

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)

«__» _____ 2024 р.

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

Валентин Петренко

(підпис)

(ім'я та прізвище)

«__» _____ 2024 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 тепlopостачання житлово-промислового району № 1 в місті Суми**

Виконав: здобувач 4 курсу, групи ТЕ-4-5

Ковтун Руслан Миколайович

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

(підпис)

Керівник **проф. Недбайло Олександр Миколайович**

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

(підпис)

Рецензент _____

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

(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 – 2024 р.

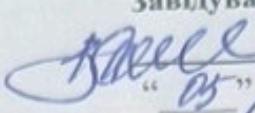
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТЕХТ

 проф. Валентин ПЕТРЕНКО
"05" / "04" 2024 року

ЗАВДАННЯ

НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ СТУДЕНТУ

Ковтуну Руслану Миколайовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект системи теплопостачання житлово-промислового району № 1 в місті Суми
керівник роботи Недбайло Олександр Миколайович, д.т.н., проф.

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від "05" квітня 2024 року № 256-кс

2. Строк подання здобувачем роботи 31.05.2024 року

3. Вихідні дані до роботи _____

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. Індивідуальний творчий науково-технічний розділ «Призначення та класифікація джерел теплопостачання»

5. Перелік посилань

5. Перелік графічного матеріалу

4 креслення формату А1

6. Консультанти розділів роботи

[illegible]

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

[illegible]

Студент

Керівник роботи

Руслан КОВТУН

(ім'я та прізвище)

Олександр НЕДБАЙЛО

(ім'я та прізвище)

АНОТАЦІЯ

В складі бакалаврського дипломного проекту містяться розрахунки теплових навантажень системи теплопостачання житлово-промислового району, що складається з 32 кварталів. Розраховані графіки теплових навантажень опалення, вентиляції та гарячого водопостачання району в залежності від значень температури зовнішнього повітря, а також графіки залежності температури і витрати мережної води від температури зовнішнього повітря, графік річної сумарної витрати теплоти.

Сформульовано та обґрунтовано декілька технічних рішень щодо розроблення робочого проекту водогрійної котельні, здійснений розрахунок параметрів теплової схеми котельні з техніко-економічними показниками ефективності її експлуатації, здійснений підбір енергетичного устаткування котельні, розроблена розгорнута схема котельні (план та розріз повздовжній на висоті).

Опрацьовані нормативи з охорони праці.

Пояснювальна записка до проекту складається з:
106 сторінок тексту, 56 таблиць, 7 рисунків.

Графічна частина виконана на 4 аркушах формату А1.

Дана тепла система взмозі повністю задовольнити потреби житлово-комунального господарства та промислового підприємства даного району в опаленні та гарячому водопостачанні.

Ключові слова: розрахунок теплових параметрів, водогрійна котельня, енергетичне обладнання, система теплопостачання, графік теплового навантаження.

					00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив		Ковтун Р.М.			Проект системи теплопостачання житлово-промислового району №1 в місті Суми	Літ.	Арк.
Перевірів		Недбайло О.М.					2
Реценз.						Аркушів	
Н. Контр.						106	
Затверд.		Петренко В.П.				НУХТ. Каф. ТЕХТ гр. ТЕ-4-5	

ANNOTATION

The bachelor diploma project contains calculations of heat loads of the heat supply system of a residential and industrial district consisting of 32 quarters. Calculated graphs of heat loads of heating, ventilation and hot water supply of the district depending on the values of atmospheric air temperature, as well as graphs of dependence of temperature and consumption of mains water on atmospheric air temperature, graph of annual total heat consumption.

Several technical decisions regarding the development of the working project of the water heating boiler house were formulated and substantiated, the parameters of the thermal scheme of the boiler house were calculated with technical and economic indicators of the efficiency of its operation, the selection of the energy equipment of the boiler house was carried out, the detailed scheme of the boiler house was developed (plan and longitudinal section at height).

Elaborated regulations on labor protection.

The explanatory note to the project consists of:

106 pages of text, 56 tables, 7 figures.

The graphic part is made on 4 sheets of A1 format.

This thermal system is able to fully satisfy the needs of housing and communal services and industrial enterprises of this district in terms of heating and hot water supply.

Key words: calculation of thermal parameters, water heating boiler house, energy equipment, heat supply system, heat load schedule.

					00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ								
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата									
Розробив		Ковтун Р.М.			Проект системи теплопостачання житлово-промислового району №1 в місті Суми				Літ.	Арк.	Аркушів		
Перевірів		Недбайло О.М.									3	106	
Реценз.									НУХТ. Каф. ТЕХТ зр. ТЕ-4-5				
Н. Контр.													
Затверд.		Петренко В.П.											

ЗМІСТ

Анотація

ВСТУП	.6
1. РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ ЖИТЛОВО-ПРОМИСЛОВОГО РАЙОНУ МІСТА	.7
1.1. Вихідні дані до проекту	.7
1.2. Визначення теплових навантажень в системі тепlopостачання житлового району	.8
1.3. Розрахунок витрати та температури мережної води в прямій та зворотній магістралях	.13
1.4. Визначення розрахункових витрат теплоносія	.23
1.5. Вихідні дані до частини 2 проекту.	.26
2. РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ КОТЕЛЬНОЇ	.28
2.1. Формування вихідних даних для теплового розрахунку котельні з водогрійними котлами	.28
2.2. Формування принципової схеми водогрійної котельні	.31
2.3. Розрахунок параметрів теплової схеми котельні з водогрійними котлами	.31
2.4. Вибір обладнання котельні	.47
2.5. Визначення енергетичних показників роботи водогрійної котельні	.59
3. ОХОРОНА ПРАЦІ	.64
3.1. Санітарна класифікація підприємств, виробництв і споруд	.64
3.2. Санітарно-захисні зони підприємств	.65
3.3. Вимоги до організації території підприємства	.66
3.4. Вимоги до виробничих, адміністративних і побутових будинків.	.68
3.5. Вимоги до виробничого обладнання та робочих місць	.72
3.6. Загальні вимоги безпеки до виробничого обладнання і технологічних процесів.	.75

					00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Ковтун Р.М.			Проект системи тепlopостачання житлово-промислового району №1 в місті Суми		Літ.	Арк.
Перевірів		Недбайло О.М.						Аркушів
Реценз.								
Н. Контр.							4	106
Затверд.		Петренко В.П.					НУХТ. Каф. ТЕХТ гр. ТЕ-4-5	

3.7. Безпека під час експлуатації посудин, що працюють під тиском	.78
3.8. Система забезпечення пожежної безпеки	.83
4. ПРИЗНАЧЕННЯ ТА КЛАСИФІКАЦІЯ ДЖЕРЕЛ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ	.85
4.1. Сучасні централізовані системи теплопостачання	.85
4.2. Основні види енергії і джерела теплоти, які використовуються для теплопостачання	.88
4.3. Теплові схеми котелень	.91
4.4. Викиди ТЕС і котелень на органічному паливі в атмосферу	.101
4.5. Вибір висоти димової труби	.103
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.	.106
Специфікація обладнання	.107

Розробив					00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ	Арк.
Перевірив						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

ВСТУП

Мета дипломного проєкту бакалавра - розроблення структури водогрійної котельні для покриття потреб в опаленні, вентиляції та гарячому водопостачанні житлово-промислового району №1 міста Суми та технологічного навантаження промислового підприємства.

Актуальність роботи полягає в нагальній необхідності модернізації зношеного теплоенергетичного обладнання у сфері житлово-комунального господарства.

Результатом виконання відповідного проєкту є розроблення технологічної схеми водогрійної котельні, що здатна забезпечити житлово-промисловий район теплотою для опалення та гарячого водопостачання.

В ході проєкту виконані наступні завдання:

- знайдені значення теплових навантажень (система теплопостачання житлово-промислового району);
- розраховані значення температури та витрати мережної води в прямій і зворотній магістралях;
- розраховані параметри теплової схеми котельні з водогрійними котлами;
- знайдена собівартість теплоти, що відпущена від котельні;
- проаналізовані параметри мікроклімату та показники якості повітря виробничого середовища, проаналізований їхній негативний вплив на життєдіяльність працівників, опрацьовані методи колективного та індивідуального захисту;
- обґрунтовані техніко–економічні показники проєктно-монтажних робіт зі створення котельні;
- розроблені монтажні креслення складових об’єктів котельні.

					00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розробив		Ковтун Р.М.			Проект системи теплопостачання житлово-промислового району №1 в місті Суми		Літ.	Арк.	Архувів
Перевірів		Недбайло О.М.						6	106
Реценз.							НУХТ. Каф. ТЕХТ зр. ТЕ-4-5		
Н. Контр.									
Затверд.		Петренко В.П.							

1. РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ ЖИТЛОВО-ПРОМИСЛОВОГО РАЙОНУ МІСТА

1.1. Вихідні дані до проекту [1]

1. Географічний пункт розміщення житлово-промислового району – м. Суми.
2. Генплан мікрорайону з розміщенням джерела теплоти – варіант № 1 (32 житлових кварталів).
3. Структура теплового навантаження:
 - 3.1. Опалення житлових кварталів
 - 3.2. Гаряче водопостачання житлових кварталів
 - 3.3. Вентиляція громадських будівель
 - 3.4. Технологічне навантаження промислового підприємства
- 12,0 МВт (теплоносій гаряча вода з $t_2 = 95\text{ }^{\circ}\text{C}$).
4. Розрахункова (мінімальна зимова) температура для проектування системи опалення – $-24\text{ }^{\circ}\text{C}$.
5. Середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період – $-2,5\text{ }^{\circ}\text{C}$.
6. Розрахункова температура для проектування системи вентиляції – $-11\text{ }^{\circ}\text{C}$.
7. Температура початку опалювального періоду, $t = +8\text{ }^{\circ}\text{C}$.
8. Температура точки “зламу”, $t_{3.3}$. (розраховується після побудови графіка зміни температури та витрати мережної води на опалення в залежності від температури зовнішнього повітря).
9. В дипломному проекті розрахунки всіх видів теплових навантажень Здійснюються для трьох характерних режимів:
 - максимального зимового;
 - точки “зламу” температурного графіка опалення;
 - літнього.
10. Тривалість роботи промислового підприємства – 7 000 год.
11. Тривалість опалювального періоду – 195 діб.
12. Тривалість періоду стояння температур зовнішнього періоду, діб.

Таблица 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	0,5	2,0	7,6	16,4	31,1	50,5	54,7	54,2
Нижче даної	0,5	2,5	10,1	26,5	57,6	108,1	162,8	195,0

					00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ								
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Проект системи теплопостачання житлово-промислового району №1 в місті Суми			Літ.	Арк.	Аркушів			
Розробив	Ковтун Р.М.									7	106		
Перевірив	Недбайло О.М.												
Реценз.													
Н. Контр.													
Затверд.	Петренко В.П.												
								НУХТ. Каф. ТЕХТ гр. ТЕ-4-5					

13. Розрахункові температури мережної води τ'_{o1}/τ'_{o2} : 140/70 °С.
14. Система теплопостачання – закрита.
15. Метод регулювання теплових навантажень по сумарному навантаженню опалення та гарячого водопостачання.
16. Схема підключення підігрівників гарячого водопостачання до системи опалення – двоступенева змішана.

1.2. Визначення теплових навантажень в системі теплопостачання житлового району

2.1. Викреслюємо план району у відповідності із завданням у масштабі 1:6000 (рисунок 1.1, згідно з додатком 3 [1]).

2.2. Нумеруємо на плані квартали району теплопостачання.

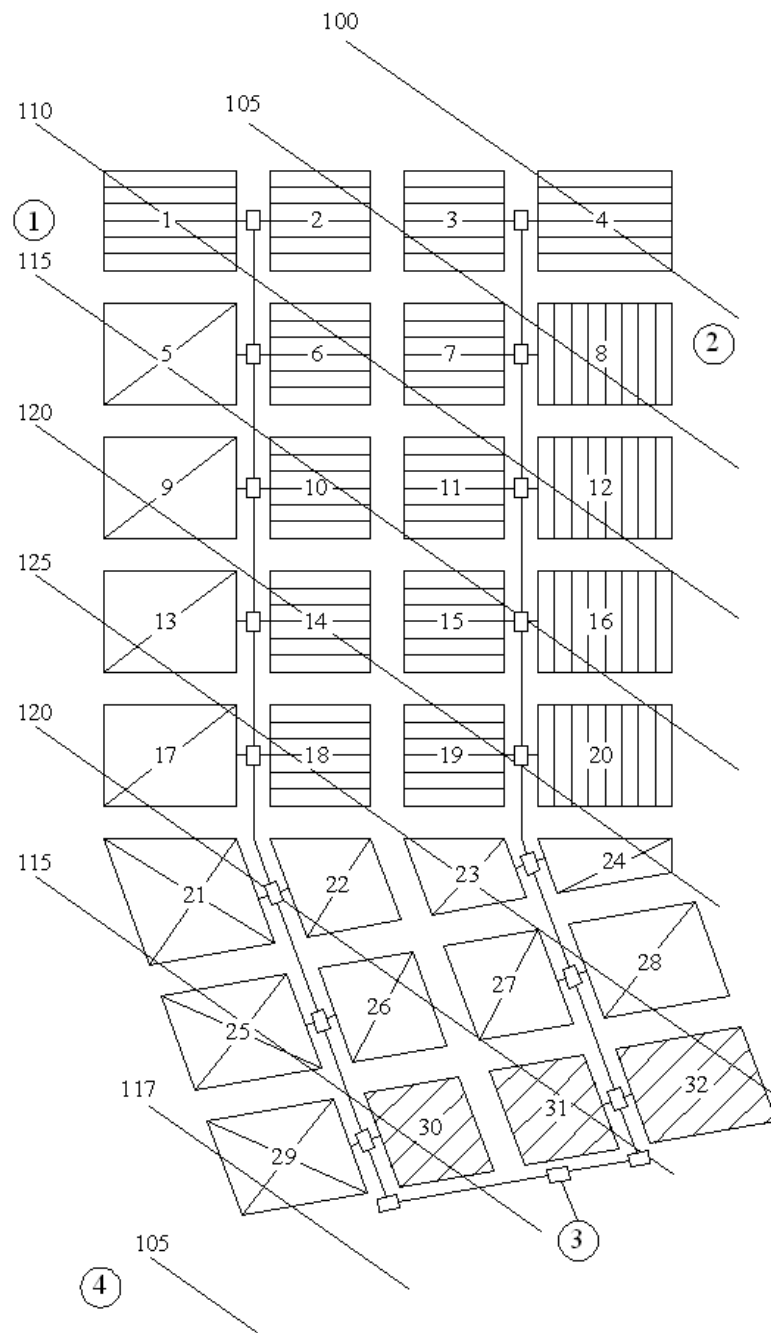


Рисунок 1.1 - План району з трасами теплових мереж

Розробив					00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ	Арк.
Перевірив						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.3. Визначаємо загальну площу житлових споруд району за формулою:

$$F_{\text{ж}} = F_{\text{і}} f_{\text{і}} = 0,51 \cdot 6\,500 = 3\,335 \text{ м}^2$$

де $f_{\text{і}}$ – щільність забудови житлового фонду, $\frac{\text{м}^2}{\text{га}}$, приймається в залежності від поверховості.

2.4. Визначаємо теплове максимальне навантаження на систему опалення житлових і громадських будівель за формулою:

$$Q'_{0 \text{ max}} = q_0 F_{\text{ж}} (1 + K_{\text{гр}}) \cdot 10^{-6} = 80,2 \cdot 3\,335 \cdot (1 + 0,25) \cdot 10^{-6} = 0,3 \text{ МВт}$$

де q_0 – укрупнений показник максимального теплового потоку на

опалення 1 м^2 загальної площі житлових споруд, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$; $K_{\text{гр}}$ – коефіцієнт,

що враховує тепловий потік на опалення громадських споруд, $K_{\text{гр}} = 0,25$.

2.5. Визначаємо максимальне теплове навантаження системи вентиляції громадських споруд за формулою:

$$Q'_{\text{в max}} = K_{\text{гр}} K_{\text{в}} q_0 F_{\text{ж}} \cdot 10^{-6} = 0,25 \cdot 0,6 \cdot 80,2 \cdot 3\,335 \cdot 10^{-6} = 0,04 \text{ МВт}$$

де $K_{\text{в}}$ – коефіцієнт, що враховує тепловий потік на вентиляцію

громадських споруд; $K_{\text{в}} = 0,4$ – для споруд, що збудовані раніше 1985 року, $K_{\text{в}} = 0,6$ – для споруд, що збудовані пізніше 1985 року.

2.6. Визначаємо кількість мешканців, що проживають у районі:

$$m = \frac{F_{\text{ж}}}{f_3} = \frac{3335}{25} = 133$$

де f_3 – норматив загальної площі на одного мешканця

$$f_3 = 18 \dots 25 \frac{\text{м}^2}{\text{люд}}.$$

2.7. Визначаємо значення середнього теплового навантаження на гаряче водопостачання житлових і громадських об'єктів

$$Q'_{\text{ГВП}} = q_{\text{г}} m \cdot 10^{-6} = 188,2 \cdot 133 \cdot 10^{-6} = 0,03 \text{ МВт}$$

де $q_{\text{г}}$ – укрупнений показник середнього теплового потоку на гаряче

водопостачання на одного мешканця, Вт/люд. ; m – кількість мешканців.

2.8. Зводяться результати розрахунку з кожного кварталу до таблиці 1.2.

2.9. Визначаємо максимальне теплове навантаження на гаряче водопостачання житлових і громадських об'єктів

$$Q'_{\text{ГВП max}} = 2,4 Q'_{\text{ГВП}} = 2,4 \cdot 0,03 = 0,072 \text{ МВт}$$

2.10. Визначаємо середнє теплове навантаження на гаряче водопостачання для теплогo періоду року

$$Q_{\text{ГВПл}}^{\text{ср}} = Q'_{\text{ГВП}} \frac{55 - t_{\text{х.в.л}}}{55 - t_{\text{х.в.з}}} \beta = 0,03 \cdot \frac{55 - 15}{55 - 5} \cdot 0,8 = 0,016 \text{ МВт}$$

де $t_{\text{х.в.л}}$ – значення температури холодної водопровідної води для теплогo періоду,

Розробив				00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ	Арк.
Перевірив					9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

Таблиця 1.2.

Результати розрахунку теплових навантажень

Номер кварталу	Площа кварталу, га	Густина (щільність) житлового фонду, $\frac{м^2}{га}$	Житлова площа кварталу, $м^2$	Кількість мешканців, люд.	Теплові потоки, МВт			
					Опалення $Q'_{o\max}$	Вентиляція $Q'_{в\max}$	ГВП $Q'_{ГВП}$	Всього: 6+7+8
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1,06	6500	6890	383	0,63	0,08	0,14	0,85
2	0,78	6500	5070	282	0,46	0,06	0,11	0,62
3	0,79	6500	5135	285	0,47	0,06	0,11	0,63
4	1,06	6500	6890	383	0,63	0,08	0,14	0,85
5	1,05	8100	8505	473	0,78	0,09	0,18	1,05
6	0,77	6500	5005	278	0,46	0,05	0,10	0,62
7	0,78	6500	5070	282	0,46	0,06	0,11	0,62
8	1,05	6900	7245	403	0,66	0,08	0,15	0,89
9	1,08	7200	7776	432	0,71	0,09	0,16	0,96
10	0,79	5800	4582	255	0,42	0,05	0,10	0,56
11	0,80	5800	4640	258	0,42	0,05	0,10	0,57
12	1,07	6100	6527	363	0,60	0,07	0,14	0,80
13	1,05	7200	7560	420	0,69	0,08	0,16	0,93
14	0,78	5800	4524	251	0,41	0,05	0,09	0,56
15	0,79	5800	4582	255	0,42	0,05	0,10	0,56
16	1,05	6100	6405	356	0,58	0,07	0,13	0,79
17	1,07	7200	7704	428	0,70	0,08	0,16	0,95
18	0,79	5800	4582	255	0,42	0,05	0,10	0,56
19	0,79	5800	4582	255	0,42	0,05	0,10	0,56
20	1,06	6100	6466	359	0,59	0,07	0,14	0,80
21	1,23	7500	9225	513	0,84	0,10	0,19	1,14
22	0,75	7200	5400	300	0,49	0,06	0,11	0,66
23	0,54	7200	3888	216	0,35	0,04	0,08	0,48
24	0,41	7200	2952	164	0,27	0,03	0,06	0,36
25	1,01	7800	7878	438	0,72	0,09	0,16	0,97
26	0,74	7500	5550	308	0,51	0,06	0,12	0,68
27	0,78	7500	5850	325	0,53	0,06	0,12	0,72
28	0,99	7500	7425	413	0,68	0,08	0,16	0,91
29	0,99	7800	7722	429	0,70	0,08	0,16	0,95
30	0,74	4700	3478	193	0,40	0,05	0,07	0,52
31	0,76	4700	3572	198	0,41	0,05	0,07	0,53
32	1,02	4700	4794	266	0,55	0,07	0,10	0,71
Всього:	16,98	180 100	109 661	4 386	11,16	1,34	0,56	13,06

$t_{х.в.л} = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$; $t_{х.в.з}$ – значення температури холодної водопровідної води для холодного періоду року, $t_{х.в.з} = 5\text{ }^{\circ}\text{C}$; β – коефіцієнт, що враховує зміну витрати мережної води на гаряче водопостачання в неопалювальний період по відношенню до опалювального.

Розробив				00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ	Арк.
Перевірив					10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

2.11. Визначаємо максимальне теплове навантаження на гаряче водопостачання для теплого періоду

$$Q_{ГВП \max \text{ л}}^{сеп} = Q'_{ГВП \max} \frac{55 - t_{x.6.з}}{55 - t_{x.6.з}} \beta = 0,56 \cdot \frac{55 - 15}{55 - 5} \cdot 0,8 = 0,86 \text{ МВт}$$

2.12. Знаходимо теплові навантаження на опалення Q_o та вентиляцію Q_v для п'яти відповідних значень температур зовнішнього повітря $t_{3.0}$, t_3 , $t_{3.сер.опал}$, $t_{3.з}$, $t_{зпк}$

$$Q_o = Q'_{o \max} Q_o = Q'_{o \max} \frac{t_{в.р} - t_3}{t_{в.р} - t_{3.0}} = 11,16 \cdot \frac{+18 - (-24)}{+18 - (-24)} = 11,16 \cdot 1 = 11,16 \text{ МВт}$$

$$Q_v = Q'_{v \max} Q_v = Q'_{v \max} \frac{t_{в.р} - t_3}{t_{в.р} - t_{3.0}} = 1,34 \cdot \frac{+18 - (-24)}{+18 - (-24)} = 1,34 \cdot 1 = 1,34 \text{ МВт}$$

де $t_{в.р}$ – значення температури повітря в середині приміщення, $+18^\circ\text{C}$; $t_{3.0}$ – значення температури зовнішнього повітря для опалення, $^\circ\text{C}$.

2.13. Знаходимо теплові навантаження системи гарячого водопостачання (середнє і максимальне) протягом опалювального періоду, незалежні від температури зовнішнього повітря (рисунк 1.2).

2.14. Зводимо результати визначення теплових навантажень для п'яти відповідних значень температур до таблиці 1.3.

Таблиця 1.3.

Максимальні і середні теплові навантаження, що залежать від температури зовнішнього повітря

№ п / п	Позначення	Одиниця вимірювання	Тепловий потік при t_3					
			$t_{3.0}$ -24°C	t_3 -11°C	$t_{3.сер.опал}$ $-2,5^\circ\text{C}$	$t_{3.з}$ $+3,4^\circ\text{C}$	$t_{зпк}$ $+8^\circ\text{C}$	літо
1	$\bar{Q}_o$		1	0,69	0,49	0,35	0,24	—
2	Q_o	МВт	11,16	7,70	5,45	3,88	2,66	—
3	Q_v	МВт	1,34	0,92	0,65	0,47	0,32	—
4	$Q'_{ГВП}$	МВт	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,36
5	$Q'_{ГВП \max}$	МВт	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	0,86
6	Всього: 2+3+4	МВт	13,06	9,19	6,66	4,90	3,54	0,36
7	Всього: 2+3+5	МВт	13,84	9,97	7,45	5,69	4,32	0,86

2.15. Визначаємо річну витрату теплоти:

- на опалення

$$Q_o^{річн} = Q'_{o \max} n_0 \cdot \frac{t_{в.р} - t_{3.сер.опал}}{t_{в.р} - t_{3.0}} \cdot 3,6 = 11,16 \cdot 195 \cdot 24 \cdot \frac{+18 - (-2,5)}{+18 - (-24)} \cdot 3,6 = 91750,65 \frac{\text{ГДж}}{\text{рік}}$$

- на вентиляцію

Розробив				00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ	Арк.
Перевірив					11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

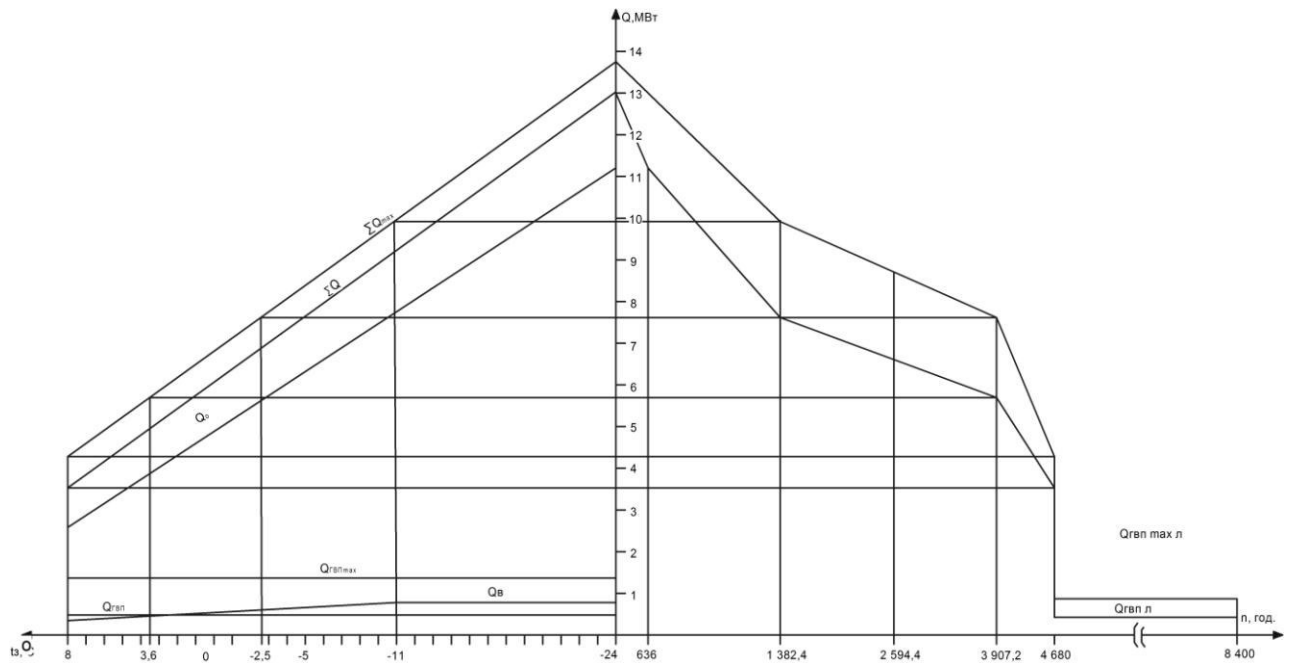


Рисунок 1.2 - Графік зміни теплових навантажень опалення, вентиляції та ГВП протягом опалювального періоду та року

$$Q_{\text{в}}^{\text{річн}} = Q'_{\text{в max}} n_0 \cdot \frac{z}{24} \cdot \frac{t_{\text{в.р}} - t_{\text{з}}^{\text{сер.опал}}}{t_{\text{в.р}} - t_{\text{з.о}}} \cdot 3,6 = 1,34 \cdot 195 \cdot 24 \cdot \frac{16}{24} \cdot \frac{+18 - (-2,5)}{+18 - (-24)} \cdot 3,6 = 7340,05 \frac{\text{ГДж}}{\text{рік}}$$

- на гаряче водопостачання

$$Q_{\text{ГВП}}^{\text{річн}} = (Q'_{\text{ГВП}} n_0 + Q^{\text{сер}}_{\text{ГВП л}} (n - n_0)) \cdot 3,6 = (0,56 \cdot 195 \cdot 24 + 0,36 \cdot (8400 - 195 \cdot 24)) \cdot 3,6 = 7432,76 \frac{\text{ГДж}}{\text{рік}}$$

де n_0 – тривалість опалювального періоду, діб; n – тривалість роботи системи гарячого водопостачання (ГВП) протягом року, $n = 8400$ год.;

z – тривалість роботи вентиляційної системи протягом доби, $z = 16 \frac{\text{год}}{\text{добу}}$;

$t_{\text{з}}^{\text{сер.опал}}$ – середня температура зовнішнього повітря протягом опалювального періоду, °C.

