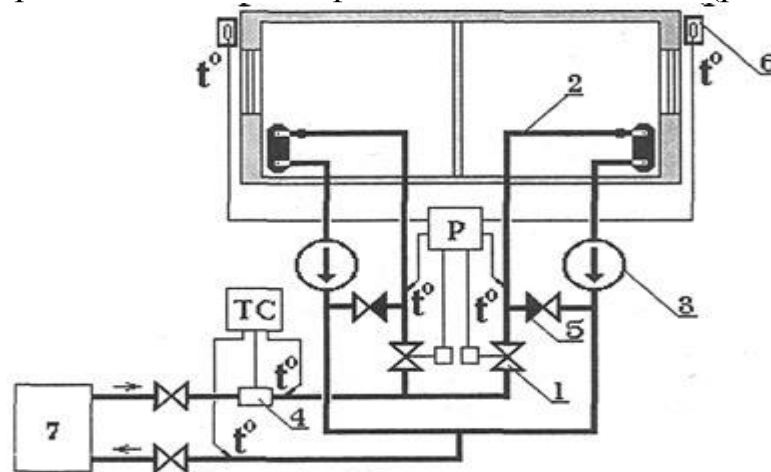


Рис.4.4. Схема ІТП будівлі з пофасадного регулювання системи опалення, обладнаного циркуляційним насосом

1-регулюючий клапан, 2-фасадна гілка системи опалення, 3-циркуляційний насос, 4-витратомір теплолічильника, 4-зворотний клапан, 6-погодний бокс, 7-тепломережа, P-регулятор, t^0 - датчик температури, ТС-теплолічильник.

«Для того, щоб система пофасадного регулювання працювала ефективно, датчики температури зовнішнього повітря повинні встановлюватися окремо для кожного фасаду всередині так званого погодного боксу в зоні, що не підлягає впливу прямого сонячного випромінювання»[7] (рис.4.5).

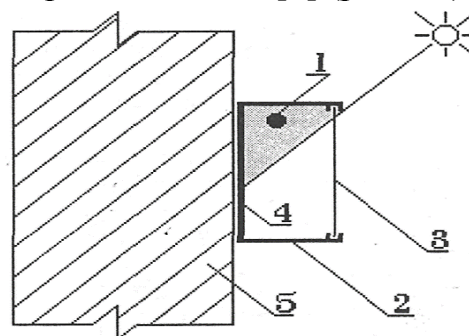


Рис.4.5. Розташування датчика температури в погодному боксі
1-датчик, 2-корпус погодного боксу, 3-скло, 4-чорна стінка, 4-фасадна стіна будівлі.

					КР 000.144.005.005.2022.ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		61

При такій установці датчика система опалення одночасно з попаданням на фасад будівлі сонячного випромінення зменшить теплову потужність, так само, як у випадку, коли кімната прогривається від перших сонячних променем, що проникають крізь вікна.

Аналогічно може бути виконана система автоматичного пофасадного регулювання теплової потужності систем опалення з регульованими елеваторами [7] (рис.4.6).

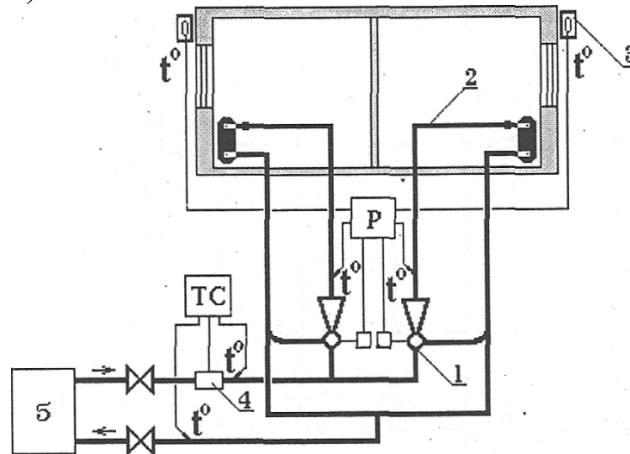


Рис.4.6. Схема ІТП будівлі з пофасадного регулювання системи опалення, обладнаного регульованим елеватором

1-регульований елеватор, 2-фасадна гілка системи опалення, 3- погодний бокс, 4-витратомір теплолічильника, P-регулятор, t° - датчик температури, ТС-теплолічильник

ІТП з незалежною приєднанням до теплової мережі

Незалежне приєднання систем опалення до теплової мережі застосовується в Україні, як правило, за вимогами підприємств теплових мереж для будинків з числом поверхів 12 і більше [1,3]. Необхідно відмітити, що використання систем з незалежним приєднанням було непопулярним, не дивлячись на ряд економічних переваг. Основним недоліком, що вплинув на це був високий рівень шуму насосів, а використовувані кожухотрубні теплообмінники були дуже громіздкі та вимагали обладнання спец. будівлі технічного призначення так званого центрального теплового пункту (ЦТП). Додаткове приміщення помітно здорожувало будівництво.

Але поява на ринку України безшумних циркуляційних насосів європейського виробництва, а також налагодження випуску вітчизняних пластинчастих теплообмінників дали можливість застосувати системи з незалежним приєднанням таким чином, що все необхідне обладнання може розташовуватися в межах ІТП. Регулювання теплової потужності таких систем буде більш ефективним, якщо воно буде виконуватися окремо для кожного фасаду [7] (рис.4.7).

					КР 000.144.005.005.2022.ПЗ	Арк.
						62
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

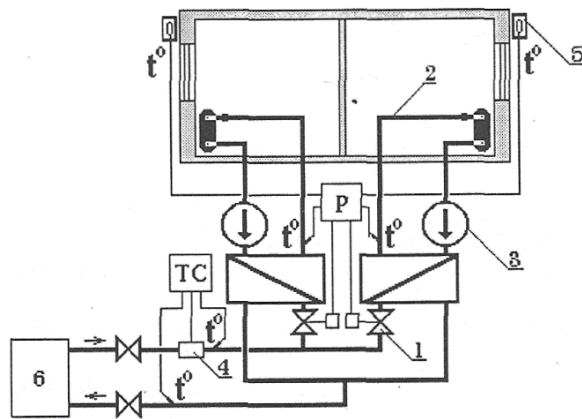


Рис. 4.7. Схема ІТП будівлі при незалежному приєднанні системи опалення

1-регулюючий клапан, 2-фасадна гілка системи опалення, 3-циркуляційний насос, 4-витратомір теплолічильника, 4-погодний бокс, 6-тепломережа, P-регулятор, t° - датчик температури, ТС-теплолічильник.

