

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

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

<b>«До захисту в ЕК»</b>	<b>«До захисту допущено»</b>
Директор інституту	В.о. завідувача кафедри
_____	_____
(підпис)	(підпис)
_____ <b>Блаженко С.І.</b> _____	_____ <b>Петренко В.П.</b> _____
(прізвище та ініціали)	(прізвище та ініціали)
« ____ » _____ 2021 р.	« ____ » _____ 2021 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  
№4 в місті Запоріжжя

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

_____ <b>Шебета Аліна Володимирівна</b> _____	_____
(прізвище, ім'я, по батькові повністю)	(підпис)
Керівник _____ проф. _____ <b>Павелко Володимир Іванович</b> _____	_____
(прізвище, ім'я та по батькові повністю)	(підпис)
Рецензент _____ доц. <b>Бойко Володимир Олександрович</b> _____	_____
(прізвище, ім'я та по батькові повністю)	(підпис)

Засвідчую, що в цій кваліфікаційній  
роботі немає запозичень із праць  
інших авторів без відповідних  
посилань.

Здобувач \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 2021 р.

# НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут Навчально-науковий інженерно-технічний  
інститут ім. акад. І.С.Гулого

Кафедра теплоенергетики та холодильної техніки

Освітній ступінь бакалавр

Спеціальність 144 Теплоенергетика  
(код і назва)

Освітньо-професійна програма Теплоенергетика та енергоефективні технології  
(назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**В.о. завідувача кафедри ТЕХТ**

проф. Петренко В.П.

“08” квітня 2021 року

## ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Шебету Аліну Володимирівну

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект системи тепlopостачання житлово-промислового району № 4 в місті Запоріжжя

керівник роботи к.т.н., проф. Павелко Володимир Іванович  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “08”04.2021 року № 260-кв

2. Строк подання здобувачем роботи 01.06.2021 року

3. Вихідні дані до роботи технологічне навантаження 12,0 МВт; температура теплоносія 95 С; розрахункова температура -23 С; температура зовнішнього повітря -0,7 С; температура для системи вентиляції -10 °С; тривалість роботи промислового підприємства – 7000 год; тривалість опалювального періоду – 174 діб; температури мережної води

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

1. Розрахунок теплових навантажень житлово-промислового району міста

2. Розрахунок теплової схеми котельні з водогрійними котлами

3. Охорона праці

4. Творче завдання

5. Перелік графічного матеріалу

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

2. Теплова схема котельні.

3. Компановка обладнання.

6. Консультанти розділів роботи



## ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ .....	2
ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ I. Розрахунок теплових навантажень житлово – промислового району міста.....	5
Визначення теплових навантажень в системі тепlopостачання житлового району.....	6
Розрахунок витрати та температури мережної води в прямій та зворотній магістралях.....	13
Розрахунок витрат та температур мережної води на гаряче водopостачання.....	15
Розрахунок витрат та температур мережної води на вентиляцію.....	19
Визначення розрахункових витрат теплоносія.....	21
Вихідні дані до розділу II.....	23
РОЗДІЛ II. Розрахунок теплової схеми котельні з водогрійними котлами .....	25
Формування вихідних даних для теплового розрахунку котельні з водогрійними котлами.....	28
Формування принципової схеми водогрійної котельні .....	30
Розрахунок теплової схеми котельні з водогрійними котлами .....	37
Визначення енергетичних показників роботи водогрійної котельні .....	41
Вибір обладнання котельні з водогрійними котлами .....	47
РОЗДІЛ III.	
Охорона праці.....	64
РОЗДІЛ IV.	
ТОВ “Смілаенергопромтранс” та парові котли.....	70
Список використаної літератури.....	87

Розробив					00БКР144.ОПТЕ008.002.ПЗ	Арк.
Перевірив						1
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## АНОТАЦІЯ

**Шебета А.В. Проект системи тепlopостачання житлово-промислового району № 4 в місті Запоріжжя - кваліфікаційна робота.**

Даний проект містить розрахунок теплових навантажень в системі тепlopостачання житлового району на 48 кварталів, знайдені графіки залежності теплових навантажень опалення, вентиляції та гарячого водопостачання району від температури зовнішнього повітря, графік залежності температур і витрати мережної води від температури зовнішнього повітря, графік річної сумарної витрати теплоти.

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

Третя частина - розділ з охорони праці, в якому розглянуті питання безпечний захист від стихійних бід, та запобіжні заходи при експлуатації трубопроводів.

Четверта частина-розділ в якому розглянуто ТОВ “Смілаенергопромтранс” який працює в м. Сміла вже більше 15 років і надає тепlopостачання містечку. Також в цьому розділі розглянуті парові котли ТЕЦ.

Графічна частина виконана на 3 листах формату А1.

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

Розробив					00БКР144.ОПТЕ008.002.ПЗ	Арк.
Перевірив						2
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ABSTRACT

### **Shebeta A.V. Project of heat supply system of residential-industrial district № 4 in the city of Zaporizhzhia- qualification work.**

This project contains the calculation of heat loads in the heating system of a residential area for 48 quarters, found graphs of dependence of heat loads of heating, ventilation and hot water supply of the area on the outside air temperature, graph of temperature and network water consumption from outside air temperature, schedule of annual total heat consumption.

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

The third part is the section on labor protection, which deals with issues of safe protection against natural disasters, and precautions for the operation of pipelines

The fourth part is considered on Smilaenergopromtrans LLC, which has been operating in Smila for more than 15 years and provides heat supply to the town. Also in this section steam boilers of TPP are considered.

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

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

Розробив				00БКР144.ОПТЕ008.002.ПЗ	Арк.
Перевірив					3
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

## ВСТУП

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

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

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

Для реалізації виконані такі задачі :

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

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

Розробив					00БКР144.ОПТЕ008.002.ПЗ	Арк.
Перевірив						4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# РОЗДІЛ 1. РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ ЖИТЛОВО-ПРОМИСЛОВОГО РАЙОНУ МІСТА

## 1.1. Вихідні дані до проекту

1. Географічний пункт розміщення житлово-промислового району – м. Запоріжжя.
2. Генплан мікрорайону з розміщенням джерела теплоти – варіант № 4 (48 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 (теплоносієм гаряча вода  $t_2'' = 95^\circ\text{C}$ ).
4. Розрахункова температура (максимально зимова) для проектування системи опалення –  $-23^\circ\text{C}$ .
5. Середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період –  $-0,7^\circ\text{C}$ .
6. Розрахункова температура для проектування системи вентиляції –  $-10^\circ\text{C}$ .
7. Температура початку опалювального періоду,  $t = +8^\circ\text{C}$ .
8. Температура точки “зламу”,  $t_{з.з.}$  (розраховуються після побудови графіка зміни температури і витрати мережної води на опалення в залежності від температури зовнішнього повітря).
9. В дипломному проекті розрахунки всіх видів теплових навантажень здійснити для трьох характерних режимів:
  - максимального зимового;
  - точки “зламу” температурного графіка опалення;
  - літнього.
10. Тривалість роботи промислового підприємства – 7 000 год.
11. Тривалість опалювального періоду – 174 доби.
12. Тривалість періоду стояння температур зовнішнього періоду, діб:

Таблиця 1.1

Температура	Інтервали середньодобових температур зовнішнього повітря, °C							
	-30... ...-25	-25... ...-20	-20... ...-15	-15... ...-10	-10... ...-5	-5... ...0	0... ...+5	+5... ...+8
У вказаному інтервалі	0,1	0,9	4,4	12,5	25,9	48,0	60,4	32,8
Нижче даної	0,1	1,0	5,4	17,9	43,8	91,8	152,2	185,0

13. Розрахункові температури мережної води  $\tau_{o1} / \tau_{o2} : 120 / 70^\circ\text{C}$ .
14. Система теплопостачання – замкнута.
15. Метод регулювання теплових навантажень по опалювальному навантаженню.
16. Схема підключення підігрівників гарячого водопостачання до системи опалення – двоступенева змішана.

00БКР144.ОПТЕ008.002.ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розробив		Шебета А.В.		
Перевірив		Павелко В.І.		
Реценз.				
Н. Контр.				
Затверд.		Петренко В.П.		
ПРОЕКТ СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАВАННЯ ЖИТЛОВО-ПРОМИСЛОВОГО РАЙОНУ № 4 В МІСТІ ЗАПОРІЖЖЯ				
			Літ.	Арк.
				5
			Аркушів	
			90	
НУХТ. Каф. ТЕХТ гр. ТЕ-4-4				

## 1.2. ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ В СИСТЕМІ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ЖИТЛОВОГО РАЙОНУ

1.2.1. Викреслюю план району, у відповідності із завданням у масштабі 1:6 000 (згідно з додатком 2).

1.2.2. Нумерую на плані району квартали району теплопостачання.

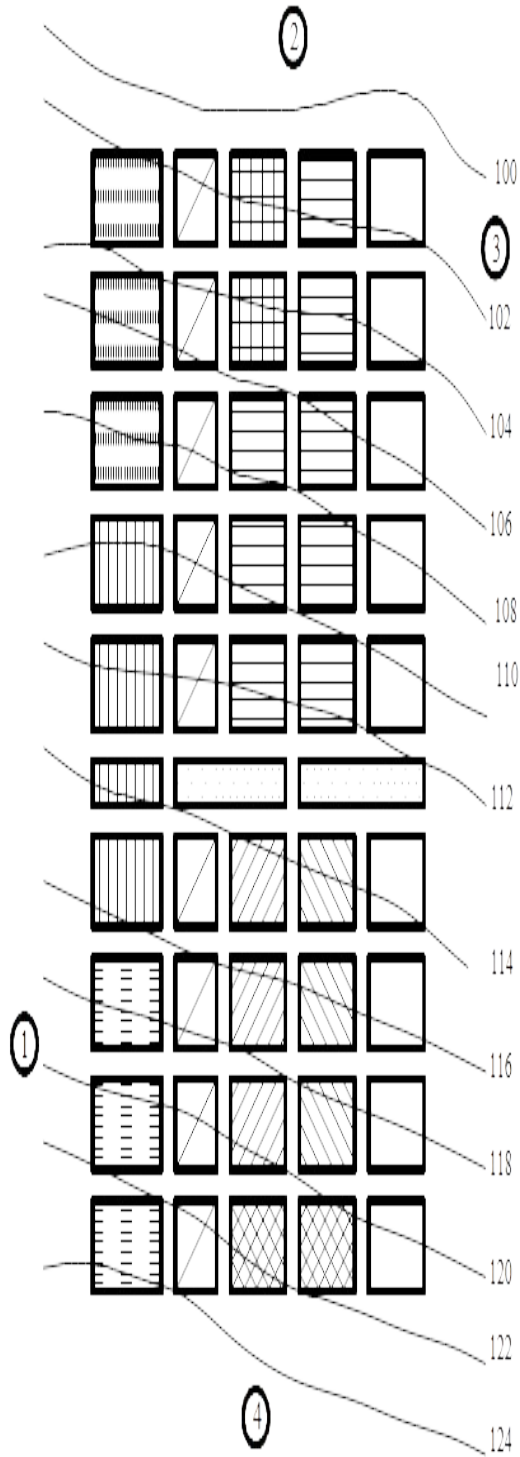


Рис. 1.1 План району

Розробив				00БКР144.ОПТЕ008.002.ПЗ	Арк.
Перевірив					6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

1.2.3. Визначаю загальну площу житлових споруд району, за формулою:

$$F_{\text{ж}} = F_i f_i = 0,49 \cdot 8\,500 = 4\,165 \text{ м}^2$$

де  $f_i$  – густина (щільність) житлового фонду,  $\frac{\text{м}^2}{\text{га}}$ , приймається в

залежності від поверховості забудови.

1.2.4. Визначаю максимальне теплове навантаження системи опалення житлових і громадських будівель, за формулою:

$$Q_{0\text{max}}' = q_0 F_{\text{ж}} (1 + K_{\text{гр}}) \cdot 10^{-6} = 73 \cdot 4\,165 \cdot (1 + 0,25) \cdot 10^{-6} = 0,38 \text{ МВт}$$

де  $q_0$  – укрупнений показник максимального теплового потоку на опалення  $1 \text{ м}^2$  загальної площі житлових споруд,  $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$ ;  $K_{\text{гр}}$  – коефіцієнт, що

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

1.2.5. Визначаю максимальне теплове навантаження системи вентиляції громадських споруд, за формулою:

$$Q_{\text{вmax}}' = K_{\text{гр}} K_{\text{в}} q_0 F_{\text{ж}} \cdot 10^{-6} = 0,25 \cdot 0,6 \cdot 73 \cdot 4\,165 \cdot 10^{-6} = 0,05 \text{ МВт}$$

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

1.2.6. Визначаю чисельність (кількість мешканців) людей, що проживають у районі за формулою:

$$m = \frac{F_{\text{жс}}}{f_3} = \frac{4165}{25} = 167$$

де  $f_3$  – норма загальної площі на одного мешканця (людину), приймається

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

1.2.7. Визначаю середнє теплове навантаження на гаряче водопостачання житлових і громадських споруд, за формулою:

$$Q_{\text{ГВП}}' = q_{\text{Г}} m \cdot 10^{-6} = 376 \cdot 167 \cdot 10^{-6} = 0,06 \text{ МВт}$$

де  $q_{\text{Г}}$  – укрупнений показник середнього теплового потоку на гаряче водопостачання на одну людину,  $\text{Вт}/\text{люд.}$ ;  $m$  – кількість людей.