2.16. Визначаємо сумарну річну витрату теплоти на опалення, вентиляцію та ГВП

$$\Sigma Q^{\text{річн}} = Q_{\text{о}}^{\text{річн}} + Q_{\text{в}}^{\text{річн}} + Q_{\text{ГВП}}^{\text{річн}} = 91750,65 + 7340,05 + 7432,76 = 106523,47 \frac{\text{ГДж}}{\text{рік}}$$

$$\Sigma Q^{\text{річн}} = 29589,85 \frac{\text{МВт}}{\text{рік}}$$

2.17. Будуємо графік зміни теплових навантажень на опалення, на ГВП та на вентиляцію, що залежить значень від температури зовнішнього повітря та графік зміни теплових навантажень протягом року (рисунок 1.3).

Розробив				00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ	Арк.
Перевірив					12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

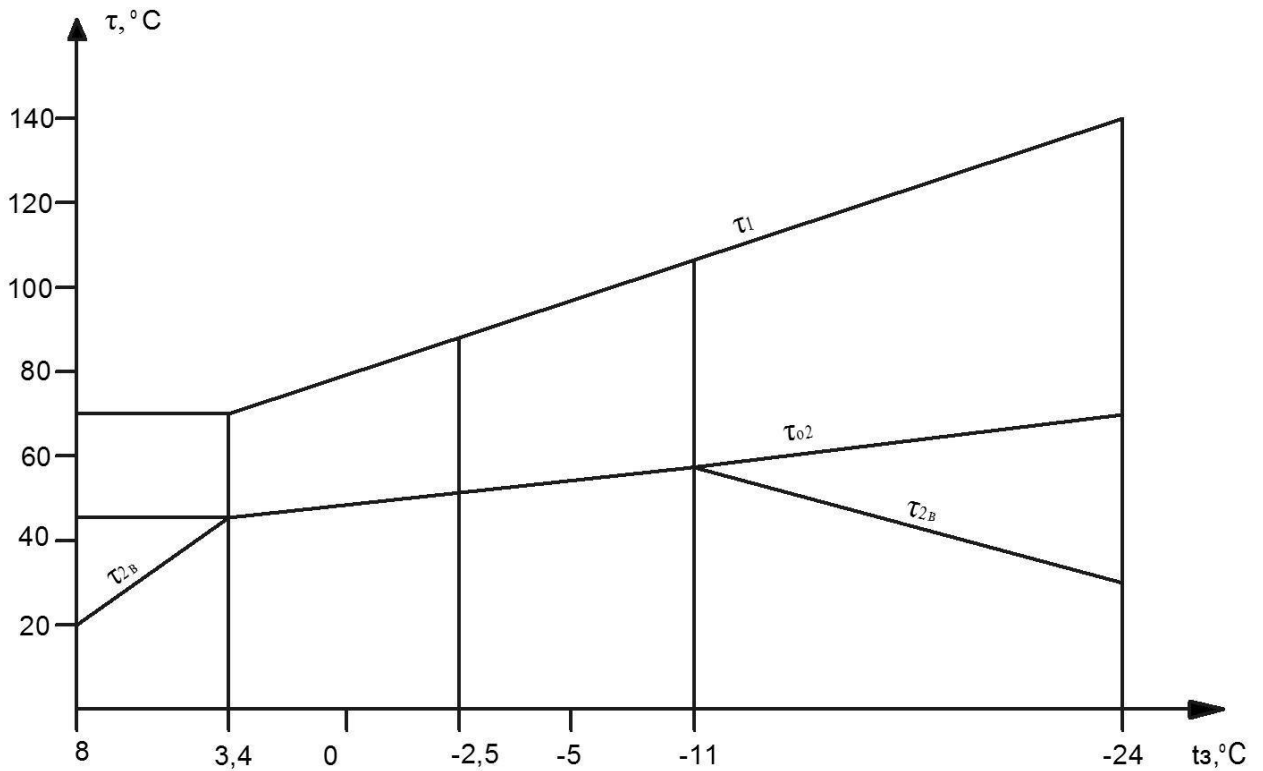


Рисунок 1.3 - Графік залежності витрати мережної води на вентиляцію та температури мережної води після калориферів від температури зовнішнього повітря

1.3. Розрахунок витрати та температури мережної води в прямій та зворотній магістралях

3.1. Розрахунок витрат та температур мережної води на опалення

3.1.1. Визначаємо температура мережної води для п'яти відповідних температур зовнішнього повітря $t_{3,0}$, t_3 , $t_3^{\text{сер. опал}}$, $t_{3,3}$, $t_{3\text{ПК}}$:

- в подавальному трубопроводі

$$\tau_{o1} = t_{e,p} + \Delta t_o' \bar{Q}_o^{0,8} + \bar{Q}_o (\delta \tau_o' - 0,5\theta') = 18 + \left(\frac{95 + 70}{2} - 18 \right) \cdot \left(\frac{+18 - (-24)}{+18 - (-24)} \right)^{0,8} + \frac{+18 - (-24)}{+18 - (-24)} \cdot (70 - 0,5 \cdot 25) = 140 \text{ } ^\circ\text{C}$$

- після змішувального вузла

$$\tau_{o3} = t_{e,p} + \Delta t_o' \bar{Q}_o^{0,8} + 0,5 \bar{Q}_o = 18 + 64,5 \cdot \left(\frac{+18 - (-24)}{+18 - (-24)} \right)^{0,8} + 0,5 \cdot 25 \cdot \frac{+18 - (-24)}{+18 - (-24)} = 95 \text{ } ^\circ\text{C}$$

- після опалювальних приладів

$$\tau_{o2} = t_{e,p} + \Delta t_o' \bar{Q}_o^{0,8} + 0,5 \bar{Q}_o = 18 + 64,5 \cdot \left(\frac{+18 - (-24)}{+18 - (-24)} \right)^{0,8} - 0,5 \cdot 25 \cdot \frac{+18 - (-24)}{+18 - (-24)} = 70 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\text{де } \Delta t_o' = \tau_{np}' - t_{в,р} = 82,50 - 18 = 64,50 \text{ } ^\circ\text{C}; \quad \tau_{np}' = \frac{\tau_{o3}' + \tau_{o2}'}{2} = \frac{95 + 70}{2} = 82,50 \text{ } ^\circ\text{C};$$

Розробив					00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ	Арк.
Перевірив						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

$$\bar{Q}_o = \frac{t_{6,p} - t_3}{t_{6,p} - t_{3,o}} = \frac{+18 - (-24)}{+18 - (-24)} = 1; \delta\tau'_o = \tau'_{o1} - \tau'_{o2} = 140 - 70 = 70 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

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

τ'_{o3} – розрахункова температура мережної води перед системою опалення (на вході до опалювальних приладів), значення в межах 95...105 °С.

3.1.2. Визначаємо витрата мережної води на опалення у першому діапазоні ($t_{зпк} \dots t_{3,3}$),

$$G_o = \frac{Q_o \cdot 10^3}{c(\tau'_{o1} - \tau'_{o2})} = \frac{2,66 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (70 - 41,4)} = 22,15 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

3.1.3. Визначаємо витрата мережної води на опалення у другому діапазоні ($t_{3,3} \dots t_{3,o}$). Її значення є постійним і дорівнює розрахунковому

$$G'_{o \max} = \frac{Q'_{o \max} \cdot 10^3}{c(\tau'_{o1} - \tau'_{o2})} = \frac{11,16 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (140 - 70)} = 38,07 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

3.1.4. Зводяться результати розрахунків температур і витрат в таблицю 1.4.

Таблиця 1.4.

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

Позначення	Одиниця виміру	Температура і витрата мережної води при				
		$t_{3,o}$ -24 °С	t_3 -11 °С	$t_3^{\text{сер. опал}}$ -2,5 °С	$t_{3,3}$ +3,4 °С	$t_{зпк}$ +8 °С
τ_{o1}	°С	140	105,7	84,4	70	70
τ_{o2}	°С	70	57,3	48,2	41,4	41,4
τ_{o3}	°С	95	74,6	60,4	50	50
G_o	$\frac{\text{кг}}{\text{с}}$	38,07	38,07	38,07	38,07	22,15

3.1.5. Будується графік зміни температури і витрати мережної води на опалення, що залежить від значення температури зовнішнього повітря (рисунок 1.4).

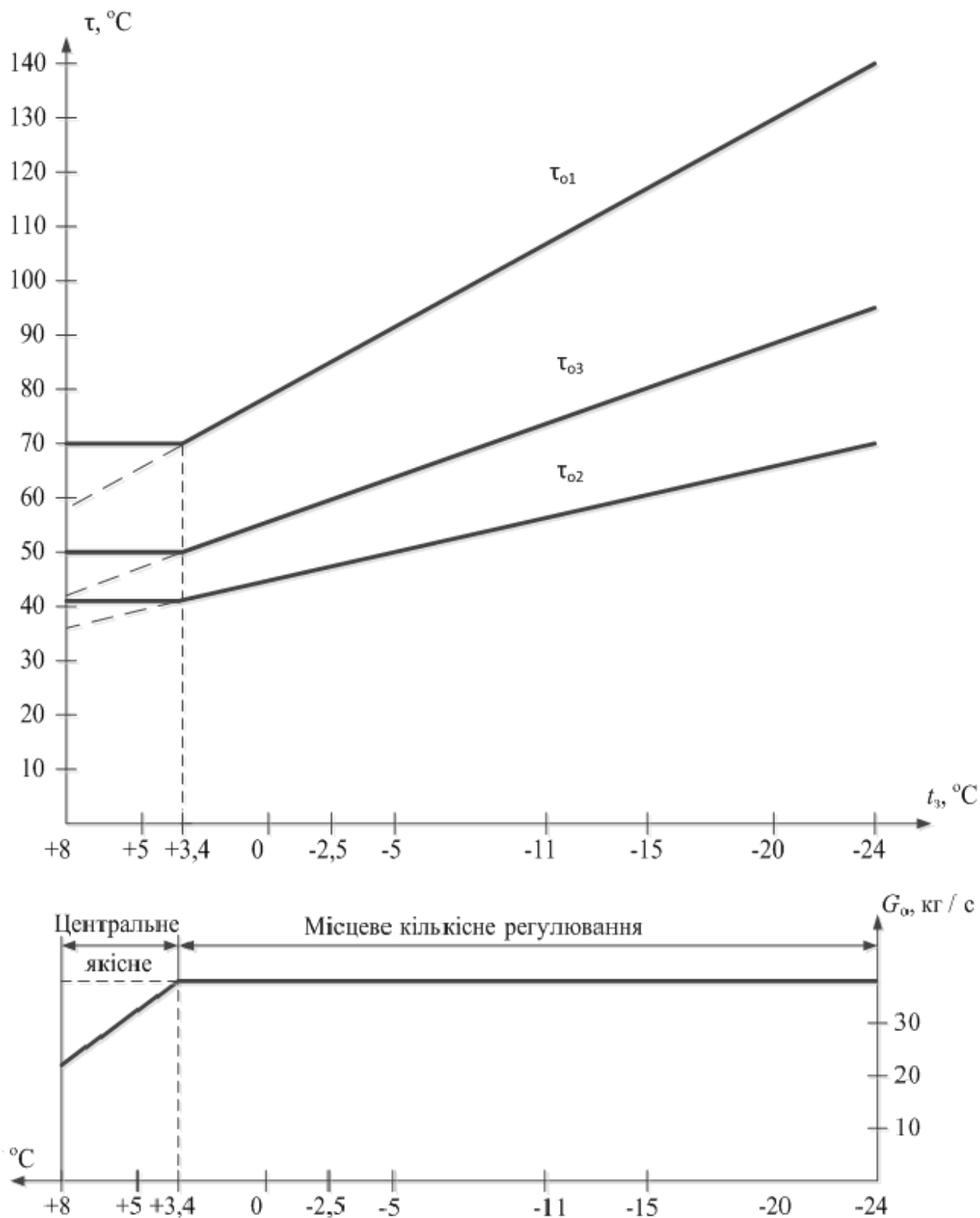


Рисунок 1.4 - Графіки зміни температури і витрати мережної води на опалення в залежності від температури зовнішнього повітря

3.2. Розрахунок витрат та температур мережної води на гаряче водопостачання

3.2.1. Визначаємо витрату мережної води на гаряче водопостачання

Розробив				00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ	Арк.
Перевірив					15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

$$G_{ГВП \max} = \frac{Q_{ГВП \max} \cdot 10^3}{c(\tau_{o1}^{III} - \tau_{o2}^{III})} \cdot \frac{t_z - t_n}{t_z - t_{x.3}} = \frac{1,35 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (70 - 41,4)} \cdot \frac{60 - (41,4 - 5)}{60 - 5} = 4,83 \frac{\text{Кг}}{\text{с}}$$

3.2.2. Визначаємо температуру мережної води після підігрівника 1-го ступеню

$$\tau_2 = \tau_{o2} - Q_{ГВП} \cdot \frac{t_n - t_{x.3}}{t_z - t_{x.3}} \cdot \frac{1}{c(G_{o \max} + G_{ГВП})} =$$

$$= 41,4 - 1,35 \cdot 10^3 \cdot \frac{(41,4 - 5) - 5}{60 - 5} \cdot \frac{1}{4,19 \cdot (38,07 + 4,83)} = 37,1 \text{ } ^\circ\text{C}$$

де t_{Π} – значення температури водопровідної води після підігрівника ГВП 1-го ступеня, $^\circ\text{C}$,

$$t_{\Pi} = \tau_{o2}^{III} - (5 \dots 10 \text{ } ^\circ\text{C}).$$

3.2.3. Визначаємо витрату теплоносія та температуру мережної води при $t_3 \neq \tau_{o3}^{III}$.

Розрахунок здійснюється за два етапи: попередній і кінцевий.

Попередній розрахунок ($t_3 = -2,5 \text{ } ^\circ\text{C}$):

3.2.4. Знаходимо температурні напори для 1-го і 2-го ступенів підігрівників при розрахунковому режимі ($t_3 = \tau_{o3}^{III}$)

$$\Delta t_I = \frac{\Delta t_{\delta I} - \Delta t_{\text{мл}}}{\ln \frac{\Delta t_{\delta I}}{\Delta t_{\text{мл}}}} = \frac{(\tau_2 - t_{x.3}) - (\tau_{o2}^{III} - t_n)}{\ln \frac{\tau_2 - t_{x.3}}{\tau_{o2}^{III} - t_n}} = \frac{(37,1 - 5) - (41,4 - 36,4)}{\ln \frac{37,1 - 5}{41,4 - 36,4}} = 14,6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{II} = \frac{\Delta t_{\delta II} - \Delta t_{\text{мл}}}{\ln \frac{\Delta t_{\delta II}}{\Delta t_{\text{мл}}}} = \frac{(\tau_{o1}^{III} - t_z) - (\tau_{2z} - t_n)}{\ln \frac{\tau_{o1}^{III} - t_z}{\tau_{2z} - t_n}} = \frac{(70 - 60) - (41,4 - 36,4)}{\ln \frac{70 - 60}{41,4 - 36,4}} = 7,2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

3.2.5. Визначаємо значення витрати водопровідної води для ГВП

$$g_{z.м} = \frac{Q_{ГВП \max} \cdot 10^3}{c(t_n - t_{x.3})} = \frac{1,35 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (60 - 5)} = 5,85 \frac{\text{Кг}}{\text{с}}$$

3.2.6. Визначаємо теплопродуктивність підігрівників 1-го і 2-го ступенів

$$Q_I = c g_{ГМ} (t_{\Pi} - t_{x.3}) = 4,19 \cdot 5,85 \cdot (41,4 - 5) = 0,77 \text{ МВт}$$

$$Q_{II} = c g_{ГМ} (t_{Г} - t_{\Pi}) = 4,19 \cdot 5,85 \cdot (60 - 41,4) = 0,58 \text{ МВт}$$

Необхідне виконання умови $Q_I + Q_{II} = Q_{ГВП \max}$.

3.2.7. Визначаємо значення витрати мережної води, що проходить крізь підігрівники 1-го і 2-го ступенів

$$G_I = G_{II} + G_{o \max}^I = 9,48 + 38,07 = 47,55 \frac{\text{Кг}}{\text{с}}$$

$$G_{II} = \frac{0,55 \cdot Q_{ГВП \max} \cdot 10^3}{c(\tau_{o1}^{III} - \tau_{o2}^{III})} = \frac{0,55 \cdot 1,35 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (70 - 41,4)} = 9,48 \frac{\text{Кг}}{\text{с}}$$

3.2.8. Знаходимо параметри підігрівників 1-го та 2-го ступенів

$$\Phi_I = \frac{Q_I \cdot 10^3}{\Delta t_I c \sqrt{G_{\text{мл}} G_{\delta I}}} = \frac{0,77 \cdot 10^3}{14,6 \cdot 4,19 \cdot \sqrt{5,85 \cdot 47,55}} = 0,75$$

$$\Phi_{II} = \frac{Q_{II} \cdot 10^3}{\Delta t_{II} c \sqrt{G_{\text{мл}} G_{\delta II}}} = \frac{0,58 \cdot 10^3}{7,2 \cdot 4,19 \cdot \sqrt{5,85 \cdot 9,48}} = 2,57$$

Розробив				00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ	Арк.
Перевірив					16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

3.2.9. Визначаємо теплопродуктивність 1-го ступеню, при нехтуванні витратою мережної води через 1 ступінь G_I та із витратою нагрівної води через нього рівною $G'_{o \max}$, температуру нагрівної води на вході до підігрівника 1-го ступеню, що дорівнює $\tau_{cm} = \tau_{o2}$

$$Q_I = c \varepsilon_I G_{ml} (\tau_{cm} - t_{x.3}) = 4,19 \cdot 0,82 \cdot 5,85 \cdot (48,2 - 5) = 0,87 \text{ МВт}$$

де ε_I Визначаємо за формулою:

$$\varepsilon_I = \left(0,35 \frac{G_{ml}}{G_{\delta I}} + 0,65 + \frac{1}{\Phi_I} \cdot \sqrt{\left[\frac{G_{ml}}{G_{\delta I}} \right]} \right)^{-1} = \left(0,35 \cdot \frac{5,85}{38,07} + 0,65 + \frac{1}{0,75} \cdot \sqrt{\left[\frac{5,85}{38,07} \right]} \right)^{-1} = 0,82$$

3.2.10. Визначаємо температуру водопровідної води після підігрівника 1-го ступеню

$$t_n = t_{x.3} + \frac{Q_I \cdot 10^3}{c g_{\varepsilon_m}} = 5 + \frac{0,87 \cdot 10^3}{4,19 \cdot 5,85} = 40,4 \text{ } ^\circ\text{C}$$

3.2.11. Визначаємо теплопродуктивність підігрівника 2-го ступеню

$$Q_{II} = Q_{ГВП \max} - Q_I = 1,35 - 0,87 = 0,48 \text{ МВт}$$

3.2.12. Визначаємо витрату мережної води через підігрівник 2-го ступеню

$$G_{II} = \frac{Q_{II} \cdot 10^3}{c(\tau_{o1} - \tau_{2z})} = \frac{0,48 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (84,4 - 40,4)} = 2,73 \frac{\text{Кг}}{\text{с}}$$

В попередніх розрахунках нехтується величина недогрівання підігрівника 2-го ступеню, тобто приймається $\tau_{2r} = t_n$

3.2.13. Визначаємо витрату мережної води через підігрівник 1-го ступеню

$$G_I = G_{II} + G'_{o \max} = 2,73 + 38,07 = 40,80 \frac{\text{Кг}}{\text{с}}$$

3.2.14. Визначаємо значення температури мережної води на вході до підігрівника 1-го ступеню

$$\tau_{cm} = \frac{G'_{o \max}}{G_I} \tau_{o2} + \frac{G_{II}}{G_I} \tau_{2z} = \frac{38,07}{40,80} \cdot 41,4 + \frac{2,73}{40,80} \cdot 40,4 = 41,3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Кінцевий розрахунок.

3.2.15. Визначаємо теплопродуктивність 1-го ступеню. Значення витрати нагрівної і водопровідної води прийняті, відповідно, G_I і $q_{Гм}$.

$$Q_I = c \varepsilon_I G_{ml} (\tau_{cm} - t_{x.3}) = 4,19 \cdot 0,83 \cdot 5,71 \cdot (41,3 - 5) = 0,74 \text{ МВт}$$

$$\varepsilon_I = \left(0,35 \frac{G_{ml}}{G_{\delta I}} + 0,65 + \frac{1}{\Phi_I} \cdot \sqrt{\left[\frac{G_{ml}}{G_{\delta I}} \right]} \right)^{-1} = \left(0,35 \cdot \frac{5,85}{40,80} + 0,65 + \frac{1}{0,75} \cdot \sqrt{\left[\frac{5,85}{40,80} \right]} \right)^{-1} = 0,83$$

Розробив				00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ	Арк.
Перевірив					17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

3.2.16. Визначаємо температуру водопровідної води після підігрівника 1-го ступеню

$$t_n = t_{x.3} + \frac{Q_I \cdot 10^3}{cg_{z_M}} = 5 + \frac{0,74 \cdot 10^3}{4,19 \cdot 5,85} = 35,2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

3.2.17. Визначаємо теплопродуктивність підігрівника 2-го ступеню

$$Q_{II} = Q_{ГВП \max} - Q_I = 1,35 - 0,74 = 0,61 \text{ МВт}$$

3.2.18. Визначаємо значення витрати мережної води через підігрівник 2-го ступеню

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

$$= \frac{1,7 \cdot 2,57^2 \cdot 5,85}{\left[-1 + \sqrt{1 + 2,6 \cdot 2,57^2 \cdot \left(\frac{(84,4 - 35,2) \cdot 4,19 \cdot 5,85}{0,61 \cdot 10^3} - 0,35 \right)} \right]^2} = 3,61 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

3.2.19. Визначаємо значення температури мережної води на виході із підігрівника 2-го ступеню

$$\tau_{2z} = \tau_{01} - \frac{Q_{II}10^3}{G_{II}c} = 70 - \frac{0,61 \cdot 10^3}{3,61 \cdot 4,19} = 29,9 \text{ } ^\circ\text{C}$$

3.2.20. Визначаємо витрату мережної води через підігрівник 1-го ступеню

$$G_I = G_{II} + G'_{o \max} = 3,61 + 38,07 = 41,68 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

3.2.21. Визначаємо температуру мережної води на вході в підігрівник 1-го ступеню

$$\tau_{cm} = \frac{G'_{o \max}}{G_I} \tau_{o2} + \frac{G_{II}}{G_I} \tau_{2z} = \frac{32,62}{41,68} \cdot 41,4 + \frac{3,61}{41,68} \cdot 29,9 = 40,4 \text{ } ^\circ\text{C}$$

3.2.22. Перевіряємо теплову продуктивність 1-го і 2-го ступенів підігрівників. Якщо шукані величини наближено співпадають з даними попереднього розрахунку, тоді розрахунок закінчений. Але в протилежних випадках слід знову провести розрахунок за вищезгаданою методикою.

- Визначаємо теплопродуктивність 1-го ступеню

$$Q_I = c\varepsilon_I G_{MI}(\tau_{cm} - t_{x.3}) = 4,19 \cdot 0,84 \cdot 5,85 \cdot (40,4 - 5) = 0,72 \text{ МВт}$$

$$\varepsilon_I = \left(0,35 \frac{G_{MI}}{G_{\delta I}} + 0,65 + \frac{1}{\Phi_I} \cdot \sqrt{\left[\frac{G_{MI}}{G_{\delta I}} \right]} \right)^{-1} = \left(0,35 \cdot \frac{5,85}{41,68} + 0,65 + \frac{1}{0,81} \cdot \sqrt{\left[\frac{5,85}{41,68} \right]} \right)^{-1} = 0,84$$

- Визначаємо температуру водопровідної води після підігрівника 1-го ступеню

$$t_n = t_{x.3} + \frac{Q_I 10^3}{cg_{z_M}} = 5 + \frac{0,72 \cdot 10^3}{4,19 \cdot 5,85} = 34,6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Розробив					00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ	Арк.
Перевірив						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

- Визначаємо теплопродуктивність підігрівника 2-го ступеню

$$Q_{II} = Q_{ГВП \max} - Q_I = 1,35 - 0,72 = 0,63 \text{ МВт}$$

- Визначаємо витрату мережної води через підігрівник 2-го ступеню

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

$$= \frac{1,7 \cdot 2,57^2 \cdot 5,85}{\left[-1 + \sqrt{1 + 2,6 \cdot 2,57^2 \cdot \left(\frac{(70 - 34,6) \cdot 4,19 \cdot 5,85}{0,63 \cdot 10^3} - 0,35 \right)} \right]^2} = 5,85 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

$$G_{II} \geq \frac{Q_{II} 10^3}{(\tau_{01} - t_n) c} \quad (5,85 \geq \frac{0,63 \cdot 10^3}{(70 - 34,6) \cdot 4,19}, 5,85 \geq 4,20).$$

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

$$\tau_{2\epsilon} = \tau_1 - \frac{Q_{II} 10^3}{G_{II} c} = 70 - \frac{0,63 \cdot 10^3}{5,85 \cdot 4,19} = 44,6 \text{ }^\circ\text{C}$$

- Визначаємо витрату мережної води через підігрівник 1-го ступеню:

$$G_I = G_{II} + G'_{o \max} = 5,85 + 38,07 = 43,92 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

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

$$\tau_{cm} = \frac{G'_{o \max}}{G_I} \tau_{o2} + \frac{G_{II}}{G_I} \tau_{2\epsilon} = \frac{38,07}{43,92} \cdot 41,4 + \frac{5,85}{43,92} \cdot 44,6 = 41,8 \text{ }^\circ\text{C}$$

- Визначаємо теплопродуктивність 1-го ступеню:

$$Q_I = c \varepsilon_I G_{MI} (\tau_{cm} - t_{x.3}) = 4,19 \cdot 0,85 \cdot 5,71 \cdot (41,8 - 5) = 0,76 \text{ МВт}$$

$$\varepsilon_I = \left(0,35 \frac{G_{MI}}{G_{OI}} + 0,65 + \frac{1}{\Phi_I} \cdot \sqrt{\left[\frac{G_{MI}}{G_{OI}} \right]} \right)^{-1} = \left(0,35 \cdot \frac{5,85}{43,92} + 0,65 + \frac{1}{0,75} \cdot \sqrt{\left[\frac{5,85}{43,92} \right]} \right)^{-1} = 0,85$$

- Визначаємо значення температури водопровідної води після підігрівника 1-го ступеню:

$$t_n = t_{x.3} + \frac{Q_I 10^3}{c g_{\varepsilon_M}} = 5 + \frac{0,76 \cdot 10^3}{4,19 \cdot 5,85} = 36,2 \text{ }^\circ\text{C}$$

- Визначаємо теплопродуктивність підігрівника 2-го ступеню:

$$Q_{II} = Q_{ГВП \max} - Q_I = 1,35 - 0,76 = 0,59 \text{ МВт}$$

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

$$\tau_2 = \tau_{cm} - \frac{Q_I 10^3}{G_I c} = 41,8 - \frac{0,76 \cdot 10^3}{43,92 \cdot 4,19} = 37,6 \text{ }^\circ\text{C}$$

3.2.24. Здійснюється перевірка, за формулою:

$$t_{\epsilon} = \frac{Q_{ГВП} 10^3}{c g_{\varepsilon_M}} + t_n = \frac{1,35 \cdot 10^3}{4,19 \cdot 5,85} + 37,6 = 60 \text{ }^\circ\text{C}$$

Розробив					00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ	Арк.
Перевірив						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для визначення значення витрат теплоносія та температури мережної води при інших значеннях t_3 не розраховуються, що приймається із попередніх. Вони знаходяться при $t_3 = t_3^{III}$.

3.2.25. Визначаємо витрату мережної води в літньому режимі:

$$G_{ГВП} = \frac{Q_{ГВП,Л}^{сер} \cdot 10^3}{(\tau_{01}^{III} - 30)c} = \frac{0,36 \cdot 10^3}{(70 - 30) \cdot 4,19} = 2,14 \frac{кг}{с}$$

3.2.26. Зводимо результати розрахунків до таблиці 1.5.

Таблиця 1.5.