Системи опалення з незалежним приєднанням до теплової мережі повинні заповнюватися водою теплових мереж, яка, як правило, пом'якшується і знекиснюється на джерелі теплопостачання. Для цього передбачають підживлювальний трубопровід з насосом, якщо він потрібен з урахуванням висоти будівлі і тисків в трубопроводах теплової мережі. Подачу води через підживлювальний трубопровід в систему рекомендується автоматизувати. Підживлювальний трубопровід повинен приєднуватися після витратоміра теплолічильника. При великому обсязі підживлення на вимогу підприємства теплових мереж для можливості обліку підживлювальної води може бути встановлено водолічильник на зворотному трубопроводі на додаток до витратоміри теплолічильника.

Індивідуальне регулювання

Оскільки центральне регулювання не враховує індивідуальні вимоги і зміна теплових навантажень в окремих кімнатах, важливо, щоб всі радіатори були обладнані індивідуальними регуляторами.

Перевагами індивідуального регулювання є:

- можливість використання теплонадходжень;
- задоволення індивідуальних вимог споживача.

Завданням індивідуального регулювання є підтримання температури в приміщенні на постійному заданому рівні за допомогою регулювання витрати теплоносія через радіатор.

Термостатичні або, принаймні, ручні вентиля дозволяють використовувати теплонадходження від людей в приміщенні, від освітлення, електрообладнання, а також сонячне тепло. Крім цього, виникає можливість економити енергію, знижуючи температуру в приміщенні, і встановлювати температуру в залежності від своїх потреб.

Досвід західноєвропейських країн показує, що при використанні термостатичних вентилів замість звичайних можна заощадити до 10% енергії,

					КР 000.144.005.005.2022.ПЗ	Арк.
						63
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

що витрачається. Значно більша економія може бути отримана при установці термостатичних вентилів на радіаторах, не обладнаних раніше будь-якими засобами регулювання. Стара схема змушувала мешканців будинків (житлових та офісних) відкривати вікна для зниження температури в приміщенні.

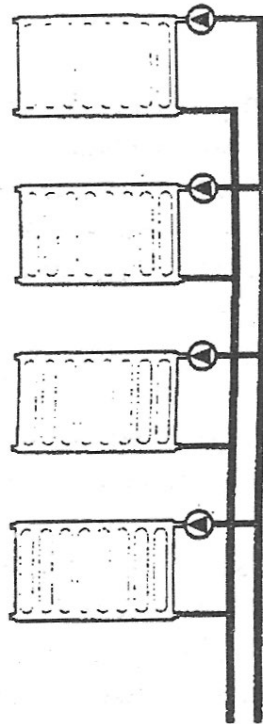


Рис.4.8. Схема двотрубного стояка з регулюючими вентилями

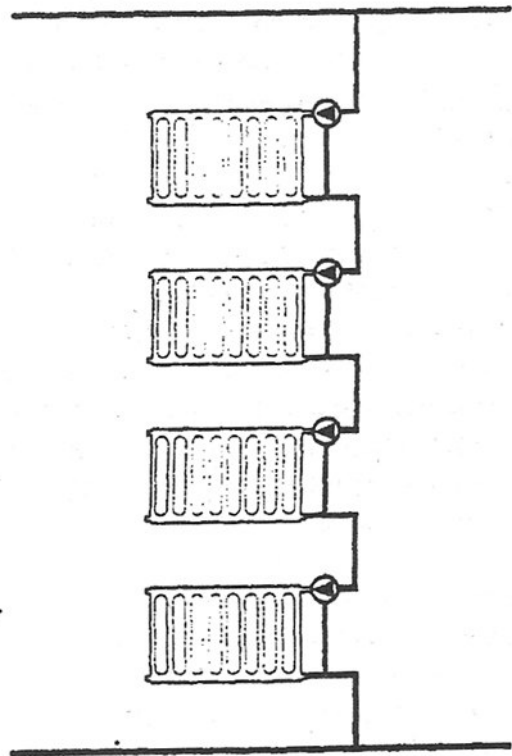


Рис.4.9. Схема однотрубного стояка з триходовими регулюючими вентилями

Індивідуальні регулюючі органи (ручні або термостатичні вентиля) встановлюються на вході води в радіатор і призначаються для регулювання витрати води в залежності від дійсного теплового навантаження приміщення.

Термостатичні вентиля виконують подвійну функцію. Насамперед, споживач має можливість регулювати температуру в приміщенні залежно від своїх потреб, незалежно від інших мешканців і центрального регулювання. По-друге, термостатичні вентиля автоматично підтримують задану температуру в приміщенні. Автоматичні регулятори забезпечують найбільш ефективне управління температурою в приміщенні, проте і за допомогою вентилів ручного регулювання також можна отримати задовільні результати, тому вони також знайшли широке застосування.

Термостатичні регулятори масово використовуються в країнах ЄС, виробники цього обладнання мають великий досвід у даній області.

При ручному регулюванні споживачеві доводиться часто коригувати температуру в залежності від теплонадходжень в приміщення. Якість регулювання та економія енергії в цьому випадку цілком залежать від споживача.

					КР 000.144.005.005.2022.ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		64

Автоматичне підтримання температури повітря в кожному приміщенні на бажаному рівні - це, ймовірно, найкраща можливість для будь-якого з споживача, що цінує комфорт при оптимальних витратах. Однак не має потреби негайно замінити у вітчизняній опалювальній системі всі непрацюючі чи погано працюючі радіаторні крани на термостатичні вентиля. І питання стоїть не лише у вартості такої заміни. Суттєвою перешкодою для такої заміни є високий гідравлічний опір термостатичних вентилів, які здатні розрегулювати існуючі опалювальні системи. Дану проблему можна подолати, якщо грамотно вирішити всі технічні завдання, які також потребують певних грошових витрат.

Головною перешкодою для широкого застосування термостатичних вентилів у існуючих системах опалення є і той факт, що існуючі системи проектувались на підтримку у приміщенні температури 18°C (як виявилось згодом, вона недостатньою для більшості людей). Перевищення цієї температури в експлуатаційних умовах на певні короткочасні періоди можливе, але виявилось, що користувачі прагнуть підняти температуру до 20-22 °C на досить тривалий час. Якщо в систему надходить мало води або її температура недостатня, то жодне автоматичне регулювання не дає бажаного ефекту підвищення температури в кімнаті. У випадках, коли для дитини або для хворого необхідна більш висока температура в приміщенні, широко практикується догрів повітря електронагрівальними приладами, які виявляться марними при застосуванні термостатичних вентилів на радіаторах основного опалення.

Незважаючи на загальний дефіцит тепла в системах централізованого теплопостачання міст, є досить багато будівель, які опалюються добре, навіть з надлишком. Здавалося б, у цих будинках установка індивідуальних автоматичних регуляторів опалення була б доцільна, проте є великі сумніви в тому, що при безконтрольній витраті теплоти, споживачі захочуть обмежити температуру у своєму приміщенні, виходячи виключно з альтруїстичних концепцій загального блага. Швидше за все їх поведінка буде визначатися відомим прислів'ям «пар кісток не ломить», а, якщо вже стане не під силу жарко, споживач, встановивши свій термостатичний вентиль на максимум, віддасть перевагу відкрити квартиру і додати свіжого повітря.