1.2.8. Зводжу результати розрахунку по кожному кварталу в таблицю 1.2

Розробив					00БКР144.ОПТЕ008.002.ПЗ	Арк.
Перевірив						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.2

## Розрахунок 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 $Q_{о\max}$	Вентиляція $Q_{в\max}$	ГВП $Q_{ГВП}$	Всього: 6+7+8
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0,49	8 500	4 165	167	0,38	0,05	0,06	0,49
2	0,27	4 000	1 080	43	0,1	0,01	0,01	0,12
3	0,41	7 400	3 034	121	0,28	0,03	0,04	0,35
4	0,41	6 500	2 665	107	0,24	0,03	0,04	0,31
5	0,41	4 000	1 640	66	0,15	0,02	0,02	0,19
6	0,49	8 500	4 165	167	0,38	0,05	0,06	0,49
7	0,27	4 000	1 080	43	0,1	0,01	0,01	0,12
8	0,41	7 400	3 034	121	0,28	0,03	0,04	0,35
9	0,41	6 500	2 665	107	0,24	0,03	0,04	0,31
10	0,41	4 000	1 640	66	0,15	0,02	0,02	0,19
11	0,49	8 500	4 165	167	0,38	0,05	0,06	0,49
12	0,27	4 000	1 080	43	0,1	0,01	0,01	0,12
13	0,41	6 500	2 665	107	0,24	0,03	0,04	0,31
14	0,41	6 500	2 665	107	0,24	0,03	0,04	0,31
15	0,41	4 000	1 640	66	0,15	0,02	0,02	0,19
16	0,49	6 100	2 989	120	0,27	0,03	0,04	0,34
17	0,27	7 200	1 944	78	0,18	0,02	0,03	0,23
18	0,41	5 800	2 378	95	0,22	0,03	0,04	0,29
19	0,41	5 800	2 378	95	0,22	0,03	0,04	0,29
20	0,41	3 700	1 517	61	0,14	0,02	0,02	0,18
21	0,49	6 100	2 989	120	0,27	0,03	0,04	0,34
22	0,27	7 200	1 944	78	0,18	0,02	0,03	0,23
23	0,41	5 800	2 378	95	0,22	0,03	0,04	0,29
24	0,41	5 800	2 378	95	0,22	0,03	0,04	0,29
25	0,41	3 700	1 517	61	0,14	0,02	0,02	0,18
26	0,24	6 100	1 464	59	0,13	0,02	0,02	0,17
27	0,34	5 800	1 972	79	0,18	0,02	0,03	0,23
28	0,34	5 800	1 972	79	0,18	0,02	0,03	0,23
29	0,49	6 100	2 989	120	0,27	0,03	0,04	0,34
30	0,27	7 200	1 944	78	0,18	0,02	0,03	0,23
31	0,41	4 500	1 845	74	0,17	0,02	0,03	0,22
32	0,41	5 000	2 050	82	0,19	0,02	0,03	0,24
33	0,41	3 600	1 476	59	0,13	0,01	0,02	0,17
34	0,49	7 800	3 822	153	0,35	0,04	0,06	0,45
35	0,27	7 500	2 025	81	0,18	0,02	0,03	0,23
36	0,41	4 700	1 927	77	0,18	0,02	0,03	0,23
37	0,41	5 200	2 132	85	0,2	0,02	0,03	0,25
38	0,41	3 700	1 517	61	0,14	0,02	0,02	0,18
39	0,49	7 800	3 822	153	0,35	0,04	0,06	0,45
40	0,27	7 500	2 025	81	0,18	0,02	0,03	0,23

Розробив				
Перевірив				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

00БКР144.ОПТЕ008.002.ПЗ

Арк.

8

41	0,41	4 700	1 927	77	0,18	0,02	0,03	0,23
42	0,41	5 200	2 132	85	0,2	0,02	0,03	0,25
43	0,41	3 700	1 517	61	0,14	0,02	0,02	0,18
44	0,49	7 800	3 822	153	0,35	0,04	0,06	0,45
45	0,27	7 500	2 025	81	0,18	0,02	0,03	0,23
46	0,41	7 100	2 911	117	0,27	0,03	0,04	0,34
47	0,41	7 100	2 911	117	0,27	0,03	0,04	0,34
48	0,41	3 700	1 517	61	0,14	0,02	0,02	0,18
Всього:	18,83	282 600	111 539	4 469	10,21	1,22	1,61	13,05

1.2.9. Визначаю максимальне теплове навантаження на гаряче водопостачання житлових і громадських споруд, за формулою:

$$Q'_{ГВП \max} = 2,4Q'_{ГВП} = 2,4 \cdot 1,61 = 4,008 \text{ МВт}$$

1.2.10. Визначаю середнє теплове навантаження на гаряче водопостачання для неопалювального (літнього) періоду, за формулою:

$$Q'_{ГВП \text{літ}} = Q'_{ГВП} \frac{55 - t_{x.в.л}}{55 - t_{x.в.з}} \beta = 1,67 \cdot \frac{55 - 15}{55 - 5} \cdot 0,8 = 1,07 \text{ МВт}$$

де  $t_{x.в.л}$  – температура холодної водопровідної води для літнього періоду,  $t_{x.в.л} = 15 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $t_{x.в.з}$  – температура холодної водопровідної води для опалювального (зимового) періоду,  $t_{x.в.з} = 5 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $\beta$  – коефіцієнт, що враховує зміну витрати мережної води на гаряче водопостачання в неопалювальний період по відношенню до опалювального; для житлово-комунального сектора  $\beta = 0,8$ ; для курортних і південних міст  $\beta = 1,5$ ; для підприємств  $\beta = 1$ .

1.2.11. Визначаю максимальне теплове навантаження на гаряче водопостачання для неопалювального (літнього) періоду, за формулою:

$$Q'_{ГВП \max \text{літ}} = Q'_{ГВП \max} \frac{55 - t_{x.в.л}}{55 - t_{x.в.з}} \beta = 4,008 \cdot \frac{55 - 15}{55 - 5} \cdot 0,8 = 2,56 \text{ МВт}$$

1.2.12. Визначаю теплові навантаження на опалення  $Q_o$  та вентиляцію  $Q_v$  для

5-ти характерних температур зовнішнього повітря  $t_{3.о}$ ,  $t_3$ ,  $t_3^{\text{сеп.опал}}$ ,  $t_{3.з}$ ,  $t_{3пк}$ , за формулами:

$$Q_o = Q'_{o \max} Q_o = Q'_{o \max} = \frac{t_{в.п} - t_3}{t_{в.п} - t_{3.о}} = 10,21 \frac{+18 - (-23)}{+18 - (-23)} = 10,21 \cdot 1 = 10,21 \text{ МВт}$$

$$Q_v = Q'_{v \max} Q_v = Q'_{v \max} = \frac{t_{в.п} - t_3}{t_{в.п} - t_{3.о}} = 1,22 \frac{+18 - (-23)}{+18 - (-23)} = 1,22 \cdot 1 = 1,22 \text{ МВт}$$

де  $t_{в.п}$  – температура повітря всередині приміщення,  $+18 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $t_{3.о}$  – розрахункова температура зовнішнього повітря на опалення,  $^\circ\text{C}$ .

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

1.2.14. Зводжу результати розрахунків теплових навантажень для 5-ти характерних температур в таблицю 1.3

Розробив					00БКР144.ОПТЕ008.002.ПЗ	Арк.
Перевірив						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.3

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

№ П / П	Позначення	Одиниця виміру	Тепловий потік при $t_3$					Літо
			$t_{3,0}$ -23 °С	$t_3$ -10 °С	$t_{3,3}$ -0,9 °С	$t_3^{\text{сер. опал}}$ -0,7 °С	$t_{3\text{пк}}$ +8 °С	
1	$\overline{Q}_o$		1,00	0,68	0,46	0,46	0,24	—
2	$Q_o$	МВт	10,21	6,97	4,66	4,71	2,49	—
3	$Q_B$	МВт	1,22	0,83	0,56	0,56	0,30	—
4	$Q_{\text{ГВП}}$	МВт	1,61	1,61	1,61	1,61	1,61	1,03
5	$Q_{\text{ГВП max}}$	МВт	3,86	3,86	3,86	3,86	3,86	2,47
6	Всього: 2+3+4	МВт	13,04	9,42	6,82	6,88	4,40	1,03
7	Всього: 2+3+5	МВт	15,29	11,67	9,08	9,13	6,65	2,47

1.2.15. Визначаю річну витрату теплоти:

- на опалення, за формулою:

$$Q_o^{\text{річн}} = Q_o' \max n_o \cdot \frac{t_{\text{в.п}} - t_3^{\text{сер.опал}}}{t_{\text{в.п}} - t_{3,0}} \cdot 3,6 = 10,21 \cdot 174 \cdot 24 \cdot \frac{+18 - (-0,7)}{+18 - (-23)} \cdot 3,6$$

$$= 69\,992,83 \frac{\text{ГДж}}{\text{рік}}$$

- на вентиляцію, за формулою:

$$Q_B^{\text{річн}} = Q_B' \max n_o \cdot \frac{z}{24} \cdot \frac{t_{\text{в.п}} - t_3^{\text{сер.опал}}}{t_{\text{в.п}} - t_{3,0}} \cdot 3,6 = 1,22 \cdot 174 \cdot 24 \cdot \frac{16}{24} \cdot \frac{+18 - (-0,7)}{+18 - (-23)} \cdot 3,6$$

$$= 5\,519,90 \frac{\text{ГДж}}{\text{рік}}$$

- на гаряче водопостачання, за формулою:

$$Q_{\text{ГВП}}^{\text{річн}} = (Q_{\text{ГВП}} n_o + Q_{\text{сер.ГВП.л}} (n - n_o)) \cdot 3,6 = (1,61 \cdot 174 \cdot 24 + 1,07 \cdot (8\,400 - 174 \cdot 24)) \cdot 3,6 = 18\,743,96 \frac{\text{ГДж}}{\text{рік}}$$

де  $n_o$  – тривалість опалювального періоду, діб;  $n$  – тривалість роботи системи гарячого водопостачання (ГВП) протягом року,  $n = 8\,400$  год;  $z$  – тривалість роботи вентиляційної системи протягом доби,  $z = 16 \frac{\text{год}}{\text{доби}}$ ;  $t_3^{\text{сер.опал}}$  – середня температура зовнішнього повітря протягом опалювального періоду, °С.

1.2.16. Визначаю сумарну річну витрату теплоти на опалення, на вентиляцію та на ГВП, за формулою:

$$\Sigma Q^{\text{річн}} = Q_o^{\text{річн}} + Q_B^{\text{річн}} + Q_{\text{ГВП}}^{\text{річн}} = 69\,992,83 + 5\,519,90 + 18\,743,96 =$$

$$= 94\,256,69 \frac{\text{ГДж}}{\text{рік}}$$

$$\Sigma Q^{\text{річн}} = 26\,182,41 \frac{\text{МВт}}{\text{рік}}$$

1.2.17. Будую графік зміни теплових навантажень на опалення.

Розробив					00БКР144.ОПТЕ008.002.ПЗ	Арк.
Перевірив						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

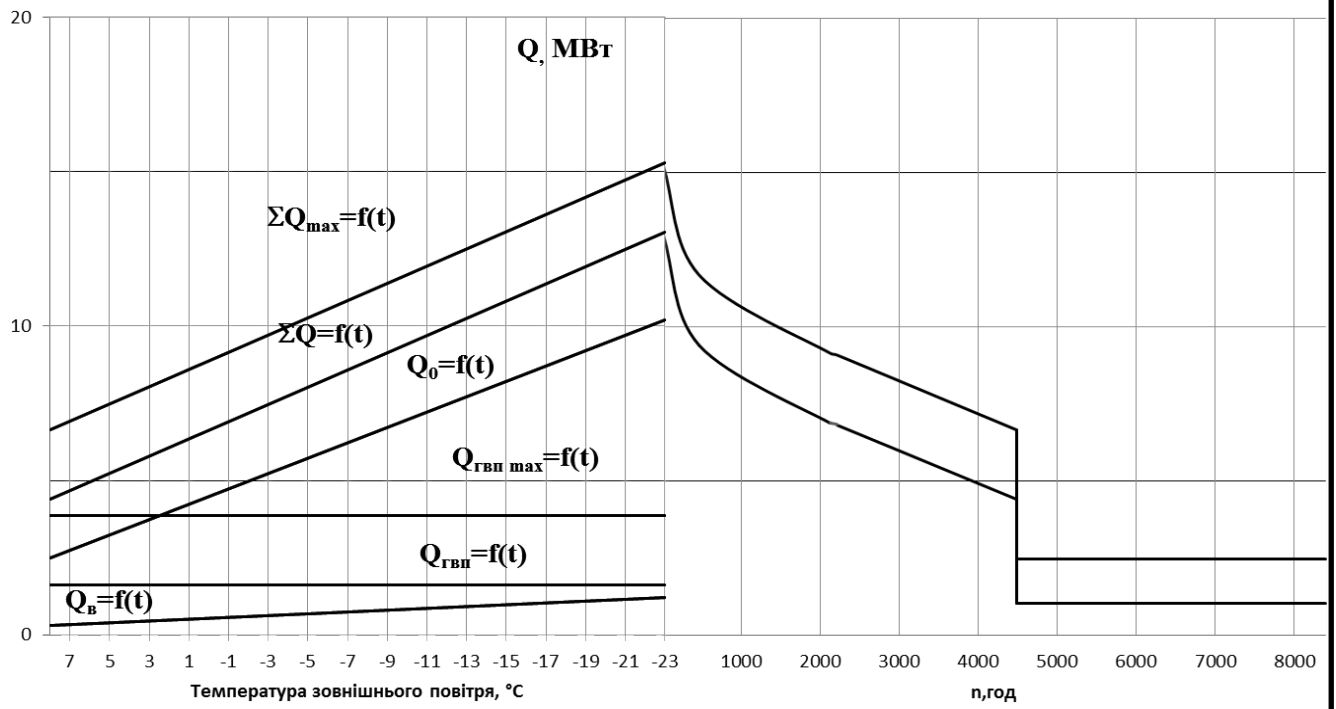


Рис. 1.2 Графік зміни теплових навантажень

Розробив				
Перевірив				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

00БКР144.ОПТЕ008.002.ПЗ

Арк.