Розрахунок витрат та температур мережної води на гаряче водопостачання

Позначення	Одиниця виміру	Температура і витрата мережної води при					
		$t_{3,0}$ -24 °C	t_3 -11 °C	$t_3^{сер. опал}$ -2,5 °C	$t_{3,3}$ +3,4 °C	$t_{зпк}$ +8 °C	літо
τ_{02}	°C	70	57,3	48,2	41,4	41,4	70
$\tau_{2Г}$	°C	58,1	40,5	44,6	41,4	41,4	30
$t_{п}$	°C	58,2	47,7	36,4	36,2	36,2	60
$\tau_{см}$	°C	70	56,9	41,8	41,4	41,4	—
τ_2	°C	61,8	50,5	37,6	35,2	35,2	—
$G_{ГВП}$	$\frac{кг}{с}$	0,42	0,93	2,87	4,83	4,83	2,14

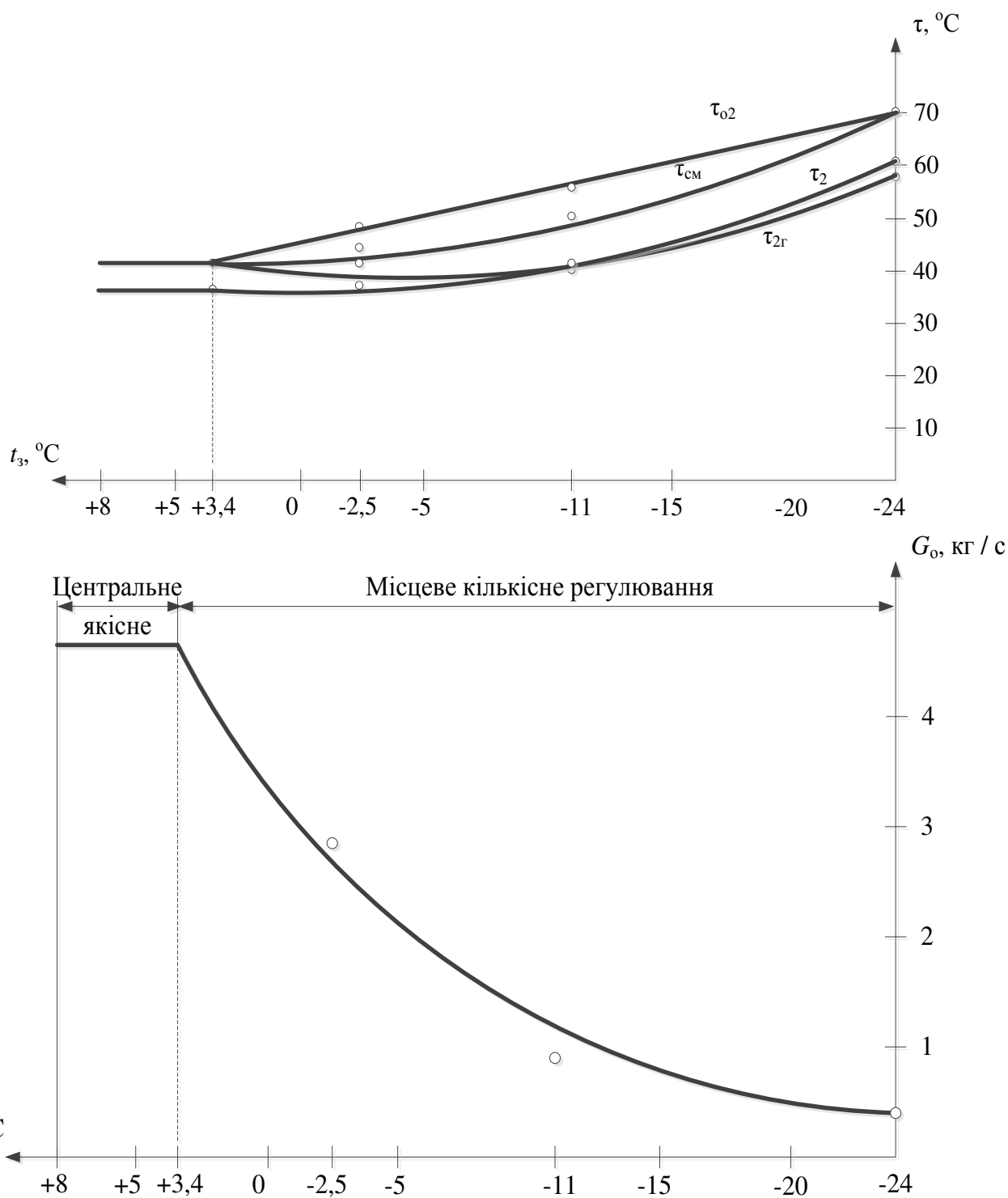


Рисунок 1.5 - Графіки залежності витрати мережної води на ГВП і температури мережної води після підігрівників ГВП 1-го і 2-го ступенів від температури зовнішнього повітря

Розробив					00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ	Арк.
Перевірив						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.3. Розрахунок витрат та температур мережної води на вентиляцію

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

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

3.3.1. Знаходимо температуру мережної води після калориферів за формулою

$$\frac{(\tau_{o1} + \tau_{2\theta}) - (t_{\theta.p} + t_3)}{(\tau_{o1}'' + \tau_{2\theta}'') - (t_{\theta.p} + t_{3.\theta})} \left(\frac{\tau_{o1}'' - \tau_{2\theta}''}{\tau_{o1} - \tau_{2\theta}} \right)^{0,15} = 1,$$
$$\frac{(140 + \tau_{2\theta}) - (18 + (-24))}{(105,7 + 57,3) - (18 + (-11))} \cdot \left(\frac{105,7 - 57,3}{140 - \tau_{2\theta}} \right)^{0,15} = 1.$$

де τ_{o1}'' – температура мережної води у подавальному трубопроводі при $t_{\text{зовн.вент.}}$;

$\tau_{2\theta}''$ – температура води після калориферів при $t_{3.\theta}$, °C.

Методом підбору знаходжу $\tau_{2\theta} = 30$ °C.

3.3.2. Знаходимо витрату мережної води на вентиляцію, за формулою

$$G_{\theta} = \frac{Q_{\theta} 10^3}{c(\tau_{o1} - \tau_{2\theta})} = \frac{1,34 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (140 - 30)} = 2,91 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

II. Діапазон температур зовнішнього повітря ($t_{\text{зовн.вент.}} < t_3 \leq t_{3.3.}$).

3.3.3. Знаходимо температуру води після калориферів за формулою

$$\tau_{2\theta} = \tau_{o1} - (\tau_{o1}'' - \tau_{2\theta}'') \frac{t_{\theta.p} - t_3}{t_{\theta.p} - t_{3.\theta}} = 70 - (105,7 - 57,3) \cdot \frac{18 - 3,40}{18 - (-11)} = 45,7 \text{ °C}$$

3.3.4. Знаходимо витрату мережної води на вентиляцію, за формулою:

$$G_{\theta}'' = \frac{Q_{\theta} 10^3}{c(\tau_{o1}'' - \tau_{2\theta}'')} = \frac{1,34 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (105,7 - 57,3)} = 4,57 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

I. Діапазон температур зовнішнього повітря ($t_{3.3.} < t_3 \leq t_{\text{зпк.}}$).

3.3.5. Знаходимо температуру води після калориферів, за формулою

$$\frac{(\tau_{o1}''' + \tau_{2\theta}') - (t_{\theta.p} - t_{\text{зпк.}})}{(\tau_{o1}'' + \tau_{2\theta}'') - (t_{\theta.p} - t_{3.\theta})} \left(\frac{\tau_{o1}'' - \tau_{2\theta}''}{\tau_{o1} - \tau_{2\theta}} \right)^{0,15} \frac{\left(\frac{t_{\theta.p} - t_{\text{зпк.}}}{t_{\theta.p} - t_{3.\theta}} \right)^{0,85}}{1} = 1,$$
$$\frac{(70 + \tau_{2\theta}') - (18 + 8)}{(105,7 + 57,3) - (18 + (-11))} \cdot \left(\frac{105,7 - 57,3}{70 - \tau_{2\theta}'} \right)^{0,15} \frac{\left(\frac{18 - 8}{18 - (-11)} \right)^{0,85}}{1} = 1$$

Методом підбору знаходжу $\tau_{2\theta} = 20$ °C.

3.3.6. Знаходимо витрату мережної води на вентиляцію, за формулою

$$G_{\theta} = \frac{Q_{\theta} 10^3}{c(\tau_{o1} - \tau_{2\theta})} = \frac{0,32 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (70 - 20)} = 1,52 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

3.3.7. Зводимо результати розрахунків у таблицю 1.6.

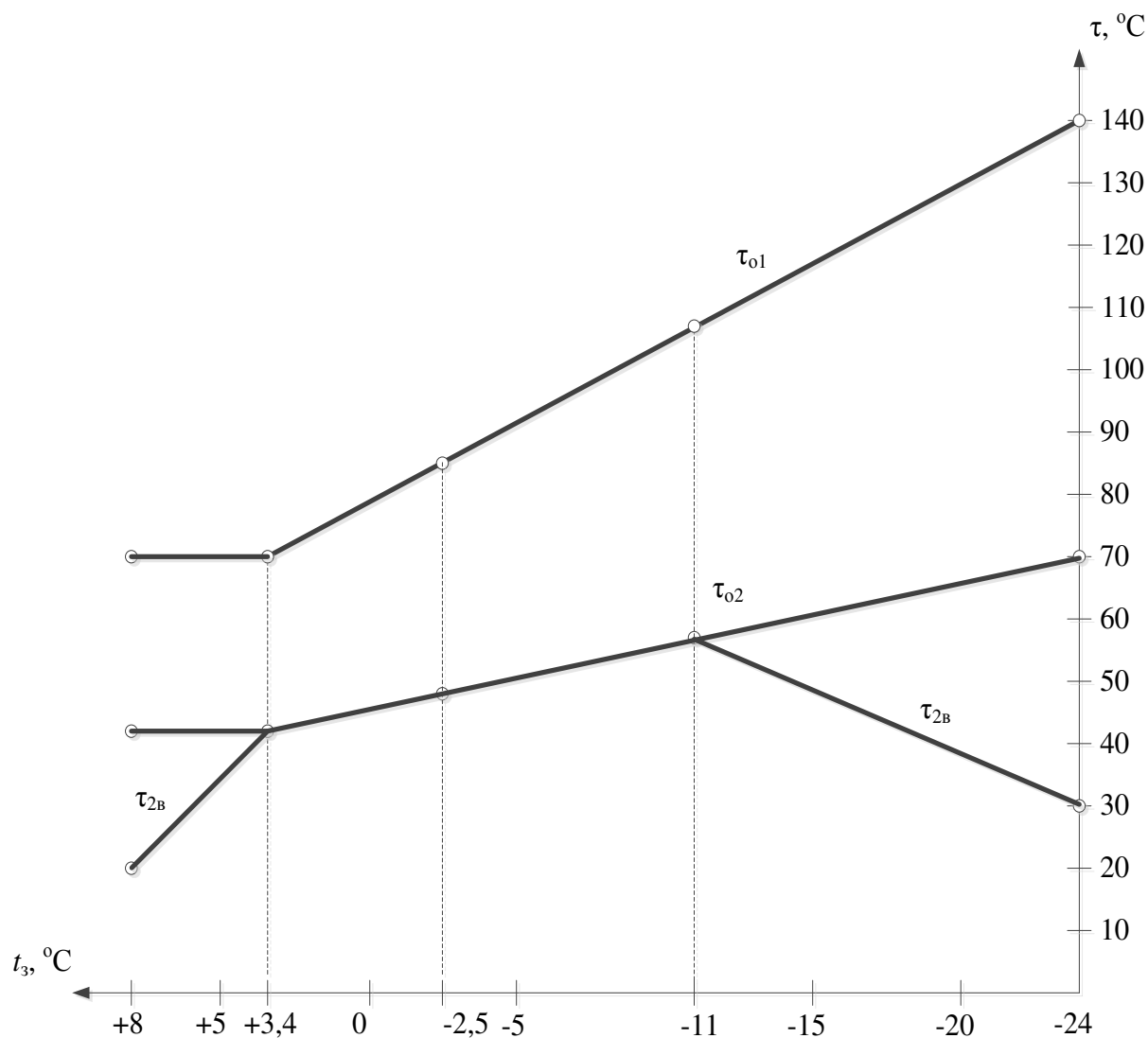
Розробив				00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ	Арк.
Перевірив					22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

Таблиця 1.6.

Результати розрахунку витрат температур мережної води при

Позначення	Одиниця виміру	Температура і витрата мережної води при				
		$t_{3,0}$ -24 °C	t_3 -11 °C	$t_3^{\text{сер. опал}}$ -2,5 °C	$t_{3,3}$ +3,4 °C	$t_{3\text{ПК}}$ +8 °C
τ_1	°C	140	105,7	84,4	70	70
τ_{02}	°C	70	57,3	48,2	41,4	41,4
$\tau_{2В}$	°C	30	57,3	48,2	41,4	20
G_B	$\frac{\text{кВт}}{\text{с}}$	2,91	4,57	4,57	4,57	1,52

3.3.8. Будуємо графіки залежності температур мережної води після калориферів і витрати мережної води на вентиляцію від температури зовнішнього повітря (рисунок 1.6)



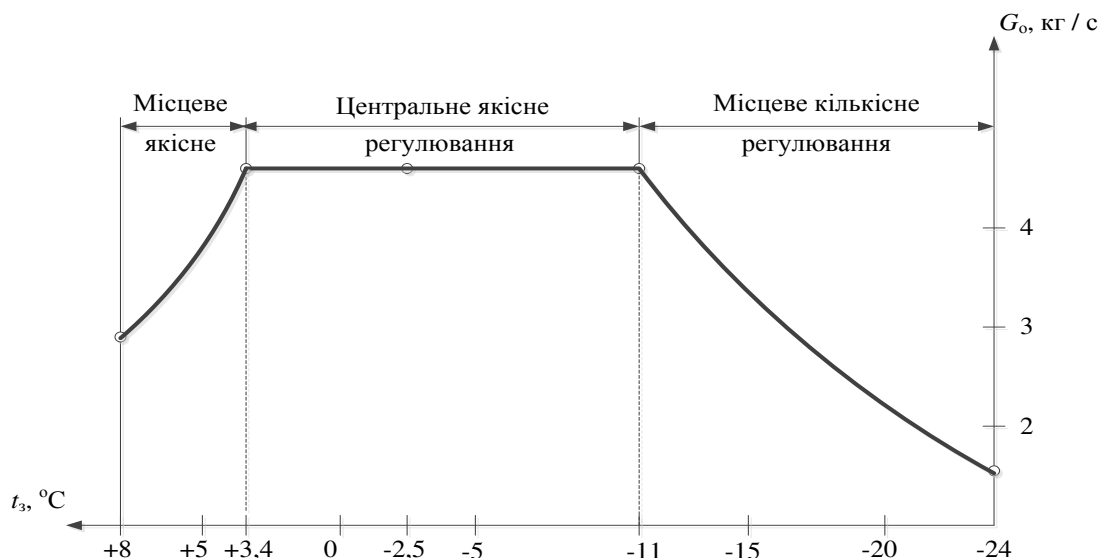


Рисунок 1.6 - Графіки залежності витрати мережної води на вентиляцію і температури мережної води після калориферів від температури зовнішнього повітря

1.4. Визначення розрахункових витрат теплоносія

4.1. Знаходимо розрахункову витрату мережної води:

- на опалення за формулою

$$G'_{o \max} = \frac{Q'_{o \max} 10^3}{c(\tau'_{o1} - \tau'_{o2})} = \frac{11,16 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (140 - 70)} = 38,07 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

- на вентиляцію за формулою:

$$G'_{в \max} = \frac{Q'_{в \max} 10^3}{c(\tau'_{o1} - \tau'_{2в})} = \frac{1,34 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (140 - 70)} = 4,57 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

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

$$G'_{\text{ГВП}}^{\text{сер}} = \frac{Q'_{\text{ГВП}} 10^3}{c(\tau'''_{o1} - \tau'''_{o2})} \left(\frac{55 - t'}{55 - t_x} + 0,2 \right) = \frac{0,56 \cdot 10^3}{4,19(70 - 41,4)} \cdot \left(\frac{55 - (41,4 - 5)}{55 - 5} + 0,2 \right) = 2,68 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

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

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

$$G'_{\text{ГВП}}^{\max} = \frac{0,55 Q'_{\text{ГВП}}^{\max} 10^3}{c(\tau'''_{o1} - \tau'''_{o2})} = \frac{0,55 \cdot 1,35 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (70 - 41,4)} = 6,17 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

4.2. Знаходимо сумарні розрахункові витрати мережної води за формулою

$$G' = G'_{o \max} + G'_{в \max} + K_3 G'_{\text{ГВП}}^{\max} = 38,07 + 4,57 + 1,2 \cdot 2,68 = 45,85 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

Коефіцієнт K_3 , що враховує частку середньої витрати води на гаряче водопостачання при регулюванні по навантаженню опалення, приймаю з додатку 13 [1]

Розробив				00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ	Арк.
Перевірив					24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

4.3. Знаходимо розрахункову витрату води в двотрубних водяних теплових мережах для неопалювального (теплого) періоду за формулою:

$$G'_{\text{л}} = \frac{Q_{\text{ГВП}_\text{л}}^{\text{сер}} 10^3}{(\tau_{01}^{\text{м}} - 30)c} = \frac{0,36 \cdot 10^3}{(70 - 30) \cdot 4,19} = 2,14 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

4.4. Заносимо результати розрахунків витрат теплоносія для кварталів до таблиці 1.7.

Таблиця 1.7.
Значення розрахункових витрат теплоносія

Номер кварталу	Розрахункова витрата теплоносія, $\frac{\text{кг}}{\text{с}}$					
	$G'_{\text{о max}}$	$G'_{\text{в max}}$	$G^{\text{сер}}_{\text{ГВП}}$	$K_3 \cdot G^{\text{сер}}_{\text{ГВП}}$	G'	$G'_{\text{л}}$
1	2	3	4	5	6	7
1	1,14	0,14	0,12	0,14	1,42	0,10
2	0,88	0,11	0,07	0,09	1,08	0,06
3	0,76	0,09	0,06	0,08	0,93	0,05
4	0,80	0,10	0,05	0,06	0,96	0,04
5	0,63	0,08	0,04	0,05	0,75	0,03
6	0,72	0,09	0,06	0,08	0,88	0,05
7	0,73	0,09	0,05	0,06	0,88	0,04
8	0,54	0,07	0,03	0,03	0,64	0,02
9	0,68	0,08	0,04	0,04	0,81	0,03
10	0,64	0,08	0,02	0,03	0,75	0,02
11	1,28	0,15	0,13	0,16	1,60	0,11
12	0,38	0,05	0,04	0,05	0,47	0,03
13	0,39	0,05	0,03	0,04	0,48	0,03
14	1,73	0,21	0,22	0,26	2,20	0,17
15	1,51	0,18	0,16	0,19	1,88	0,13
16	2,48	0,30	0,16	0,19	2,96	0,12
17	0,85	0,10	0,04	0,04	1,00	0,03
18	1,54	0,19	0,16	0,19	1,92	0,13
19	1,71	0,21	0,14	0,17	2,09	0,12
20	2,12	0,25	0,13	0,16	2,53	0,11
21	1,73	0,21	0,04	0,04	1,98	0,03
22	5,60	0,67	0,47	0,57	6,84	0,38
23	0,51	0,06	0,03	0,04	0,61	0,03
24	0,39	0,05	0,02	0,02	0,46	0,01
25	1,23	0,15	0,03	0,03	1,41	0,02
26	1,61	0,19	0,10	0,12	1,93	0,08
27	5,47	0,66	0,23	0,28	6,40	0,18
Всього:	38,07	4,57	2,68	3,22	45,85	2,14

1.5. Вихідні дані до частини 2 проєкту

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

$$\tau_2 = \frac{(G_o + G_{ГВП})}{(G_o + G_{ГВП}) + G_6} \tau_{o2ГВП} + \frac{G_6}{(G_o + G_{ГВП}) + G_6} \tau_{o26} =$$
$$= \frac{38,07 + 0,42}{38,07 + 0,42 + 2,91} \cdot 61,8 + \frac{2,91}{38,07 + 0,42 + 2,91} \cdot 30 = 60 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

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

$$\tau_2 = \frac{38,07 + 4,83}{38,07 + 4,83 + 4,57} \cdot 35,2 + \frac{5,68}{38,07 + 4,83 + 4,57} \cdot 41,4 = 36 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

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

Таблиця 1.8.
Загальні вихідні дані для Ч. 2 проєкту

№ п / п	Назва параметру	Ум. позн.	Од. виміру	Характерні режими експлуатації теплофікаційної системи		
				Максимально -зимовий	Точки зламу температурного графіка	Літній
1	Місто розташування котельні			Суми		
2	Тип системи тепlopостачання			Закрита		
3	Температурна характеристика тепломережі району	τ_1 / τ_2	$^{\circ}\text{C} / ^{\circ}\text{C}$	140 / 70		
4	Температура зовнішнього повітря	$t_{\text{зовн}}$	$^{\circ}\text{C}$	-24	+3,4	+15
5	Теплове навантаження системи опалення	$Q_{\text{оп}}$	МВт	11,16	3,88	—
6	Теплове навантаження системи ГВП	$Q_{\text{ГВП}}$	МВт	1,35	1,35	0,36
7	Теплове навантаження системи вентиляції	$Q_{\text{вент}}$	МВт	1,34	0,47	—
8	Річне теплове навантаження житлового району	$Q_{\text{ЖР}}^{\text{рік}}$	$\frac{\text{МВт} \cdot \text{год}}{\text{рік}}$	29 589,85		

Розробив					00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ	Арк.
Перевірив						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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	$t_{\text{техн.}}$	°С		95		
11	Річне теплове навантаження промислового підприємства	$Q_{\text{п.п}}^{\text{рік}}$	$\frac{\text{МВт} \cdot \text{год}}{\text{рік}}$		43 460		
12	Температура “прямої” мережної води	τ_1	°С	140	70	70	
13	Температура “зворотної” мережної води	τ_2	°С	60	36	30	
14	Витрата “прямої” води в тепломережу	G_1	$\frac{\text{кг}}{\text{с}}$ $\frac{\text{т}}{\text{год}}$	41,39 149,02	47,46 170,87	2,14 7,72	
15	Убуток води в тепломережі	$G_{\text{уб.тм}}$	$\frac{\text{т}}{\text{год}}$	15	15	5	
16	Витрата “зворотної” води в тепломережі	G_2	$\frac{\text{т}}{\text{год}}$	134,02	155,87	2,72	
17	Втрати тиску в тепломережі	$\Delta p_{\text{втр.т}}$	МПа	0,45	0,25	0,10	
18	Статичний напір в тепломережі	$H_{\text{стат.тм}}$	м вод. ст.	40,0	40,0	40,0	

2. РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ КОТЕЛЬНОЇ

2.1. Формування вихідних даних для теплового розрахунку котельні з водогрійними котлами

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

- на базі результатів виконаного в частині 1 проекту теплового розрахунку теплової мережі району;
- на базі даних, сформованих самостійно в рамках виконання частини 2 проекту.

2.1.1 Вихідні дані для частини 2 проекту, одержані в частині 1 проекту представляємо нижче, в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Загальні вихідні дані для частини 2 проекту, одержані в частині 1 проєкту

№ п / п	Назва параметру	Ум. позн.	Од. виміру	Режими експлуатації теплофікаційної системи		
				Максимально-зимовий	Точки зламу температурного графіка	Літній
1	2	3	4	5	6	7
1	Місто розташування котельні			Суми		
2	Тип системи теплопостачання			(Вказати назву міста)		
3	Температурна характеристика тепломережі району	τ_1 / τ_2	$^{\circ}\text{C} / ^{\circ}\text{C}$	Закрита		
4	Температура зовнішнього повітря	$t_{\text{зовн}}$	$^{\circ}\text{C}$	140 / 70		
5	Теплове навантаження системи опалення	$Q_{\text{оп}}$	МВт	-24	+3,4	+15
6	Теплове навантаження системи ГВП	$Q_{\text{ГВП}}$	МВт	11,16	3,88	—
7	Теплове навантаження системи вентиляції	$Q_{\text{вент}}$	МВт	1,35	1,35	0,36
				1,34	0,47	—

					00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								
Розробив		Ковтний С.М.			Проект системи теплопостачання житлово-промислового району №2 в місті Суми				Літ.	Арк.	Аркушів	
Перевірів		Філоненко В.М.									28	107
Реценз.									НУХТ. Каф. ТЕХТ гр. ЗТЕ-5-9ск			
Н. Контр.												
Затверд.		Петренко В.П.										

8	Річне теплове навантаження житлового району	$Q_{\text{ЖР}}^{\text{рік}}$	$\frac{\text{МВт} \cdot \text{год}}{\text{рік}}$	29 589,85		
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	$t_{\text{техн}}$	°C	95		
11	Річне теплове навантаження промислового підприємства	$Q_{\text{П.П}}^{\text{рік}}$	$\frac{\text{МВт} \cdot \text{год}}{\text{рік}}$	43 460		
12	Температура “прямої” мережної води	τ_1	°C	140	70	70
13	Температура “зворотної” мережної води	τ_2	°C	58	37	30
14	Витрата “прямої” води в тепломережу	G_1	$\frac{\text{кг}}{\text{с}}$ $\frac{\text{т}}{\text{год}}$	41,39 149,02	47,46 170,87	2,14 7,72
15	Убуток води в тепломережі	$G_{\text{уб.тм}}$	$\frac{\text{т}}{\text{год}}$	15	15	5
16	Витрата “зворотної” води в тепломережі	G_2	$\frac{\text{т}}{\text{год}}$	134,02	155,87	2,72
17	Втрати тиску в тепломережі	$\Delta p_{\text{втр.тм}}$	МПа	0,45	0,25	0,10
18	Статичний напір в тепломережі	$H_{\text{стат. тм}}$	м вод. ст.	40,0	40,0	40,0

Примітка:

Перед початком формування вихідних даних для котельні здійснюємо балансову перевірку взаємоузгодженості по тепловій енергії одержаних в частині 1 проекту результатів для трьох режимів за наступним балансовим рівнянням:

$$(Q_{\text{оп}} + Q_{\text{ГВП}} + Q_{\text{вент}}) = G_1 \cdot 4,19 \cdot (\tau_1 - \tau_2)$$

МЗ: 13,84 = 13,76 (Висновок – результати для режима МЗ - взаємоузгоджені)

ТЗ: 5,69 = 5,50 (Висновок – результати для режима ТЗ - взаємоузгоджені)

Л: 0,36 = 0,36 (Висновок – результати для режима Л - взаємоузгоджені)

2.1.2 Вихідні дані для частини 2 проекту, сформовані в частині 2 проекту, представляю в таблиці 2.2.

Розробив				00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ	Арк.
Перевірив					29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Таблиця 2.2.

Вихідні дані для частини 2 проекту, сформовані в частині 2 проекту

№ п / п	Назва параметру	Ум. позн.	Од. виміру	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_n^p	$\frac{кДж}{м^3}$	33 730			Сертифікат палива
3	Температура в деаераторі	$t_{ДА}$	°C	65	65	65	Е.Р: 70 °C ÷ ÷ 60 °C
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	$t'_{ВК.НОМ}$	°C	70	65	65	Е.Р: для водогрійних котлів
6	Номінальна температура води на виході з котла	$t''_{ВК.НОМ}$	°C	140	140	140	“—”
7	Температура сирої води	$t'_{с.в}$	°C	5	5	15	Е.Р: 5 °C для МЗ та ТЗ режимів, 15 °C – для режима Л
8	Температура сирої води перед станцією хім. водоочищення	$t''_{с.в}$	°C	20	20	20	Е.Р: 15 °C ÷ ÷ 20 °C
9	Температура хім. очищеної води на виході зі станції ХВО	$t'_{ХОВ}$	°C	20	20	20	Е.Р: 15 °C ÷ ÷ 20 °C
10	Температура хімочищеної води перед деаератором	$t''_{ХОВ}$	°C	55	55	55	Е.Р: 50 °C ÷ ÷ 65 °C
11	Температура технологічної води на вході в котельну	$t'_{техн.в}$	°C	8	8	15	Е.Р: 8 °C для МЗ та ТЗ режимів, 15 °C для режима Л

Розробив

Перевірив

Зм.

Арк.

№ докум.

Підпис

Дата

00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ

Арк.

30

1	2	3	4	5	6	7	8
12	Температура технологічної води на виході з котельні	$t''_{\text{техн..в}}$	°C	95	95	95	Технологічний регламент промислового підприємства
13	Температура грійної води на вході у внутрішньокотельні підігрівники та на вході в деаератор	$t'_{\text{ТОА}}$	°C	140	140	140	Е.Р: $t'_{\text{ТОА}} = t''_{\text{БК.НОМ}}$
14	Температура грійної води на виході з внутрішньокотельних підігрівників	$t''_{\text{ТОА}}$	°C	65	65	65	Е.Р: $t''_{\text{ТОА}} = 65^{\circ}\text{C}$
15	Коефіцієнт випару з деаератора	$\alpha_{\text{вип.}}$	од.	0,01	0,01	0,01	Е.Р: $0,005 \div 0,01$
16	Коефіцієнт власних потреб станції хім. водоочищення	$K_{\text{ХВО}}$	од.	1,10	1,10	1,10	Е.Р: $1,05 \div 1,10$

2.2. Формування принципової схеми водогрійної котельні

Викреслюємо на аркуші (формат А1), згідно Додатка 2 [2], принципову теплотехнологічну схему котельні у відповідності до встановлених технічних рішень, щодо направлення потоків енергоносіїв.

2.3. Розрахунок теплової схеми котельні з водогрійними котлами

2.3.1. Знаходимо сумарне теплове навантаження житлового району для котельні з урахуванням втрат теплоти в тепломережі – $\sum Q_{\text{ЖР}}$, МВт:

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

Результати визначення наведені у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3.

Визначення результату	Значення для режимів, МВт		
	МЗ	ТЗ	Л
МЗ: $\sum Q_{\text{ЖР}} = 1,05 \cdot (11,16 + 1,35 + 1,34) = 14,53 \text{ МВт}$	14,53	5,97	0,38
ТЗ: $\sum Q_{\text{ЖР}} = 1,05 \cdot (3,88 + 1,35 + 0,47) = 5,97 \text{ МВт}$			
Л: $\sum Q_{\text{ЖР}} = 1,05 \cdot (0 + 0,36 + 0) = 0,38 \text{ МВт}$			

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

2.3.3. Знаходимо експлуатаційну температуру води на вході у встановлені котли – $t'_{\text{ВК}}$, °С, за рекомендацією п. 2.1.3.