Виходячи з цих посилок, можна рекомендувати установку термостатичних вентилів при будівництві нових та реконструкції старих будівель в системах опалення, розрахованих з урахуванням гідравлічних характеристик термостатичних вентилів і які забезпечують підтримання оптимальної температури в приміщеннях при неодмінній умови встановлення квартирних приладів обліку витрати тепла.

Індивідуальне регулювання у двотрубних системах опалення

У двотрубних системи можуть бути використані прохідні регулюючі вентиля (рис.4.8).

					КР 000.144.005.005.2022.ПЗ	Арк.
						65
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Індивідуальне регулювання у однотрубних системах опалення

У країнах Центральної та Східної Європи багатоповерхові будинки обладнані, як правило, однотрубними системами опалення з триходовими кранами, які на практиці іноді не встановлюють.

У зв'язку з тим, що застосування прохідних регулюючих вентилів в однотрубних системах неможливо, були розроблені триходові термостатичні вентиля, що розподіляють потік теплоносія між радіатором і байпасом.

Великий досвід з оснащення однотрубних систем опалення (у випадках, якщо однотрубну систему неможливо замінити на двотрубну) термостатичними вентилями отриманий в колишній НДР, і ці регулятори користуються зараз великим попитом у Східній Німеччині.

Стояк однотрубної системи з триходовим краном і байпасом представлений на рис.4.9.

Регулювання систем гарячого водопостачання

У цьому розділі розглядається регулювання систем гарячого водопостачання в ІТП і у вбудованих котельнях.

Так звані відкриті системи централізованого тепlopостачання, що застосовуються в ряді країн Центральної та Східної Європи, в яких мережна вода використовується для гарячого водопостачання, рекомендується надалі не застосовувати, тому що вони не можуть бути обладнані ефективними засобами регулювання. Необхідною умовою ефективної роботи регуляторів є гідравлічна стійкість системи, яка не може бути забезпечена через непередбачуваного споживання гарячої води для побутових потреб.

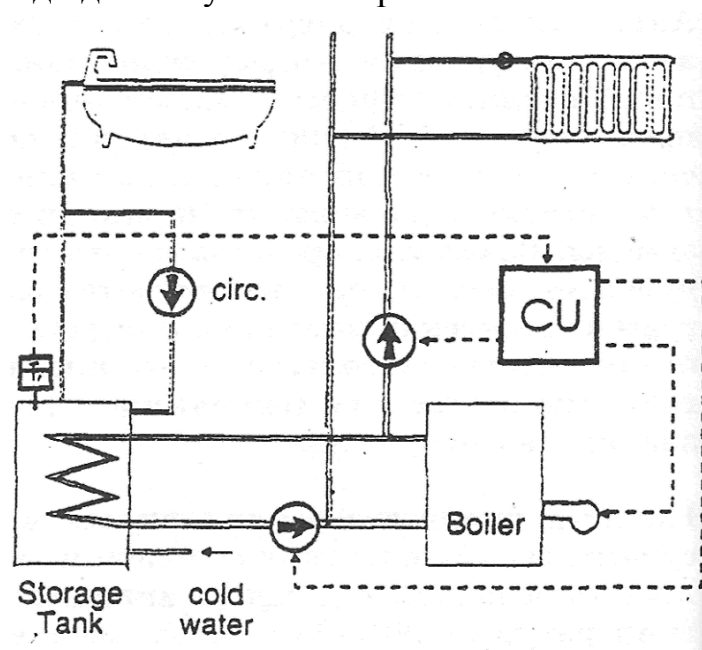


Рис.4.10. Гаряче водопостачання від котла і бака-акумулятора

Використовувати в таких системах чутливі прилади регулювання не представляється можливим, не кажучи вже про те, що гаряча вода в цих системах забруднена і непридатна для пиття.

					КР 000.144.005.005.2022.ПЗ	Арк.
						66
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Системи гарячого водопостачання обладнуються швидкісними водопідігрівачами, а також можуть мати баки-акумулятори. Швидкісні водопідігрівачі не вимагають великих капіталовкладень, на відміну від баків акумуляторів, які рекомендуються для житлових будинків, так як при цьому знижується теплова потужність ІТП або котла.

Гаряче водопостачання від опалювального котла

Засоби регулювання системи гарячого водопостачання повинні виконувати наступні функції:

- пріоритетне для системи ГВ регулювання;
- регулювання температури ГВ в баку акумуляторі (наприклад, 60 °С);
- управління насосом бака-акумулятора;
- управління циркуляційним насосом за часом.

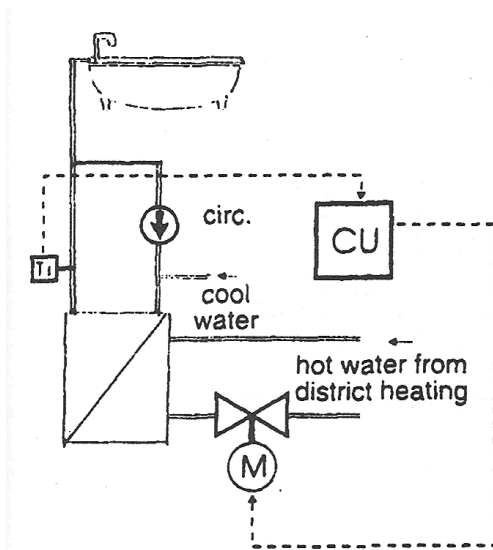


Рис.4.11. Система гарячого водопостачання зі швидкісним водопідігрівачем на ІТП

При піковому водорозборі регулятор забезпечує пріоритетну подачу тепла в бак-акумулятор, при цьому насос бака-акумулятора включається, а насос системи опалення відключається. Протягом відносно короткого проміжку часу радіатори не отримують достатньої теплової енергії, однак, завдяки теплової інерції будівлі, температура всередині приміщень залишається незмінною. Температура води в резервуарі не повинна бути більше 60 °С щоб уникнути утворення накипу і для зниження теплових втрат. У нічний період часу, коли гаряча вода не потрібна, реле часу відключає циркуляційний насос, знижуючи споживання електроенергії і зменшуючи втрати тепла. Управління всією системою опалення та гарячого водопостачання здійснюється одним регулятором - блоком центрального управління.

Для гарячого водопостачання може використовуватися швидкісний водопідігрівач в поєднанні з котлом. Ця схема представлена на рис.4.11, де вода надходить на водопідігрівач з системи централізованого тепlopостачання, але може надходити і від котла.

					КР 000.144.005.005.2022.ПЗ	Арк.
						67
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Гаряче водопостачання від ІТП

Система гарячого водопостачання, зображена на рис.4.17, може застосовуватися і в ІТП, при цьому для регулювання температури води в баку замість насоса може використовуватися триходовий змішувальний або прохідний вентиль, регулюючий витрата мережної води. Ця схема широко застосовується в країнах Центральної та Східної Європи, при цьому водопідігрівач підключається послідовно до системи опалення приміщень. Температура води регулюється клапаном, встановленим на трубопроводі мережної води.