12

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

#### 1.3.1. Розрахунок витрат та температур мережної води на опалення

1.3.1.1. Визначаю температуру мережної води для 5-ти характерних температур зовнішнього повітря  $t_{3,0}$ ,  $t_3$ ,  $t_3^{\text{ср. опал}}$ ,  $t_{3,3}$ ,  $t_{3\text{ПК}}$ :

- в подавальному трубопроводі, за формулою:

$$\begin{aligned} \tau_{o1} &= t_{в.р} + \Delta t_o' \bar{Q}_o^{0,8} + \bar{Q}_o' (\delta \tau_o' - 0,5\theta') = \\ &= 18 + \left( \frac{95 + 70}{2} - 18 \right) \cdot \left( \frac{+18 - (-23)}{+18 - (-23)} \right)^{0,8} + \frac{+18 - (-23)}{+18 - (-23)} (80 - 0,5 \cdot 25) = 150 \text{ } ^\circ\text{C} \end{aligned}$$

- після вузла змішування, за формулою:

$$\begin{aligned} \tau_{o2} &= t_{в.р} + \Delta t_o' \bar{Q}_o^{0,8} - 0,5\theta' \bar{Q}_o = \\ &= 18 + 64,5 \cdot \left( \frac{+18 - (-23)}{+18 - (-23)} \right)^{0,8} - 0,5 \cdot 25 \frac{+18 - (-23)}{+18 - (-23)} = 70 \text{ } ^\circ\text{C} \end{aligned}$$

- після системи опалення (опалювальних приладів), за формулою:

$$\begin{aligned} \tau_{o2} &= t_{в.р} + \Delta t_o' \bar{Q}_o^{0,8} - 0,5\theta' \bar{Q}_o = \\ &= 18 + 64,5 \cdot \left( \frac{+18 - (-23)}{+18 - (-23)} \right)^{0,8} - 0,5 \cdot 25 \frac{+18 - (-23)}{+18 - (-23)} = 70 \text{ } ^\circ\text{C} \end{aligned}$$

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

$$\bar{Q}_o = \frac{t_{в.р} - t_3}{t_{в.р} - t_{3,0}} = \frac{+18 - (-23)}{+18 - (-23)} = 1; \delta \tau_o' = \tau_{o1}' - \tau_{o2}' = 120 - 70 = 50 \text{ } ^\circ\text{C};$$

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

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

1.3.1.2. Визначаю витрату мережної води на опалення у першому діапазоні

( $t_{3\text{ПК}} \dots t_{3,3}$ ), за формулою:

$$G_o = \frac{Q_o \cdot 10^3}{c(\tau_{o1}' - \tau_{o2}')} = \frac{2,45 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (70 - 43,4)} = 21,9 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

1.3.1.3. Визначаю витрату мережної води на опалення у другому діапазоні ( $t_{3,3} \dots t_{3,0}$ ), витрата є постійною і дорівнює розрахунковій, за формулою:

$$G_{o \text{ max}} = \frac{Q_{o \text{ max}} \cdot 10^3}{c(\tau_{o1}' - \tau_{o2}')} = \frac{10,21 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (120 - 70)} = 48,73 \text{ кг/с}$$

1.3.1.4 Звожу результати визначення температур і витрат в таблицю 1.4

Розробив				00БКР144.ОПТЕ008.002.ПЗ	Арк.
Перевірив					13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

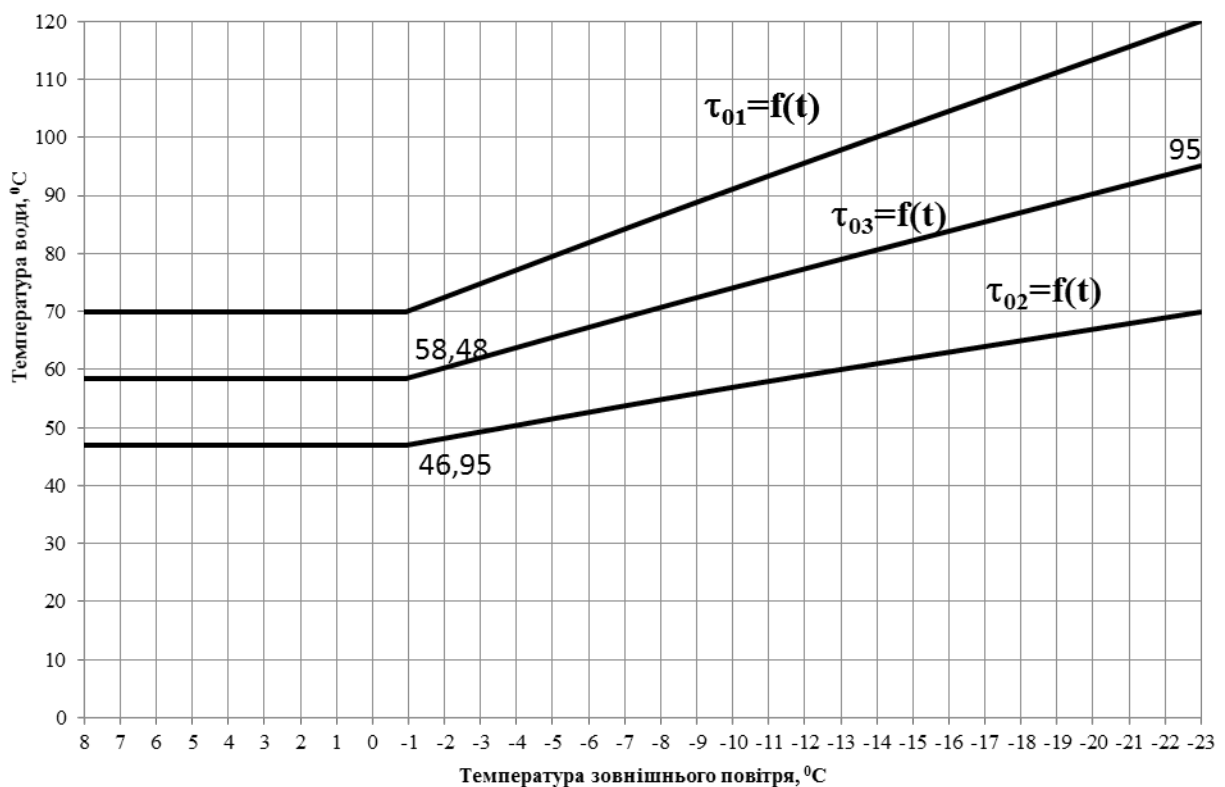
Таблиця 1.4

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

Позначення	Одиниця виміру	Температура і витрата мережної води при				
		$t_{3,0}$ -23 °C	$t_3$ -10 °C	$t_{3,3}$ -0,9 °C	$t_3^{\text{ср. опал}}$ -0,7 °C	$t_{\text{зпк}}$ +8 °C
$\tau_{01}$	°C	120	91,15	70	70	70
$\tau_{02}$	°C	70	57,00	46,95	46,95	46,95
$\tau_{03}$	°C	95	74,08	58,48	58,48	58,48
$G_0$	$\frac{\text{кг}}{\text{с}}$	48,74	48,74	48,74	48,74	25,79

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

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

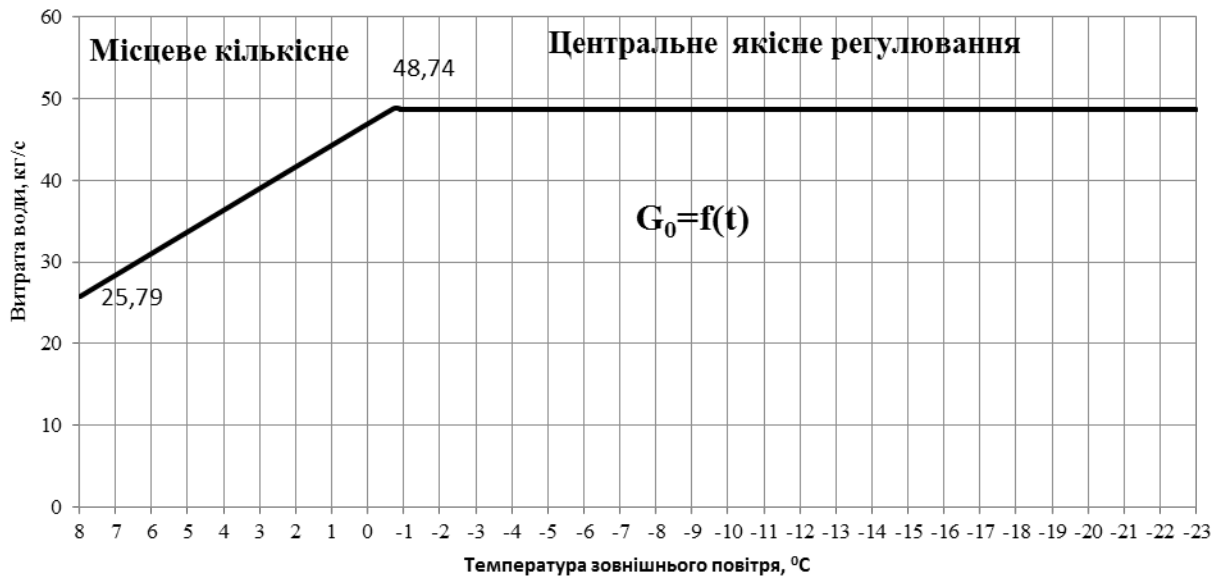


Розробив			
Перевірив			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис Дата

00БКР144.ОПТЕ008.002.ПЗ

Арк.

14



### 1.3.2. Розрахунок витрат та температур мережної води на гаряче водопостачання

1.3.2.1. Визначаю витрату мережної води на гаряче водопостачання, за формулою:

$$G_{ГВП \max} = \frac{Q_{ГВП \max} \cdot 10^3}{c(\tau_{o1}''' - \tau_{o2}''')} \cdot \frac{t_z - t_n}{t_z - t_{x,z}} = \frac{4,008 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (70 - 43,4)} \cdot \frac{60 - (43,4 - 5)}{60 - 5} = 14,12 \frac{кг}{с}$$

1.3.2.2. Визначаю температуру мережної води після підігрівника 1-го ступеню, за формулою:

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

$$= 43,4 - 4,008 \cdot 10^3 \cdot \frac{(43,4 - 5) - 5}{60 - 5} \cdot \frac{1}{4,19 \cdot (48,73 + 14,12)} = 34,16 \text{ } ^\circ\text{C}$$

де  $t_n$  – температура водопровідної води після підігрівника ГВП 1-го ступеня, °C,

$$t_n = \tau_{o2}''' - (5 \dots 10 \text{ } ^\circ\text{C}).$$

3.2.3 Визначаю витрату теплоносія і температури мережної води при  $t_3 \neq \tau_{o3}'''$ .

Розрахунок виконується в два етапи: попередній і кінцевий.

**Попередній розрахунок ( $t_3 = -0,7 \text{ } ^\circ\text{C}$ ):**

1.3.2.4. Визначаю температурні напори 1-го і 2-го ступенів підігрівників при розрахунковому режимі ( $t_3 = \tau_{o3}'''$ ), за формулами:

$$\Delta t_I = \frac{\Delta t_{\delta I} - \Delta t_{\delta II}}{\ln \frac{\Delta t_{\delta I}}{\Delta t_{\delta II}}} = \frac{(\tau_2 - t_{x,z}) - (\tau_{o2}''' - t_n)}{\ln \frac{\tau_2 - t_{x,z}}{\tau_{o2}''' - t_n}} = \frac{(34,16 - 5) - (43,4 - 38,1)}{\ln \frac{34,16 - 5}{43,4 - 38,1}} = 13,9 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Розробив					00БКР144.ОПТЕ008.002.ПЗ	Арк.
Перевірив						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta t_{II} = \frac{\Delta t_{\delta II} - \Delta t_{\delta III}}{\ln \frac{\Delta t_{\delta II}}{\Delta t_{\delta III}}} = \frac{(\tau_{\delta 1}^{III} - t_{\delta}) - (\tau_{\delta 2} - t_{II})}{\ln \frac{\tau_{\delta 1}^{III} - t_{\delta}}{\tau_{\delta 2} - t_{II}}} = \frac{(70 - 60) - (43,4 - 38,1)}{\ln \frac{70 - 60}{43,4 - 38,1}} = 7,4 \text{ } ^\circ\text{C}$$

1.3.2.5. Визначаю витрату водопровідної води на ГВП, за формулою:

$$g_{c_v} = \frac{Q_{ГВП \max} \cdot 10^3}{c(t_n - t_{x,z})} = \frac{4,008 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (60 - 5)} = 17,39 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

1.3.2.6. Визначаю теплопродуктивність підігрівників 1-го і 2-го ступенів, за формулами:

$$Q_I = c g_{ГМ} (t_{II} - t_{x,z}) = 4,19 \cdot 17,39 \cdot (38,1 - 5) = 2,41 \text{ МВт}$$

$$Q_{II} = c g_{ГМ} (t_{Г} - t_{II}) = 4,19 \cdot 17,39 \cdot (60 - 38,1) = 1,59 \text{ МВт}$$

Повинна виконуватись умова  $Q_I + Q_{II} = Q_{ГВП \max}$ .