Результати визначення наведені у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4.

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

2.3.4. Знаходимо експлуатаційну температуру води на виході з базового котла – $t''_{\text{ВК.Б}}$, °С, за рекомендацією п. 2.1.4.

Результати визначення наведені у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5.

Визначення результату	Значення для режимів, МВт		
	МЗ	ТЗ	Л
$t''_{\text{ВК.Б}} = 140 \text{ °С}$	140	140	140

2.3.5. Знаходимо експлуатаційну температуру грієної води на вході в теплообмінники технологічної, сирії, хім. очищеної води та на вході в деаератор – $t'_{\text{ТОА}}$, °С, за рекомендацією п. 2.1.4.

Результати визначення наведені у таблиці 2.6.

Таблиця 2.6.

Визначення результату	Значення для режимів, МВт		
	МЗ	ТЗ	Л
$t'_{\text{ТОА}} = 140 \text{ °С}$	140	140	140

2.3.6. Знаходимо експлуатаційну температуру води на виході з теплообмінників технологічної, сирії та хім. очищеної води – t''_{TOA} , °C, за рекомендацією п. 2.1.15.

Результати визначення наведені у таблиці 2.7.

Таблиця 2.7.

Визначення результату	Значення для режимів, МВт		
	МЗ	ТЗ	Л
$t''_{TOA} = 65\text{ }^{\circ}\text{C}$	65	65	65

2.3.7. Знаходимо витрату води з деаератора на компенсацію втрат в тепломережі – $G_{\text{ДА}}^{\text{підж}}$, $\frac{m}{\text{год}}$:

$$G_{\text{ДА}}^{\text{підж}} = G_{\text{убут}}$$

Результати визначення наведені у таблиці 2.8.

Таблиця 2.8.

Визначення результату	Значення для режимів, МВт		
	МЗ	ТЗ	Л
МЗ: $G_{\text{ДА}}^{\text{підж}} = 15\frac{m}{\text{год}}$	15	15	5
ТЗ: $G_{\text{ДА}}^{\text{підж}} = 15\frac{m}{\text{год}}$			
Л: $G_{\text{ДА}}^{\text{підж}} = 5\frac{m}{\text{год}}$			

2.3.8. Знаходимо витрату грійної води з базового водогрійного котла на деаератор – $G_{\text{ДА}}^{\text{гр.в}}$, $\frac{m}{\text{год}}$, та його теплове навантаження – $Q_{\text{ДА}}$, МВт:

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

$$Q_{\text{ДА}} = \left(\frac{G_{\text{ДА}}^{\text{гр.в}}}{3,6} \right) \cdot 4,19 \cdot t'_{\text{TOA}} - t_{\text{ДА}} \cdot 10^{-3}$$

Результати визначення наведені у таблиці 2.9

Таблиця 2.9.

Визначення результату	Значення для режимів, МВт		
	МЗ	ТЗ	Л
МЗ: $G_{ДА}^{зр.г} = (1 + 0,01) \cdot 15 \cdot \frac{65 - 55}{140 - 65} = 2,02 \frac{m}{год}$	2,02	2,02	0,67
ТЗ: $G_{ДА}^{зр.г} = (1 + 0,01) \cdot 15 \cdot \frac{65 - 55}{140 - 65} = 2,02 \frac{m}{год}$			
Л: $G_{ДА}^{зр.г} = (1 + 0,01) \cdot 5 \cdot \frac{65 - 55}{140 - 65} = 0,67 \frac{m}{год}$			
МЗ: $Q_{ДА} = \left(\frac{1,78}{3,6} \right) \cdot 4,19 \cdot 140 - 65 \cdot 10^{-3} = 0,18 \text{ МВт}$	0,18	0,18	0,06
ТЗ: $Q_{ДА} = \left(\frac{1,78}{3,6} \right) \cdot 4,19 \cdot 140 - 65 \cdot 10^{-3} = 0,18 \text{ МВт}$			
Л: $Q_{ДА} = \left(\frac{0,59}{3,6} \right) \cdot 4,19 \cdot 140 - 65 \cdot 10^{-3} = 0,06 \text{ МВт}$			

2.3.9. Знаходимо витрату води з деаератора – $G_{ДА}^{//}, \frac{m}{год}$:

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

Результати визначення наведені у таблиці 2.10.

Таблиця 2.10.

Визначення результату	Значення для режимів, МВт		
	МЗ	ТЗ	Л
МЗ: $G_{ДА}^{//} = (1 - 0,01) \cdot 15 + 2,02 = 16,87 \frac{m}{год}$	16,87	16,87	5,62
ТЗ: $G_{ДА}^{//} = (1 - 0,01) \cdot 15 + 2,02 = 16,87 \frac{m}{год}$			
Л: $G_{ДА}^{//} = (1 - 0,01) \cdot 5 + 0,67 = 5,62 \frac{m}{год}$			

2.3.10. Визначаємо витрату хімічищеної води, що надходить в деаератор – $G_{ХОВ}, \frac{m}{год}$:

$$G_{ХОВ} = (1 + \alpha_{\text{вип}}) \cdot G_{\text{підж}}$$

Результати визначення наведені в таблиці 2.11.

Розробив					00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ	Арк.
Перевірів						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.11.

Визначення результату	Значення для режимів, МВт		
	МЗ	ТЗ	Л
МЗ: $G_{\text{ХОВ}} = (1 + 0,01) \cdot 15 = 15,15 \frac{m}{год}$	15,15	15,15	5,05
ТЗ: $G_{\text{ХОВ}} = (1 + 0,01) \cdot 15 = 15,15 \frac{m}{год}$			
Л: $G_{\text{ХОВ}} = (1 + 0,01) \cdot 5 = 5,56 \frac{m}{год}$			

2.3.11. Знаходимо витрату сирі води для підживлення – $G_{\text{с.в.}}, \frac{m}{год}$:

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

Результати визначення наведені у таблиці 2.12.

Таблиця 2.12.

Визначення результату	Значення для режимів, МВт		
	МЗ	ТЗ	Л
МЗ: $G_{\text{с.в.}} = 1,10 \cdot 15,15 = 16,67 \frac{m}{год}$	16,67	16,67	5,56
ТЗ: $G_{\text{с.в.}} = 1,10 \cdot 15,15 = 16,67 \frac{m}{год}$			
Л: $G_{\text{с.в.}} = 1,10 \cdot 5,05 = 5,56 \frac{m}{год}$			

2.3.12. Знаходимо теплову потужність підігрівника сирі води (ПСВ) – $Q_{\text{ПСВ}}$, МВт, та витрату грійної води на ПСВ – $G_{\text{ПСВ}}, \frac{m}{год}$, відповідно:

$$Q_{\text{ПСВ}} = \left(\frac{G_{\text{с.в.}}}{3,6} \right) \cdot 4,19 \cdot (t''_{\text{с.в.}} - t'_{\text{с.в.}}) \cdot 10^{-3}$$

$$G_{\text{ПСВ}}^{\text{гр.в.}} = \frac{Q_{\text{ПСВ}} \cdot 3,6 \cdot 10^3}{(4,19 \cdot (t'_{\text{ТОА}} - t''_{\text{ТОА}}))}$$

Результати визначення наведені у таблиці 2.13.

Таблиця 2.13.

Визначення результату	Значення для режимів, МВт		
	МЗ	ТЗ	Л
МЗ: $Q_{ПСВ} = \left(\frac{16,67}{3,6} \right) \cdot 4,19 \cdot (20 - 5) \cdot 10^{-3} = 0,29 \text{ МВт}$	0,29	0,29	0,03
ТЗ: $Q_{ПСВ} = \left(\frac{16,67}{3,6} \right) \cdot 4,19 \cdot (20 - 5) \cdot 10^{-3} = 0,29 \text{ МВт}$			
Л: $Q_{ПСВ} = \left(\frac{5,56}{3,6} \right) \cdot 4,19 \cdot (20 - 15) \cdot 10^{-3} = 0,03 \text{ МВт}$	3,33	3,33	0,37
МЗ: $G_{ПСВ}^{зр.в} = \frac{0,29 \cdot 3,6 \cdot 10^3}{(4,19 \cdot (140 - 65))} = 3,33 \frac{m}{год}$			
ТЗ: $G_{ПСВ}^{зр.в} = \frac{0,29 \cdot 3,6 \cdot 10^3}{(4,19 \cdot (140 - 65))} = 3,33 \frac{m}{год}$			
Л: $G_{ПСВ}^{зр.в} = \frac{0,03 \cdot 3,6 \cdot 10^3}{(4,19 \cdot (140 - 65))} = 0,37 \frac{m}{год}$			

2.3.13. Знаходимо теплову потужність підігрівника хімічищеної води (ПХВ) – $Q_{ПХВ}$, МВт, та витрату грійної води на ПХВ – $D^{гр.в}_{ПХВ}$, $\frac{m}{год}$, відповідно:

$$Q_{ПХВ} = \left(\frac{G_{ХОВ}}{3,6} \right) \cdot 4,19 \cdot (t''_{ХОВ} - t'_{ХОВ}) \cdot 10^{-3}$$

$$G_{ПХВ}^{зр.в} = \frac{Q_{ПХВ} \cdot 3,6 \cdot 10^3}{(4,19 \cdot (t'_{ТОА} - t''_{ТОА}))}$$

Результати визначення наведені у таблиці 2.14.

Розробив					00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ	Арк.
Перевірів						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.14.

Визначення результату	Значення для режимів, МВт		
	МЗ	ТЗ	Л
МЗ: $Q_{ПХВ} = \left(\frac{15,15}{3,6} \right) \cdot 4,19 \cdot (55 - 20) \cdot 10^{-3} = 0,62 \text{ МВт}$	0,62	0,62	0,21
ТЗ: $Q_{ПХВ} = \left(\frac{15,15}{3,6} \right) \cdot 4,19 \cdot (55 - 20) \cdot 10^{-3} = 0,62 \text{ МВт}$			
Л: $Q_{ПХВ} = \left(\frac{5,05}{3,6} \right) \cdot 4,19 \cdot (55 - 20) \cdot 10^{-3} = 0,21 \text{ МВт}$			
МЗ: $G_{ПХВ}^{зр.в} = \frac{0,62 \cdot 3,6 \cdot 10^3}{(4,19 \cdot (140 - 65))} = 7,07 \frac{m}{год}$	7,07	7,07	2,36
ТЗ: $G_{ПХВ}^{зр.в} = \frac{0,62 \cdot 3,6 \cdot 10^3}{(4,19 \cdot (140 - 65))} = 7,07 \frac{m}{год}$			
Л: $G_{ПХВ}^{зр.в} = \frac{0,21 \cdot 3,6 \cdot 10^3}{(4,19 \cdot (140 - 65))} = 2,36 \frac{m}{год}$			

2.3.14. Знаходимо витрату технологічної води на ПТВ – $G_{\text{техн.в}}, \frac{m}{год}$, теплову потужність ПТВ – $Q_{\text{ПТВ}}, \text{МВт}$ та витрату грійної води – $G_{\text{ПТВ}}^{\text{гр.в}}, \frac{m}{год}$, відповідно:

$$G_{\text{техн.в}} = \frac{Q_{\text{ПП}} \cdot 3,6 \cdot 10^3}{4,19 \cdot t_{\text{техн.в}}^{\text{II}}}$$

$$Q_{\text{ПТВ}} = G_{\text{техн.в}} \cdot 4,2 \cdot (t_{\text{техн.в}}^{\text{II}} - t_{\text{техн.в}}^{\text{I}}) \cdot 10^{-3}$$

$$G_{\text{ПТВ}}^{\text{зр.в}} = \frac{Q_{\text{ПТВ}} \cdot 3,6 \cdot 10^3}{(4,19 \cdot (t_{\text{ТОА}}^{\text{I}} - t_{\text{ТОА}}^{\text{II}}))}$$

Результати визначення наведені в таблиці 2.15.

Розробив					00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ	Арк.
Перевірів						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.15.

Визначення результату	Значення для режимів, МВт		
	МЗ	ТЗ	Л
МЗ: $G_{техн.в} = \frac{12 \cdot 3,6 \cdot 10^3}{4,19 \cdot 95} = 108,61 \frac{m}{год}$	108,61	108,61	108,61
ТЗ: $G_{техн.в} = \frac{12 \cdot 3,6 \cdot 10^3}{4,19 \cdot 95} = 108,61 \frac{m}{год}$			
Л: $G_{техн.в} = \frac{12 \cdot 3,6 \cdot 10^3}{4,19 \cdot 95} = 108,61 \frac{m}{год}$			
МЗ: $Q_{ПТВ} = 108,61 \cdot 4,2 \cdot (95 - 8) \cdot 10^{-3} = 10,99 \text{ МВт}$	10,99	10,99	10,11
ТЗ: $Q_{ПТВ} = 108,61 \cdot 4,2 \cdot (95 - 8) \cdot 10^{-3} = 10,99 \text{ МВт}$			
Л: $Q_{ПТВ} = 108,61 \cdot 4,2 \cdot (95 - 15) \cdot 10^{-3} = 10,11 \text{ МВт}$			
МЗ: $G_{ПТВ}^{ср.в} = \frac{10,99 \cdot 3,6 \cdot 10^3}{(4,19 \cdot (140 - 65))} = 125,99 \frac{m}{год}$	125,99	125,99	115,85
ТЗ: $G_{ПТВ}^{ср.в} = \frac{10,99 \cdot 3,6 \cdot 10^3}{(4,19 \cdot (140 - 65))} = 125,99 \frac{m}{год}$			
Л: $G_{ПТВ}^{ср.в} = \frac{10,11 \cdot 3,6 \cdot 10^3}{(4,19 \cdot (140 - 65))} = 115,85 \frac{m}{год}$			

2.3.15. Знаходимо сумарну витрату грійної з базового котла води на внутрішнє споживання котельні – $\Sigma G_{вн}^{гр.в}, \frac{m}{год}$:

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

Результати визначення наведені в таблиці 2.16.

Таблиця 2.16.

Визначення результату	Значення для режимів, МВт		
	МЗ	ТЗ	Л
МЗ: $\Sigma G_{вн}^{гр.в} = 125,99 + 7,07 + 3,33 + 2,02 = 138,41 \frac{m}{год}$	138,41	138,41	119,25
ТЗ: $\Sigma G_{вн}^{гр.в} = 125,99 + 7,07 + 3,33 + 2,02 = 138,41 \frac{m}{год}$			
Л: $\Sigma G_{вн}^{гр.в} = 115,85 + 2,36 + 0,37 + 0,67 = 119,25 \frac{m}{год}$			

Розробив					00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ	Арк.
Перевірів						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.3.16 Знаходимо температуру зворотної води на вході мережних насосів (після змішування всіх потоків води) – $\tau_{звор}$, °C:

$$\tau_{звор} = \frac{G_2 \tau_2 + G_{ПТВ}^{зр.в} t_{ТОА}^{II} + G_{ПХВ}^{зр.в} t_{ТОА}^{II} + G_{ПСВ}^{зр.в} t_{ТОА}^{II} + G_{ДА}^{підж} t_{ДА}^{II}}{(G_2 + G_{ПТВ}^{зр.в} + G_{ПХВ}^{зр.в} + G_{ПСВ}^{зр.в} + G_{ДА}^{II})}$$

Результати визначення наведені в таблиці 2.17.

Таблиця 2.17.

Визначення результату	Значення для режимів, МВт		
	МЗ	ТЗ	Л
МЗ: $\tau_{звор} = \frac{134,02 \cdot 60 + 125,99 \cdot 65 + 7,07 \cdot 65 + 3,33 \cdot 65}{(134,02 + 125,99 + 7,07 + 3,33 + 15)} + \frac{15 \cdot 65}{15} = 62,5^{\circ}\text{C}$	62,5	50,2	64,2
ТЗ: $\tau_{звор} = \frac{155,87 \cdot 37 + 125,99 \cdot 65 + 7,07 \cdot 65 + 3,33 \cdot 65}{(155,87 + 125,99 + 7,07 + 3,33 + 15)} + \frac{15 \cdot 65}{15} = 50,2^{\circ}\text{C}$			
Л: $\tau_{звор} = \frac{2,72 \cdot 30 + 115,85 \cdot 65 + 2,36 \cdot 65 + 0,37 \cdot 65 + 5}{(2,72 + 115,85 + 2,36 + 0,33 + 5)} + \frac{5 \cdot 65}{5} = 64,2^{\circ}\text{C}$			

2.3.17. Знаходимо загальну теплову потужність котельні (т. зв. потужність з “виробленої” теплоти) – $\sum Q_{кот}$, $\frac{m}{год}$, з урахуванням теплоти, що внесена водою підживлення:

$$\sum Q_{кот} = \sum Q_{жр} + Q_{ПТВ} + Q_{ПХВ} + Q_{ПСВ} + Q_{ДА} - \frac{G_{ДА}^{підж}}{3,6} \cdot 4,19 \cdot t'_{с.в} \cdot 10^{-3}$$

Результати визначення наведені в таблиці 2.18.

Таблиця 2.18.

Визначення результату	Значення для режимів, МВт		
	МЗ	ТЗ	Л
МЗ: $\sum Q_{\text{КОТ}} = 14,53 + 10,99 + 0,62 + 0,29 + 0,18 - \frac{15}{3,6} \cdot 4,19 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 26,52 \frac{m}{год}$	26,52	17,96	10,69
ТЗ: $\sum Q_{\text{КОТ}} = 5,97 + 10,99 + 0,62 + 0,29 + 0,18 - \frac{15}{3,6} \cdot 4,19 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 17,96$			
Л: $\sum Q_{\text{КОТ}} = 0,38 + 10,11 + 0,21 + 0,03 + 0,06 - \frac{5}{3,6} \cdot 4,19 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 10,69$			

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

Приймаємо до встановлення три котли **КВ – ГМ – 10** – варіант, що задовольняє умовам експлуатації котлів в усіх режимах експлуатації, в т.ч. в режимі Л на мінімально допустимому тепловому навантаженні.

Результати визначення наведені в таблиці 2.19.

Таблиця 2.19.

Позначення	Одиниця виміру	Визначення результату
ТИП		КВ – ГМ – 10
$Q_{\text{ВК.НОМ}}$	МВт	11,6
$G_{\text{ВК.НОМ}}$	$\frac{m}{год}$	123,5
$\eta_{\text{ВК.НОМ}}$	%	92
$t'_{\text{ВК.НОМ}}$	°С	140
$t''_{\text{ВК.НОМ}}$	°С	70

2.3.19. Знаходимо кількість встановлених в котельні водогрійних котлів – $N_{\text{ВК.ВСТ}}$, шт.:

$$N_{\text{ВК.ВСТ}} = \frac{\sum Q_{\text{КОТ}}}{Q_{\text{ВК.НОМ}}} *$$

* Примітка:

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

Результати визначення наведені у таблиці 2.20.

Розробив				00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ	Арк.
Перевірив					40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Таблиця 2.20.

Визначення результату	Значення для режимів, МВт		
	МЗ	ТЗ	Л
МЗ: $N_{BK.BCT} = \frac{26,52}{11,6} = 2,29$	3	2	1
ТЗ: $N_{BK.BCT} = \frac{17,96}{11,6} = 1,55$			
Л: $N_{BK.BCT} = \frac{10,69}{11,6} = 0,92$			

2.3.20. Знаходимо кількість котлів, що будуть в експлуатації протягом року в базовому режимі за рекомендацією п. 2.1.4.

$$N_{BK.B} = 1$$

Результати визначення наведені у таблиці 2.21.

Таблиця 2.21.

Визначення результату	Значення для режимів, МВт		
	МЗ	ТЗ	Л
МЗ: $N_{BK.B} = 1$	1	1	1
ТЗ: $N_{BK.B} = 1$			
Л: $N_{BK.B} = 1$			

2.3.21. Знаходимо кількість котлів, що працюють у змінному режимі – $N_{BK.3}$, шт.:

$$N_{BK.3} = N_{BK.BCT} - N_{BK.B}$$

Результати визначення наведені у таблиці 2.22.

Таблиця 2.22.

Визначення результату	Значення для режимів, МВт		
	МЗ	ТЗ	Л
МЗ: $N_{BK.3} = 3 - 1 = 2$	2	1	0
ТЗ: $N_{BK.3} = 2 - 1 = 1$			
Л: $N_{BK.3} = 1 - 1 = 0$			

2.3.22. Знаходимо кількість котлів, що знаходяться в експлуатації в кожному з трьох розрахункових режимів – $N_{BK.P}$, шт.:

$$N_{BK.P} = N_{BK.B} + N_{BK.3}$$

Результати визначення навести у таблиці 2.23.

Розробив					00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ	Арк.
Перевірів						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.23.

Визначення результату	Значення для режимів, МВт		
	МЗ	ТЗ	Л
МЗ: $N_{BK.P} = 1 + 2 = 3$	3	2	1
ТЗ: $N_{BK.P} = 1 + 1 = 2$			
Л: $N_{BK.P} = 1 + 0 = 1$			

2.3.23. Знаходимо експлуатаційні параметри роботи “базового” водогрійного котла для всіх режимів, враховуючи рекомендації п.п. 2.1.6 - 2.1.7:

- у разі експлуатації в котельні двох або більше котлоагрегатів:

$$Q_{BK.B} = Q_{BK.HOM}, \text{ МВт}$$

$$t''_{BK.B} = t''_{BK.HOM}, ^\circ\text{C}$$

$$t'_{BK.B} = t'_{BK}, ^\circ\text{C}$$

$$G_{BK.B} = G_{BK.HOM}, \frac{m}{\text{год}}$$

- у разі експлуатації в котельні одного котлоагрегату:

$$Q_{BK.B} = \sum Q_{KOT}, \text{ МВт}$$

$$t'_{BK.B} = t'_{BK}, ^\circ\text{C}$$

$$t''_{BK.B} = t''_{BK.HOM}, ^\circ\text{C}$$

$$G_{BK.B} = \frac{\sum Q_{KOT} \cdot 3,6 \cdot 10^3}{(4,19 \cdot (t''_{BK.B} - t'_{BK.B}))}, \frac{m}{\text{год}}$$

Результати визначення наведені у таблиці 2.24.

Розробив					00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ	Арк.
Перевірів						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.24.

Визначення результату	Значення для режимів, МВт		
	МЗ	ТЗ	Л
ТЗ: (3 котли) $Q_{\text{ВК.Б}} = 11,60 \text{ МВт}$ $t'_{\text{ВК.Б}} = 70 \text{ }^{\circ}\text{C}$ $t''_{\text{ВК.Б}} = 140 \text{ }^{\circ}\text{C}$ $G_{\text{ВК.Б}} = 123,5 \frac{m}{\text{год}}$		11,60 70 140 123,5	
Л: (2 котли) $Q_{\text{ВК.Б}} = 10,69 \text{ МВт}$ $t'_{\text{ВК.Б}} = 70 \text{ }^{\circ}\text{C}$ $t''_{\text{ВК.Б}} = 140 \text{ }^{\circ}\text{C}$ $G_{\text{ВК.Б}} = \frac{10,69 \cdot 3,6 \cdot 10^3}{(4,19 \cdot (140 - 70))} = 131,3 \frac{m}{\text{год}}$			10,69 70 140 131,3

2.3.24. Знаходимо теплове навантаження водогрійних котлів, що несуть змінну складову теплового навантаження котельні – $\sum Q_{\text{ВК.З}}$, МВт:

$$\sum Q_{\text{ВК.З}} = \sum Q_{\text{КОТ}} - Q_{\text{ВК.Б}}$$

Результати визначення наведені у таблиці 2.25.

Таблиця 2.25.

Визначення результату	Значення для режимів, МВт		
	МЗ	ТЗ	Л
МЗ: $\sum Q_{\text{ВК.З}} = 26,52 - 11,60 = 14,92 \text{ МВт}$ ТЗ: $\sum Q_{\text{ВК.З}} = 17,96 - 11,60 = 6,36 \text{ МВт}$ Л: $\sum Q_{\text{ВК.З}} = 10,69 - 10,69 = 0 \text{ МВт}$	14,92	6,36	0

2.3.25. Знаходимо теплове навантаження кожного котла, що несе змінну складову теплового навантаження – $Q_{\text{ВК.З}}$, МВт,:

$$Q_{\text{ВК.З}} = \frac{\sum Q_{\text{ВК.З}}}{N_{\text{ВК.З}}}$$

Результати визначення наведені у таблиці 2.26.

Розробив					00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ	Арк.
Перевірів						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.26.

Визначення результату	Значення для режимів, МВт		
	МЗ	ТЗ	Л
МЗ: $Q_{BK.3} = \frac{14,92}{2} = 7,46$ МВт	7,46	6,36	0
ТЗ: $Q_{BK.3} = \frac{6,36}{1} = 6,36$ МВт			
Л: $Q_{BK.3} = 0$ МВт			

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

- для **МЗ** режима (зменшений проти номінального, враховуючи номінальний температурний режим і зменшене теплове навантаження:

$$G_{BK.3} = \frac{Q_{BK.3} \cdot 3,6 \cdot 10^3}{(4,19 \cdot (t_{BK.HOM}'' - t_{BK.}'))}$$

- для **ТЗ** режима (враховуючи доцільність номінального пропускання води через котли) за рекомендацією п. 2.1.8.

$$G_{BK.3} = G_{BK.HOM}$$

- для **Л** режима (за відсутності такого котла):

$$G_{BK.3} = 0,0$$

Результати визначення наведені у таблиці 2.27.

Таблиця 2.27.

Визначення результату	Значення для режимів, МВт		
	МЗ	ТЗ	Л
МЗ: $G_{BK.3} = \frac{7,46 \cdot 3,6 \cdot 10^3}{(4,19 \cdot (140 - 70))} = 91,64 \frac{m}{год}$	91,64	123,50	0
ТЗ: $G_{BK.3} = 123,5 \frac{m}{год}$			
Л: $G_{BK.3} = 0 \frac{m}{год}$			

2.3.27. Знаходимо сумарну подачу води на котли, що знаходяться в експлуатації – $\sum G_{\text{БК}}, \frac{m}{\text{год}}$:

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

Результати визначення наведені у таблиці 2.28.

Таблиця 2.28.

Визначення результату	Значення для режимів, МВт		
	МЗ	ТЗ	Л
МЗ: $\sum G_{\text{БК}} = 123,5 + 2 \cdot 91,64 = 306,77 \frac{m}{\text{год}}$	306,77	247	131,30
ТЗ: $\sum G_{\text{БК}} = 123,5 + 1 \cdot 123,50 = 247 \frac{m}{\text{год}}$			
Л: $\sum G_{\text{БК}} = 131,3 + 0 \cdot 0 = 131,30 \frac{m}{\text{год}}$			

2.3.28. Знаходимо температуру води на виході з котлів, що несуть змінну складову теплового навантаження котельні – $t''_{\text{БК.З}}, ^\circ\text{C}$:

$$t''_{\text{БК.З}} = \frac{t'_{\text{БК.З}} + Q_{\text{БК.З}} \cdot 3,6 \cdot 10^3}{(4,19 \cdot G_{\text{БК.З}})}$$

Результати визначення наведені у таблиці 2.29.

Таблиця 2.29.

Визначення результату	Значення для режимів, МВт		
	МЗ	ТЗ	Л
МЗ: $t''_{\text{БК.З}} = \frac{70 + 7,46 \cdot 3,6 \cdot 10^3}{(4,19 \cdot 91,64)} = 140 ^\circ\text{C}$	140	114,3	0
ТЗ: $t''_{\text{БК.З}} = \frac{70 + 6,36 \cdot 3,6 \cdot 10^3}{(4,19 \cdot 123,50)} = 112 ^\circ\text{C}$			
Л: $t''_{\text{БК.З}} = 0 ^\circ\text{C}$			

2.3.29 Знаходимо витрату води в рециркуляційному трубопроводі – $G_{\text{РЕЦ}}, \frac{m}{\text{год}}$, для трьох режимів:

$$G_{\text{реци}} = \frac{\sum G_{\text{БК}} \cdot (t'_{\text{БК.}} - \tau_{\text{звор}})}{(4,19 \cdot (t''_{\text{БК.Б}} - \tau_{\text{звор}}))}$$

Результати визначення наведені в таблиці 2.30.

Таблиця 2.30.

Визначення результату	Значення для режимів, МВт		
	МЗ	ТЗ	Л
МЗ: $G_{pec} = \frac{306,77 \cdot (70 - 62,5)}{(4,19 \cdot (140 - 62,5))} = 29,83 \frac{m}{год}$	29,83	54,50	9,97
ТЗ: $G_{pec} = \frac{247 \cdot (70 - 50,2)}{(4,19 \cdot (140 - 50,2))} = 54,50 \frac{m}{год}$			
Л: $G_{pec} = \frac{131,30 \cdot (70 - 64,2)}{(4,19 \cdot (140 - 64,2))} = 9,97 \frac{m}{год}$			

2.3.30. Знаходимо середньовагову температуру води на виході з усіх водогрійних котлів після змішування її з “базового” та “змінних” котлів – t_{BK}^{Σ} , °C, для трьох режимів:

$$t_{BK.3}^{II} = \frac{(G_{BK.B} - \sum G_{вн} - G_{pec}) \cdot t_{BK.B}^{II} + N_{BK.3} \cdot G_{BK.3} \cdot t_{BK.3}^{II}}{\sum G_{BK} - \sum G_{вн} - G_{pec} + N_{BK.3} \cdot G_{BK.3}}$$

Результати визначення наведені в таблиці 2.31.