Гаряча вода для побутових потреб житлових і громадських будівель готується, як правило, в центральних теплових пунктах (ЦТП), де встановлюються підвищувальні і циркуляційні насоси і швидкісні водопідігрівачі, з'єднані трубопроводами за двоступеневою змішаною схемою, при якій в нагрівний контур водопідігрівача першого ступеня подається вода, віддавши своє тепло в водопідігрівачів другого ступеня, змішана з водою із зворотного трубопроводу системи опалення (рис.4.12).

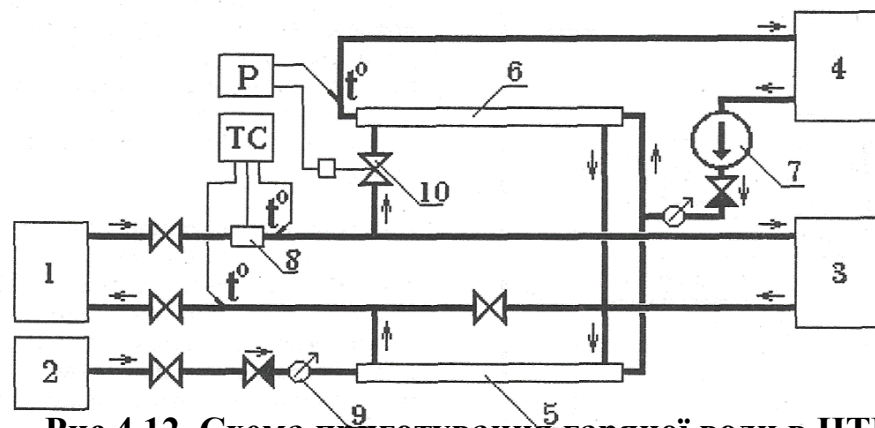


Рис.4.12. Схема приготування гарячої води в ЦТП

1- тепломережа, 2-міський водопровід, 3-система опалення, 4-система гарячого водопостачання, 4-водопідігрівач першого ступеня, 6-водопідігрівач другому ступені, 7- циркуляційний насос, 8 - витратомір теплолічильника, 9 - водолічильник, 10- регулюючий клапан , Р-регулятор, t° - датчик температури, ТС-теплолічильник.

Двоступенева змішана схема дозволяє більш повно використовувати температурний потенціал мережної води, яка завдяки цьому повертається на ТЕЦ або в районну котельню з відносно невисокою температурою, що сприяє зменшенню втрат у мережах і більш економного виробництва електричної енергії на ТЕЦ.

Ефективне приготування гарячої води можливо, якщо буде справно працювати регулюючий клапан, а циркуляційний насос буде подавати достатній об'єм води в будь-який час доби.

У ЦТП зазвичай встановлюють найпростіші регулятори температури прямої дії, що працюють від тиску води в трубопроводах теплової мережі по зливній і беззливній схемах. При гарній експлуатації такі регулятори працюють досить надійно, хоча точність регулювання залишає бажати кращого. На практиці, однак, беззливна схема майже не застосовується, а схема зі зливом

					КР 000.144.005.005.2022.ПЗ	Арк.
						68
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

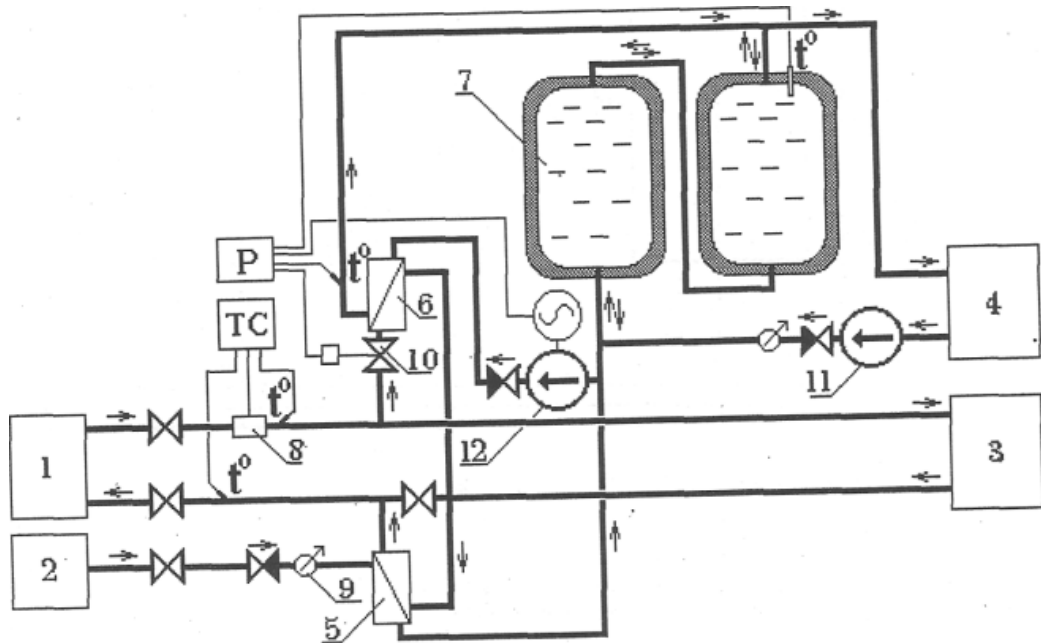


Рис. 4.14. Можлива схема приготування гарячої води в ЦТП після модернізації

1 - тепломережа, 2 - міський водопровід, 3 - система опалення, 4 - система гарячого водопостачання, 4 - водопідігрівач першого ступеня, 6 - водопідігрівач другого ступеня, 7 - акумулятор гарячої води, 8 - витратомір теплосчетчика, 9 - водолічильник, 10 - регулюючий клапан, 11- циркуляційний насос гарячого водопостачання, 12 - насос системи акумуляції, P - регулятор, t_0 - датчик температури, ТС - теплотічильник.

У години, коли не розбирають воду, регулятор P закрий клапан 10, і через дросельну діафрагму 7 до спеціально встановлених в підвалі кожної секції житлового будинку циркуляційних теплообмінників 4 почне надходити необхідна кількість мережевої води, внаслідок чого вода в контурі гарячого водопостачання підігріється і під дією природного тиску спрямується вгору, а на кілька градусів охолонувши в сушарці для рушників 11 вода з водорозбірних стояків знову надійде в теплообмінники 4 для підігріву. У години посиленого водорозбору, коли клапан 10 буде відкритий повністю, циркуляційні теплообмінники 4 обігріватися практично не будуть, зате водорозбірні стояки отримуватимуть воду і зверху, і знизу, завдяки чому втрати тиску в трубопроводах зменшаться.