1.3.2.7. Визначаю витрати мережної води, що проходить через підігрівники 1-го і 2-го ступенів, за формулами:

$$G_I = G_{II} + G'_{o \max} = 19,78 + 48,73 = 68,51 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

$$G_{II} = \frac{0,55 \cdot Q_{ГВП \max} \cdot 10^3}{c(\tau_{\delta 1}^{III} - \tau_{\delta 2})} = \frac{0,55 \cdot 4,008 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (70 - 43,4)} = 19,78 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

1.3.2.8. Визначаю параметр підігрівників 1-го та 2-го ступенів за формулою:

$$\Phi_I = \frac{Q_I \cdot 10^3}{\Delta t_I c \sqrt{G_{\delta I} G'_{\delta I}}} = \frac{2,41 \cdot 10^3}{13,9 \cdot 4,19 \cdot \sqrt{17,39 \cdot 68,51}} = 1,20$$

$$\Phi_{II} = \frac{Q_{II} \cdot 10^3}{\Delta t_{II} c \sqrt{G_{\delta II} G'_{\delta II}}} = \frac{1,59 \cdot 10^3}{7,4 \cdot 4,19 \cdot \sqrt{17,39 \cdot 19,78}} = 2,76$$

1.3.2.9. Визначаю теплопродуктивність 1-го ступеню, нехтуючи витратою мережної води через 1-й ступінь  $G_I$  і приймаючи витрату нагрівної води через нього рівною  $G'_{o \max}$ , температуру нагрівної води на вході в підігрівник 1-го ступеню, рівною  $\tau_{cm} = \tau_{\delta 2}$ , за формулою:

$$Q_I = c \varepsilon_I G_{\delta I} (\tau_{cm} - t_{x,z}) = 4,19 \cdot 0,86 \cdot 17,39 \cdot (47,1 - 5) = 2,64 \text{ МВт}$$

де  $\varepsilon_I$  визначаю за формулою:

$$\varepsilon_I = \left( 0,35 \frac{G_{\delta I}}{G'_{\delta I}} + 0,65 + \frac{1}{\Phi_I} \cdot \sqrt{\left[ \frac{G_{\delta I}}{G'_{\delta I}} \right]} \right)^{-1} = \left( 0,35 \cdot \frac{17,39}{68,51} + 0,65 + \frac{1}{1,20} \cdot \sqrt{\left[ \frac{17,39}{68,51} \right]} \right)^{-1} = 0,86$$

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

$$t_n = t_{x,z} + \frac{Q_I \cdot 10^3}{c g_{c_v}} = 5 + \frac{2,64 \cdot 10^3}{4,19 \cdot 17,39} = 41,23 \text{ } ^\circ\text{C}$$

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

Розробив					00БКР144.ОПТЕ008.002.ПЗ	Арк.
Перевірив						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{II} = Q_{ГВП \max} - Q_I = 4,008 - 2,64 = 1,37 \text{ МВт}$$

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

$$G_{II} = \frac{Q_{II} \cdot 10^3}{c(\tau_{o1} - \tau_{2,c})} = \frac{1,37 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (83 - 41,23)} = 7,83 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

Для попереднього розрахунку нехтую величиною недогріву підігрівнику 2-го ступеню, тобто приймаю  $\tau_{2г} = t_{II}$

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

$$G_I = G_{II} + G'_{o \max} = 7,83 + 48,73 = 56,56 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

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

$$\tau_{cm} = \frac{G'_{o \max}}{G_I} \tau_{o2} + \frac{G_{II}}{G_I} \tau_{2,c} = \frac{48,73}{56,56} \cdot 43,4 + \frac{7,83}{56,56} \cdot 41,23 = 43,1 \text{ } ^\circ\text{C}$$

На цьому попередній розрахунок закінчую.

### Кінцевий розрахунок.

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

$$Q_I = c \varepsilon_I G_M (\tau_{cm} - t_{x,3}) = 4,19 \cdot 1,07 \cdot 17,39 \cdot (43,1 - 5) = 2,97 \text{ МВт}$$

$$\varepsilon_I = \left( 0,35 \frac{G_{MI}}{G_{oI}} + 0,65 + \frac{1}{\Phi_I} \cdot \sqrt{\left[ \frac{G_{MI}}{G_{oI}} \right]} \right)^{-1} = \left( 0,35 \cdot \frac{17,39}{56,56} + 0,65 + \frac{1}{1,20} \cdot \sqrt{\left[ \frac{17,39}{56,56} \right]} \right)^{-1} = 0,82$$

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

$$t_n = t_{x,3} + \frac{Q_I \cdot 10^3}{c g_{c,m}} = 5 + \frac{2,97 \cdot 10^3}{4,19 \cdot 17,39} = 40,76 \text{ } ^\circ\text{C}$$

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

$$Q_{II} = Q_{ГВП \max} - Q_I = 4,008 - 2,97 = 1,038 \text{ МВт}$$

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

$$G_{II} = \frac{1,7 \Phi_{II}^2 g_{c,m}}{\left[ -1 + \sqrt{1 + 2,6 \Phi_{II}^2 \left( \frac{(\tau_{o1} - t_n) c g_{c,m}}{Q_{II} 10^3} - 0,35 \right)} \right]^2} = \frac{1,7 \cdot 2,76^2 \cdot 17,39}{\left[ -1 + \sqrt{1 + 2,6 \cdot 2,76^2 \cdot \left( \frac{(83 - 40,76) \cdot 4,19 \cdot 17,39}{1,038 \cdot 10^3} - 0,35 \right)} \right]^2} = 5,73 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

Розробив					00БКР144.ОПТЕ008.002.ПЗ	Арк.
Перевірив						17
Зм.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		

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

$$\tau_{2,2} = \tau_{01} - \frac{Q_{II} 10^3}{G_{II} c} = 70 - \frac{1,038 \cdot 10^3}{5,73 \cdot 4,19} = 26,76 \text{ } ^\circ\text{C}$$

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

$$G_I = G_{II} + G'_{o \max} = 5,73 + 48,73 = 54,46 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

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

$$\tau_{cm} = \frac{G'_{o \max}}{G_I} \tau_{o2} + \frac{G_{II}}{G_I} \tau_{2,2} = \frac{48,73}{54,46} \cdot 43,4 + \frac{5,73}{54,46} \cdot 26,76 = 41,65 \text{ } ^\circ\text{C}$$

1.3.2.22. Перевіряю теплову продуктивність 1-го і 2-го ступенів підігрівників за формулами. Якщо знайдені величини близько співпадають з даними попереднього розрахунку, то розрахунок закінчено. В протилежному випадку знову провести уточнюючий розрахунок за вищенаведеною методикою.

- Визначаю теплопродуктивність 1-го ступеню:

$$Q_I = c \varepsilon_I G_{MI} (\tau_{cm} - t_{x,3}) = 4,19 \cdot 0,82 \cdot 17,39 \cdot (41,65 - 5) = 2,19 \text{ МВт}$$

$$\varepsilon_I = \left( 0,35 \frac{G_{MI}}{G_{GI}} + 0,65 + \frac{1}{\Phi_I} \cdot \sqrt{\left[ \frac{G_{MI}}{G_{GI}} \right]} \right)^{-1} = \left( 0,35 \cdot \frac{17,39}{54,46} + 0,65 + \frac{1}{1,20} \cdot \sqrt{\left[ \frac{17,39}{54,46} \right]} \right)^{-1} = 0,81$$

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

$$t_n = t_{x,3} + \frac{Q_I 10^3}{c q_{cM}} = 5 + \frac{2,19 \cdot 10^3}{4,19 \cdot 17,39} = 35,06 \text{ } ^\circ\text{C}$$

- Визначаю теплопродуктивність підігрівника 2-го ступеню:

$$Q_{II} = Q_{ГВП \max} - Q_I = 4,008 - 2,19 = 1,82 \text{ МВт}$$

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

$$G_{II} = \frac{1,7 \Phi_{II}^2 g_{cM}}{\left[ -1 + \sqrt{1 + 2,6 \Phi_{II}^2 \left( \frac{(\tau_{01} - t_n) c g_{cM}}{Q_{II} 10^3} - 0,35 \right)} \right]^2} = \frac{1,7 \cdot 2,76^2 \cdot 17,39}{\left[ -1 + \sqrt{1 + 2,6 \cdot 2,76^2 \cdot \left( \frac{(70 - 35,06) \cdot 4,19 \cdot 17,39}{1,82 \cdot 10^3} - 0,35 \right)} \right]^2} = 16,75 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

$$G_{II} \geq \frac{Q_{II} 10^3}{(\tau_{01} - t_n) c} \quad (16,75 \geq \frac{1,82 \cdot 10^3}{(70 - 35,06) \cdot 4,19}, 16,75 \geq 12,43).$$

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

$$\tau_{2,2} = \tau_1 - \frac{Q_{II} 10^3}{G_{II} c} = 70 - \frac{1,82 \cdot 10^3}{16,75 \cdot 4,19} = 44,07 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Розробив					00БКР144.ОПТЕ008.002.ПЗ	Арк.
Перевірив						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$G_I = G_{II} + G'_{o \max} = 16,75 + 48,73 = 65,48 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

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

$$\tau_{cm} = \frac{G'_{o \max}}{G_I} \tau_{o2} + \frac{G_{II}}{G_I} \tau_{2c} = \frac{48,73}{65,48} \cdot 43,4 + \frac{16,75}{65,48} \cdot 26,76 = 39,14 \text{ } ^\circ\text{C}$$

- Визначаю теплопродуктивність 1-го ступеню:

$$Q_I = c\varepsilon_I G_{MI} (\tau_{cm} - t_{x.3}) = 4,19 \cdot 0,81 \cdot 17,39 \cdot (39,14 - 5) = 2,01 \text{ МВт}$$

$$\varepsilon_I = \left( 0,35 \frac{G_{MI}}{G_{\delta I}} + 0,65 + \frac{1}{\Phi_I} \cdot \sqrt{\left[ \frac{G_{MI}}{G_{\delta I}} \right]} \right)^{-1} = \left( 0,35 \cdot \frac{17,39}{65,48} + 0,65 + \frac{1}{1,20} \cdot \sqrt{\left[ \frac{17,39}{65,48} \right]} \right)^{-1} = 0,85$$

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

$$t_n = t_{x.3} + \frac{Q_I 10^3}{c g_{cM}} = 5 + \frac{2,01 \cdot 10^3}{4,19 \cdot 17,39} = 32,58 \text{ } ^\circ\text{C}$$

- Визначаю теплопродуктивність підігрівника 2-го ступеню:

$$Q_{II} = Q_{ГВП \max} - Q_I = 4,008 - 2,01 = 1,998 \text{ МВт}$$

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

$$\tau_2 = \tau_{cm} - \frac{Q_I 10^3}{G_I c} = 39,14 - \frac{2,01 \cdot 10^3}{65,48 \cdot 4,19} = 31,81 \text{ } ^\circ\text{C}$$

1.3.2.24. Здійснюю перевірку, за формулою:

$$t_2 = \frac{Q_{II} 10^3}{c g_{cM}} + t_n = \frac{1,998 \cdot 10^3}{4,19 \cdot 17,39} + 32,58 = 48,77 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Для визначення витрати теплоносія і t мережної води при інших значеннях  $t_3$  п. 3.2.4-3.2.8 не розраховуються, приймаються з попереднього.

1.3.2.25. Визначити витрату мережної води в літньому режимі:

$$G_{ГВП} = \frac{Q_{ГВП,л}^{сер} 10^3}{(\tau_{o1} - 30)c} = \frac{1,07 \cdot 10^3}{(70 - 30) \cdot 4,19} = 6,38 \text{ кг/с.}$$

1.3.2.26. Звожу результати розрахунків у таблицю 1.5.