Таблиця 2.31.

Визначення результату	Значення для режимів, МВт		
	МЗ	ТЗ	Л
МЗ: $t_{BK}^{\Sigma} = 140$ °C (за регламентом)	140	81,30	140
ТЗ: $t_{BK.3}^{II} = \frac{(123,5 - 138,41 - 54,50) \cdot 140 + 1 \cdot 123,5 \cdot 114,3}{123,5 - 138,41 - 50,49 + 1 \cdot 123,5}$ $= 81,3$ °C			
Л: $t_{BK}^{\Sigma} = 140$ °C (за регламентом)			

2.3.31. Знаходимо витрату зворотної води через регулюючий клапан в трубопроводі перепуску зворотної води в пряму магістраль (т. зв. перепуск) –

$G_{пер}$, $\frac{m}{год}$, для трьох режимів:

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

Результати визначення наведені в таблиці 2.32.

Таблиця 2.32.

Визначення результату	Значення для режимів, МВт		
	МЗ	ТЗ	Л
МЗ: $G_{пер} = \frac{149,02 \cdot (140 - 140)}{140 - 62,5} = 0 \frac{m}{год}$	0	61,96	7,13
ТЗ: $G_{пер} = \frac{170,87 \cdot (81,3 - 70)}{81,3 - 50,2} = 61,96 \frac{m}{год}$			
Л: $G_{пер} = \frac{7,72 \cdot (140 - 70)}{140 - 64,2} = 7,13 \frac{m}{год}$			

2.2.32. Знаходимо похибку балансових розрахунків водогрійної котельні:

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

Результати визначення наведені в таблиці 2.33.

Таблиця 2.33.

Визначення результату	Значення для режимів, МВт		
	МЗ	ТЗ	Л
МЗ: $\Delta G\% = \frac{(306,77 - 134,02 - 138,41 + 0 - 29,83) \cdot 100}{306,77} =$ $= 1,47 \%$	1,47	0,12	4,96
ТЗ: $\Delta G\% = \frac{(247 - 155,87 - 138,41 + 61,96 - 54,50) \cdot 100}{247} =$ $= 0,12 \%$			
Л: $\Delta G\% = \frac{(131,30 - 2,72 - 119,25 + 7,13 - 9,97) \cdot 100}{131,30} =$ $= 4,96 \%$			

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

2.4. Вибір обладнання котельні

2.4.1. Вибір водогрійних котлів

Приймаються до встановлення три котли **КВ – ГМ – 10** – варіант, що задовольняє умовам експлуатації котлів в усіх режимах експлуатації в т.ч. в режимі Л на мінімально допустимому тепловому навантаженні.

Розробив				00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ	Арк.
Перевірив					47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

2.4.2. Вибір рециркуляційних насосів

Передбачаємо встановлення рециркуляційних насосів типу НКУ.

2.4.2.1. Здійснюємо вибір типорозміру насосів рециркуляції, його номінальної подачі – $Q_{\text{нас.реци}}^{\text{ном}}$, $\frac{\text{м}^3}{\text{год}}$, та напору – $H_{\text{нас.реци}}^{\text{ном}}$, м вод. ст., на базі визначених максимальних значень (в режимі ТЗ) пропуску води через трубопровід рециркуляції – $G_{\text{реци}} = 54,50 \frac{\text{м}}{\text{год}}$ ($56 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$) та опору трубопровідної системи рециркуляції – $\Delta H_{\text{реци}}$ (не вище 40 м вод. ст.).

2.4.2.2. Знаходимо кількість робочих рециркуляційних насосів – $N_{\text{нас.реци}}^{\text{роб}}$, шт, за формулою

$$N_{\text{нас.реци}}^{\text{роб}} = \frac{G_{\text{реци}}^{\text{М.З}}}{Q_{\text{нас.реци}}^{\text{роб}}} = \frac{56}{90} = 0,62 *$$

*Примітка.

Одержане кількість насосів потрібно округлити до більшого цілого значення.

2.4.2.3. Знаходимо кількість встановлених насосів рециркуляції з урахуванням одного резервного – $N_{\text{нас.реци}}^{\text{вст}}$, шт., за формулою:

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

2.4.2.4. Блок параметрів по насосам рециркуляцій наведені в таблиці 2.34.

Таблиця 2.34.

Характеристика насосів рециркуляції

№ п / п	Ум. позн.	Назва параметру	Один. виміру	Метод визначення	Значення для режимів		
					МЗ	ТЗ	Л
1	2	3	4	5	6	7	8
1	ТИП НАСОС А	Типорозмір насоса рециркуляції	—	3 інформацій- ного листа завода- виробника З паспорту насоса	НКУ – 90		
2	$Q_{\text{н. реци}}^{\text{ном}}$	Номінальна подача насоса	$\frac{\text{м}^3}{\text{год}}$	“ — “	90		
3	$H_{\text{н. реци}}^{\text{ном}}$	Номінальний напір насоса	м вод. ст.	“ — “	38		
4	$N_{\text{н. реци}}^{\text{ном}}$	Номінальна потужність насоса	кВт	“ — “	22		
5	$\eta_{\text{н. реци}}^{\text{ном}}$	Номінальний ККД насоса	од.	“ — “	0,6		
6	$Q_{\text{н. реци}}^{\text{роб}}$	Робочий діапазон подачі	$\frac{\text{м}^3}{\text{год}}$	“ — “	54...108		

Розробив					00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ	Арк.
Перевірів						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.4.3. Вибір циркуляційних насосів
теплової мережі (мережних насосів)

Передбачаємо до встановлення, як мережних насосів, відцентрові насоси типу Д.

2.4.3.1. Здійснюємо вибір типорозміру мережних насосів, його номінальної подачі – $Q_{\text{нас.мер}}^{\text{ном}}$, $\frac{\text{м}^3}{\text{год}}$, та напору – $H_{\text{нас.мер}}^{\text{ном}}$, м вод. ст., на базі визначених максимальних значень (в режимі ТЗ) витрати води через трубопровідну систему “Котельна – Тепломережа” – $G_1 = 170,87 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$, та опору трубопровідної системи – $\Delta H_{\text{мер}}$ (не вище 40 м вод. ст.) та статичного напору тепломережі.

Кількість робочих мережних насосів – $N_{\text{нас.мер}}^{\text{роб}}$, шт., становить – 1.

2.4.3.2. Знаходимо кількість встановлених насосів рециркуляції з урахуванням одного резервного – $N_{\text{нас.мер}}^{\text{вст}}$, шт, за формулою:

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

2.4.3.3. Блок параметрів по мережним насосам наведені в таблиці 2.35.

Таблиця 2.35.

Характеристика мережних насосів

№ п / п	Ум. позн.	Назва параметру	Один. виміру	Метод визначення	Значення для режимів		
					МЗ	ТЗ	Л
1	2	3	4	5	6	7	8
1	ТИП НАСОСА	Типорозмір насоса рециркуляції	–	3 інформацій- ного листа завода- виробника 3 паспорту насоса	Д 320–70		К–45– 30
2	$Q_{\text{нас. мер}}^{\text{ном}}$	Номінальна подача насоса	$\frac{\text{м}^3}{\text{год}}$	“ – “	320		45
3	$H_{\text{нас. мер}}^{\text{ном}}$	Номінальний напір насоса	м вод. ст.	“ – “	70		30
4	$N_{\text{нас. мер}}^{\text{ном}}$	Номінальна потужність насоса	кВт	“ – “	90		7,50
5	$\eta_{\text{нас. мер}}^{\text{ном}}$	Номінальний ККД насоса	од.	“ – “	0,78		0,63
6	$(H_{\text{кав}})_{\text{нас.мер}}^{\text{ном}}$	Номінальний кавітаційний запас насоса	м вод. ст.	“ – “	6		4,5
7	$Q_{\text{нас. мер}}^{\text{роб}}$	Робочий діапазон подачі	$\frac{\text{м}^3}{\text{год}}$	“ – “	224...384		60...120

2.4.4. Вибір внутрішньо-котельних насосів

Передбачаємо до встановлення насоси сирії, хім. очищеної, технологічної води, а також підживлювальні насоси типу К.

2.4.4.1. Вибір насосів сирії води

2.4.4.1.1. Здійснюємо вибір типорозміру насосів сирії води, його номінальної подачі – $Q_{\text{нас.с.в}}^{\text{ном}}$, $\frac{\text{м}^3}{\text{год}}$, та напору – $H_{\text{нас.с.в}}^{\text{ном}}$, м вод. ст., на базі визначених значень витрати води для підживлення – $G_{\text{с.в}} = 16,67 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$, та опору трубопроводної системи – ΔH (не вище 40 м вод. ст.).

2.4.4.1.2. Знаходимо кількість робочих насосів сирії води – $N_{\text{нас.с.в}}^{\text{роб}}$, шт., за формулою:

$$N_{\text{нас.с.в}}^{\text{роб}} = \frac{G_{\text{с.в}}}{Q_{\text{нас.с.в}}^{\text{роб}}} = \frac{16,67}{20} = 0,83 *$$

*Примітка.

Одержане кількість насосів потрібно округлити до більшого цілого значення.

Кількість робочих насосів – $N_{\text{нас.с.в}}^{\text{роб}}$, шт, становить – 1.

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

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

2.4.4.1.4. Блок параметрів по насосам сирії води наводжу в табл. 2.36.

Розробив				00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ	Арк.
Перевірив					50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

Таблиця 2.36.

Характеристика насосів сирової води

№ п / п	Ум. позн.	Назва параметру	Один. виміру	Метод визначення	Значення для режимів		
					МЗ	ТЗ	Л
1	2	3	4	5	6	7	8
1	ТИП НАСОСА	Типорозмір насоса рециркуляції	—	3 інформацій- ного листа завода- виробника 3 паспорту насоса	К 20/30		
2	$Q_{\text{нас. с.в}}^{\text{ном}}$	Номінальна подача насоса	$\frac{\text{м}^3}{\text{год}}$		20		
3	$H_{\text{нас. с.в}}^{\text{ном}}$	Номінальний напір насоса	м вод. ст.	“ — “	30		
4	$N_{\text{нас. с.в}}^{\text{ном}}$	Номінальна потужність насоса	кВт	“ — “	5,50		
5	$\eta_{\text{нас. с.в}}^{\text{ном}}$	Номінальний ККД насоса	од.	“ — “	0,55		
6	$(H_{\text{кав}})_{\text{нас.св}}^{\text{ном}}$	Номінальний кавітаційний запас насоса	м вод. ст.	“ — “	3,5		

2.4.4.5. Вибір підживлювальних насосів

2.4.4.5.1. Здійснюємо вибір типорозміру насосу, його номінальної

подачі – $Q_{\text{нас.підж}}^{\text{ном}}$, $\frac{\text{м}^3}{\text{год}}$, та напору – $H_{\text{нас.підж}}^{\text{ном}}$, м вод. ст., на базі

визначених значень витрати води для підживлення – $G_{\text{підж}} = 15 \frac{\text{м}}{\text{год}}$,

опору трубопровідної системи – ΔH (не вище 40 м вод. ст.) та статичного напору.

2.4.4.5.2. Знаходимо кількість робочих насосів – $N_{\text{нас.підж}}^{\text{роб}}$, шт., за формулою

$$N_{\text{нас.підж}}^{\text{роб}} = \frac{G_{\text{підж}}}{Q_{\text{нас.підж}}^{\text{роб}}} = \frac{15}{20} = 0,75 *$$

*Примітка. Одержане кількість насосів потрібно округлити до більшого цілого значення.

Кількість робочих насосів – $N_{\text{нас. підж.}}^{\text{роб}}$, шт., становить – 1.

2.4.4.5.3. Знаходимо кількість встановлених насосів рециркуляції з урахуванням одного резервного – $N_{\text{нас. підж.}}^{\text{вст}}$, шт., за формулою:

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

2.4.4.5.4. Блок параметрів по насосам наводжу в табл. 2.37.

Таблиця 2.37.

Характеристика підживлювальних насосів

№ П / П	Ум. позн.	Назва параметру	Один. виміру	Метод визначення	Значення для режимів		
					МЗ	ТЗ	Л
1	2	3	4	5	6	7	8
1	ТИП НАСОСА	Типорозмір насоса рециркуляції	—	3 інформацій- ного листа завода- виробника З паспорту насоса	К 65–50–160a		
2	$Q_{\text{нас. підж.}}^{\text{ном}}$	Номінальна подача насоса	$\frac{м^3}{год}$	“ _ “	20		
3	$H_{\text{нас. підж.}}^{\text{ном}}$	Номінальний напір насоса	м вод. ст.	“ _ “	30		
4	$N_{\text{нас. підж.}}^{\text{ном}}$	Номінальна потужність насоса	кВт	“ _ “	4		
5	$\eta_{\text{нас. підж.}}^{\text{ном}}$	Номінальний ККД насоса	од.	“ _ “	0,6		
6	$(H_{\text{кав}})_{\text{підж.}}^{\text{ном}}$	Номінальний кавітаційний запас насоса	м вод. ст.	“ _ “	3,7		

2.4.4.6. Вибір насосів технологічної води

2.4.4.6.1. Здійснюємо вибір типорозміру насосу, його номінальної

подачі – $Q_{\text{нас. техн.}}^{\text{ном}}, \frac{м^3}{год}$, та напору – $H_{\text{нас. техн.}}^{\text{ном}}$, м вод. ст., на базі

визначених значень витрати води для потреб промислового

підприємства – $G_{\text{техн.}} = 108,61 \frac{м}{год}$ та опору трубопровідної системи – ΔH

(не вище 40 м вод. ст.).

2.4.4.6.2. Знаходимо кількість робочих насосів технологічної води – $N_{\text{нас.тех}}^{\text{роб}}$, шт, за формулою:

$$N_{\text{нас.тех}}^{\text{роб}} = \frac{G_{\text{техн}}}{Q_{\text{нас.тех}}^{\text{роб}}} = \frac{108,61}{125} = 0,87 *$$

*Примітка.
Одержане кількість насосів потрібно округлити до більшого цілого значення.
Кількість робочих насосів – $N_{\text{нас.тех}}^{\text{роб}}$, шт., становить – 1.

5.4.3.3. Знаходимо кількість встановлених насосів з урахуванням одного резервного – $N_{\text{нас.тех}}^{\text{вст}}$, шт, за формулою:

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

5.4.3.4. Блок параметрів по насосам технологічної води наведені в таблиці 2.38.

Таблиця 2.38
Характеристика насосів технологічної води

№ п / п	Ум. позн.	Назва параметру	Один. виміру	Метод визначення	Значення для режимів		
					МЗ	ТЗ	Л
1	2	3	4	5	6	7	8
1	ТИП НАСОСА	Типорозмір насоса рециркуляції	–	3 інформацій- ного листа завода- виробника З паспорту насоса	Grundfos TPE 80–570		
2	$Q_{\text{нас. техн}}^{\text{ном}}$	Номінальна подача насоса	$\frac{\text{м}^3}{\text{год}}$	“ – “	125		
3	$H_{\text{нас. техн}}^{\text{ном}}$	Номінальний напір насоса	м вод. ст.	“ – “	50		
4	$N_{\text{нас. техн}}^{\text{ном}}$	Номінальна потужність насоса	кВт	“ – “	22		
5	$\eta_{\text{нас. техн}}^{\text{ном}}$	Номінальний ККД насоса	од.	“ – “	0,77		

2.4.4.7. Вибір насосів хімічно очищеної води

2.4.4.7.1. Здійснюємо вибір типорозміру насосу, його номінальної

подачі – $Q_{\text{нас.хов}}^{\text{ном}}, \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$, та напору – $H_{\text{нас.хов}}^{\text{ном}}, \text{м вод. ст.}$, на базі визначених

значень витрати хім. очищеної води для підживлення – $G_{\text{хов}} = 15,15 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$, та

опору трубопровідної системи – ΔH (не вище 40 м вод. ст.).

2.4.4.7.2. Знаходимо кількість робочих насосів хім. очищеної води –

$N_{\text{нас.хов}}^{\text{роб}}$, шт., за формулою:

$$N_{\text{нас.хов}}^{\text{роб}} = \frac{G_{\text{техн}}}{Q_{\text{нас.хов}}^{\text{роб}}} = \frac{15,15}{20} = 0,76 *$$

*Примітка. Одержану кількість насосів потрібно округлити до більшого цілого значення.

Кількість робочих насосів – $N_{\text{нас.хов}}^{\text{роб}}$, шт., становить – 1.

2.4.4.7.3. Знаходимо кількість встановлених насосів з урахуванням

одного резервного – $N_{\text{нас.хов}}^{\text{вст}}$, шт, за формулою:

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

2.4.4.7.4. Блок параметрів по насосам сирії води наведені в

таблиці 2.39.

Розробив				00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ	Арк.
Перевірів					54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

Таблиця 2.39.

Характеристика насосів хімічно очищеної води

№ п / п	Ум. позн.	Назва параметру	Один. виміру	Метод визначення	Значення для режимів		
					МЗ	ТЗ	Л
1	2	3	4	7	6	7	8
1	ТИП НАСОСА	Типорозмір насоса рециркуляції	—	3 інформацій- ного листа завода- виробника З паспорту насоса	Grundfos TPE 40–360		
2	$Q_{\text{нас. хов}}^{\text{ном}}$	Номінальна подача насоса	$\frac{м^3}{год}$	“ — “	20		
3	$H_{\text{нас. хов}}^{\text{ном}}$	Номінальний напір насоса	м вод. ст.	“ — “	40		
4	$N_{\text{нас. хов}}^{\text{ном}}$	Номінальна потужність насоса	кВт	“ — “	4		
5	$\eta_{\text{нас. хов}}^{\text{ном}}$	Номінальний ККД насоса	од.	“ — “	0,75		

2.4.4.8. 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 3 деаератори ДВ–15. Блок параметрів наведений в таблиці 2.40.

Розробив					00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ	Арк.
Перевірів						55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Характеристика деаераторів водогрійної котельні

№ п / п	Назва параметру	Один. виміру	Метод визначення	Значення для режимів		
				МЗ	ТЗ	Л
1	2	3	4	5	6	7
1	Типорозмір деаератора	—	З інформаційного листа заводу-виробника З паспорту обладнання	ДВ–15		
2	Номінальна продуктивність	$\frac{m}{год}$		5		
3	Діапазон продуктивності	$\frac{m}{год}$		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		

2.4.4.9. Вибір підігрівників

Вибір типорозміру підігрівників сирієї води (ПСВ), хімічно очищеної 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”.

2.4.4.9.1. Підігрівник сирієї води

2.4.4.9.1. Теплове навантаження підігрівника сирієї води $Q_{псв} = 0,29$ МВт;

2.4.4.9.2. Обчислюємо наявний температурний перепад:

$$\Delta t = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_{\mathcal{M}}}{\ln \frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{\mathcal{M}}}} = \frac{140 - 60}{\ln \frac{140}{60}} = 94,45^{\circ}\text{C}$$

Розробив				00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ	Арк.
Перевірив					56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

2.4.4.9.3. Визначаємо необхідну поверхню теплообміну:

$$F = \frac{Q_{нсв}}{k\Delta t} = \frac{0,29 \cdot 10^6}{2500 \cdot 94,45} = 1,03 \text{ м}^2$$

де k – коефіцієнт теплопередачі.

З переліку стандартних типорозмірів підігрівників обираємо секційний підігрівник ПВ–z–05. Площа поверхні теплообміну однієї секції – $F = 1,11 \text{ м}^2$, довжина трубки – 2 м, загальна кількість труб – 12.

2.4.4.9.2. Підігрівник хімічно очищеної води

2.4.4.9.2.1. Теплове навантаження підігрівника хім. очищеної води

$$Q_{хов} = 0,62 \text{ МВт};$$

2.4.4.9.2.2. Обчислюємо наявний температурний перепад:

$$\Delta t = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_{м}}{\ln \frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{м}}} = \frac{105 - 45}{\ln \frac{105}{45}} = 70,84 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

2.4.4.9.2.3. Визначаємо необхідну поверхню теплообміну:

$$F = \frac{Q_{нсв}}{k\Delta t} = \frac{0,62 \cdot 10^6}{2500 \cdot 70,84} = 3,3 \text{ м}^2$$

З переліку стандартних типорозмірів підігрівників обираємо секційний підігрівник ПВ–z–09. Площа поверхні теплообміну однієї секції – $F = 3,4 \text{ м}^2$, довжина трубки – 2 м, загальна кількість труб – 37, кількість секцій – 1.

2.4.4.9.3. Підігрівник технологічної води

2.4.4.9.3.1. Теплове навантаження підігрівника сирової води $Q_{тех} = 10,99 \text{ МВт};$

2.4.4.9.3.2. Обчислюємо наявний температурний перепад:

$$\Delta t = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_{м}}{\ln \frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{м}}} = \frac{65 - 50}{\ln \frac{65}{50}} = 57,25 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

2.4.4.9.3.3. Визначаємо необхідну поверхню теплообміну:

$$F = \frac{Q_{тех}}{k\Delta t} = \frac{10,99 \cdot 10^6}{2500 \cdot 57,25} = 56,79 \text{ м}^2$$

З переліку стандартних типорозмірів підігрівників обираємо секційний підігрівник ПВ–z–16.

Розробив					00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ	Арк.
Перевірив						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

Площа поверхні теплообміну однієї секції – $F = 28 \text{ м}^2$, довжина трубки – 4 м, загальна кількість труб – 151, кількість секцій – 2.

2.4.4.10. 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 2.41.

Рекомендоване тягодуттєве обладнання

№ п / п	Найменування	Димосос	Вентилятор
1	Тип обладнання	ДН-12,5У	ВДН-10У
2	Потужність, кВт	30	11
3	Частота обертання, $\frac{\text{об}}{\text{хв}}$	1 000	1 000

Перевіряю дану рекомендацію, виконавши розрахунки:

2.4.4.10.1. Знаходимо витрату повітря та димових газів:

$$Q_{\text{пов}} = 10,1 \cdot V = 10,1 \cdot 1,33 = 13,43 \text{ тис. } \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

$$Q_{\text{газ}} = 10,3 \cdot V = 10,3 \cdot 1,33 = 13,70 \text{ тис. } \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

де 10,1; 10,3 – відповідно питомі витрати повітря і продуктів згорання газу.

2.4.4.10.2. Приводимо реальні параметри до заводських:

$$Q_{\text{пов}}^* = 1,2 \cdot Q_{\text{пов}} = 1,2 \cdot 13,43 = 16,20 \text{ тис. } \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

$$Q_{\text{газ}}^* = 1,2 \cdot Q_{\text{газ}} = 1,2 \cdot 13,70 = 16,44 \text{ тис. } \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

$$H_{\text{пот}}^* = 1,1 \cdot H_{\text{пот}} = 1,1 \cdot 44 = 48,40 \text{ мм вод. ст.}$$

2.4.4.10.3. За визначеними параметрами, за допомогою робочих полів підтверджую вірність обраного тягодуттєвого обладнання.

Розробив				00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ	Арк.
Перевірив					58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

2.5. Визначення енергетичних показників роботи водогрійної котельні

Знаходимо годинну витрату природного газу в котельні – $V_{\text{КОТ}}$, тис. $\frac{\text{м}^3}{\text{год}}$, для трьох режимів роботи за формулою:

$$V_{\text{КОТ}} = \frac{(1,01 \div 1,02) \cdot \sum Q_{\text{КОТ}} \cdot 10^3 \cdot 3,6}{\eta_{\text{КОТ}} \cdot Q_{\text{н}}^{\text{роб}}}$$

Результати визначення наведені у таблиці 2.42.

Таблиця 2.42.

Визначення результату	Значення для режимів, МВт		
	МЗ	ТЗ	Л
МЗ: $V_{\text{КОТ}} = \frac{1,02 \cdot 26,52 \cdot 10^3 \cdot 3,6}{0,92 \cdot 33730} = 3,11 \text{ тис. } \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$	3,11	2,10	1,25
ТЗ: $V_{\text{КОТ}} = \frac{1,02 \cdot 17,96 \cdot 10^3 \cdot 3,6}{0,92 \cdot 33730} = 2,10 \text{ тис. } \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$			
Л: $V_{\text{КОТ}} = \frac{1,02 \cdot 10,69 \cdot 10^3 \cdot 3,6}{0,92 \cdot 33730} = 1,25 \text{ тис. } \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$			

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

$$\Sigma W_{\text{КОТ}}^{\text{вл.п}} = W_{\text{нас.рец}} + W_{\text{нас.тм}} + W_{\text{нас.підж}} + W_{\text{нас.св}} + W_{\text{нас.хв}} + \Sigma W_{\text{ВД}} + \Sigma W_{\text{Д}} + W_{\text{освітл}} = 2 \cdot 22 + 2 \cdot 90 + 2 \cdot 7,50 + 2 \cdot 4 + 2 \cdot 5,50 + 2 \cdot 22 + 2 \cdot 4 + 3 \cdot 40 + 3 \cdot 10,7 + 3 \cdot 30 + 10 = 550,17 \text{ кВт};$$

де: $W_{\text{нас.рец}}$ – 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 сирої води, кВт.

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

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

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

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

Розробив					00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ	Арк.
Перевірив						59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$W_{\text{вл.п}}^{\text{год}} = \Sigma W_{\text{кот}}^{\text{вл.п}} \cdot 1 \cdot K_{\tau}^{\text{год}} = 550,17 \cdot 1 \cdot 0,8 = 440,13 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{год}}$$

$$W_{\text{вл.п}}^{\text{доб}} = \Sigma W_{\text{кот}}^{\text{вл.п}} \cdot 24 \cdot K_{\tau}^{\text{доб}} = 550,17 \cdot 24 \cdot 0,75 = 9\,903 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{добу}}$$

$$W_{\text{вл.п}}^{\text{рік}} = \Sigma W_{\text{кот}}^{\text{вл.п}} \cdot 8\,760 \cdot K_{\tau}^{\text{рік}} = 550,17 \cdot 8\,760 \cdot 0,65 = 3\,132\,649,80 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{добу}}$$

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

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

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

Знаходимо для **МЗ** режима середньогодинні питомі витрати природного газу – $(b_{\tau}^{\text{відп}})_{\text{газ}}, \frac{\text{м}^3}{\text{МВт}}$, та умовного в палива – $(b_{\tau}^{\text{відп}})_{\text{у.п.}}$,

кг у.п./МВт в котельній з відпущеної теплової енергії за формулами:

$$(b_{\tau}^{\text{відп}})_{\text{газ}} = \frac{B_{\text{кот}} \cdot 10^3}{\Sigma Q_{\text{жр}} + Q_{\text{п.п}}}$$

$$(b_{\tau}^{\text{відп}})_{\text{у.п.}} = \frac{B_{\text{кот}} \cdot K_{\text{газ}} \cdot 10^3}{\Sigma Q_{\text{жр}} + Q_{\text{п.п}}}$$

Результати визначення наведені у таблиці 2.43.

Розробив					00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ	Арк.
Перевірив						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

Таблиця 2.43.

Визначення результату	Значення для режимів, МВт		
	МЗ	ТЗ	Л
$(b_m^{eido})_{\text{газ}} = \frac{3,11 \cdot 10^3}{14,53 + 12} = 117,11 \frac{\text{М}^3}{\text{МВт}}$	117,11		
$(b_m^{eido})_{\text{у.п.}} = \frac{3,11 \cdot 1,15 \cdot 10^3}{14,53 + 12} = 134,67 \text{ кг у.п. / МВт}$	134,67		

Знаходимо проектну середньодобову питому витрату електричної енергії в котельній на відпущену теплову енергію – $e_e^{\text{доб}}, \frac{\text{кВт}}{\text{МВт}}$ за формулою:

$$e_e^{\text{доб}} = \frac{\sum W_{\text{вл.п}}^{\text{доб}}}{Q_{\text{ЖТП}} \cdot 24} = \frac{9903}{26,53 \cdot 24} = 13,22 \frac{\text{кВт}}{\text{МВт}}$$

3.6. Знаходимо собівартість теплоти, відпущеної від котельні – C_Q ,

$\frac{\text{грн}}{\text{МВт}}$ за формулою:

$$C_Q = \left[\frac{(b_m^{eido})_{\text{у.п.}}}{K_{\text{у.п.}}} \right] \cdot C_{\text{палив}} \cdot 10^{-3} + e_e^{\text{eido}} \cdot C_e + C_Q^{\text{експл}} = \left(\frac{134,67}{1,15} \right) \cdot 7780,80 \cdot 10^{-3} + 13,22 \cdot 1,89 + 50 = 986,19 \frac{\text{грн}}{\text{МВт}}$$

Формуємо висновок щодо енергоефективності проектної котельні.

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

Основні результати розрахунку наведені в таблиці 2.44.

Розробив				00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ	Арк.
Перевірив					61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Таблиця 2.44.