Такі схеми можуть застосовуватися при будівництві нових або реконструкції старих будинків, однак існуючі ЦТП повинні модернізуватися, їх обладнання повинно замінюватися сучасними виробами, здатними зменшити споживання енергії і підвищити загальну ефективність систем централізованого теплопостачання. У цьому плані було б доцільно поступово замінити існуючі кожухотрубні водопідігрівачі компактними пластинчастими теплообмінниками, а на звільнених площах встановити теплоізольовані ємності гарячої води, включивши їх в схему таким чином, щоб зменшити пікові навантаження на теплову мережу (мал.4.14).

					КР 000.144.005.005.2022.ПЗ	Арк.
						70
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Розрахунки показують, що при модернізації всіх київських ЦТП по схемі з акумуляторами гарячої води можна було б зменшити пікові навантаження на теплові мережі та джерела централізованого теплопостачання настільки, що будівлі, які планується побудувати в місті протягом найближчих 6-7 років, забезпечувалися б теплом без збільшення потужностей на ТЕЦ і в котельнях і без збільшення пропускної спроможності магістральних теплових мереж.

ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА СИСТЕМ РЕГУЛЮВАННЯ

На енергозбереження в будівлях при використанні систем регулювання впливають наступні фактори:

- методи будівництва будівлі
- конструкція системи опалення;
- експлуатація системи опалення;
- поведінка споживачів;

Таким чином, не представляється можливим точно вказати рівень енергозбереження, який може бути досягнутий в кожній конкретній системі. Якщо нова система регулювання встановлюється в процесі загальної реконструкції будівлі, то загальний рівень енергозбереження може бути вищим. Наприклад, теплоізоляція огорожувальних конструкцій будівлі значно підвищить ефективність застосування системи регулювання. Тому рекомендується поєднати модернізацію системи регулювання із реконструкцією будівлі.

На економічну ефективність системи регулювання впливають два фактори:

- ціна на енергоносії
- витрати на встановлення системи

Розрахунок, представлений в цьому розділі, за допомогою якого можна визначити термін окупності системи регулювання, є одним з критеріїв в оцінці ефективності капіталовкладень.

Вважається, що термін експлуатації системи регулювання становить близько 20 років. Після завершення терміну окупності капіталовкладень економія витрат на енергію представить собою чистий прибуток. У більшій частині країн Східної Європи тарифи, за якими споживачі платять за використану енергію, не відображають її справжню вартість. Передбачається, що в недалекому майбутньому ціни на енергію досягнуть світового рівня, і для оцінки ефективності систем регулювання вже сьогодні слід користуватися світовими цінами. Залежно від виду енергоносії в та широкого розмаїття цін, що діють у різних західноєвропейських країнах, середня ціна для споживача знаходиться на рівні 0,03-0,06 долара США за кВт•год. Цю ціну можна використовувати для розрахунків ефективності регулювання на період експлуатації системи.

При регулюванні економія теплової енергії досягається за рахунок:

- зниження температури приміщення до заданої величини (F1);
- зниження температури в неробочі години, наприклад, вночі (F2);
- використання теплонадходжень (F3);
- зниження теплових втрат при розподілі тепла (F4)

					КР 000.144.005.005.2022.ПЗ	Арк.
						71
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Досвід західноєвропейських країн показує, що за допомогою сучасних засобів регулювання можна досягти економії від 10 до 40%. Використовуючи доданий метод, можна визначити очікувану економію і орієнтовно оцінити економічну ефективність планованих капіталовкладень на пристрій системи регулювання.

Метод відповідає євростандарту EN 832. Метод проілюстрований прикладом аналізу економічної ефективності заходів з енергозбереження в панельному будинку в Польщі.

Метод розрахунку економічної ефективності модернізації системи регулювання

1. Об'єкт

12-поверховий 48-квартирний панельний будинок в Польщі, побудований в 70-х роках з важких конструкцій з недостатньо ефективним теплоізоляційним шаром товщиною 50 мм. Обігривається площа $A = 3500 \text{ м}^2$. Будинок приєднаний до теплової мережі.

Наявна система регулювання – ручні радіаторні крани.

Заходи з поліпшення регулювання – термостатичні радіаторні вентиля, регулювання за температурою зовнішнього повітря в ІТП, нічне зниження температури протягом 8:00 на добу.

Температура в приміщеннях $t_{\text{в}} = 20^\circ\text{C}$, середня температура зовнішнього повітря протягом опалювального періоду $t_{\text{н}} = 4,5^\circ\text{C}$.

2. Розрахунок споживання до модернізації

Розрахункове річне теплоспоживання W_1 , кВт•год/рік до модернізації визначається за формулою

$$W_1 = W \cdot A,$$

де W – питоме теплоспоживання, кВт•год / год•м², прийняте рівним для багатоповерхових житлових будинків (200-300 для України і Центральної Європи, 300-350 – для Росії , Білорусі та країн Балтії) . Для даного випадку

$$W_1 = 300 \cdot 3500 = 1050000 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік}$$

Фактичне річне теплоспоживання W_1' кВт•год/рік визначається за формулою

$$W_1' = W_1 / k_1,$$

де k_1 – коефіцієнт ефективності системи розподілу тепла, прийнятий рівним 0,9 при нерегульованій температурі теплоносія і поганий теплоізоляції труб, 0,95 – при регульованій температурі теплоносія і 0,98 – при регульованій температурі теплоносія і хорошій якості теплоізоляції труб.

$$W_1' = 1050000 / 0,9 = 1166667 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік}$$

3. Розрахунок факторів зменшення теплоспоживання

Фактор F_1 , що враховує коливання температур приміщення, з вираховується за формулою

$$F_1 = (k_2 \cdot t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) / (k_2' \cdot t_{\text{в}} - t_{\text{н}})$$

де k_2 – коефіцієнт, що враховує якість поліпшеної системи регулювання, а k_2' – коефіцієнт, що враховує якість існуючої системи. Для вибору коефіцієнтів пропонується наступна шкала:

- регулювання у ІТП і термостатичні вентиля – 1,02-1,03;

					КР 000.144.005.005.2022.ПЗ	Арк.
						72
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

- регулювання у ІТП без термостатичних вентилів – 1,05-1,06;
- нерегульований ІТП і термостатичні вентиля – 1,08;
- ручне регулювання – 1,13;

$$F_1 = (1,03 \cdot 20 - 4,5) / (1,13 \cdot 20 - 4,5) = 0,889$$

Фактор F_2 , що враховує можливість переривчастого опалення або нічного зниження температури, розраховується за формулою

$$F_2 = k_3 / k_3',$$

де k_3 – коефіцієнт, що враховує ефективність переривчастого опалення поліпшеної системи регулювання, а k_3' – коефіцієнт, що враховує відповідну якість наявної системи.