Таблиця 1.5

Результати розрахунку витрат та t мережної води на ГВП

Позначення	Одиниця виміру	Температура і витрата мережної води при					
		$t_{3.o}$ -23 °C	$t_3$ -10 °C	$t_{3.3}$ -0,9 °C	$t_3^{сер. опал}$ -0,7 °C	$t_{зпк}$ +8 °C	літо
$\tau_{o2}$	°C	70,00	57,00	46,95	46,95	46,95	70
$\tau_{2г}$	°C	58,11	47,82	46,95	46,95	46,95	30
$t_{II}$	°C	57,26	47,11	41,95	39,83	41,95	60
$\tau_{cm}$	°C	69,81	56,13	46,95	46,95	46,95	-
$\tau_2$	°C	52,12	43,02	36,94	36,94	36,94	-
$G_{ГВП}$	кг/с	0,74	4,99	13,13	13,13	13,13	6,15

Розробив				00БКР144.ОПТЕ008.002.ПЗ	Арк.
Перевірив					19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

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

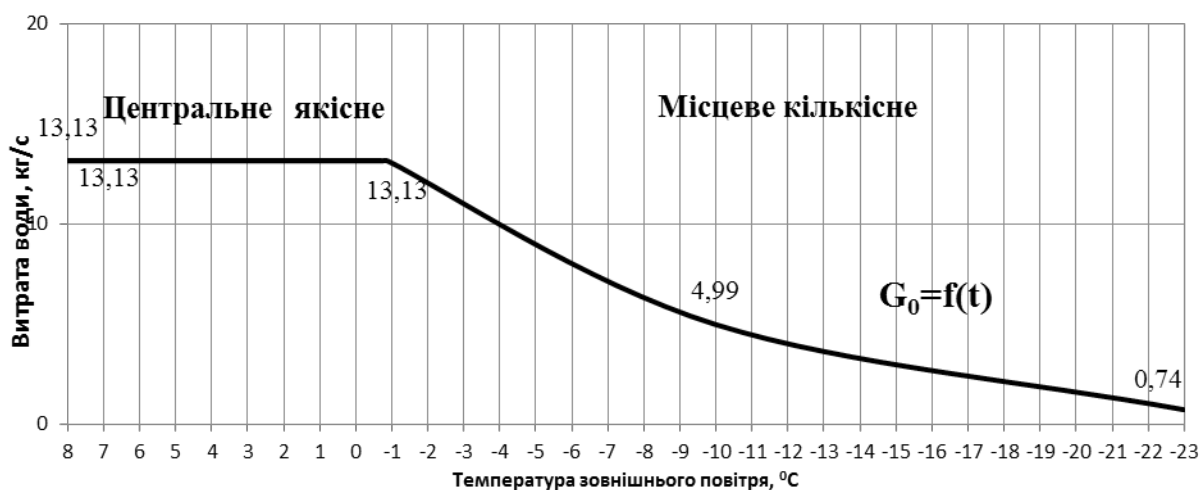
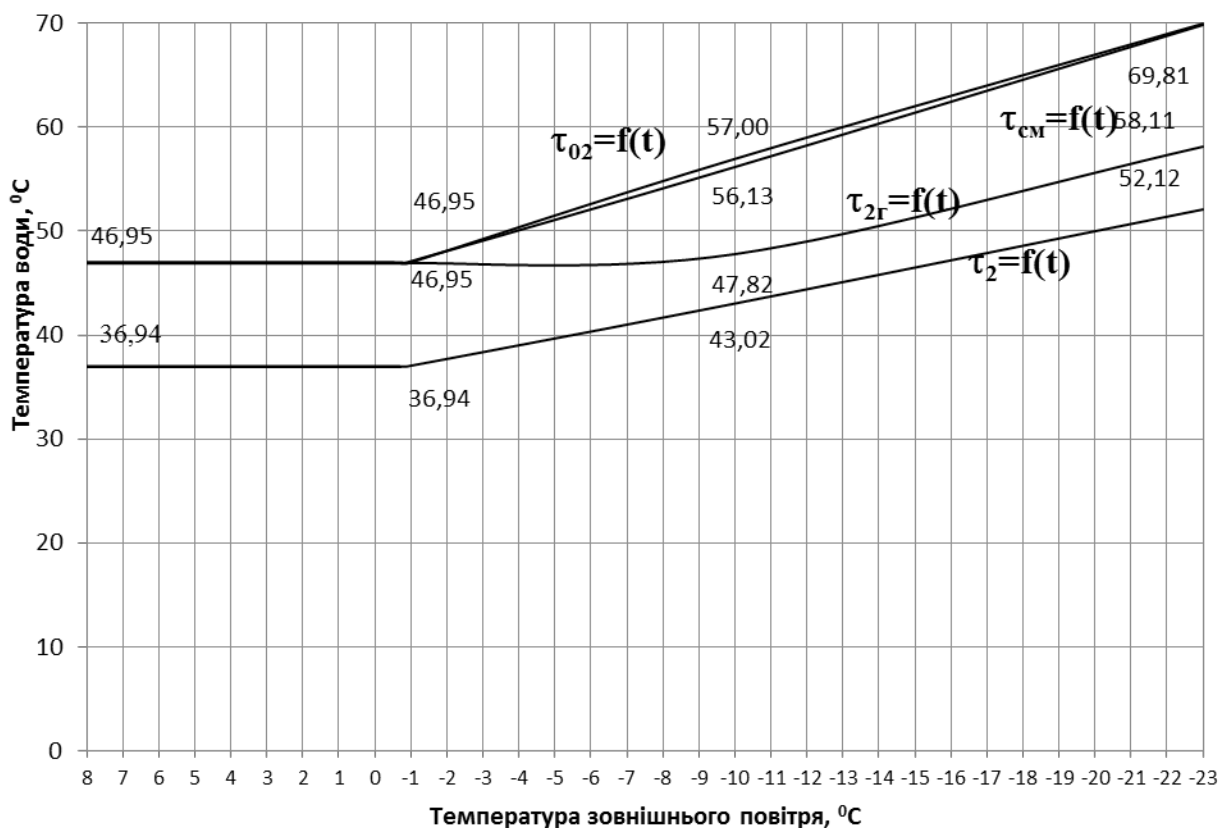


Рис.1.4 Графіки залежності витрати мережної води на ГВП і температури мережної води після підігрівників ГВП 1-го і 2-ступенів від температури зовнішнього повітря

Розробив				00БКР144.ОПТЕ008.002.ПЗ	Арк.
Перевірив					20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

### 3.3. Розрахунок витрат та температур мережної води на вентиляцію

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

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

1.3.3.1. Визначаю температуру мережної води після калориферів за формулою:

$$\frac{(\tau_{01} + \tau_{2e}) - (t_{e.p} + t_z)}{(\tau_{01}'' + \tau_{2e}'') - (t_{e.p} + t_{z.e})} \left( \frac{\tau_{01}'' - \tau_{2e}''}{\tau_{01} - \tau_{2e}} \right)^{0,15} = 1,$$

$$\frac{(120 + \tau_{2e}) - (18 + (-25))}{(108,8 + 57,4) - (18 + (-10))} \cdot \left( \frac{108,8 - 57,4}{120 - \tau_{2e}} \right)^{0,15} = 1$$

де  $\tau_{01}''$  – температура мережної води у подавальному трубопроводі при  $t_{\text{зовн.вент.}}$ ;

$\tau_{2e}''$  – температура води після калориферів при  $t_{z.e}$ , °С.

Методом підбору знаходжу  $\tau_{2e} = 60$  °С.

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

$$G_e = \frac{Q_e \cdot 10^3}{c(\tau_{01} - \tau_{2e})} = \frac{1,22 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (120 - 60)} = 4,85 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

**II.** Діапазон температур зовнішнього повітря ( $t_{\text{зовн.вент.}} < t_z \leq t_{z.3.}$ ).

1.3.3.3. Визначаю температуру води після калориферів, за формулою:

$$\tau_{2e} = \tau_{01} - (\tau_{01}'' - \tau_{2e}'') \frac{t_{e.p} - t_z}{t_{e.p} - t_{z.e}} = 70 - (108,8 - 57,4) \cdot \frac{18 - 3,2}{18 - (-10)} = 42,83 \text{ °С}$$

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

$$G_e'' = \frac{Q_e \cdot 10^3}{c(\tau_{01}'' - \tau_{2e}'')} = \frac{0,89 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (108,8 - 57,4)} = 4,13 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

**I.** Діапазон температур зовнішнього повітря ( $t_{z.3.} < t_z \leq t_{зпк}$ ).

1.3.3.5. Визначаю температуру води після калориферів, за формулою:

$$\frac{(\tau_{01}''' + \tau_{2e}') - (t_{e.p} - t_{зпк})}{(\tau_{01}''' + \tau_{2e}''') - (t_{e.p} - t_{z.e})} \left( \frac{\tau_{01}''' - \tau_{2e}'''}{\tau_{01}'' - \tau_{2e}''} \right)^{0,15} = 1,$$

$$\frac{(\tau_{01}''' + \tau_{2e}') - (t_{e.p} - t_{зпк})}{\left( \frac{t_{e.p} - t_{зпк}}{t_{e.p} - t_{z.e}} \right)^{0,85}} = 1,$$

$$\frac{(70 + \tau_{2e}') - (18 + 8)}{(108,8 + 57,4) - (18 + (-10))} \cdot \left( \frac{108,8 - 57,4}{70 - \tau_{2e}'} \right)^{0,15} = 1$$

$$\frac{(\tau_{01}''' + \tau_{2e}') - (t_{e.p} - t_{зпк})}{\left( \frac{18 - 8}{18 - (-10)} \right)^{0,85}} = 1$$

Методом підбору знаходжу  $\tau_{2e}' = 20$  °С.

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

$$G_e' = \frac{Q_e \cdot 10^3}{c(\tau_{01}''' - \tau_{2e}''')} = \frac{0,89 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (70 - 20)} = 4,25 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

1.3.3.7. Звожу результати розрахунків у таблицю 1.6.

Розробив					00БКР144.ОПТЕ008.002.ПЗ	Арк.
Перевірив						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Результати розрахунку витрат температур мережної води при

Позначення	Одиниця виміру	Температура і витрата мережної води при				
		$t_{3,0}$ -23 °C	$t_3$ -10 °C	$t_{3,3}$ -0,9 °C	$t_3^{\text{сеп. опал}}$ -0,7 °C	$t_{\text{зпк}}$ +8 °C
$\tau_1$	°C	120,00	91,15	70,00	70,00	70,00
$\tau_{02}$	°C	70,00	57,00	46,95	46,95	46,95
$\tau_{2в}$	°C	35,60	57,00	46,95	46,95	18,20
$G_B$	$\frac{\text{кг}}{\text{с}}$	3,45	5,82	5,82	5,82	1,37

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

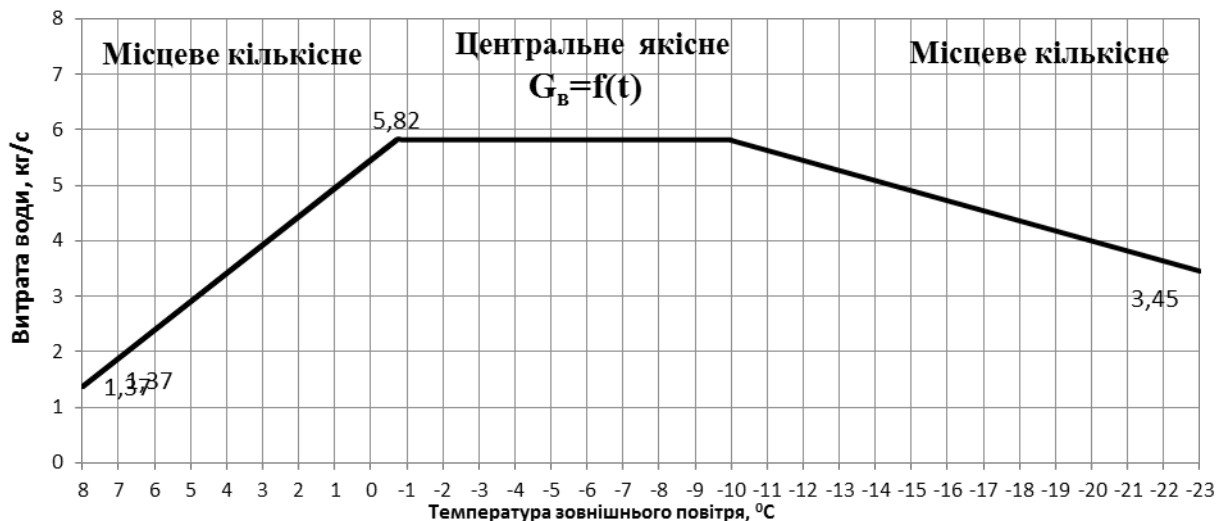
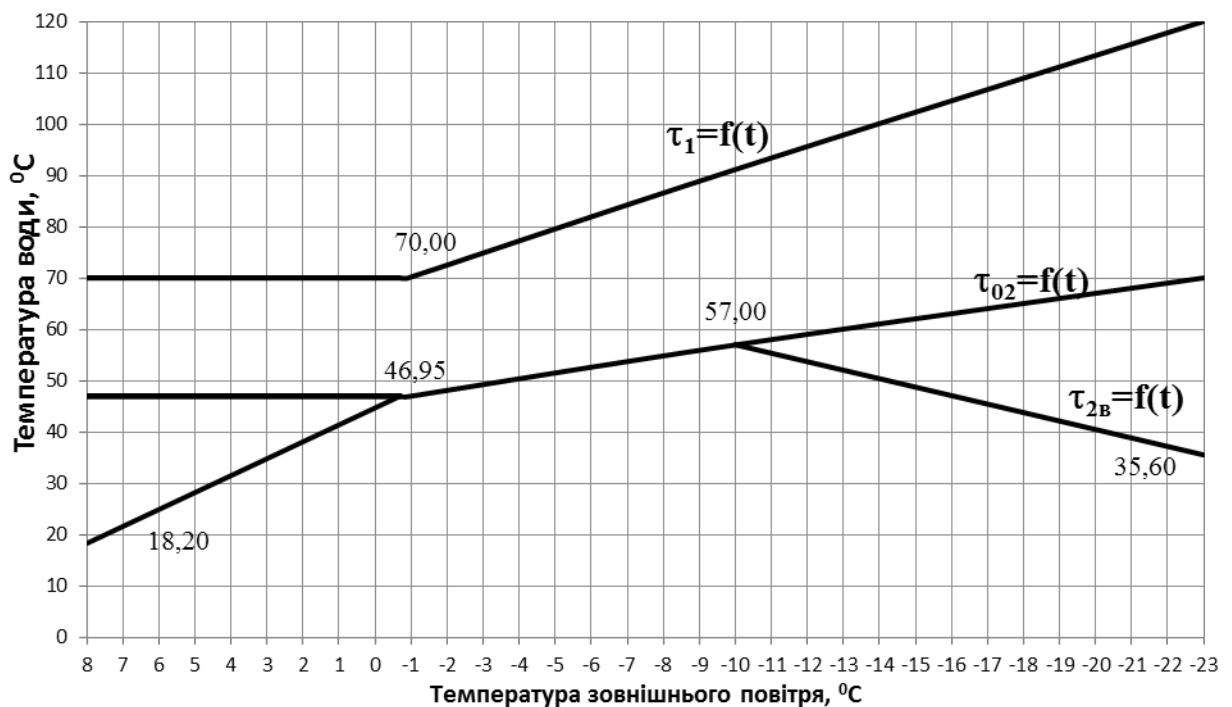