Результати розрахунку теплової схеми котельні з водогрійними котлами

№ п/п	Назва параметру	Умовне позначення	Од. виміру	Кількість значення для режимів		
				МЗ	ТЗ	Л
1	2	3	4	5	6	7
1	Температура зовнішнього повітря	$t_{\text{зовн}}$	°C	-24	+3,4	+15
2	Сумарне теплове навантаження житлового району	$\Sigma Q_{\text{Ж.Р}}$	МВт	14,53	5,97	0,38
3	Теплове навантаження промислового підприємства	$Q_{\text{П.П}}$	МВт	12	12	12
4	Сумарне теплове навантаження котельні	$\Sigma Q_{\text{КОТ}}$	МВт	26,52	17,96	10,69
5	Температура мережної води в “прямій” магістралі на виході з котельні	τ_1	°C	140	70	70
6	Температура води в “зворотній” магістралі на вході в котельню	τ_2	°C	60	36	30
7	Температура води в “зворотній” магістралі на вході в мережні насоси	$\tau_{\text{звор}}$	°C	62,5	50,2	64,2
8	Витрата води в “прямій” магістралі на виході з котельні	G_1	$\frac{m}{\text{год}}$	149,02	170,87	7,72
9	Убуток води в тепломережі	$G_{\text{убут}}$	$\frac{m}{\text{год}}$	15	15	5
10	Витрата води в «зворотній» магістралі на вході в котельню	G_2	$\frac{m}{\text{год}}$	134,02	155,87	2,72
11	Витрата води в трубопроводі рециркуляції котлів	$G_{\text{рец}}$	$\frac{m}{\text{год}}$	29,83	54,50	9,97
12	Витрата води в трубопроводі перепуску	$G_{\text{пер}}$	$\frac{m}{\text{год}}$	0	61,96	7,13
13	Кількість встановлених водогрійних котлів	$N_{\text{ВК.ВСТ}}$	од.	3	3	3

Розробив				00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ	Арк.
Перевірив					62
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

продовження таблиці 2.44.

1	2	3	4	5	6	7
14	Кількість котлів, що знаходяться в експлуатації	$N_{BK.P}$	од.	3	2	1
15	Кількість котлів, що експлуатуються в базовому (номінальному) номінальному режимі	$N_{BK.B}$	од.	1	1	1
16	Кількість котлів, що експлуатуються в режимі змінного навантаження	$N_{BK.3}$	од.	2	1	0
17	Годинна витрата природного газу в котельні	V_{KOT}	тис. $\frac{m^3}{год}$	3,11	2,10	1,25
18	Питома витрата природного газу на відпущену від котельні теплову енергію	$(b_T^{відп})_{газ}$	$\frac{m^3}{MBt}$	117,11		
19	Питома витрата умовного палива на відпущену від котельні теплову енергію	$(b_T^{відп})_{у.п.}$	кг у.п. / MBт	134,67		
20	Сумарна встановлена потужність споживачів електроенергії котельні	ΣW_{BK}	кВт	550,17		
21	Середньодобова питома витрата електроенергії на відпуск теплоти від котельні	$e_e^{год}$	$\frac{кВт}{MBt}$	13,22		
22	Вартість природного газу	$\Pi_{палив}$	$\frac{грн.}{тис.м^3}$	6490		
23	Вартість електроенергії	Π_e	$\frac{грн.}{кВт \cdot год}$	3,380		
24	Собівартість теплоти, що відпущена від котельні	C_Q	$\frac{грн.}{MBt}$	986,19		

Розробив				00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ	Арк.
Перевірив					63
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

3. ОХОРОНА ПРАЦІ

3.1. Санітарна класифікація підприємств, виробництв і споруд

За санітарною класифікацією підприємства, виробництва та споруди поділяють на 5 класів.

До I – V класів залежно від величини та шкідливості віднесено підприємства та виробництва:

- ☐ хімічні;
- ☐ металургійні, машинобудівні та металообробні;
- ☐ по видобуванню руд та нерудних копалин;
- ☐ будівельної промисловості;
- ☐ по обробці деревини;
- ☐ легкої промисловості;
- ☐ по обробці тваринних продуктів, а також санітарно-технічні споруди та установки комунального призначення.

Підприємства та виробництва по обробці харчових продуктів і смакових речовин відносяться до II – V класів, зокрема:

- ☐ II класу – бойні (великої та дрібної рогатої худоби), м'ясокомбінати;
- ☐ III класу – бурякоцукрові підприємства, бойні дрібних тварин і птахів;
- ☐ IV класу – млини, комбикормові заводи, бурякоцукрові заводи без жомосховища, підприємства по переробці овочів, виробництва крохмалю;

					00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив		Ковтун Р.М.			Проект системи теплопостачання житл ⁶⁴ во-промислового району №1 в місті Суми	Літ.	Арк.
Перевірів		Недбайло О.М.					2
Реценз.							106
Н. Контр.						НУХТ. Каф. ТЕХТ зр. ТЕ-4-5	
Затверд.		Петренко В.П.					

V класу – кондитерські фабрики, олійницькі підприємства, консервні заводи, овочесховища, молочні та маслоробні заводи, хлібозаводи, холодильники місткістю понад 600 т, заводи фруктових та овочевих соків і безалкогольних напоїв.

3.2. Санітарно-захисні зони підприємств

Санітарно-захисні зони (далі – СЗЗ) створюються навколо об'єктів, які є джерелами забруднення навколишнього середовища хімічними, фізичними та біологічними чинниками, з метою відокремлення таких об'єктів від територій житлової забудови. У межах СЗЗ забороняється будівництво житлових об'єктів, об'єктів соціальної інфраструктури та інших об'єктів, пов'язаних з постійним перебуванням людей.

СЗЗ встановлюється від джерел шкідливості до межі:

- житлової забудови;
- ділянок громадських установ, будинків і споруд, в тому числі дитячих, навчальних, лікувально-профілактичних установ, установ соціального забезпечення, спортивних, оздоровлювальних та фізкультурно-спортивних споруд тощо.
- територій парків, садів, скверів та інших об'єктів зеленого будівництва загального користування, місць відпочинку, садівницьких товариств та інших прирівняних до них об'єктів.

СЗЗ встановлюється від джерел забруднення атмосферного повітря шкідливими речовинами, шуму, ультразвуку, вібрації, статичної електрики, електромагнітних та іонізуючих випромінювань, інших шкідливих чинників, а для санітарно-технічних споруд, установок комунального призначення, сільськогосподарських підприємств та об'єктів – від межі об'єкта.

На зовнішній межі СЗЗ значення шкідливих чинників не повинні перевищувати їх гігієнічні нормативи (ГДК, ГДР), на межі курортно-рекреаційної зони – 0,8 від значення нормативу.

Розробив					65 00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ	Арк.
Перевірив						65
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ширина СЗЗ повинна становити для підприємств І класу 1000 м, II – 500 м, III – 300 м, IV – 100 м, V – 50 м. Для деяких підприємств та виробництв її збільшують до 1500 і 3000 м.

Для *сільськогосподарських підприємств* ширина СЗЗ повинна становити, м:

- ☐ теплиць та парників на біологічному обігріванні – 100 або 300;
- ☐ польових станів тракторно-рілних бригад, стаціонарних зерноочисних та сушільних пунктів – 100;
- ☐ тваринницьких комплексів, ферм і фабрик – від 15 до 2000;
- ☐ підприємств по переробці та зберіганню сільськогосподарської продукції, виробничо-технічному обслуговуванню сільськогосподарських підприємств – від 50 до 300;
- ☐ складів та овочесховищ – від 50 до 300;
- ☐ складів зберігання пестицидів і мінеральних добрив – від 200 до 1000.

Мінімальна площа озеленення СЗЗ за її ширини до 300 м повинна складати 60 %, від 300 до 1000 м – 50 %, понад 1000 м – 40 %.

3.3. Вимоги до організації території підприємства

Виробнича територія включає промислову (промислові підприємства і пов'язані з ними об'єкти), комунально-складську (бази, склади, гаражі тощо), науково-виробничу (комплекси наукових установ з дослідними виробництвами) зони, підприємства по виробництву та переробці сільськогосподарської продукції, споруди зовнішнього транспорту та міської вуличнодорожньої мережі, санітарно-захисні зони.

Територія підприємства поділяється на зони:

- ☐ передзаводську;
- ☐ виробничу;
- ☐ підсобну;
- ☐ складську.
- ☐

Розробив					66 00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ	Арк.
Перевірив						66
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основні вимоги до організації території підприємства:

1. Промислові підприємства та пов'язані з ними відвали, відходи та очисні споруди слід розміщувати на землях несільськогосподарського призначення.
2. Не допускається розташування підприємств:
 - у першому поясі зони санітарної охорони поверхневих і підземних джерел водопостачання;
 - у першій зоні округу санітарної охорони курортів;
 - у зелених зонах міст – землях за межами міської зони, зайнятих лісами, лісопарками та іншими озелениними насадженнями;
 - на землях заповідників і їх охоронних зон;
 - в зонах охорони пам'ятників історії і культури без дозволу відповідних органів;
 - у зонах активного карсту, зсувів, селевих потоків тощо;
 - на забруднених органічними та радіоактивними відходами ділянках;
 - у зонах можливого катастрофічного затоплення в результаті руйнування гребель або дамб.
3. Розташування підприємств у прибережних захисних смугах допускається тільки у разі необхідності безпосереднього примикання майданчика підприємства до водойм.
4. Промислові підприємства потрібно розташовувати на підвищених ділянках рельєфу з добрим природним провітрюванням, з підвітряного боку відносно сельбищної території.
5. Між промисловою та сельбищною територією повинна бути СЗЗ.
6. Окремі будинки та споруди потрібно розміщувати так, щоб у місцях забору повітря системами вентиляції вміст шкідливих речовин у зовнішньому повітрі не перевищував 30 % ГДК для робочої зони виробничих приміщень.

Розробив					67 00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ	Арк.
Перевірив						67
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7. Між будинками і спорудами повинні витримуватися протипожежні відстані з урахуванням ступеня їх вогнестійкості та категорії з вибухопожежної небезпеки.

8. Орієнтація будинків відносно сторін світу повинна забезпечувати оптимальне природне освітлення.

9. Склади легкозаймистих і горючих нафтопродуктів, скраплених газів, отруйних речовин, будинки та споруди з

Територія для розміщення житлового фонду, громадських будівель та споруд, установ соціального, культурного та побутового призначення, внутрішньої вулично-дорожньої та транспортної мереж, зелених насаджень та місць громадського користування, окремих комунальних та промислових об'єктів.

технологічними процесами, при яких в атмосферу виділяються шкідливі речовини, не рекомендовано розміщувати з навітряного боку для переважаючого напрямку вітрів відносно інших виробничих будинків і споруд.

10. Площа озелененої території повинна складати не менше 10 – 15 % загальної площі підприємства.

11. На території підприємства повинні влаштовуватися упорядковані майданчики для відпочинку та спортивних вправ з навітряного боку відносно будинків зі шкідливими виробництвами із розрахунку 1 м² на одного працюючого в найбільш численній зміні.

3.4. Вимоги до виробничих, адміністративних і побутових будинків

Будинки підприємств поділяються на виробничі, адміністративні, побутові і складські.

Виробничі будинки – будинки цехів і споруди, у яких виробляють продукцію.

Основні вимоги до виробничих будинків:

Розробив					68 00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ	Арк.
Перевірив						68
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. На одного працівника об'єм виробничих приміщень повинен становити не менше 15 м³, площа – не менше 4,5 м².
2. Ширина основних проходів всередині цехів та діляниць повинна бути не менше 1,5 м, а ширина проїздів – 2,5 м.
3. Ширина виходів з приміщень має бути не менше 1 м, висота – не менше 2,2 м.
4. Висота одноповерхових будівель повинна бути не менше 3 м, поверху багатоповерхових будівель – не менше 3,3 м, виробничих приміщень – не менше 2,2 м.
5. Двері та ворота, що ведуть безпосередньо надвір, повинні бути обладнаними тамбурами або повітряними (тепловими) завісами.
6. При розміщенні в одному будинку виробничих приміщень, до яких ставляться різні санітарно-гігієнічні вимоги та вимоги пожежної безпеки, їх необхідно ізолювати одне від одного.
7. Приміщення для виробництв з надлишками тепла, із значними виділеннями шкідливих речовин потрібно, як правило, розміщувати біля зовнішніх стін будинків і споруд, у їх верхній частині.
8. Приміщення, де розташоване електрощитове, вентиляційне, компресорне та інші види обладнання підвищеної небезпеки, повинні бути постійно зачиненими на ключ.
9. До устаткування, що має електропривод, повинен бути вільний підхід з усіх сторін шириною не менше 1 м з боку робочої зони і 0,6 м – неробочої.
10. У виробничих приміщеннях необхідно застосовувати попереджувальне пофарбування будівельних конструкцій та знаки безпеки.
11. Підлоги виробничих приміщень повинні бути зносостійкими, теплими, неслизькими, легко очищуватись.
12. Стіни виробничих приміщень повинні відповідати вимогам шумо- і теплозахисту, підлягати легкому прибиранню.
13. Галереї, містки, сходи та майданчики повинні бути завширшки не менше 1 м, обладнані поручнями висотою 1 м і внизу мати бортики висотою 0,2 м.

Розробив				69	00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ	Арк.
Перевірив						69
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Адміністративні будинки – будинки, у яких розміщуються приміщення управління, конструкторських бюро, інформаційно-технічного призначення, копіювально-розмножувальних служб, обчислювальної техніки, охорони праці, для навчальних занять.

Побутові будинки – будинки обслуговування працюючих, в яких розміщуються приміщення:

- *санітарно-побутові* (гардеробні, душові, умивальні, туалети, приміщення для куріння, місця для розміщення напівдушів, пристроїв питного водопостачання, приміщення для обігрівання або охолодження, обробки, зберігання і видачі спецодягу);
- *охорони здоров'я* (оздоровчі пункти, медпункти, приміщення особистої гігієни жінок, для відпочинку в робочий час і психологічного розвантаження, парильні (сауни) тощо;
- *харчування* (кімнати для приймання їжі, їдальні, роздавальні, їдальні).

Основні вимоги до адміністративних і побутових будинків:

1. Висота приміщень від підлоги до стелі повинна бути не менше 2,5 м (в кліматичній зоні IVB – не менше 2,7 м), висота залів зборів, їдалень і адміністративних приміщень місткістю більше 50 осіб – не менше 3 м.
2. Висота коридорів від підлоги до низу виступних конструкцій перекриттів, обладнання і комунікацій повинна бути не менше 2,2 м.
3. У вбудованих приміщеннях виробничих будинків допускається розміщувати туалети, приміщення для відпочинку, обігрівання або охолодження, особистої гігієни жінок, пристрої питного водопостачання, умивальні, напівдуші, приміщення для майстрів та іншого персоналу.
4. Сполучення між опалюваними виробничими будинками з чисельністю працюючих понад 30 осіб та окремо розташованими побутовими будинками повинно здійснюватися через опалювані переходи.
5. Площа приміщень на одного працівника управління повинна становити не менше 6 м², а на одного працівника конструкторського бюро – не менше 7,65 м².

Розробив				70	00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ	Арк.
Перевірив						70
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6. Зали нарад слід передбачати за кількості інженернотехнічних працівників 300 осіб і більше із розрахунку на 30 % працюючих при площі не менше 0,9 м² на одне місце в залі; за кількості працівників до 300 осіб для проведення нарад допускається використовувати кабінет одного з керівників підприємства площею із розрахунку 0,8 м² на одне місце.

7. Площа кабінетів охорони праці повинна становити від 24 м² за чисельності працюючих на підприємстві менше 1000 осіб до 200 м² – понад 20000 осіб.

8. Відстань від робочих місць у виробничих будинках до туалетів, приміщень для куріння, для обігрівання або охолодження, пристроїв питного водопостачання повинна становити не більше 50 м (для інвалідів – не більше 25 м), від робочих місць на майданчику підприємства – не більше 150 м.

9. Нормативи забезпечення санітарно-побутовими приміщеннями встановлюються залежно від кількості працюючих у найбільш численну зміну та групи виробничих процесів за санітарною характеристикою:

1 – процеси, що викликають забруднення рук, тіла, спецодягу речовинами 3-го та 4-го класів небезпеки;

2 – процеси, що протікають при надлишках явного тепла або за несприятливих метеорологічних умов;

3 – процеси, які викликають забруднення рук, тіла, спецодягу речовинами 1-го та 2-го класів небезпеки, а також речовинами зі стійким запахом;

4 – процеси, що вимагають особливих умов дотримання чистоти або стерильності при виготовленні продукції (пов'язані з переробкою харчових продуктів, виробництвом стерильних матеріалів тощо).

10. На підприємствах з чисельністю працюючих більше 300 осіб повинні передбачатися розміщені на першому поверсі фельдшерські оздоровчі пункти, до складу яких входять вестибюль-очікувальна з роздягальною і реєстратурою, кабінети для прийому хворих, фізіотерапії, стоматолога, гінеколога, процедурні, туалет з умивальником, комора лікарських форм і медичного обладнання.

Розробив					71 00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ	Арк.
Перевірив						71
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Допускається, за узгодженням із місцевими органами охорони здоров'я, замість фельдшерських передбачати лікарські оздоровчі пункти.

11. На підприємствах з чисельністю працюючих від 50 до 300 працюючих повинен бути передбачений медичний пункт площею 12 м² при чисельності від 50 до 150 працюючих та 18м² – понад 150 до 300 працюючих.

12. При чисельності працюючих у зміну до 200 осіб на підприємстві повинна передбачатися їдальня-роздавальна (при чисельності менше 30 осіб допускається кімната для приймання їжі), більше 200 осіб – їдальня.

3.5. Вимоги до виробничого обладнання та робочих місць

До **виробничого обладнання** ставляться такі **основні ергономічні вимоги**:

1. Спеціальні технічні санітарно-технічні засоби, що входять до складу виробничого обладнання (огороження, екрани, вентилятори тощо), не повинні ускладнювати виконання трудових дій.

2. Конструкція виробничого обладнання повинна забезпечувати зручність виконання трудових дій з використанням засобів індивідуального захисту.

3. Конструкція виробничого обладнання повинна забезпечувати оптимальний розподіл функцій між ним і людиною для зниження важкості та напруженості праці.

4. Конструкція елементів виробничого обладнання, з якими людина має контакт, повинна відповідати її антропометричним властивостям.

5. Конструкція виробничого обладнання повинна забезпечувати фізичне навантаження, за якого енерговитрати організму протягом робочої зміни не перевищували б 250 ккал/год. (1046,7 кДж/год.).

6. Конструкція виробничого обладнання повинна забезпечувати виключення монотонності праці та безперервного пасивного спостереження за ходом технологічного процесу.

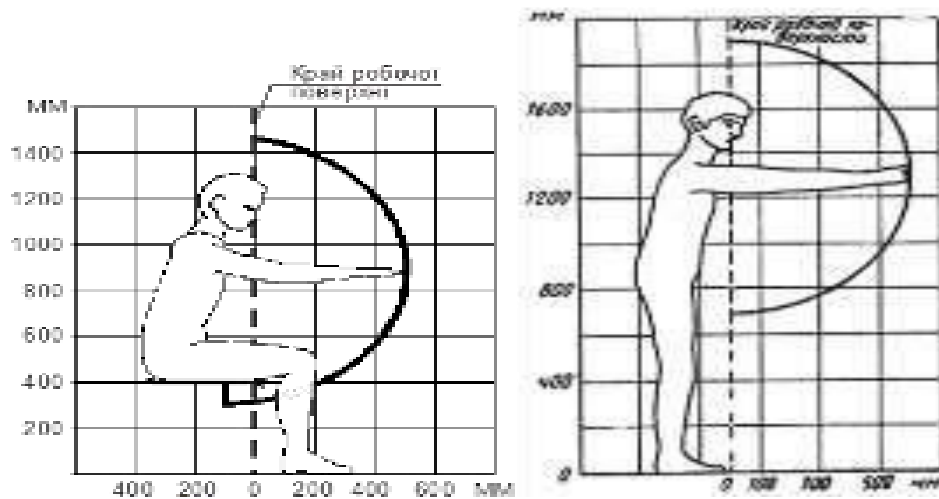
7. Виробниче обладнання повинно відповідати вимогам технічної естетики.

Розробив					72 00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ	Арк.
Перевірив						72
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

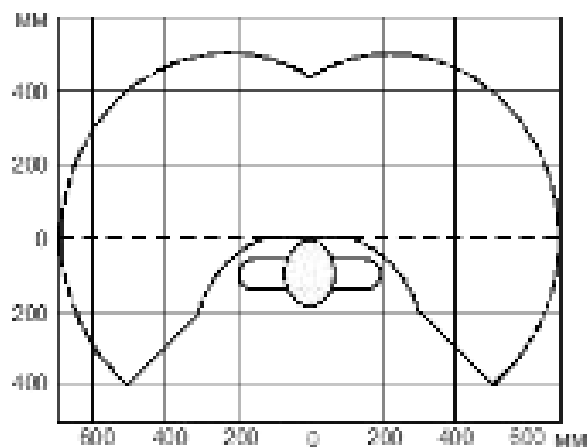
Робоче місце – місце постійного або тимчасового перебування працівника під час його трудової діяльності. **Основні ергономічні вимоги до робочого місця:**

1. Рівні або концентрації небезпечних і шкідливих виробничих чинників на робочому місці не повинні перевищувати ГДР (ГДК), в іншому випадку робоче місце повинно бути оснащено засобами захисту, пожежогасіння і рятувальними.
2. Розташування і компоновка робочих місць повинні забезпечувати можливість швидкої евакуації.
3. Можливі небезпеки та способи їх попередження повинні позначатися кольорами та знаками безпеки.
4. Робоче місце та його елементи повинні забезпечувати безпечне і зручне технічне обслуговування і чищення.
5. Конструкція робочого місця та взаємне розташування сидіння, органів керування, засобів відображення інформації та інших його елементів повинні відповідати антропометричним, фізіологічним і психологічним вимогам, а також характеру виконуваної роботи.
6. Повинно бути забезпечено виконання трудових операцій у межах зони досяжності моторного поля (рис. 3.1).
7. Органи керування на робочій поверхні в горизонтальній площині залежно від частоти використання та важливості потрібно розміщувати в зонах досяжності моторного поля, легкої досяжності моторного поля або оптимальній зоні.
8. Роботі сидячи слід віддавати перевагу щодо роботи стоячи або забезпечити можливість чергування обох положень.
9. Організація робочого місця повинна забезпечувати стійке положення та свободу рухів працюючого, безпеку виконання трудових операцій.

Розробив					73 00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ	Арк.
Перевірив						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73



а)



б)

Рис 3.1. Зона досяжності моторного поля у вертикальній (а) і горизонтальній (б) площині

7. Конструкція виробничого устаткування й робочого місця при роботі сидячи повинна забезпечувати оптимальне положення тіла працюючого за рахунок регулювання висоти робочої поверхні, сидіння й простору для ніг.

8. Конструкція устаткування та організація робочого місця при роботі стоячи повинні забезпечувати пряме і вільне положення тіла працюючого або його нахил вперед не більше ніж на 15° за рахунок регулювання висоти робочої поверхні або підставки для ніг.

9. Органи керування повинні розміщуватися таким чином, щоб не виникало перехрещування рук.

Розробив				74	00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ	Арк.
Перевірив						74
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10. Засоби відображення інформації, які вимагають точного й швидкого зчитування показань і дуже часто використовуються, повинні розміщуватися у вертикальній площині під кутом $\pm 15^\circ$ від нормальної лінії погляду та вертикальної площини.

11. Для засобів, які що вимагають менш точного й швидкого зчитування показань і часто використовуються, допускається розміщення під кутом $\pm 30^\circ$, а тих, що рідко використовуються, – $\pm 60^\circ$.

12. Аварійні органи керування потрібно розташовувати в межах зони досяжності моторного поля, при цьому необхідно передбачити спеціальні засоби впізнавання та запобігання їх несанкціонованому вмиканню.

13. Кольорове виконання робочого місця повинно відповідати вимогам технічної естетики.

3.6. Загальні вимоги безпеки до виробничого обладнання і технологічних процесів

Безпечність виробничого обладнання – властивість відповідати вимогам безпеки праці під час монтажу (демонтажу) і експлуатації в умовах, установлених нормативною документацією.

Загальні вимоги безпеки до виробничого обладнання:

- складові частини виробничого обладнання не повинні випадково пошкоджуватися;
- рухомі частини обладнання, які являють собою небезпеку, необхідно огорожувати, за винятком тих частин, огороження яких не допускається з огляду на їх функціональне призначення;
- елементи обладнання, з якими може контактувати людина, не повинні мати гострих країв, кутів, а також нерівних, гарячих чи переохолоджених поверхонь;
- виділення та поглинання обладнанням тепла, а також виділення ним шкідливих речовин і вологи не повинні перевищувати гранично допустимих рівнів (концентрацій) у межах робочої зони;

Розробив					75 00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ	Арк.
Перевірив						75
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- у процесі експлуатації обладнання не повинно забруднювати навколишнє середовище шкідливими речовинами вище встановлених норм та створювати небезпеку вибуху чи пожежі;
- конструкція обладнання повинна забезпечувати усунення або зниження до регламентованих рівнів шуму, ультразвуку, інфразвуку, вібрації та різноманітних випромінювань, захист людини від ураження електричним струмом, а також запобігати накопиченню зарядів статичної електрики в небезпечних кількостях;
- всі робочі органи, а також пристрої, які використовуються для захоплення, затискування та підймання заготовок, деталей, виробів тощо, повинні оснащуватись спеціальними захисними пристосуваннями;
- засоби захисту, що входять в конструкцію виробничого обладнання, повинні забезпечувати можливість контролю їх функціонування, виконувати своє призначення безперервно в процесі роботи, діяти до повної нормалізації відповідного небезпечного чи шкідливого чинника, що спричинив спрацювання захисту, зберігати функціонування при виході із ладу інших засобів захисту;
- самочинне вмикання приводів робочих органів у разі відновлення енергопостачання повинно бути унеможливлене;
- обладнання повинно бути оснащене засобами сигналізації про порушення нормального режиму роботи, а в необхідних випадках (аваріях, небезпечних пошкодженнях і режимах, близьких до небезпечних) – засобами автоматичної зупинки, гальмування та вимкнення від джерел енергії;
- технічні характеристики та параметри обладнання повинні відповідати антропометричним, фізіологічним, психофізіологічним та психологічним можливостям людини;
- робочі місця та їх елементи, що входять у конструкцію обладнання, повинні забезпечувати зручність та безпеку працівникам.

Безпечність технологічного процесу – властивість виробничого процесу відповідати вимогам безпеки праці під час проведення його в умовах, установлених нормативною документацією.

Розробив					76 00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ	Арк.
Перевірив						76
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Загальні вимоги безпеки до технологічних процесів:

- усунення безпосереднього контакту працюючих з вихідними матеріалами, заготовками, напівфабрикатами, готовою продукцією та відходами виробництва, що є вірогідними чинниками небезпек;
- заміна технологічних процесів та операцій, що пов'язані з виникненням небезпечних та шкідливих виробничих чинників, процесами і операціями, за яких зазначені чинники відсутні або характеризуються меншою інтенсивністю;
- комплексна механізація та автоматизація виробництва, застосування дистанційного керування технологічними процесами і операціями при наявності небезпечних та шкідливих виробничих чинників;
- герметизація обладнання;
- застосування засобів колективного захисту працюючих;
- раціональна організація праці та відпочинку з метою профілактики монотонності й гіподинамії, а також обмеження важкості праці;
- своєчасне отримання інформації про виникнення небезпечних та шкідливих виробничих чинників на окремих технологічних операціях (системи отримання інформації про виникнення небезпечних та шкідливих виробничих чинників необхідно виконувати за принципом пристроїв автоматичної дії з виводом на системи попереджувальної сигналізації);
- впровадження систем контролю та керування технологічним процесом, що забезпечують захист працюючих та аварійне відключення виробничого обладнання;
- своєчасне видалення і знешкодження відходів виробництва, що є джерелами небезпечних та шкідливих виробничих чинників;
- забезпечення пожежної й вибухової безпеки;
- запобігання забрудненню навколишнього середовища викидами шкідливих та небезпечних речовин.

Розробив					77 00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ	Арк.
Перевірив						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

3.7. Безпека під час експлуатації посудин, що працюють під тиском

До *посудин, що працюють під тиском*, відносяться:

- 1) посудини, що працюють під тиском води з температурою вище 115°C або іншої рідини з температурою, що перевищує температуру кипіння при тиску 0,07 МПа, без урахування гідростатичного тиску;
- 2) посудини, які працюють під тиском пари або газу, вищим за 0,07 МПа;
- 3) балони, призначені для транспортування і збереження зріджених, стиснутих і розчинених газів під тиском, вищим за 0,07 МПа;
- 4) цистерни та бочки для транспортування і збереження зріджених газів, тиск пари яких при температурі до 50 °C перевищує 0,07 МПа;
- 5) цистерни і посудини для транспортування і збереження зріджених, стиснутих газів, рідин і сипких тіл, в яких тиск вище 0,07 МПа утворюється періодично для їх випорожнення; 6) барокамери.

Основні вимоги безпеки під час експлуатації посудин, що працюють під тиском:

1. Посудини повинні бути надійними, довговічними і безпечними протягом всього строку служби, придатними для проведення технічного огляду, цілковитого випорожнення, очищення з внутрішнього та зовнішнього боку, ремонту, контролю металу та з'єднань.
2. Для кожної посудини має бути встановлений розрахунковий строк служби.
3. На кожній посудині повинен бути пристрій (вентиль, кран або інший), що дозволяє здійснювати контроль за відсутністю тиску в посудині перед його відкриванням.
4. Посудини повинні мати пристрої для запобігання їх самоперекиданню в процесі експлуатації.
5. Виготовлення, реконструкцію, монтаж, налагодження і ремонт посудин повинні виконувати спеціалізовані підприємства.
6. Зварні з'єднання повинні підлягати радіографічному контролю, ультразвуковій дефектоскопії та механічним випробуванням.