Для вибору коефіцієнтів k_3 і k_3' пропонується наступний метод: коефіцієнт, що характеризує будівлю, вибирається з урахуванням масивності і рівня теплозахисту останнього: для надлегких будівель цей коефіцієнт перебуває в діапазоні значень 10-15, для легких – 15-20, для будівель середньої масивності – 18-25 і для масивних будівель – 20-30, причому менше значення приймається при поганій якості ізоляції огорожувальних конструкцій. Після цього за довідниковими таблицями знаходимо відповідні коефіцієнти.

$$F_2 = 0,93 / 1 = 0,93$$

Фактор F_3 , що враховує можливість використання теплонадходжень від внутрішніх і зовнішніх джерел, розраховується за формулою

$$F_3 = (6,67 - k_4) / (6,67 - k_4'),$$

де k_4 – коефіцієнт, що враховує можливість використання теплонадходжень при поліпшеній системі регулювання, а k_4' – коефіцієнт, що враховує відповідну якість наявної системи. Величи на цього коефіцієнта залежить, в основному, від досконалості приладів індивідуального регулювання. При використанні термостатичних вентилів $k_4=0,8$, при місцевому ручному регулюванні $k_4=0,3...0,5$ залежно від інтенсивності користування радіаторними кранами, а за відсутності місцевого регулювання $k_4 = 0,1$.

Ці значення наведені з урахуванням регулювання в ЦТП. При відсутності центрального регулювання коефіцієнт знижується на 0,1 при термостатичних і на 0,2 ... 0,3 при ручних радіаторних вентилях.

$$F_3 = (6,67 - 0,8) / (6,67 - 0,1) = 0,893$$

Фактор F_4 , що враховує можливість зменшення втрат тепла в системі розподілу, розраховується за формулою

$$F_4 = k_1' / k_1,$$

де k_1 – коефіцієнт, що враховує можливість зменшення втрат тепла в системі розподілу при поліпшеній системі регулювання, а k_1' – коефіцієнт, що враховує відповідну якість наявної системи.

$$F_4 = 0,9 / 0,95 = 0,947$$

Загальний фактор зменшення теплоспоживання

$$F = F_1 \cdot F_2 \cdot F_3 \cdot F_4 = 0,889 \cdot 0,93 \cdot 0,893 \cdot 0,947 = 0,699$$

4. Розрахунок теплоспоживання W_2 після модернізації

$$W_2 = W_1' \cdot F = 1166667 \cdot 0,699 = 815500 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік}$$

					КР 000.144.005.005.2022.ПЗ	Арк.
						73
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

5. Економія

Економія E , кВт•год / рік, теплової енергії за рік

$$E = W_1 - W_2 = 1166667 - 815500 = 351167 \text{ кВт}\cdot\text{год} / \text{рік}$$

Економія витрат $E_{\text{дол}}$ на теплову енергію в доларах США за рік при ціні 0,03 дол. США / кВт•год

$$E_{\text{дол}} = 351167 \cdot 0,03 = 10535 \text{ доларів США} / \text{рік}$$

Капітальні затрати $K = 25000$ доларів США (за кошторисом підрядника)

Термін окупності: $25000/10535 = 2,4$ року.

ДЕМОНСТРАЦІЙНІ ПРОЕКТИ

Позитивний досвід енергозбереження у житлових будинках, накопичений у ряді східноєвропейських країн при реалізації демонстраційних проектів, свідчить про досягнення реальної економії теплової енергії у відносно великих кількостях. Для підтвердження можливості досягти подібних результатів в умовах, що склалися в системах теплопостачання житлових і громадських будівель в Україні, тут також реалізовано кілька демонстраційних проектів.

Приклад 1. Опис проекту модернізації панельного будівлі в м.Єгер (Угорщина), приєднаного до системи централізованого теплопостачання.

Метою проекту був аналіз можливостей енергозбереження в квартирах, опалюваних від системи централізованого теплопостачання, і ефекту впровадження системи оплати за теплову енергію за фактичними обсягами її споживання. Панельний житловий будинок на 80 квартир був побудований 12 років тому. Будинок обладнаний ІТП з двома теплообмінниками, один з яких призначений для західної частини, інший для східної частини житлового будинку. Вторинний контур будинку є двотрубною системою опалення. Гаряче водопостачання здійснюється від бака акумулятора, встановленого в тепловому пункті. До модернізації температура теплоносія регулювалася за температурою зовнішнього повітря за допомогою аналогового контролера. У якості виконавчого механізму використовувався змішувальний вентиль з електроприводом, оскільки витрата мережної води була постійною. Параметри теплоносія 90-70°C при температурі зовнішнього повітря -15°C. У результаті модернізації систем опалення та гарячого водопостачання було

досягнуто наступне:

- покращена гідравлічна ув'язка в трубопроводах;
- встановлені теплотічильники в тепловому пункті;
- встановлено лічильники-розподільники випарного типу у всіх квартирах;
- встановлено квартирні водолічильники для обліку споживання ГВ;
- запроваджено порядок оплати за теплову енергію за фактичним обсягом споживання;
- встановлені радіаторні терморегулятори;
- встановлено центральний мікропроцесорний блок управління, що виконує регулювання

температури в системі опалення в залежно від погодних умов і зниження температури вночі;

- встановлені датчики температури зовнішнього повітря, теплоносія і зворотної води

					КР 000.144.005.005.2022.ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		74

- встановлені насоси змінної продуктивності, керовані мікропроцесором, і диференціальні регулятори тиску на трубопроводах для компенсації відхилень тиску, що викликаються роботою терморегуляторів;
- замінений змішувальний вентиль на сучасніший;
- проведено інструктаж жителів з питань ефективного користування радіаторними терморегуляторами і їх інформування про систему сплати за теплову енергію за фактичним обсягом споживання.

Всі роботи з монтажу регульовального обладнання західного виробництва були виконані угорськими фірмами. Теплообмінники, трубопроводи та радіатори з метою економії витрат були замінені. Після модернізації робоча температура в системі опалення склала 90/60° С при температурі зовнішнього повітря -15°С при змінній витраті теплоносія у вторинному контурі. Загальні витрати (матеріали, монтаж і наступні заходи протягом двох років) проекту склали 4 млн. угорських форинтів.

Експлуатаційні витрати на зчитування показань лічильників-розподільників і на поповнення їх рідиною складають 33 тис. угорських форинтів на рік. Нарахування оплати і виставляння рахунків здійснюється місцевою енергетичною компанією. 83% загального споживання енергії оплачується за фактичним споживанням і 17% – у вигляді фіксованої плати, що включає в себе, зокрема, теплові втрати в трубопроводах.

Однотипний контрольний житловий будинок не модернізувався, але в тепловому пункті встановлені лічильники для визначення загального споживання теплової енергії та гарячої води. Та-ким чином, можна було зробити порівняння споживання теплової енергії в модернізованому та контрольному будинках.