Рис.1.5 Графіки залежності витрати мережної води на вентиляцію і  $t$  мережної води після калориферів від температури зовнішнього повітря

Розробив				
Перевірив				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

## 1.4. Визначення розрахункових витрат теплоносія

1.4.1. Визначаю розрахункову витрату мережної води:

- на опалення, за формулою:

$$G'_{o\max} = \frac{Q'_{o\max} 10^3}{c(\tau'_{o1} - \tau'_{o2})} = \frac{10,21 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (120 - 70)} = 48,73 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

- на вентиляцію, за формулою:

$$G'_{e\max} = \frac{Q'_{e\max} 10^3}{c(\tau'_{o1} - \tau'_{2e})} = \frac{1,22 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (120 - 70)} = 5,82 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

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

$$G'_{ГВП\text{ср}} = \frac{Q'_{ГВП} 10^3}{c(\tau'''_{o1} - \tau'''_{o2})} \left( \frac{55 - t'}{55 - t_x} + 0,2 \right) = \frac{1,61 \cdot 10^3}{4,19(70 - 43,4)} \cdot \left( \frac{55 - (43,4 - 5)}{55 - 5} + 0,2 \right) = 7,68 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

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:

$$G'_{ГВП\text{max}} = \frac{0,55 Q'_{ГВП\text{max}} 10^3}{c(\tau'''_{o1} - \tau'''_{o2})} = \frac{0,55 \cdot 4,008 \cdot 10^3}{4,19(70 - 43,4)} = 19,78 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

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

$$G' = G'_{o\max} + G'_{e\max} + K_3 G'_{ГВП\text{ср}} = 48,73 + 5,82 + 1,2 \cdot 7,68 = 63,76 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

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

1.4.3. Визначаю розрахункову витрату води в двотрубних водяних теплових мережах для неопалювального (літнього) періоду, за формулою:

$$G'_l = \frac{Q'_{ГВП\text{л}} 10^3}{(\tau'''_{o1} - 30)c} = \frac{1,07 \cdot 10^3}{(70 - 30) \cdot 4,19} = 6,79 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

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

Розробив					00БКР144.ОПТЕ008.002.ПЗ	Арк.
Перевірив						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.7

## Значення розрахункових витрат теплоносія

Номер кварталу	Розрахункова витрата теплоносія, $\frac{Kz}{c}$					
	$G'_{o \max}$	$G'_{в \max}$	$G^{ср}_{ГВП}$	$K_3 \cdot G^{ср}_{ГВП}$	$G'$	$G'_{л}$
1	2	3	4	5	6	7
1	1,81	0,24	0,28	0,33	2,38	0,82
2	0,48	0,05	0,048	0,057	0,58	0,12
3	1,34	0,14	0,19	0,23	1,71	0,61
4	1,14	0,14	0,19	0,23	1,51	0,48
5	0,71	0,095	0,095	0,114	0,92	0,74
6	1,81	0,24	0,28	0,33	2,38	0,82
7	0,48	0,05	0,048	0,057	0,58	0,12
8	1,34	0,14	0,19	0,23	1,71	0,61
9	1,14	0,14	0,19	0,23	1,51	0,48
10	0,71	0,095	0,095	0,114	0,92	0,74
11	1,81	0,24	0,28	0,33	2,38	0,82
12	0,48	0,05	0,048	0,057	0,58	0,12
13	1,14	0,14	0,19	0,23	1,51	0,48
14	1,14	0,14	0,19	0,23	1,51	0,48
15	0,71	0,095	0,095	0,114	0,66	0,16
16	1,29	0,14	0,19	0,23	1,26	0,56
17	0,86	0,09	0,14	0,168	1,12	0,37
18	1,05	0,14	0,19	0,23	1,42	0,52
19	1,05	0,14	0,19	0,23	1,42	0,52
20	0,67	0,095	0,095	0,114	0,88	0,24
21	1,29	0,14	0,19	0,23	0,66	0,16
22	0,86	0,095	0,14	0,168	1,12	0,37
23	1,05	0,14	0,19	0,23	1,42	0,52
24	1,05	0,14	0,19	0,23	1,42	0,52
25	0,67	0,095	0,095	0,114	0,88	0,24
26	0,62	0,095	0,095	0,114	0,83	0,22
27	0,86	0,095	0,14	0,168	1,12	0,37
28	0,86	0,095	0,14	0,168	1,12	0,37
29	1,29	0,14	0,19	0,23	0,66	0,16
30	0,86	0,095	0,14	0,168	1,12	0,37
31	0,81	0,095	0,14	0,168	1,07	0,42
32	0,91	0,095	0,14	0,168	1,17	0,44
33	0,62	0,05	0,095	0,114	0,78	0,19
34	1,67	0,19	0,28	0,33	2,19	0,78
35	0,86	0,095	0,14	0,168	1,12	0,37
36	0,86	0,095	0,14	0,168	1,12	0,37
37	0,95	0,095	0,14	0,168	1,21	0,59
38	0,67	0,095	0,095	0,114	0,88	0,24
39	1,67	0,19	0,28	0,33	2,19	0,78

Розробив					00БКР144.ОПТЕ008.002.ПЗ	Арк.
Перевірив						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Номер кварталу	Розрахункова витрата теплоносія, $\frac{K\bar{C}}{C}$					
	40	0,86	0,095	0,14	0,168	1,12
41	0,86	0,095	0,14	0,168	1,12	0,37
42	0,65	0,095	0,14	0,168	0,913	0,21
43	0,67	0,095	0,095	0,114	0,88	0,24
44	0,19	0,09	0,28	0,33	0,61	0,18
45	0,86	0,95	0,14	0,168	1,12	0,37
46	1,29	0,14	0,19	0,23	1,66	0,72
47	1,29	0,14	0,19	0,23	1,66	0,72
48	0,67	0,95	0,095	0,114	0,88	0,24
Всього:	46,93	7,38	7,58	9,09	58,98	20,71

## 1.5. ВИХІДНІ ДАНІ ДО ЧАСТИНИ 2 ПРОЕКТУ

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

$$\tau_2 = \frac{(G_o + G_{ГВП})}{(G_o + G_{ГВП}) + G_6} \tau_{o2ГВП} + \frac{G_6}{(G_o + G_{ГВП}) + G_6} \tau_{o26} =$$

$$= \frac{48,73 + 1,37}{48,73 + 1,37 + 4,85} \cdot 46,57 + \frac{4,85}{48,73 + 1,37 + 4,85} \cdot 60 = 47,75 \text{ } ^\circ\text{C}$$

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

$$\tau_2 = \frac{48,73 + 14,12}{48,73 + 14,12 + 4,13} \cdot 35,6 + \frac{4,13}{48,73 + 14,12 + 4,13} \cdot 43,4 = 42,56 \text{ } ^\circ\text{C}$$

1.3. Формую результати розрахунку теплової мережі, що необхідні для теплового розрахунку джерела теплопостачання (водогрійної котельні) у вигляді таблиці 8.

Розробив					00БКР144.ОПТЕ008.002.ПЗ	Арк.
Перевірив						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



9	Теплове навантаження промислового підприємства (Теплоносій – гаряча вода)	$Q_{п.п}$	МВт	12	12	12
12	Температура “прямої” мережної води	$\tau_1$	°С	120	70	70
13	Температура “зворотної” мережної води	$\tau_2$	°С	47	38	30
14	Витрата “прямої” води в тепломережу	$G_1$	$\frac{кг}{с}$ $\frac{т}{год}$	56,56 103,87	54,45 152,28	6,38 19,70
15	Убуток води в тепломережі	$G_{уб.тм}$	$\frac{т}{год}$	15	15	5
16	Витрата “зворотної” води в тепломережі	$G_2$	$\frac{т}{год}$	91,72	137,19	18,82
17	Втрати тиску в тепломережі	$\Delta p_{втр.т}$	МПа	0,49	0,34	0,18
18	Статичний напір в тепломережі	$H_{стат.тм}$	М вод. ст.	40,0	40,0	40,0

## 2.1. Розрахунок теплової схеми котельні

### 2.1.1. Формування вихідних даних для теплового розрахунку котельні з водогрійними котлами

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

- 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 представляю нижче, в таблиці 2.1:

Розробив				00БКР144.ОПТЕ008.002.ПЗ	Арк.
Перевірив					27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

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

Таблиця 2.1

№ П / П	Назва параметру	Ум. позн.	Од. виміру	Режими експлуатації теплофікаційної системи		
				Максимально -зимовий	Точки зламу температурно го графіка	Літній
1	2	3	4	5	6	7
1	Місто розташування котельні			Запоріжжя <i>(Вказати назву міста)</i>		
2	Тип системи теплопостачання			Закрита		
3	Температурна хар- тика тепломережі району	$\tau_1 / \tau_2$	°C / °C	120 / 70		
4	Температура зовнішнього повітря	$t_{\text{зовн}}$	°C	-21	+3,2	+16
5	Теплове навантаження системи опалення	$Q_{\text{оп}}$	МВт	10,21	2,67	–
6	Теплове навантаження системи ГВП	$Q_{\text{ГВП}}$	МВт	4,008	4,008	1,07
7	Теплове навантаження системи вентиляції	$Q_{\text{вент}}$	МВт	1,22	0,44	–
8	Річне теплове навантаження житлового району	$Q_{\text{ЖР}}^{\text{рік}}$	$\frac{\text{МВт} \cdot \text{год}}{\text{рік}}$	26 182,41		
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		

Розробив					00БКР144.ОПТЕ008.002.ПЗ	Арк.
Перевірив						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

закінчення таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6	7
11	Річне теплове навантаження промислового підприємства	$Q_{п.п}^{рік}$	$\frac{MВт \cdot год}{рік}$		43 460	
12	Температура “прямої” мережної води	$\tau_1$	°С	120	70	70
13	Температура “зворотної” мережної води	$\tau_2$	°С	47	38	30
14	Витрата “прямої” води в тепломережу	$G_1$	$\frac{кг}{с}$ $\frac{т}{год}$	56,56 103,87	54,45 152,28	6,3 19,70
15	Убуток води в тепломережі	$G_{уб.тм}$	$\frac{т}{год}$	15	15	5
16	Витрата “зворотної” води в тепломережі	$G_2$	$\frac{т}{год}$	91,72	137,19	18,82
17	Втрати тиску в тепломережі	$\Delta p_{втр.тм}$	Мпа	0,49	0,34	0,18
18	Статичний напір в тепломережі	$H_{стат. тм}$	М.ВД.СТ	40,0	40,0	40,0

**Примітка:**

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

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

МЗ: 15,44 = 15,40 (Висновок – результати для режима МЗ - взаємоузгоджені)

ТЗ: 8,15 = 8,10 (Висновок – результати для режима ТЗ - взаємоузгоджені)

Л: 1,07 = 1,07 (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					00БКР144.ОПТЕ008.002.ПЗ	Арк.
Перевірив						27
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. вимір у	Характерні режими експлуатації			Джерело інформації
				МЗ	ТЗ	Л	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Вид палива для котельні		–	Природний газ			Засади паливо-постачання міста
2	Теплота згорання палива	$Q_{н\text{р}}$	$\frac{\text{кДж}}{\text{м}^3}$	33 730			Сертифікат палива
3	Температура в деаераторі	$t_{\text{ДА}}$	°С	65	65	65	Е.Р: 70 °С ÷ ÷ 60 °С
4	Розрідження в деаераторі	$p_{\text{ДА}}$	бар	0,75	0,75	0,75	Е.Р: 0,70 ÷ ÷ 0,80 бар
5	Номінальна температура води на вході в котел	$t'_{\text{ВК.НОМ}}$	°С	70	65	65	Е.Р: для водогрійних котлів
6	Номінальна температура води на виході з котла	$t''_{\text{ВК.НОМ}}$	°С	120	120	120	“—“
7	Температура сирієї води	$t'_{\text{с.в}}$	°С	5	5	15	Е.Р: 5 °С для МЗ та ТЗ режимів, 15 °С – для режима Л
8	Температура сирієї води перед станцією хім.водоочищення	$t''_{\text{с.в}}$	°С	17	17	17	Е.Р: 15 °С ÷ ÷ 20 °С
9	Температура хім. очищеної води на виході зі станції ХВО	$t'_{\text{ХОВ}}$	°С	17	17	17	Е.Р: 15 °С ÷ ÷ 20 °С
10	Температура хімочищеної води перед деаератором	$t''_{\text{ХОВ}}$	°С	60	60	60	Е.Р: 50 °С ÷ ÷ 65 °С
11	Температура технологічної води на вході в котельню	$t'_{\text{техн..в}}$	°С	8	8	15	Е.Р: 8 °С для МЗ та ТЗ режимів, 15 °С для режима Л

Розробив					00БКР144.ОПТЕ008.002.ПЗ	Арк.
Перевірив						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

закінчення таблиці 2.2

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	120	120	120	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: $t''_{\text{ТОА}} = 65 \text{ } ^\circ\text{C}$
15	Коефіцієнт випару з деаератора	$\alpha_{\text{вип.}}$	од.	0,01	0,01	0,01	Е.Р: $0,005 \div \div 0,01$
16	Коефіцієнт власних потреб станції хім. водоочищення	$K_{\text{ХВО}}$	од.	1,08	1,08	1,08	Е.Р: $1,05 \div \div 1,10$

## 2.2. Формування принципової схеми водогрійної котельні

Викреслюю на аркуші (формат А4), згідно Додатка 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. Визначаю 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 навожу у таблиці 2.3.