Розробив					78 00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ	Арк.
Перевірив						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

7. Усі посудини після їх виготовлення підлягають гідравлічному випробуванню.
8. На кожній посудині повинна бути прикріплена табличка з нанесеними товарним знаком або назвою підприємства-виготовлювача, назвою або позначенням посудини, її порядковим номером, роком виготовлення, робочим, розрахунковим і пробним тиском, допустимими максимальною і мінімальною робочою температурою стінки, масою посудини.
9. Посудини для керування роботою та забезпечення нормальних умов експлуатації повинні бути оснащені:
- запірною або запірно-регулювальною арматурою;
 - приладами для вимірювання тиску;
 - приладами для вимірювання температури;
 - запобіжними пристроями (пружинними та важільновантажними запобіжними клапанами, імпульсними запобіжними пристроями, запобіжними пристроями з руйнівними мембранами та іншими);
 - показчиками рівня рідини.
10. Посудини повинні встановлюватись на відкритих майданчиках, що виключають скупчення людей, або в окремо розташованих будинках. Допускається встановлення посудин:
- у приміщеннях, що прилягають до виробничих будинків, якщо вони відокремлені капітальною стіною;
 - із заглибленням у ґрунт за умови забезпечення доступу до арматури і захисту стінок посудини від корозії під дією ґрунту.
11. Встановлювати посудини в житлових, громадських і побутових будинках, а також у прилеглих до них приміщеннях не дозволяється.
12. Для зручності обслуговування посудин мають бути зроблені майданчики і сходи.
13. Посудини повинні бути зареєстровані в регіональному експертно-технічному центрі Держпраці.
14. Посудини підлягають технічному опосвідченню до пуску в роботу, періодично в процесі експлуатації і, в необхідних випадках, позачерговому.

Розробив					79 00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ	Арк.
Перевірив						79
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

15. Для забезпечення утримання посудин у справному стані і безпечних умов їх роботи власник зобов'язаний:

□ призначити із числа інженерно-технічних працівників, які пройшли перевірку знань Правил будови і безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском, відповідальних за стан і безпечну роботу посудин, а також відповідальних по нагляду за технічним станом та експлуатацією посудин;

□ призначити необхідну кількість осіб обслуговуючого персоналу, які мають посвідчення на право обслуговування посудин (повнолітні, які пройшли медичне обстеження, навчання і перевірку знань за відповідною програмою).

Перед початком робіт повинні бути перевірені справність вантажозахоплювальних пристроїв, стійкість вантажу, відсутність предметів, які перешкоджають переміщенню вантажів.

2. Небезпечні зони та відповідне обладнання повинні бути позначені знаками безпеки.

3. Місця проведення робіт повинні бути рівними, мати тверде покриття та ухил не більше 5°.

4. У місцях проведення робіт у разі потреби повинна наноситись розмітка з позначенням проходів, майданчиків складування за видами вантажів.

5. Мінімальна освітленість місць проведення робіт при немеханізованому навантаженні (розвантаженні) вантажів – 2 лк, за допомогою вантажопідіймальних машин – 10 лк.

6. При проведенні робіт відстань між транспортними засобами повинна бути не менше ніж 1 м, між будинком і транспортним засобом з вантажем – не менше ніж 0,8 м.

7. Ширина під'їзних колій до майданчиків повинна бути не менше ніж 6,2 м при однобічному русі. Під'їзні колії повинні бути очищені від льоду і снігу, посипані піском.

8. Не допускаються роботи на вантажопідіймальній машині (крані, перевантажувачі кранового типу) при швидкості вітру, що перевищує

Розробив					80 00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ	Арк.
Перевірив						80
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зазначене в паспорті машини значення, а також у грозу, сильний снігопад, туман, дощ, при температурі повітря нижче допустимої.

9. На підйимально-транспортному обладнанні повинна бути позначена їх гранична вантажопідймальність.

10. Під час підймання маса вантажу не повинна перевищувати вантажопідймальність крана.

11. При переміщенні вантажу підйимально-транспортним устаткуванням забороняється перебування працівників на вантажі та під вантажем, а також у зоні його можливого падіння.

12. Вантаж, вантажозахоплювальні пристрої та механізми не повинні залишатися в піднятому положенні після закінчення робіт та у перерві між ними.

13. Вибухо- і пожежонебезпечні складські приміщення необхідно облаштовувати в одноповерхових будинках із відповідним ступенем вогнестійкості окремо від інших будинків.

14. Складські приміщення, призначені для вантажів, при зберіганні яких можливе виділення шкідливих речовин, повинні бути обладнанні припливно-витяжною вентиляцією.

15. Максимальна швидкість руху підйимальнотранспортних засобів у виробничих приміщеннях під час переміщення вантажу не повинна перевищувати 5 км/год.

16. У разі відсутності вентиляції в закритих складських приміщеннях підйимально-транспортне обладнання із двигунами внутрішнього згорання повинне бути оснащено вихлопними трубами для відводу газів назовні.

17. У вибухонебезпечних приміщеннях необхідно застосовувати електронавантажувачі у вибухозахисному виконанні.

18. При виконанні вантажно-розвантажувальних робіт вручну дозволяється підйом і переміщення вантажів:

□ жінкам до 2 разів на годину із чергуванням з іншою роботою масою 10 кг, постійно протягом робочого дня – до 7 кг;

Розробив					81 00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ	Арк.
Перевірив						81
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

☐ чоловікам постійно протягом робочого дня – до 30 кг.

21. Сумарна маса вантажу, що переміщується, не повинна перевищувати для жінок: з робочої поверхні – 350 кг, з підлоги - 175 кг протягом кожної години робочої зміни.

22. Піднімання вантажу масою більше 50 кг необхідно виконувати не менше ніж двома працівниками.

23. При виникненні небезпечних і шкідливих виробничих чинників роботи повинні бути припинені.

Пожежна безпека – відсутність неприпустимого ризику виникнення і розвитку пожеж та пов'язаної з ними можливості завдання шкоди живим істотам, матеріальним цінностям і довкіллю. Забезпечення пожежної безпеки суб'єктів господарювання покладається на їх власників і керівників.

Основні вимоги концепції забезпечення пожежної безпеки об'єктів – у разі виникнення пожежі повинні:

- ☐ зберігатись несуча здатність будівельних конструкцій протягом певного проміжку часу;
- ☐ бути обмеженими поява і поширення вогню та диму всередині будівельного об'єкта;
- ☐ бути обмеженим поширення пожежі на сусідні будівельні об'єкти;
- ☐ забезпечуватись можливістю евакуації та рятування людей з об'єкта;
- ☐ враховуватись безпека пожежно-рятувальних підрозділів.

Основою концепції забезпечення пожежної безпеки є зведення до мінімуму випадків виникнення пожеж (запобігання пожежі).

3.8. Система забезпечення пожежної безпеки

Система забезпечення пожежної безпеки – сукупність організаційних заходів і технічних засобів, призначених для запобігання пожежі та захисту від пожежі.

Система запобігання пожежі – комплекс організаційних і технічних заходів, спрямованих на створення умов, за яких імовірність виникання і (або)

Розробив					82 00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ	Арк.
Перевірив						82
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розвитку пожежі не перевищує унормоване допустиме значення. Виділяють заходи щодо запобігання утворенню горючого середовища та виникненню в горючому середовищі джерела запалювання.

Основні заходи щодо запобігання утворенню горючого середовища:

- 1) обмеження кількості вибухо- та пожежонебезпечних речовин при використанні та зберіганні, правильне їх розміщення;
- 2) заміна в технологічних процесах горючих речовин і матеріалів негорючими;
- 3) ізоляція вибухо- та пожежонебезпечного середовища;
- 4) застосування герметичного виробничого устаткування;
- 5) організація контролю за складом повітря в приміщенні та станом середовища в устаткуванні;
- 6) відведення горючих речовин в спеціальні пристрої та безпечні місця;
- 7) застосування в установках з горючими речовинами пристроїв захисту від пошкоджень та аварій;
- 8) застосування робочої та аварійної вентиляції.

Основні заходи щодо запобігання виникненню в горючому середовищі джерела запалювання:

- 1) використання устаткування, при роботі якого не виникає джерел запалювання;
- 2) використання електроустаткування, що відповідає класу пожежо- та вибухонебезпеки приміщень та зон;
- 3) використання устаткування, що задовольняє вимоги електростатичної безпеки;
- 4) улаштування блискавкозахисту;
- 5) заземлення устаткування;
- 6) використання засобів захисного вимкнення устаткування та систем;
- 7) дотримання вимог щодо сумісного зберігання речовин і матеріалів;
- 8) усунення умов для самозаймання речовин і матеріалів;

Розробив					83 00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ	Арк.
Перевірив						83
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9) підтримання температури нагрівання поверхні устаткування, речовин і матеріалів, які можуть контактувати з горючим середовищем, не вище гранично допустимої (80 % температури самозаймання).

Система захисту від пожежі – сукупність організаційних заходів і технічних засобів, спрямованих на запобігання впливу на людей небезпечних чинників пожежі та обмеження матеріальних збитків від неї. Основні напрями захисту від пожежі:

- ☐ обмеження поширення пожежі в будинках і між ними;
- ☐ забезпечення безпечної евакуації людей;
- ☐ створення умов для гасіння пожежі та проведення пожежно-рятувальних робіт.

Обмеження поширення пожежі в будинках досягається:

- ☐ створенням перешкод поширенню небезпечних чинників пожежі за рахунок встановлення протипожежних перешкод (стін, перекриттів тощо);
- ☐ застосуванням будівельних матеріалів і конструкцій, у тому числі оздоблень й облицювань, нижчої пожежної безпеки;
- ☐ зменшенням вибухопожежної та пожежної безпеки технологічного процесу, використанням засобів, що перешкоджають розливанню та розтіканню горючих рідин під час пожежі;
- ☐ застосуванням первинних засобів пожежогасіння (вогнегасників, ящиків з піском, бочок з водою, протипожежних покривал, пожежних відер, совкових лопат, гаків, ломів, сокир) та автоматичних систем пожежогасіння;
- ☐ застосуванням систем димо- і тепловидалення;
- ☐ встановленням протидимових перешкод;
- ☐ влаштуванням вогнестійких вентиляційних повітропроводів, протипожежних клапанів;
- ☐ застосуванням систем підпору повітря для обмеження проходження диму між зонами будівельного об'єкта.

Для обмеження поширення пожежі між будинками потрібно:

Розробив					84 00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ	Арк.
Перевірив						84
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- ☐ розміщувати вибухопожежонебезпечні виробничі та складські будинки, зовнішні установки, склади горючих рідин.
- ☐ встановлювати протипожежні розриви між будинками, зовнішніми установками, відкритими майданчиками для зберігання пожежонебезпечних речовин і матеріалів;
- ☐ обмежувати розміри незахищених поверхонь (вікон та ін.);
- ☐ знижувати пожежну небезпеку (горючість, займистість, поширення полум'я поверхнею, димоутворювальну здатність та токсичність продуктів горіння) будівельних матеріалів, що використовуються в зовнішніх огорожувальних конструкціях, у покриттях, для оздоблення та облицювання фасадів;
- ☐ створювати перешкоди поширенню пожежі між будинками.

Для забезпечення безпечної евакуації людей провадять заходи щодо:

- ☐ створення умов для своєчасного та безперешкодного доступу до об'єкта пожежно-рятувальних підрозділів у разі виникнення пожежі;
- ☐ захисту людей на шляхах евакуації від дії небезпечних чинників пожежі.

Заходи забезпечуються комплексом об'ємно-планувальних, конструктивних, інженерно-технічних рішень з урахуванням призначення, категорії за вибухопожежною та пожежною небезпекою, ступеня вогнестійкості та висоти (поверховості) будинку, кількості людей, що евакуюються:

- ☐ проектуванням і прокладанням шляхів евакуації та евакуаційних виходів відповідно до нормативних вимог;
- ☐ облаштування шляхів евакуації аварійним освітленням, позначенням евакуаційних виходів, аварійними затворами на дверях.

Розробив					85 00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ	Арк.
Перевірив						85
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. ПРИЗНАЧЕННЯ ТА КЛАСИФІКАЦІЯ ДЖЕРЕЛ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

4.1. Сучасні централізовані системи теплопостачання

Централізована система теплопостачання складається з наступних основних елементів: джерела тепла, теплових мереж і місцевих систем споживання — систем опалення, вентиляції і гарячого водопостачання.

Для централізованого теплопостачання використовуються два типи джерел тепла: теплоелектроцентралі (ТЕЦ) і районні котельні (РК). На ТЕЦ здійснюється комбіноване вироблення тепла і електроенергії, що забезпечує істотне зниження питомих витрат палива при отриманні електроенергії. При цьому спочатку тепло робочого тіла — водяної пари — використовується для отримання електроенергії при розширенні пари в турбінах, а потім тепло відпрацьованої пари, що залишилося, використовується для нагріву води в теплообмінниках, які складають устаткування теплофікації ТЕЦ. Гаряча вода застосовується для теплопостачання. Таким чином, на ТЕЦ тепло високого потенціалу використовується для вироблення електроенергії, а тепло низького потенціалу — для теплопостачання. У цьому полягає енергетичний сенс комбінованого вироблення тепла і електроенергії. При роздільному їх виробленні електроенергію отримують на конденсаційних станціях (КЕС), а тепло — в котельнях. У конденсаторах парових турбін на КЕС підтримується глибокий вакуум, якому відповідають низькі температури (15÷20°С), і воду охолодження не використовують. В результаті на теплопостачання витрачають додаткове паливо. Отже, роздільне вироблення економічно менш вигідне, чим комбіноване. Переваги теплофікації і централізованого теплопостачання найяскравіше виявляються при концентрації теплових навантажень, які характерні для сучасних міст, що розвиваються.

					00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Проект системи теплопостачання житлово-промислового району №1 в місті Суми			Літ.	Арк.	Архувів	
Розробив		Ковтун Р.М.									
Перевірів		Недбайло О.М.							86	106	
Реценз.								НУХТ. Каф. ТЕХТ гр. ТЕ-4-5			
Н. Контр.											
Затверд.		Петренко В.П.									

Слід враховувати, що при теплофікації капітальні вкладення в ТЕЦ і теплові мережі виявляються більше, ніж в КЕС і централізованих системах теплопостачання від РК, тому ТЕЦ економічно доцільно споруджувати лише при великих теплових навантаженнях. Для європейської частини при існуючих вартостях теплофікація економічно доцільна при теплових навантаженнях більше 400 Гкал/г. Іншим джерелом теплопостачання є РК. Теплова потужність сучасних РК складає 150÷200 Гкал/г. Така концентрація теплових навантажень дозволяє використовувати крупні агрегати, сучасне технічне оснащення котельних, що забезпечує високі ККД використання палива. Як теплоносій для теплопостачання міст використовують гарячу воду, а для теплопостачання промислових підприємств — водяну пару. Теплоносій від джерел тепла транспортують по теплопроводам. Гаряча вода поступає до споживачів по подавальним теплопроводам, віддає в теплообмінниках своє тепло і після охолодження повертається по зворотних теплопроводах до джерела тепла. Таким чином, теплоносій безперервно циркулює між джерелом тепла і споживачами. Циркуляцію теплоносія забезпечує насосна станція джерела тепла. Водяна пара поступає до промислових споживачів по паропровадах під власним тиском, конденсується в теплообмінниках і віддає своє тепло. Конденсат, що утворився, повертається до джерела тепла під дією надмірного тиску або за допомогою конденсатних насосів.

Сучасними тепловими мережами міських систем теплопостачання є складні інженерні споруди. Протяжність теплових мереж від джерела до крайніх споживачів складає десятки кілометрів, а діаметр магістралей досягає 1400 мм. До складу теплових мереж входять теплопроводи; компенсатори, сприймаючі температурні подовження; відключаюче, регулююче і запобіжне устаткування, що встановлюється в спеціальних камерах; насосні станції; районні теплові пункти (РТП) і теплові пункти (ТП).

Розробив					87 00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ	Арк.
Перевірив						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		86

Теплопроводи прокладають під землею в непрохідних і напівпрохідних каналах, в колекторах і без каналів. Для скорочення втрат тепла при русі теплоносія по теплопроводах застосовують їх теплоізоляцію.

Для управління гідравлічним і тепловим режимами системи теплопостачання її автоматизують, а кількість тепла, що подається, регулюють відповідно до вимог споживачів. Найбільша кількість тепла витрачається на опалення будівель. Опалювальне навантаження змінюється зі зміною зовнішньої температури. Для підтримки відповідності подачі тепла потребам в ньому застосовують центральне регулювання на джерелах тепла. Добитися високої якості теплопостачання, застосовуючи тільки центральне регулювання, не вдається, тому на теплових пунктах і у споживачів застосовують додаткове автоматичне регулювання. Витрата води на гаряче водопостачання безперервно змінюється, і для підтримки стійкого теплопостачання гідравлічний режим теплових мереж автоматично регулюють, а температуру гарячої води підтримують постійною і рівною 65°C.

Сучасні централізовані системи теплопостачання є складним комплексом, що включає джерела тепла, теплові мережі з насосними станціями і тепловими пунктами і абонентські введення, оснащені системами автоматичного управління. Для забезпечення надійного функціонування таких систем необхідна їх ієрархічна побудова, при якій всю систему розчленовують на ряд рівнів, кожен з яких має своє завдання, що зменшується за значенням від верхнього рівня до нижнього. Верхній ієрархічний рівень складають джерела тепла, наступний рівень — магістральні теплові мережі з РТП, нижній — розподільні мережі з абонентськими введеннями споживачів. Джерела тепла подають в теплові мережі гарячу воду заданої температури і заданого тиску, забезпечують циркуляцію води в системі і підтримку в ній належного гідродинамічного і статичного тиску. Вони мають спеціальні водопідготовчі установки, де здійснюється хімічне очищення і деаерація води. По магістральних теплових мережах транспортуються основні потоки теплоносія у вузли

Розробив					88 00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ	Арк.
Перевірив						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		87

теплоспоживання. У РТП теплоносії розподіляється по районах і в мережах районів підтримується автономний гідравлічний і тепловий режими. До магістральних теплових мереж окремих споживачів приєднувати не варто, щоб не порушувати ієрархічності побудови системи.

Для надійності теплопостачання необхідно резервувати основні елементи верхнього ієрархічного рівня. Джерела тепла повинні мати резервні агрегати, а магістральні теплові мережі мають бути закільцьовані із забезпеченням необхідної їх пропускної спроможності в аварійних ситуаціях. Розподільні теплові мережі, ТП і абонентські введення забезпечують розподіл теплоносія по окремих споживачах і складають нижчий ієрархічний рівень, який в більшості випадків не резервують. Ієрархічну побудову систем теплопостачання забезпечує їх керованість в процесі експлуатації.

4.2. Основні види енергії і джерела теплоти, які використовуються для теплопостачання

Джерелом теплоти називається комплекс устаткування і пристроїв, за допомогою яких здійснюється перетворення природних і штучних видів енергії в теплову енергію з потрібними для споживачів параметрами. Потенційні запаси основних природних видів енергії в мільярдах тон умовного палива в світі складають:

- органічне паливо — $24.7 \cdot 10^3$;
- ядерне паливо (уран і торій) — $231 \cdot 10^3$;
- термоядерне паливо (дейтерій) — $56.1 \cdot 10^9$;
- геотермальна енергія — 500;
- промениста енергія Сонця (за рік) — $247 \cdot 10^3$;
- гідроенергія річок (за рік) — 3.35;
- енергія приливів і відливів (за рік) — 2.31;
- енергія вітру (за рік) — 7.92.

Розробив					89	Арк.
Перевірів						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ	
					88	

Для цілей теплопостачання практичне значення на найближчу перспективу матимуть органічне і ядерне паливо, геотермальна і сонячна енергія.

До штучних видів енергії, які використовуються для вироблення теплоти на теплопостачання, відносяться «вторинні енергоресурси» промислових підприємств і електрична енергія.

В даний час найширше застосовуються джерела теплоти, що використовують органічні палива, — тверде, рідке і газоподібне. Основними джерелами теплоти є теплоелектроцентралі (ТЕЦ), що виробляють комбінованим способом електричну і теплову енергію, і котельні, що виробляють теплову енергію.

При комбінованому способі виробництва електроенергії і теплоти на ТЕЦ витрачається менше палива в порівнянні з роздільним способом: виробленням електроенергії на конденсаційних електричних станціях (КЕС) і теплоти в котельних. Проте при цьому необхідні великі капітальні витрати на джерело теплоти і теплові мережі, тому по техніко-економічних міркуваннях теплові ТЕЦ застосовуються зазвичай при теплових навантаженнях 500÷800 МВт і вище, а котельні — при менших навантаженнях.

Залежно від виду робочого тіла, використовуваного в циклі станції, ТЕЦ бувають паротурбінні, газотурбінні і парогазові. Переважне розповсюдження в даний час мають паротурбінні ТЕЦ, які мають високі техніко-економічні показники.

Геотермальна енергія у вигляді гарячої води і пари застосовується для теплопостачання і вироблення електроенергії на Камчатці, Північному Кавказі, в Казахстані, Середній Азії, Угорщині, Новій Зеландії, Ісландії, США та ін.

Використання геотермальної енергії не впливає безпосередньо на навколишнє середовище. Труднощі зазвичай в обмеженості доступних для практичного використання запасів і неоднорідному (іноді агресивному) складі різноманітних геотермальних джерел.

Розробив				90	00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ	Арк.
Перевірив						89
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Необхідно відзначити, що проведені останніми роками під егідою ООН дослідження показали, що геотермальна енергія може бути отримана практично скрізь (у одних районах Землі геотермальні води і порожнини високого тиску знаходяться відносно близько від поверхні, в інших — глибше). Крім того, низькопотенційне тепло у вигляді гарячої води або пари може бути отримано шляхом закачування води до гарячих магматичних шарів літосфери вулканів, тому геотермальна енергія віднесена до найбільш перспективних видів енергії для отримання низькопотенційного тепла.

Вторинні енергоресурси (ВЕР) в даний час знаходять використання на деяких промислових підприємствах для вироблення теплоти на теплопостачання і електроенергії. ВЕР утворюються на промислових підприємствах побічно — в процесі виробництва при випуску основних видів продукції. До них відносять: фізичне тепло, надлишковий тиск відходів і продукції, а також горючі відходи, потенціал яких не використовується в технологічних циклах. Вироблення теплоти і електроенергії за рахунок такого потенціалу дозволяє економити паливо на установках, що заміщаються, внаслідок чого підвищуються енергетичні показники промислових підприємств.

Застосування електроенергії для теплопостачання має певні переваги: можливість використання енергії безпосередньо у споживачів, відносна простота подачі і застосування, легкість регулювання і вимірювання величини навантаження і ін., а також та обставина, що витрати на виробництво електроенергії оплачують споживачі тепла.

Необхідно відзначити, що електроенергія є найбільш досконалим видом енергії і вироблення її в даний час проводиться з великими витратами палива в порівнянні з витратами його при виробленні тепла: ККД КЕС складає $\approx 40\%$; котельних — $70\div 90\%$, тому пряма трансформація електроенергії в теплоту в різних електрокотлах і електронагрівачах енергетично недоцільна. Можливість застосування електроенергії для теплопостачання може розглядатися в особливих вкрай окремих випадках, пов'язаних з трудностю доставки палива або прокладки трубопроводів, при

Розробив				91	00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ	Арк.
Перевірив						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		90

достатній потужності електричних станцій і ліній електропередач, при крайній неритмічності і короткочасності режимів роботи теплових споживачів, при значних провалах в графіках електроспоживання в ізольованих станціях і енергосистемах з важкорегулюєними джерелами і т.п.

Джерелами теплоти на ядерному паливі є атомні ТЕЦ і атомні котельні. Вони особливо перспективні для крупних централізованих систем теплопостачання, оскільки економічно доцільні при великих одиничних потужностях.

Сонячна енергія як джерело енергії має ряд переваг: чистоту, нескінченність в часі, «безкоштовність» та ін. Проте широке її застосування зустрічає технічні труднощі унаслідок малої щільності (питомій потужності) і неритмічності дії в часі, тому використання сонячної енергії можливе тільки в певних районах: на півдні України, в Середній Азії, Казахстані. Основний напрям робіт, що експериментально реалізуються останніми роками, — децентралізоване теплопостачання окремих будівель.

Окрім відмічених основних видів енергії для теплопостачання може використовуватися і низькотемпературна теплота (природна і штучна) будь-якого середовища (повітря, води, ґрунту і ін.) за допомогою теплових насосів. Останні підвищують низькотемпературний потенціал середовища до рівня, необхідного для теплопостачання, витрачаючи при цьому деяку кількість електричної, теплової або іншої енергії.

4.3. Теплові схеми котелень

У містах для теплопостачання застосовуються крупні районні котельні з тепловим навантаженням 100÷700 Гкал/г, квартальні і групові з навантаженням 15÷100 Гкал/г, а також дрібні і місцеві котельні з навантаженням до 15 Гкал/г.

Крупні котельні характеризуються меншими питомими капітальними витратами і ефективнішим використанням палива, тому в даний час прагнуть будувати в основному крупні районні котельні, що відпускають тепло

Розробив					92 00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ	Арк.
Перевірив						91
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

одночасно для житлово-комунального сектора (ЖКС) і для промислових об'єктів.

Квартальні, групові, дрібні і місцеві котельні, що використовуються як в секторі промисловості, так і в ЖКС, споруджуються в основному унаслідок різночасності і поетапності будівництва різних об'єктів.

Для теплопостачання сільських і невеликих робочих селищ знаходять застосування селищні котельні потужністю до 12 МВт і децентралізовані домові (місцеві) і поквартирні джерела тепла. Селищні котельні зазвичай забезпечують теплом за централізованими системами центральну частину селищ, що складається з багатоквартирних секційних і суспільних будівель, і виробничі зони, децентралізовані джерела тепла — розташовані на периферії малоквартирні і окремо розташовані будівлі.

Залежно від виду теплоносія котельні поділяються на водогрійні, парові і пароводогрійні.

Залежно від характеру теплових навантажень котельні розділяють на наступні типи:

Промислові — призначені для постачання теплотою технологічних споживачів.

Опалювальні — що виробляють теплову енергію для потреб опалення, вентиляції і гарячого водопостачання житлових, суспільних, промислових будівель і споруд.

Промислово-опалювальні — що здійснюють теплопостачання технологічних споживачів, а також що дають теплоту для опалення, вентиляції і гарячого водопостачання промислових, суспільних, житлових будівель і споруд. По надійності відпуску тепла споживачам котельні відносяться:

— до першої категорії — котельні, що є єдиним джерелом теплоти системи теплопостачання і забезпечують споживачів першої категорії, що не мають індивідуальних резервних джерел теплоти;

— до другої категорії — решта котелень.

Споживачі теплоти по надійності теплопостачання відносяться:

Розробив				93	00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ	Арк.
Перевірив						92
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

— до першої категорії – споживачі, порушення теплопостачання яких пов'язане з небезпекою для життя людей або із значним збитком народному господарству (пошкодження технологічного устаткування, масовий брак продукції);

— до другої категорії – решта споживачів тепла.

У теплоенергетиці одним з обов'язкових конструкторських документів є теплова схема. Теплова схема є умовним графічним зображенням основного і допоміжного устаткування, що об'єднується лініями трубопроводів для робочого тіла. Розрізняють принципову, розгорнену і робочу або монтажну теплові схеми.

У принциповій тепловій схемі указують умовно лише головне устаткування (котли, підігрівачі, деаератори, насоси) і трубопроводи, не розміщуючи арматури, допоміжних пристроїв і другорядних трубопроводів і не уточнюючи кількості і розташування устаткування.

Розгорнута теплова схема містить всю кількість встановлюваного устаткування, а також всі комунікації – трубопроводи, що сполучають устаткування з розташованою на них арматурою. Оскільки об'єднання в розгорненій тепловій схемі всіх елементів і устаткування котельною із-за їх великого числа утруднено, цю схему розділяють на частини по технологічному процесу.

Робочу або монтажну теплову схему виконують в ортогональному, а окремі складні вузли в аксонометричному зображенні з вказівкою відміток розташування трубопроводів, їх нахилу, арматури, кріплень, розмірів і т.д.

Для того, щоб теплові схеми котелень з водоگрійними котлами легко читалися, рекомендується наступний порядок зображення устаткування на них (рис. 4.1). На верхній правій частині листа розміщують водоگрійні котли, а на лівій – деаератори, нижче котлоагрегатів розміщують рециркуляційні і ще нижче мережні насоси, а під деаераторами – теплообмінники (підігрівачі), баки деаерованої і робочої води, підживлювальні насоси, насоси сирої води, дренажні баки і продувальний колодязь.