Середнє споживання теплової енергії модернізованим будинком знизилося на 38%, тобто економія склала 760 тис. угорських форинтів з урахуванням того, що ціна на теплову енергію в цей період становила в середньому 1500 форинтів за МВт•год. Рівень енергозбереження по опаленню склав близько 35%, а по споживанню гарячої води – 44%. Така величина економії по гарячій воді була обумовлена головним чином тим, що змінилося ставлення мешканців до її споживання через введення нової системи оплати за фактичним споживанням, що призвело не тільки до значного енергозбереження, а й значної економії фізичних обсягів води. Економія за кількістю використаної гарячої води склала 60%, що відповідає 6150 м³ або зниження витрат на 370 тис. форинтів при ціні на гарячу воду близько 60 форинтів за м³. Економія енергії на опалення відбулася за рахунок модернізації системи регулювання в тепловому пункті, надання можливості індивідуального регулювання температури в кімнатах і впровадження нової системи оплати за теплову енергію.

На основі показів лічильників за здавалося період була проведена оцінка передбачуваного енергозбереження на наступний період часу.

Загальна енергозбереження – 616 МВт•год, 930 тис. форинтів

Економія теплової енергії на опалення – 350 МВт•год, 530 тис.форинтів

Енергозбереження в системі гарячого водопостачання – 270 МВт•год, 400 тис. Форинтів

					КР 000.144.005.005.2022.ПЗ	Арк.
						75
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Економія гарячої води – 9 тис. м³, 570 тис. флоринтів
 Передбачуваний термін окупності складе близько трьох років.

Ще одним позитивним моментом цього проекту стало те, що рівень теплового комфорту в квартирах значно підвищився, оскільки кожен житель регулює температуру в кімнатах за своїми потребами і, відповідно, платить за фактичний обсяг споживання.

Устаткування будинку *по вул. Симиренка в Києві*

Схема індивідуального теплового пункту (ІТП) – система опалення та гарячого водопостачання двох секцій житлового будинку по демонстраційному проекту представлена на рис.4.15.

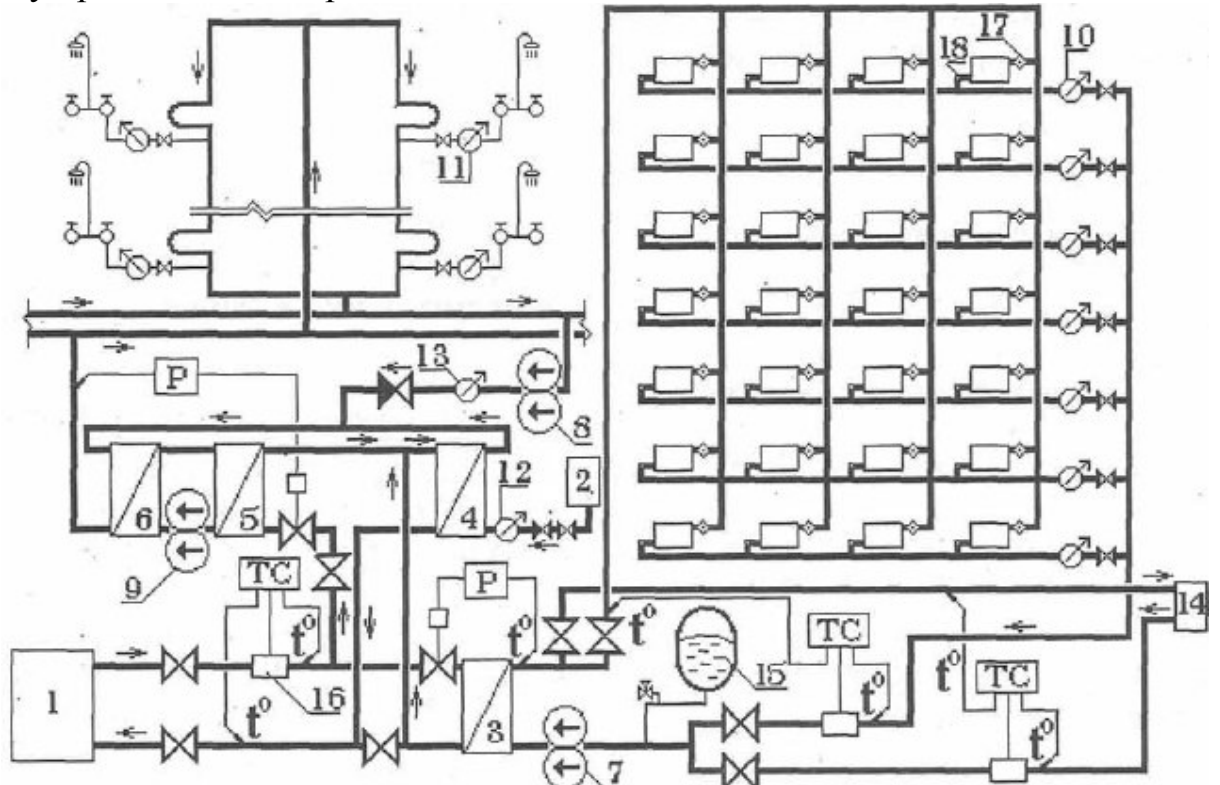


Рис. 4.15.Схема обладнання двох секцій будинку по вул. Симиренка

1 – міська тепломережа, 2 – міський водопровід, 3 – пластинчастий теплообмінник незалежної системи опалення, 4 – пластинчастий водопідігрівач першого ступеня гарячого водопостачання, 5 – проміжний пластинчастий теплообмінник другого ступеня, 6 - водопідігрівач другого ступеня гарячого водопостачання, 7 – циркуляційні насоси системи опалення, 8 – циркуляційні насоси системи гарячого водопостачання, 9 – насоси проміжного контуру водопідігрівача другого ступеня, 10 – водолічильник квартирної обліку витрати тепла на опалення, 11 – водолічильник квартирної обліку витрати гарячої води, 12 – водолічильник холодної води бойлерній гарячого водопостачання, 13 – водолічильник циркуляційної води, 14 – система опалення секції будинку з додатковою тепловою ізоляцією стін, 15 – закритий розширювальний бак, 16 – витратомір теплолічильника, 17 – термостатичний радіаторний вентиль, 18 – річний налагоджувальний радіаторний вентиль. Р – регулятор, t° – датчик температури, ТС- теплолічильник.

Устаткування будинку по вул. Глушкова у Києві

Типовий 16-поверховий житловий будинок, експлуатований з 1988 року, з однотрубною системою водяного опалення, що має пофасадні гілки, був обладнаний теплотічильником, встановленим на вводі теплової мережі. Протягом одного опалювального сезону було визначено фактичне теплоспоживання за відсутності будь-якого регулювання, після чого на тепловому пункті встановлено регулятори витрат тепла на пофасадних гілках і знову було визначено теплоспоживання протягом наступного опалювального сезону.