Розробив					00БКР144.ОПТЕ008.002.ПЗ	Арк.
Перевірив						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.3

Визначення результату	Значення для режимів, МВт		
	МЗ	ТЗ	Л
МЗ: $\sum Q_{\text{ЖР}} = 1,05 \cdot (10,21 + 4,008 + 1,22)$ = = 15,438 МВт ТЗ: $\sum Q_{\text{ЖР}} = 1,05 \cdot (2,59 + 2,93 + 0,31) =$ = 22,42 МВт Л: $\sum Q_{\text{ЖР}} = 1,05 \cdot (0 + 1,07 + 0) = 0,82$ МВт	<b>16,21</b>	<b>7,47</b>	<b>1,12</b>

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

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

Результати визначення навожу у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4

Визначення результату	Значення для режимів, МВт		
	МЗ	ТЗ	Л
$t'_{\text{ВК}} = 70 \text{ } ^\circ\text{C}$	<b>70</b>	<b>70</b>	<b>70</b>

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

Результати визначення навожу у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5

Визначення результату	Значення для режимів, МВт		
	МЗ	ТЗ	Л
$t''_{\text{ВК.Б}} = 150 \text{ } ^\circ\text{C}$	<b>120</b>	<b>120</b>	<b>120</b>

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

Результати визначення навожу у таблиці 2.6.

Таблиця 2.6

Визначення результату	Значення для режимів, МВт		
	МЗ	ТЗ	Л
$t'_{\text{ТОА}} = 150 \text{ } ^\circ\text{C}$	<b>120</b>	<b>120</b>	<b>120</b>

Розробив					00БКР144.ОПТЕ008.002.ПЗ	Арк.
Перевірив						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.3.6. Визначаю експлуатаційну температуру води на виході з теплообмінників технологічної, сирової та хім.очищеної води –  $t''_{TOA}$ , °C, за рекомендацією

п. 2.1.15.

Результати визначення навожу у таблиці 2.7.

Таблиця 2.7

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

2.3.7. Визначаю 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 навести у таблиці 2.8.

Таблиця 2.8

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

2.3.8. Визначаю 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:

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

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

Результати визначення навожу у таблиці 2.9

Розробив					00БКР144.ОПТЕ008.002.ПЗ	Арк.
Перевірив						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.9

Визначення результату	Значення для режимів, МВт		
	МЗ	ТЗ	Л
МЗ: $G_{ДА}^{сп.6} = (1 + 0,01) \cdot 15 \cdot \frac{65 - 60}{150 - 65} = 0,90 \frac{m}{год}$	<b>0,90</b>	<b>0,90</b>	<b>0,30</b>
ТЗ: $G_{ДА}^{сп.6} = (1 + 0,01) \cdot 15 \cdot \frac{65 - 60}{150 - 65} = 0,90 \frac{m}{год}$			
Л: $G_{ДА}^{сп.6} = (1 + 0,01) \cdot 5 \cdot \frac{65 - 60}{150 - 65} = 0,30 \frac{m}{год}$			
МЗ: $Q_{ДА} = \left( \frac{0,90}{3,2} \right) \cdot 4,19 \cdot 150 - 65 \cdot 10^{-3} = 0,21$ МВт	<b>0,21</b>	<b>0,21</b>	<b>0,09</b>
ТЗ: $Q_{ДА} = \left( \frac{0,90}{3,2} \right) \cdot 4,19 \cdot 140 - 65 \cdot 10^{-3} = 0,21$ МВт			
Л: $Q_{ДА} = \left( \frac{0,30}{3,2} \right) \cdot 4,19 \cdot 150 - 65 \cdot 10^{-3} = 0,09$ МВт			

2.3.9. Визначаю витрату води з деаератора –  $G''_{ДА}, \frac{m}{год}$ :

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

Результати визначення навожу у таблиці 2.10.

Таблиця 2.10

Визначення результату	Значення для режимів, МВт		
	МЗ	ТЗ	Л
МЗ: $G''_{ДА} = (1 - 0,01) \cdot 15 + 0,90 = 15,75 \frac{m}{год}$	<b>15,75</b>	<b>15,75</b>	<b>5,25</b>
ТЗ: $G''_{ДА} = (1 - 0,01) \cdot 15 + 0,90 = 15,75 \frac{m}{год}$			
Л: $G''_{ДА} = (1 - 0,01) \cdot 5 + 0,30 = 5,25 \frac{m}{год}$			

2.3.10. Визначити витрату хімоочищеної води, що надходить в деаератор

$$G_{ХОВ}, \frac{m}{год} :$$

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

Результати визначення навожу у таблиці 2.11.

Розробив					00БКР144.ОПТЕ008.002.ПЗ	Арк.
Перевірив						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.11

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

2.3.11. Визначаю 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 навожу у таблиці 2.12.

Таблиця 2.12

Визначення результату	Значення для режимів, МВт		
	МЗ	ТЗ	Л
МЗ: $G_{\text{с.в.}} = 1,08 \cdot 15,15 = 16,36 \frac{m}{год}$	<b>16,36</b>		
ТЗ: $G_{\text{с.в.}} = 1,08 \cdot 15,15 = 16,36 \frac{m}{год}$		<b>16,36</b>	
Л: $G_{\text{с.в.}} = 1,08 \cdot 5,05 = 5,45 \frac{m}{год}$			<b>5,45</b>

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

$$Q_{\text{ПСВ}} = \left( \frac{G_{\text{с.в.}}}{3,6} \right) \cdot 4,19 \cdot (t_{\text{с.в.}}^{\text{II}} - t_{\text{с.в.}}^{\text{I}}) \cdot 10^{-3}$$

$$G_{\text{ПСВ}}^{\text{гр.в.}} = \frac{Q_{\text{ПСВ}} \cdot 3,2 \cdot 10^3}{(4,19 \cdot (t_{\text{ГОА}}^{\text{I}} - t_{\text{ГОА}}^{\text{II}}))}$$

Результати визначення навожу у таблиці 2.13.

Розробив					00БКР144.ОПТЕ008.002.ПЗ	Арк.
Перевірив						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.13

Визначення результату	Значення для режимів, МВт		
	МЗ	ТЗ	Л
МЗ: $Q_{ПСВ} = \left(\frac{16,36}{3,2}\right) \cdot 4,19 \cdot (17 - 5) \cdot 10^{-3} = 0,26$ МВт	<b>0,26</b>	<b>0,26</b>	<b>0,01</b>
ТЗ: $Q_{ПСВ} = \left(\frac{16,36}{3,2}\right) \cdot 4,19 \cdot (17 - 5) \cdot 10^{-3} = 0,26$ МВт			
Л: $Q_{ПСВ} = \left(\frac{5,05}{3,2}\right) \cdot 4,19 \cdot (17 - 15) \cdot 10^{-3} = 0,01$ МВт			<b>0,01</b>
МЗ: $G_{ПХВ}^{ср.6} = \frac{0,26 \cdot 3,2 \cdot 10^3}{(4,19 \cdot (120' - 65''))} = 3,61 \frac{m}{год}$	<b>3,61</b>	<b>3,61</b>	<b>0,14</b>
ТЗ: $G_{ПХВ}^{ср.6} = \frac{0,26 \cdot 3,2 \cdot 10^3}{(4,19 \cdot (120' - 65''))} = 3,61 \frac{m}{год}$			
Л: $G_{ПХВ}^{ср.6} = \frac{0,01 \cdot 3,2 \cdot 10^3}{(4,19 \cdot (120' - 65''))} = 0,14 \frac{m}{год}$			

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

$$Q_{ПХВ} = \left(\frac{G_{ХОВ}}{3,6}\right) \cdot 4,19 \cdot (t_{ХОВ}'' - t_{ХОВ}') \cdot 10^{-3}$$

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

Результати визначення навожу у таблиці 2.14.

Розробив				00БКР144.ОПТЕ008.002.ПЗ	Арк.
Перевірів					
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

Таблиця 2.14

Визначення результату	Значення для режимів, МВт		
	МЗ	ТЗ	Л
МЗ: $Q_{ПХВ} = \left(\frac{15,15}{3,2}\right) \cdot 4,19 \cdot (60 - 17) \cdot 10^{-3} = 0,85 \text{ МВт}$	<b>0,85</b>	<b>0,85</b>	<b>0,28</b>
Т ТЗ: $Q_{ПХВ} = \left(\frac{15,15}{3,2}\right) \cdot 4,19 \cdot (60 - 17) \cdot 10^{-3} = 0,85 \text{ МВт}$			
Л: $Q_{ПХВ} = \left(\frac{5,05}{3,2}\right) \cdot 4,19 \cdot (60 - 17) \cdot 10^{-3} = 0,28 \text{ МВт}$			
МЗ: $G_{ПХВ}^{сп.г} = \frac{0,85 \cdot 3,2 \cdot 10^3}{(4,19 \cdot (150 - 65))} = 7,64 \frac{m}{год}$	<b>7,64</b>	<b>7,64</b>	<b>2,52</b>
ТЗ: $G_{ПХВ}^{сп.г} = \frac{0,85 \cdot 3,2 \cdot 10^3}{(4,19 \cdot (150 - 65))} = 7,64 \frac{m}{год}$			
Л: $G_{ПХВ}^{сп.г} = \frac{0,28 \cdot 3,2 \cdot 10^3}{(4,19 \cdot (150 - 65))} = 2,52 \frac{m}{год}$			

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

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

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

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

Результати визначення навожу у таблиці 2.15.

Розробив					00БКР144.ОПТЕ008.002.ПЗ	Арк.
Перевірив						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.15

Визначення результату	Значення для режимів, МВт		
	МЗ	ТЗ	Л
МЗ: $G_{\text{техн.в}} = \frac{12 \cdot 3,2 \cdot 10^3}{4,19 \cdot 95} = 96,47 \frac{m}{год}$	<b>96,47</b>	<b>96,47</b>	<b>96,47</b>
ТЗ: $G_{\text{техн.в}} = \frac{12 \cdot 3,2 \cdot 10^3}{4,19 \cdot 95} = 96,47 \frac{m}{год}$			
Л: $G_{\text{техн.в}} = \frac{12 \cdot 3,2 \cdot 10^3}{4,19 \cdot 95} = 96,47 \frac{m}{год}$			
МЗ: $Q_{\text{ПТВ}} = 96,47 \cdot 4,2 \cdot (95 - 8) \cdot 10^{-3} = 35,25 \text{ МВт}$	<b>35,25</b>	<b>35,25</b>	<b>32,41</b>
ТЗ: $Q_{\text{ПТВ}} = 96,47 \cdot 4,2 \cdot (95 - 8) \cdot 10^{-3} = 35,25 \text{ МВт}$			
Л: $Q_{\text{ПТВ}} = 96,47 \cdot 4,2 \cdot (95 - 15) \cdot 10^{-3} = 32,41 \text{ МВт}$			
МЗ: $G_{\text{ПТВ}}^{\text{ср.в}} = \frac{35,25 \cdot 3,2 \cdot 10^3}{(4,19 \cdot (150 - 65))} = 316,72 \frac{m}{год}$	<b>316,72</b>	<b>316,72</b>	<b>291,2</b>
ТЗ: $G_{\text{ПТВ}}^{\text{ср.в}} = \frac{35,25 \cdot 3,2 \cdot 10^3}{(4,19 \cdot (150 - 65))} = 316,72 \frac{m}{год}$			
Л: $G_{\text{ПТВ}}^{\text{ср.в}} = \frac{32,41 \cdot 3,2 \cdot 10^3}{(4,19 \cdot (150 - 65))} = 291,2 \frac{m}{год}$			

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

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

Результати визначення навожу в таблиці 2.16.

Таблиця 2.16

Визначення результату	Значення для режимів, МВт		
	МЗ	ТЗ	Л
МЗ: $\Sigma G_{\text{вн}}^{\text{гр.в}} = 316,72 + 7,64 + 3,61 + 0,90 = 328,87 \frac{m}{год}$	<b>328,87</b>	<b>328,87</b>	<b>294</b>
ТЗ: $\Sigma G_{\text{вн}}^{\text{гр.в}} = 316,72 + 7,64 + 3,61 + 0,90 = 328,87 \frac{m}{год}$			
Л: $\Sigma G_{\text{вн}}^{\text{гр.в}} = 291,2 + 2,36 + 0,14 + 0,30 = 294 \frac{m}{год}$			

Розробив					00БКР144.ОПТЕ008.002.ПЗ	Арк.
Перевірив						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$\tau_{звор} = \frac{G_2 \tau_2 + G_{ПТВ}^{сп.6} t_{ТО1}^{II} + G_{ПХВ}^{сп.6} t_{ТО1}^{II} + G_{ПСВ}^{сп.6} t_{ТО1}^{II} + G_{ДА}^{підж} t_{ДА}^{II}}{(G_2 + G_{ПТВ}^{сп.6} + G_{ПХВ}^{сп.6} + G_{ПСВ}^{сп.6} + G_{ДА}^{II})}$$

Результати визначення навожу у таблиці 2.17.