Розробив					94 00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ	Арк.
Перевірив						93
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

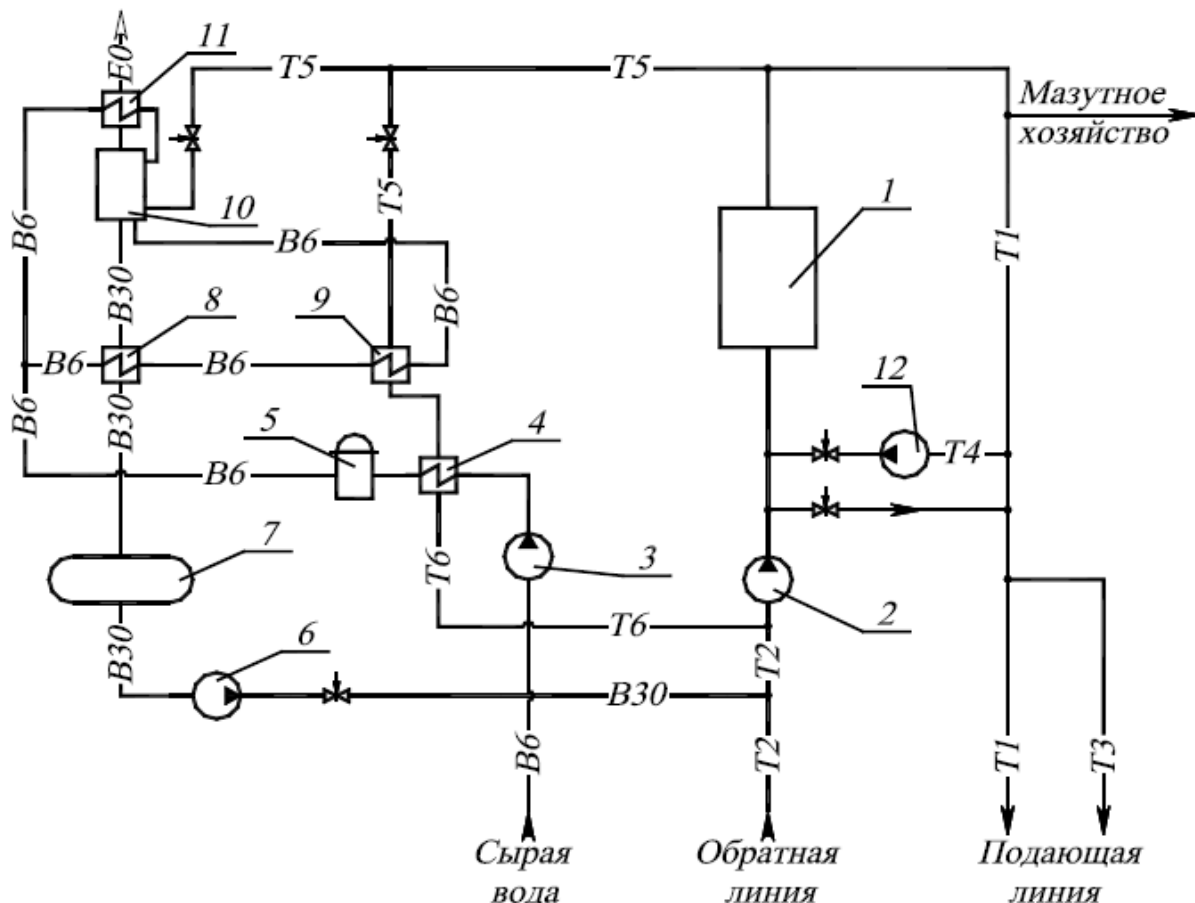


Рисунок 4.1 – Тепловая схема котельні з водогрійними котлами

1 – водогрійний котел; 2 – мережний насос; 3 – насос сирієї води; 4 – підігрівач сирієї води; 5 – хімоводоочистка; 6 – підживлювальний насос; 7 – бак деаерованої води; 8 – охолоджувач деаерованої води; 9 – підігрівач хімічно очищеної води; 10 – деаератор; 11 – охолоджувач випару; 12 – рециркуляційний насос.

Робота опалювальної котельної, принципова теплова схема якої показана на рис. 4.1, здійснюється таким чином. Вода зі зворотної лінії теплових мереж з невеликим тиском поступає на всас мережного насоса 2. Туди ж підводиться вода від підживлювального насоса 6, що компенсує витоки води в теплових мережах. На всас насоса 2 подається і гаряча вода, тепло якої частково використано в теплообмінниках 9 і 4 для підігріву, відповідно, хімічно очищеної і сирієї води.

Для забезпечення заданої з умов попередження корозії температури води перед котлом в трубопровід за мережним насосом подають за допомогою рециркуляційного насоса 12 необхідну кількість гарячої води, що вийшла з водогрійного котла 1. Лінію, по якій подають гарячу воду, називають рециркуляційною. При всіх режимах роботи теплової мережі, окрім максимально- зимового, частину води із зворотної лінії після мережного насоса 2, минаючи котел, подають по перепускній лінії в подавальну магістраль, де вона, змішавшись з гарячою водою з котла, забезпечує задану розрахункову температуру в подавальній магістралі теплових мереж. Вода, призначена для заповнення витоків в теплових мережах, заздалегідь подається насосом сирієї води 3 в підігрівач сирієї води 4, де вона підігрівається до температури $18\div 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ і потім прямує на хімоводоочистку.

Хімічно очищена вода підігрівається в теплообмінниках 8, 9 і 11 і деаерується в деаeratorі 10. Воду для підживлення теплових мереж з бака деаерованої води 7 забирає підживлювальний насос 6 і подає в зворотну лінію.

Основною метою розрахунку будь-якої теплової схеми котельної є вибір основного і допоміжного устаткування з визначенням початкових даних для подальших техніко-економічних розрахунків.

Надійність і економічність водогрійних котлів залежить від постійності витрати води через них, який не повинен знижуватися щодо встановленого заводом-виготівником. Щоб уникнути низькотемпературної і сірчаноокислотної корозії конвективних поверхонь нагріву температура води на вході в котел при спалюванні палив, що не містять сірку, має бути не менше $60\text{ }^{\circ}\text{C}$, малосірчаних палив не менше $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ і високосірчаних палив не менше $110\text{ }^{\circ}\text{C}$. Для підвищення температури води на вході у водогрійний котел при температурах води нижче вказаних встановлюється рециркуляційний насос.

Розробив					96 00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ	Арк.
Перевірив						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		95

У котельнях з водоگрійними котлами часто встановлюються вакуумні деаератори. Але вони вимагають при експлуатації ретельного нагляду, тому краще встановлювати деаератори атмосферного типу.

Сильний вплив на устаткування котельні з водоگрійними агрегатами надає система гарячого водопостачання – закрита або відкрита. Відкритою називається система, в якій теплоносій – гаряча вода – частково або повністю використовується споживачем. У закритих системах нагрів води на гаряче водопостачання здійснюється прямою опалювальною водою в місцевих теплообмінниках.

При відкритій системі гарячого водопостачання кількість води, що йде на підживлення теплових мереж, помітно зростає і може досягати 20 % витрати води через теплові мережі. Тобто кількість води, яку необхідно готувати на хімводоочистці, при відкритій системі гарячого водопостачання зростає у декілька разів в порівнянні із закритою.

Оскільки витрати води при відкритій системі нерівномірні, то для вирівнювання добового графіку навантажень на гаряче водопостачання і зменшення розрахункової продуктивності устаткування водопідготовки встановлюються баки-акумулятори для деаерованої води. З них в години максимуму споживання гаряча вода підживлювальними насосами подається на всас мережних насосів.

Якість підготовки води для підживлення відкритої системи теплопостачання має бути значно вище за якість води для підживлення закритої системи, оскільки до води гарячого водопостачання пред'являються такі ж вимоги, як до питної водопровідної води.

Відпуск пари технологічним споживачам часто проводиться від промислових котелень, в яких виробляється насичена або слабо перегріта пара з тиском до 1.4 або 2.4 МПа. Пара використовується технологічними споживачами і в невеликій кількості – на приготування гарячої води, що направляється в систему теплопостачання. Приготування гарячої води проводиться в мережних підігрівачах, що встановлюються в котельній.

Розробив					97 00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ	Арк.
Перевірив						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		96

Принципова теплова схема промислової котельні з відпуском невеликої кількості теплоти на потреби опалення, вентиляції і гарячого водопостачання в закриту систему тепlopостачання показана на рис. 4.2.

Насос сирій води подає воду в охолоджувач продувальної води, де вона нагрівається за рахунок теплоти продувальної води. Потім сира вода підігрівається до 20÷30 °С у пароводяному підігрівачі сирій води і прямує на хімоводоочистку.

Хімічно очищена вода прямує в охолоджувач деаерованої води і підігрівається до певної температури. Подальший підігрів хімічно очищеної води здійснюється в підігрівачі паром. Перед надходженням в головку деаератора частина хімічно очищеної води проходить через охолоджувач випару деаератора.

Підігрів мережної води проводиться паром в послідовно включених двох мережних підігрівачах. Конденсат від всіх підігрівачів прямує в головку деаератора, в яку також поступає конденсат, повернений зовнішніми споживачами пари.

Підігрів води в атмосферному деаераторі проводиться паром від котлів і паром з розширювача безперервного продування, в якому котельна вода частково випаровується внаслідок зниження тиску. Продувальна вода після використання в охолоджувачі безперервного продування скидається в продувальний колодязь (барботер).

Деаерована вода з температурою близько 104°С живильним насосом подається в парові котли. Підживлювальна вода для системи тепlopостачання забирається з того ж деаератора, охолоджуючись в охолоджувачі підживлювальної води до 70°С перед надходженням до підживлювального насосу. Використання загального деаератора для приготування живильної і підживлювальної води можливо тільки для закритих систем тепlopостачання зважаючи на малу витрату води в них. У відкритих системах тепlopостачання витрата підживлювальної води значна, тому в котельній слід встановлювати два деаератори: один для приготування

Розробив					98 00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ	Арк.
Перевірив						97
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

живильної води, інший – підживлювальної води. У котельних з паровими котлами, як правило, встановлюються деаератори атмосферного типу.

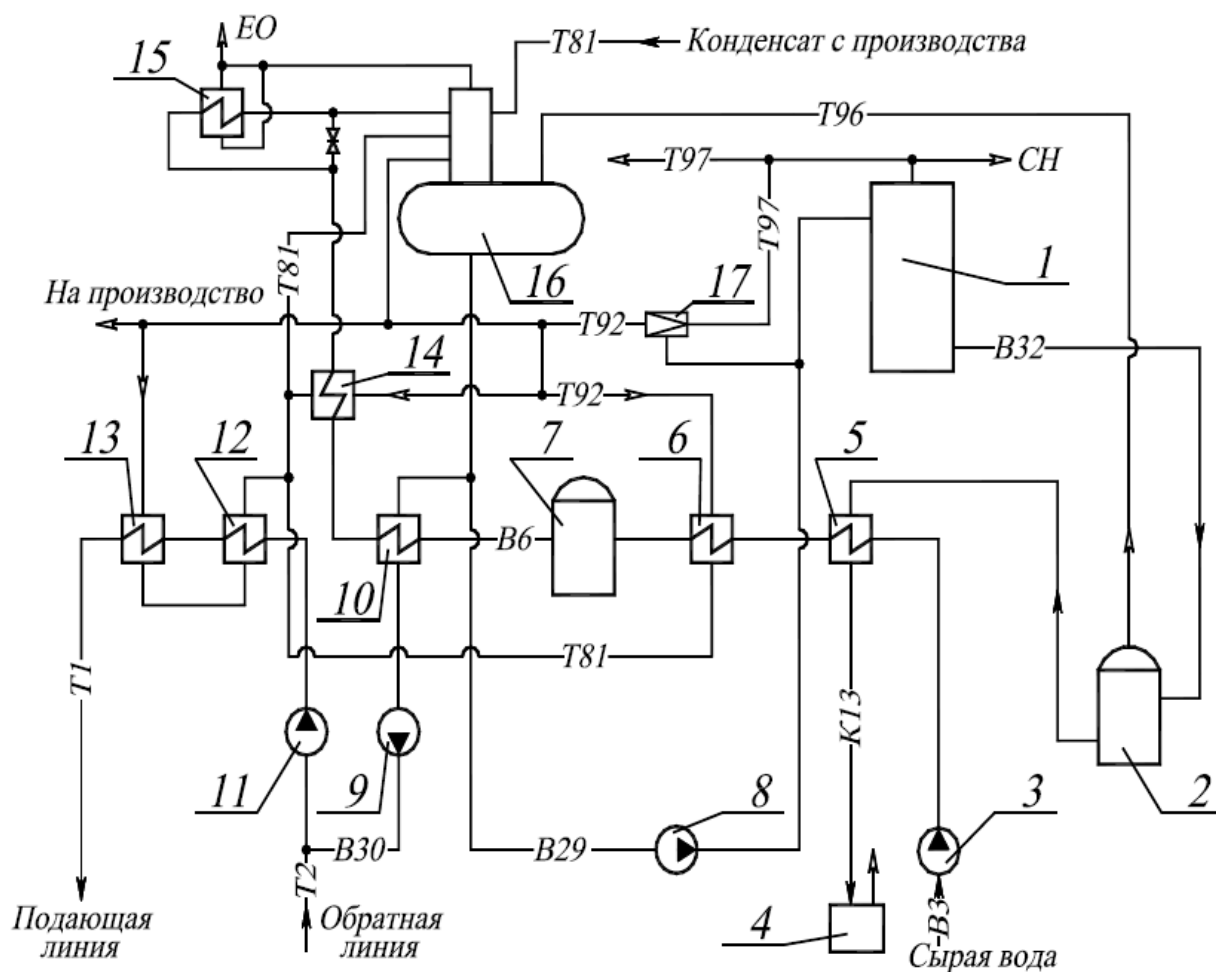


Рисунок 4.2 – Теплова схема промислової котельні

1 – паровий котел; 2 – розширювач безперервного продування; 3 – насос сирої води; 4 – барботер; 5 – охолоджувач безперервного продування; 6 – підігрівач сирої води; 7 – хімоводоочистка; 8 – живильний насос; 9 – підживлювальний насос; 10 – охолоджувач підживлювальної води; 11 – мережний насос; 12 – охолоджувач конденсату; 13 – мережний підігрівач; 14 – підігрівач хімічно очищеної води; 15 – охолоджувач випару; 16 – атмосферний деаератор; 17 – редукційно-охолоджувальна установка.

Для технологічних споживачів, що використовують пару низького тиску в порівнянні з парою, що виробляється котлоагрегатами, і для підігрівачів власних потреб в теплових схемах котельних передбачається

Розробив				99	Арк.
Перевірив				00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ	98
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

редукційна установка для зниження тиску пари (РУ) або редукційно-охолоджувальна установка для зниження тиску і температури пари (РОУ). Розрахунок теплової схеми котельної з паровими котлами виконується для трьох режимів: максимально-зимового, найбільш холодного місяця і літнього. У основі розрахунку теплової схеми котельні з паровими котлами лежить вирішення рівнянь теплового і матеріального балансів, що складаються для кожного елементу схеми.

Проектування джерел теплопостачання показало, що теплове навантаження котельні у вигляді гарячої води зазвичай перевищує парове навантаження. У таких випадках в котельні з загальною теплопродуктивністю більше 50 Гкал/г, як правило, доцільно встановлювати як парові, так і водогрійні котли. Проте навіть при заданому співвідношенні розрахункових теплових навантажень у вигляді пари і гарячої води вибір варіанту чисто парової або пароводогрійної котельні вимагає розрахунків і техніко-економічного обґрунтування. Розрахунки показують, що в котельнях із загальною теплопродуктивністю до 50 Гкал/г встановлювати водогрійні котли недоцільно.

Необхідно враховувати, що в комбінованій котельні при зупинці одного з парових котлів водогрійний котел не може покрити потрібні парові навантаження, а теплове навантаження водогрійного котла частково або повністю можна покрити за допомогою парових котлів і підігрівачів води. Внаслідок цього в паровій котельні сумарна встановлена теплопродуктивність всіх агрегатів буде меншою, ніж встановлена теплопродуктивність котельні з паровими і водогрійними котлами.

Основним доводом на користь будівництва крупних комбінованих котелень є менші питомі капітальні вкладення. Установка водогрійних котлів і їх допоміжного устаткування, як правило, потребує значно менших витрат, ніж установка парових котлів з допоміжним устаткуванням і крупних пароводяних підігрівачів при рівній теплопродуктивності.

Перехід на водяні системи опалення виробничих цехів, адміністративних будівель і будівництво житлових селищ і будинків з

Розробив					10 00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ	Арк.
Перевірив						99
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

централізованим теплопостачанням в районах існуючих промислових підприємств також приводить до розширення і реконструкції наявних виробничих котелень з встановленням в них водогрійних котлів теплопродуктивністю 30 і 50 Гкал/г. Внаслідок цього парові котельні перетворюються на комбіновані з паровими і водогрійними агрегатами. В деяких випадках для здешевлення будівництва і експлуатації в крупних парових виробничих котельнях застосовують установку водогрійних котлів для покриття пікових навантажень теплофікації. Покриття літніх навантажень систем гарячого водопостачання в подібних котельнях порівняно просто проводити водою підігрітою в пароводяних підігрівачах. Останнє раціональніше, ніж вживане іноді використання живильної або підживлювальної води з баків-деаераторів, якість якої не завжди може відповідати нормам для живильної води.

Пароводогрійні котельні (змішані), обладнуються вказаними вище типами парових і водогрійних котлів або комбінованими пароводогрійними котлами і призначаються для вироблення пари на технологічні потреби і гарячої води для забезпечення навантажень опалення, вентиляції і гарячого водопостачання.

Потужність і число парових і водогрійних або пароводогрійних котлів визначаються значеннями навантажень по гарячій воді і парового навантаження з урахуванням власних потреб котельні. Схема пароводогрійної котельні складається з двох контурів: 1) для вироблення пари; 2) для вироблення гарячої води. Контур, що виробляє гарячу воду для систем теплопостачання, аналогічний схемі водогрійної котельні.

Потужність котельних вибирається за розрахунковим максимальним тепловим навантаженням споживачів. При цьому типорозміри встановлених котлів мають бути такими, щоб при виході з ладу найбільшого по продуктивності котла, котли, що залишилися, забезпечили максимальний відпуск теплоти технологічним споживачам і потрібну для найбільш холодного місяця середню кількість теплоти для навантажень житлово-комунального сектору.

Розробив				10	00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ	Арк.
Перевірив						100
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.4. Викиди ТЕС і котелень на органічному паливі в атмосферу

Всі процеси, пов'язані з перетворенням енергії, зокрема, виробництво, транспортування, переробка і спалювання органічного палива, є могутнім джерелом антропогенної дії на навколишнє середовище. Джерела негативного впливу котельних і теплових електричних станцій на органічному паливі на природу можна класифікувати:

1. За характером дії:

- що погіршують якість повітря (викиди оксидів азоту і сірки, монооксиду вуглецю CO, летючих вуглеводнів, пилу, сажі і ряду інших забруднюючих речовин);
- що змінюють радіаційно-тепловий баланс атмосфери (емісія парникових газів – CO₂, CH₄, N₂O), а також викиди, що приводять до утворення озону і сульфатного аерозолю в нижніх шарах атмосфери (викиди NO_x і SO_x);
- що порушують природний тепловий режим (скидання теплоти);
- шумова дія;
- забруднення водних об'єктів стічними водами.

2. За територіальним масштабом:

- локальні (погіршення навколишнього середовища в безпосередній близькості (до 100 км) від джерела забруднення або скидання теплоти);
- регіональні (трансграничне (на декілька тисяч кілометрів) перенесення забруднюючих речовин);
- глобальні (зміни клімату, руйнування озонового шару).

Ряд речовин, що утворюються в процесах пов'язаних з перетворенням енергії органічного палива і поступають в атмосферу, здатні залишатися в ній тривалий час, вимірюваний тижнями, роками і навіть десятиріччями; переноситися на великі відстані і викликати зміни навколишнього середовища в значних часових і територіальних масштабах.

Спостереження за складом атмосфери, що ведуться систематично вже більше 40 років, свідчать про значне збільшення атмосферних концентрацій

Розробив				10	00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ	Арк.
Перевірив						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		101

основних парникових газів, як за цей період, так і в порівнянні з доіндустріальною епохою.

Проведені розрахунки показують, що антропогенна емісія метану і оксиду азоту N_2O грає основну роль в збільшенні їх атмосферних концентрацій.

Метеорологічні спостереження показують, що за останні сто років середня глобальна температура збільшилася на $0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$, з яких $0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ припали на останні 30 років. Проте, в останні десятиліття в світовій енергетиці спостерігаються процеси, що призводять до значного зниження її негативної дії на навколишнє середовище. Такими процесами є: зміни в паливно-енергетичному балансі, впровадження природоохоронних технологій і підвищення енергоефективності економіки (підвищення ККД установок перетворення енергії, зниження енергоємності виробництва). Вказані тенденції вже привели до помітного зниження питомих викидів основних парникових газів і забруднюючих речовин в атмосферу.

Основне забруднення атмосферного повітря пов'язане зі спалюванням органічного палива. ТЕС і котельні, споживаючи велику кількість органічного палива, роблять істотний вплив на забруднення повітряного басейну.

Робоча маса органічного палива складається з вуглецю, водню, кисню, азоту, сірки, вологи і золи. В результаті повного згорання палива утворюються вуглекислий газ, водяні пари, оксиди сірки (сірчистий газ, сірчаний ангідрид) і зола.

З перерахованих складових до токсичних належать оксиди сірки і зола. При високих температурах в ядрі факела топкових камер котлів великої потужності відбувається часткове окислення азоту повітря і палива з утворенням оксидів азоту (оксид і діоксид азоту). При неповному згоранні палива в топках можуть утворюватися також монооксид вуглецю CO , вуглеводні CH_4 , C_2H_6 і ін., а також канцерогенні речовини. Продукти неповного згорання вельми шкідливі, проте при сучасній техніці спалювання їх утворення можна виключити або звести до мінімуму.

Розробив				10	00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ	Арк.
Перевірив						102
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Найбільшу зольність мають горючі сланці і буре вугілля, а також деякі сорти кам'яного вугілля. Рідке паливо має невелику зольність; природний газ є беззольним паливом. Сучасні золоуловлювачі завдяки високому ступеню уловлювання золи дозволяють значно понизити викиди золи і довести їх до вельми малих значень.

Останнім часом серйозну увагу привернула проблема вивчення канцерогенних речовин, що утворюються при неповному згоранні палива. По своїй поширеності та інтенсивності дії з багатьох хімічних речовин цього типу найбільше значення мають поліциклічні ароматичні вуглеводні і найбільш активний з них – бенз(а)пірен.

Максимальна кількість бенз(а)пірену утворюється при температурі 700÷800 °С в умовах недоліку повітря для повного згорання палива. Токсичні речовини, що викидаються в атмосферу з димових труб котелень і електростанцій, надають шкідливу дію на весь комплекс живої природи, званий біосферою. Біосфера включає прилеглий до поверхні Землі шар атмосфери, верхній шар ґрунту і верхні шари водних поверхонь.

4.5. Вибір висоти димової труби

У сучасних виробничих і опалювальних котельнях димова труба служить не для створення тяги, а для відведення продуктів згорання на певну висоту, при якій забезпечується розсіювання шкідливих речовин до допустимих санітарними нормами концентрацій в зоні знаходження людей (ГДК).

Для вибору висоти димової труби здійснюють розрахунок розсіювання шкідливих домішок в атмосфері, який проводиться за несприятливих метеорологічних умов, а саме при небезпечній швидкості вітру. Під небезпечною швидкістю вітру розуміють швидкість, при якій концентрація шкідливих домішок на рівні проживання людини досягає максимальних значень.

Розробив					10 00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ	Арк.
Перевірив						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		103

Якнайкраще розсіювання шкідливих речовин в атмосфері досягається при відведенні всіх димових газів котельної або ТЕС через одну трубу.

Димова труба є складною і дорогою спорудою. Її конструкція залежить від висоти, агресивності димових газів, потужності джерела викиду димових газів, властивостей золи і способу золоуловлювання.

При слабоагресивних і неагресивних димових газах застосовуються, як правило, димові труби, що не обслуговують, з конічним газовідвідним стовбуром і з вентильованим повітряним зазором або без нього. При спалюванні сірчастого мазуту або вугілля, які створюють агресивні димові гази, доцільна установка обслуговуваних димових труб висотою більше 240 м з газовідвідним стовбуром постійного перетину із сталі або кислототривкого матеріалу. Труби з протитиском в зазорі рекомендується споруджувати заввишки 240 м і нижче.

Димові труби з окремими газовідвідними стовбурами можуть виконуватися одностовольними і багатостовольними. У залізобетонній оболонці багатостовольної труби розміщується декілька металевих стовбурів із зовнішньою теплоізоляцією.

Між стовбурами споруджуються сходи і майданчики обслуговування. Основна вимога, що пред'являється до димових труб, – їх висока надійність.

Протягом всього терміну експлуатації (30÷50 років) труба повинна забезпечувати роботу ТЕС або котельної без проведення ремонтів. Така надійність досягається при виконанні всіх вимог розрахунку, проектування і будівництва труб з урахуванням теплової, агресивної і механічної дії газів і навколишнього середовища.

Розробив					10 00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ	Арк.
Перевірив						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		104

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Прядко М.О., Павелко В.І., Рябчук О.М. 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.
2. Методичні рекомендації до виконання кваліфікаційної роботи [Електронний ресурс]: для здобувачів освітнього ступеня «бакалавр» зі спец. 144-Теплоенергетика, освіт. прогр. Теплоенергетика та енергоефективні технології, для ден. та заоч. форм навчання. Част. 2. Тепломеханічний розрахунок виробничо-опалювальної котельні.- Уклад.: В.М. Філоненко, М.О. Прядко. –К.: НУХТ, 2022. – 149 с.
3. Філоненко В.Н., Масліков М.М. Джерела енергопостачання промислових підприємств. – Мет. вказ. до вивчення дисципліни для студентів спеціальності “Промислова теплоенергетики” ден. та заочн. форм навчання. – К.: НУХТ. – 2002. – 34с.
4. Основи охорони праці: Підручник. 2-ге видання / К.Н. Ткачук, М.О. Халімовський, В.В. Зацарний та ін. – К.: Основа, 2006 – 448 с.
5. Запорожець О.І., Протоєрейський О.С., Франчук Г.М., Боровик І. М. Основи охорони праці. Підручник. – К.: Центр учбової літератури, 2009. – 264 с.
6. Основи охорони праці: В.В. Березуцький, Т.С. Бондаренко, Г.Г. Валенко та ін.; за ред. проф. В.В. Березуцького. – Х.:Факт, 2005. – 480 с.
7. Русаловський А.В. Правові та організаційні питання охорони праці: Навч. посіб. – 4-те вид., допов. і перероб. – К.: Університет «Україна», 2009.– 295 с.

					00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Ковтун Р.М.			Проект системи теплопостачання житлово-промислового району №1 в місті Суми	Літ.	Арк.	Архувів
Перевірів		Недбайло О.М.					105	106
Реценз.						НУХТ. Каф. ТЕХТ гр. ТЕ-4-5		
Н. Контр.								
Затверд.		Петренко В.П.						

Поз. познач.	Найменування	Кіл.	Примітка			
1	Водогрійний котел 11,6 кВт; 140/70°C	3	КВ-ГМ-10			
2	Мережевий насос Q=200 т/год., Н=36 м вод.ст.	3	Д200-36			
3	Мережевий насос (літо) Q=20 т/год., Н=18 м вод. ст.	3	К-20/18			
4	Насос рециркуляції Q=90 т/год., Н=38 м вод. ст.	2	НКУ-90			
5	Насос сирії води Q=12,5 т/год., Н=20 м вод. ст.	3	К50-32-125			
6	Підігрівник сирії води F=1,11 м ²	2	ПВ-z-05			
7	Насос взривлення фільтрів	1				
8	Бак відмивочної води	1				
9	На-катіонітний фільтр I ст.	2				
10	На-катіонітний фільтр II ст.	2				
11	Насос технолог. води Q=125 т/год., Н=50 м вод. ст.	2	Grundfos TPE 80-570			
12	Підігрівник технологічної води F=28 м ²	1	ПВ-z-16			
13	Ежекційні насоси Q=1 т/год., Н=20 м вод. ст.	2	GRUNDFOS UPS 25-50/2			
14	Насос підживлення ТМ Q=10,8 т/год., Н=16 м вод. ст.	3	К 50-32-125а			
15	Підігрівник хімоочищеної води F=3,4 м ²	1	ПВ-z-09			
16	Насос хімоочищеної води Q=20 т/год., Н=40 м вод. ст.	2	GRUNDFOS TPE 40-360			
17	Насос солевого розчину	1				
18	Бак мірник	1				
19	Солерозчинник	1				
20	Вентилятор	3	ВДН-10У			
21	Димосос	3	ДН-12,5У			
22	Димова труба	1				
23	Деаератор Q=5 т/год.	3	ДВ-15			
24	Охолоджувач випару	1				
25	Ежектор	1				
26	Бак технічної води	1				
		00КРБ 144 ОПТЕЕТ00.008.200332.2024.СП				
Зм.	Аркуш			№ докум.	Підпис	Дата
Розробив	Ковтун Р.М.					
Перевірив	Недбайло О.М.					
Н. Контр.						
Затверд.	Петренко В.П.					
		Проект системи теплостачання житлово-промислового району №1 в місті Суми	Літера	Аркуш	Аркушів	
				1	1	
			НУХТ. Каф. ТЕХТ, гр. ТЕ-4-5			