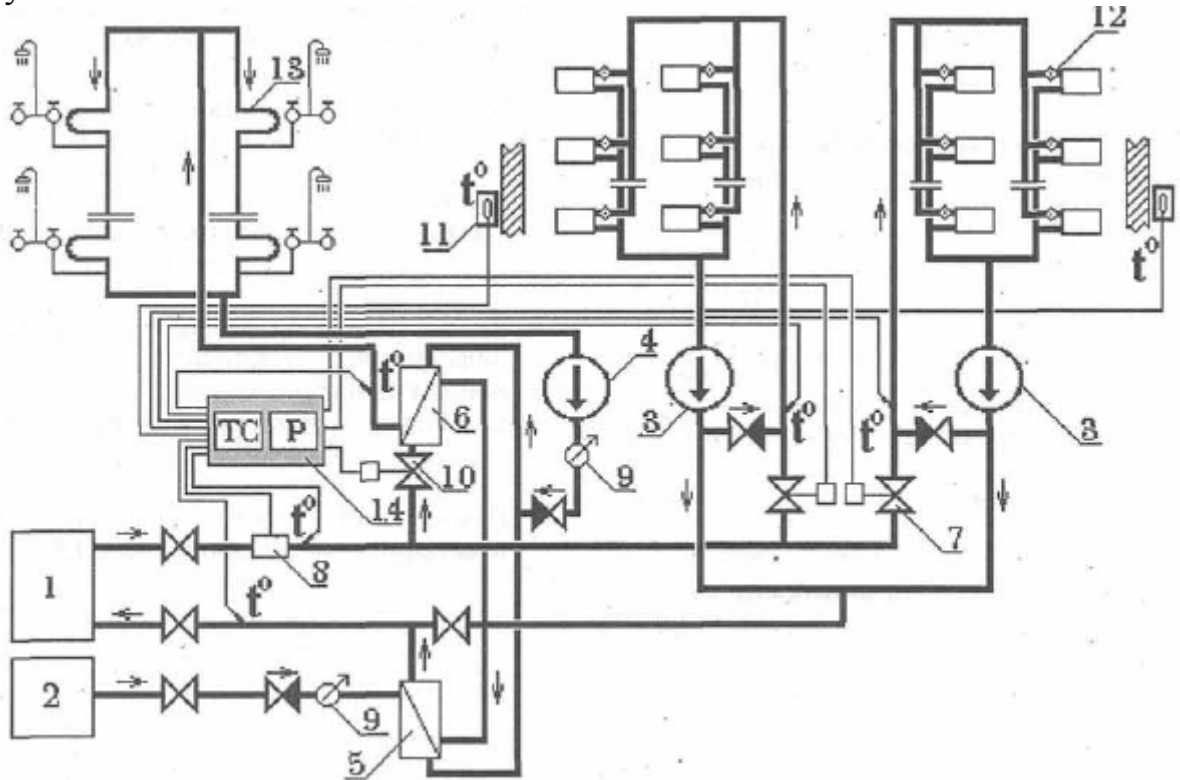


Рис. 4.16. Схема устаткування готелю

1 – міська тепломережа, 2 – міський водопровід, 3 – циркуляційні насоси системи опалення, пластинчастий теплообмінник незалежної системи опалення, 4 – циркуляційний насос системи гарячого водопостачання, 5 – пластинчастий водопідігрівач першого ступеня гарячого водопостачання, 6 – водопідігрівач другого ступеня гарячого водопостачання, 7 – регулювальний клапан пофасадних системи опалення, 8 – витратомір теплотічильника, 9 – водолічильник, 10 – регулюючий клапан водопідігрівача гарячого водопостачання, 11 – погодний бокс, 12 – термостатичний радіаторний вентиль, 13 – рушникосушарка, 14 – контролер для автоматизованого обліку та регулювання витрат тепла, ТС – теплотічильник, Р – регулятор, t° – датчик температури

					КР 000.144.005.005.2022.ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		77

Список використаної літератури

1. ДБН В.2.2-15-2005 Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/1-1-0-1>
2. ДБН В.2.5-39:2008 Зовнішні мережі та споруди. Теплові мережі [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/1-1-0-204>
3. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/1-1-0-1018>
4. ДБН В.2.5-77:2014 "Котельні" [Електронний ресурс] / Режим доступу: https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/dbn_v_2_5_77/1-1-0-1185
5. ДБН В.2.5-77:2014 "Котельні" [Електронний ресурс] / Режим доступу: https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/dbn_v_2_5_77/1-1-0-1185
6. Джерела енергопостачання промислових підприємств [Електронний ресурс] [Текст] : метод. рекомендації до викон. курсового проекту для студ. освіт. ступ. "Бакалавр" спец. 144 "Теплоенергетика" ден. форми навч / уклад.: В. М. Філоненко; Нац. ун-т харч. технол. — Київ : НУХТ, 2017. — 60 с.
7. Енергоефективність в муніципальному секторі. Навчальний посібник для посадових осіб місцевого самоврядування / А. Максимов, І. Вахович, Т. Гутніченко, П. Бабічева, Н. Вакуленко, Н. Ігольникова, Т. Цифра, О. Молодід, О. Молодід, О. Бєленкова, Ю. Ячменьова, Ю. Дорошук, А. Скрипник, А. Ваколюк, В. Бойко, М. Сегедій, Д. Вахович / Асоціація міст України – К., ТОВ «ПІДПРИЄМСТВО «ВІ ЕН ЕЙ», 2015. – 184 с.
8. Ковалько М.П., Денисюк С.П. Енергозбереження. Пріоритетний напрямок державної політики України. – Київ: УЕЗ. – 1998. – 306 с.
9. Проектування котелень з паровими та водогрійними котлами: Метод. вказівки до викон. кваліфікаційного проекту “Система теплопостачання житлово-промислового району міста” рівня підготовки бакалавра для студентів напряму 6.050601 “Теплоенергетика” ден. та заоч. форм навч. Частина 2. / Уклад.: М.О. Прядко, В.М. Філоненко. –К.: НУХТ, 2011. – 110 с.

					КР 000.144.005.005.2022.ПЗ			
Змін.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	<i>Проект системи теплопостачання житлово-промислового району №5 в м. Одеса</i> Список використаної літератури	Літера	Аркушів	Аркуш
Розробив		Колінченко І.К.						78
Перевірив		Прядко М.О.						
Рецензув.								
Затвердив		Петренко В.П.						ЗТЕ-5-7ск кафедра ТЕХТ НУХТ

10. Прядко М.О., Павелко В.І., Рябчук О.В. Проектування системи теплопостачання житлово-промислового району міста. Мет. вказ. до виконання кваліфікаційного проекту “Система теплопостачання житлово-промислового району міста” рівня підготовки бакалавра, напряму 6.050601 “Теплоенергетика” для студентів денної та заочної форм навчання. Частина 1. . – К.: НУХТ, 2011. – 57 с.
11. Торчинский Я.М. Нормирование расхода газа для отопительных котельных. – Л.: Недра. – 1991. – 163 с.

					КР 000.144.005.005.2022.ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		79