Таблиця 2.17

Визначення результату	Значення для режимів, МВт		
	МЗ	ТЗ	Л
<p>МЗ:</p> $\tau_{звор} = \frac{91,72 \cdot 47 + 316,72 \cdot 65 + 7,64 \cdot 65 + 3,61 \cdot 65 + \frac{15 \cdot 65}{15}}{(91,72 + 316,72 + 7,64 + 3,61 + 15)}$ <p><math>= 61,2 \text{ °С}</math></p>	<b>61,2</b>	<b>59,8</b>	<b>63,9</b>
<p>ТЗ:</p> $\tau_{звор} = \frac{137,19 \cdot 38 + 316,72 \cdot 65 + 7,64 \cdot 65 + 3,61 \cdot 65 + \frac{15 \cdot 65}{15}}{(137,19 + 316,72 + 7,64 + 3,61 + 15)}$ <p><math>= 59,8 \text{ °С}</math></p>			
<p>Л:</p> $\tau_{звор} = \frac{18,82 \cdot 30 + 291,2 \cdot 65 + 2,36 \cdot 65 + 0,30 \cdot 65 + \frac{5 \cdot 65}{5}}{(18,82 + 291,2 + 2,36 + 0,30 + 5)}$ <p><math>= 63,9 \text{ °С}</math></p>			

2.3.17. Визначаю 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 навожу у таблиці 2.18.

Розробив				00БКР144.ОПТЕ008.002.ПЗ	Арк.
Перевірив					38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

Таблиця 2.18

Визначення результату	Значення для режимів, МВт		
	МЗ	ТЗ	Л
МЗ: $\sum Q_{\text{кот}} = 16,21 + 35,25 + 0,85 + 0,26 +$ $+ 0,21 - \frac{15}{3,2} \cdot 4,19 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 52,68 \frac{m}{год}$	52,68	43,94	33,87
ТЗ: $\sum Q_{\text{кот}} = 7,47 + 35,25 + 0,85 + 0,26 +$ $+ 0,21 - \frac{15}{3,2} \cdot 4,19 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 43,94$			
Л: $\sum Q_{\text{кот}} = 1,12 + 32,41 + 0,28 + 0,01 +$ $+ 0,09 - \frac{5}{3,2} \cdot 4,19 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 33,87$			

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

Приймаю до встановлення два 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 навожу у таблиці 2.19.

Таблиця 2.19

Позначення	Одиниця Виміру	Визначення результату
ТИП		<b>КВ – ГМ – 10</b>
$Q_{\text{вк.ном}}$	МВт	11,6
$G_{\text{вк.ном}}$	$\frac{m}{год}$	123,5
$\eta_{\text{вк.ном}}$	%	92
$t'_{\text{вк.ном}}$	°С	120
$t''_{\text{вк.ном}}$	°С	70

2.3.19. Визначаю число 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 число котлів, що відповідає результату обчислення за формулою, округленого до більшого цілого числа.

Результати визначення навожу у таблиці 2.20.

Розробив					00БКР144.ОПТЕ008.002.ПЗ	Арк.
Перевірив						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.20

Визначення результату	Значення для режимів, МВт		
	МЗ	ТЗ	Л
МЗ: $N_{BK.BCT} = \frac{52,68}{11,6} = 3,01$	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>2</b>
ТЗ: $N_{BK.BCT} = \frac{43,94}{11,6} = 2,03$			
Л: $N_{BK.BCT} = \frac{33,87}{23,2} = 2,01$			

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

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

Результати визначення навожу у таблиці 2.21.

Таблиця 2.21

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

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

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

Результати визначення навожу у таблиці 2.22.

Таблиця 2.22

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

2.3.22. Визначаю число 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					00БКР144.ОПТЕ008.002.ПЗ	Арк.
Перевірив						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.23

Визначення результату	Значення для режимів, МВт		
	МЗ	ТЗ	Л
МЗ: $N_{ВК.Р} = 1 + 2 = 5$	<b>3</b>		
ТЗ: $N_{ВК.Р} = 1 + 1 = 2$		<b>2</b>	
Л: $N_{ВК.Р} = 1 + 1 = 2$			<b>2</b>

2.3.23. Визначаю 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:

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

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

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

$$G_{ВК.Б} = G_{ВК.НОМ}, \frac{m}{год}$$

- у разі експлуатації в котельні одного котлоагрегату:

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

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

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

$$G_{ВК.Б} = \frac{\sum Q_{КОТ} \cdot 3,6 \cdot 10^3}{(4,19 \cdot (t''_{ВК.Б} - t'_{ВК.Б}))}, \frac{m}{год}$$

Результати визначення навожу у таблиці 2.24

Таблиця 2.24

Визначення результату	Значення для режимів, МВт		
	МЗ	ТЗ	Л
МЗ: (1 котел) $Q_{ВК.Б} = 11,60$ МВт $t'_{ВК.Б} = 70$ °C $t''_{ВК.Б} = 120$ °C $G_{ВК.Б} = 123,50 \frac{m}{год}$	<b>11,60</b> <b>70</b> <b>120</b> <b>123,50</b>		
ТЗ: (1 котел) $Q_{ВК.Б} = 23,20$ МВт $t'_{ВК.Б} = 70$ °C $t''_{ВК.Б} = 120$ °C $G_{ВК.Б} = 123,50 \frac{m}{год}$		<b>11,60</b> <b>70</b> <b>120</b> <b>123,50</b>	
Л: (1 котел) $Q_{ВК.Б} = 33,87$ МВт $t'_{ВК.Б} = 70$ °C $t''_{ВК.Б} = 120$ °C $G_{ВК.Б} = \frac{33,87 \cdot 3,2 \cdot 10^3}{4,19 \cdot 120 - 70} = 517,34 \frac{m}{год}$			<b>13,08</b> <b>70</b> <b>120</b> <b>517,34</b>

Розробив					00БКР144.ОПТЕ008.002.ПЗ	Арк.
Перевірив						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

Результати визначення навожу у таблиці 2.25.

**Таблиця 2.25**

Визначення результату	Значення для режимів, МВт		
	МЗ	ТЗ	Л
МЗ: $\sum Q_{ВК.3} = 52,68 - 11,60 = 41,08$ МВт	<b>41,08</b>		
ТЗ: $\sum Q_{ВК.3} = 43,94 - 11,60 = 32,34$ МВт		<b>32,34</b>	
Л: $\sum Q_{ВК.3} = 33,87 - 33,87 = 0$ МВт			<b>0</b>

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

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

Результати визначення навожу у таблиці 2.26

**Таблиця 2.26**

Визначення результату	Значення для режимів, МВт		
	МЗ	ТЗ	Л
МЗ: $Q_{ВК.3} = 41,08$ МВт	<b>41,08</b>		
ТЗ: $Q_{ВК.3} = \frac{32,34}{1} = 32,34$ МВт		<b>32,34</b>	
Л: $Q_{ВК.3} = 0$ МВт			<b>0</b>

2.3.26. Визначаю 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:

$$G_{ВК.3} = \frac{Q_{ВК.3} \cdot 3,2 \cdot 10^3}{(4,19 \cdot (t_{ВК.НОМ}^{II} - t_{ВК.}^{I}))}$$

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

$$G_{ВК.3} = G_{ВК.НОМ}$$

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

$$G_{ВК.3} = 0,0$$

Результати визначення навести у таблиці 2.27.

Розробив					00БКР144.ОПТЕ008.002.ПЗ	Арк.
Перевірив						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**Таблиця 2.27**

Визначення результату	Значення для режимів, МВт		
	МЗ	ТЗ	Л
МЗ: $G_{ВК.З} = \frac{41,08 \cdot 3,2 \cdot 10^3}{4,19 \cdot 120 - 70} = 627,47 \frac{m}{год}$	<b>121,10</b>	<b>123,50</b>	<b>0</b>
ТЗ: $G_{ВК.З} = 123,50 \frac{m}{год}$			
Л: $G_{ВК.З} = 0 \frac{m}{год}$			

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

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

Результати визначення навести у таблиці 2.28.

**Таблиця 2.28**

Визначення результату	Значення для режимів, МВт		
	МЗ	ТЗ	Л
МЗ: $\sum G_{ВК} = 123,50 + 1 \cdot 141,10 = 264,60 \frac{m}{год}$	<b>264,60</b>	<b>247,0</b>	<b>517,34</b>
ТЗ: $\sum G_{ВК} = 123,50 + 1 \cdot 123,50 = 247,0 \frac{m}{год}$			
Л: $\sum G_{ВК} = 517,34 + 1 \cdot 0 = 517,34 \frac{m}{год}$			

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

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

Результати визначення навести у таблиці 2.29.

**Таблиця 2.29**

Визначення результату	Значення для режимів, МВт		
	МЗ	ТЗ	Л
МЗ: $t''_{ВК.З} = \frac{70 + 41,08 \cdot 3,2 \cdot 10^3}{(4,19 \cdot 264,60)} = 118,63 ^\circ\text{C}$	<b>120</b>	<b>200,12</b>	<b>0</b>
ТЗ: $t''_{ВК.З} = \frac{70 + 32,34 \cdot 3,2 \cdot 10^3}{(4,19 \cdot 123,5)} = 200,12 ^\circ\text{C}$			
Л: $t''_{ВК.З} = 0 ^\circ\text{C}$			

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

$$G_{\text{рец}} = \frac{\sum G_{\text{БК}} \cdot (t_{\text{БК}} - \tau_{\text{звор}})}{t_{\text{БК.Б}} - \tau_{\text{звор}}}$$

Результати визначення навожу в таблиці 2.30.

**Таблиця 2.30**

Визначення результату	Значення для режимів, МВт		
	МЗ	ТЗ	Л
<p>МЗ:</p> $G_{\text{рец}} = \frac{264,60 \cdot (70 - 61,2)}{120 - 61,2} = 39,6 \frac{m}{год}$	<b>39,6</b>	<b>41,85</b>	<b>56,25</b>
<p>ТЗ:</p> $G_{\text{рец}} = \frac{247 \cdot (70 - 59,8)}{120 - 59,8} = 41,85 \frac{m}{год}$			
<p>Л:</p> $G_{\text{рец}} = \frac{517,34 \cdot (70 - 63,9)}{120 - 63,9} = 56,25 \frac{m}{год}$			

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

$$t_{\text{БК.З}}^{\text{//}} = \frac{(G_{\text{БК.Б}} - \sum G_{\text{вн}} - G_{\text{рец}}) t_{\text{БК.Б}}^{\text{//}} + N_{\text{БК.З}} \cdot G_{\text{БК.З}} \cdot t_{\text{БК.З}}^{\text{//}}}{\sum G_{\text{БК}} - \sum G_{\text{вн}} - G_{\text{рец}} + N_{\text{БК.З}} \cdot G_{\text{БК.З}}}$$

Результати визначення навожу в таблиці 2.31.

**Таблиця 2.31**

Визначення результату	Значення для режимів, МВт		
	МЗ	ТЗ	Л
<p>МЗ:</p> $t_{\text{БК.З}}^{\text{//}} = \frac{(123,5 - 328,87 - 39,6) \cdot 120 + 2 \cdot 121,10 \cdot 120}{123,5 - 328,87 - 39,6 + 2 \cdot 121,10}$ <p>= 120 °С</p>	<b>120</b>	<b>87,70</b>	<b>120</b>
<p>ТЗ:</p> $t_{\text{БК.З}}^{\text{//}} = \frac{(123,5 - 328,87 - 41,85) \cdot 150 + 2 \cdot 123,5 \cdot 200}{123,5 - 328,87 - 41,85 + 2 \cdot 123,5}$ <p>= 56,1 °С</p>			
<p>Л: <math>t_{\text{БК}}^{\Sigma} = 120</math> °С (за регламентом)</p>			

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

$$- G_{\text{пер}}, \frac{m}{\text{год}}, \text{ для трьох режимів: } G_{\text{пер}} = \frac{G_1 \cdot (t_{\text{БК.}}^{\Sigma} - \tau_1)}{t_{\text{БК.}}^{\Sigma} - \tau_{\text{звор}}}$$

**Таблиця 2.32**

Визначення результату	Значення для режимів, МВт		
	МЗ	ТЗ	Л
<b>МЗ:</b> $G_{\text{пер}} = \frac{103.87 \cdot (120 - 120)}{120 - 61.2} = 0 \frac{m}{\text{год}}$	<b>0</b>	<b>96,6</b>	<b>39,5</b>
<b>ТЗ:</b> $G_{\text{пер}} = \frac{152.28 \cdot (87.7 - 70)}{87.7 - 59.8} = 96.6 \frac{m}{\text{год}}$			
<b>Л:</b> $G_{\text{пер}} = \frac{18.82 \cdot (120 - 70)}{120 - 63.9} = 39.5 \frac{m}{\text{год}}$			

2.2.32. Визначаю похибку балансових розрахунків водогрійної котельні:

$$\Delta G^{\%} = \frac{(\sum G_{\text{БК}} - G_2 - G_{\text{ви}} + G_{\text{пер}} - G_{\text{рси}}) \cdot 100}{\sum G_{\text{БК}}}$$

Результати визначення навожу в таблиці 2.33.

**Таблиця 2.33**

Визначення результату	Значення для режимів, МВт		
	МЗ	ТЗ	Л
<b>МЗ:</b> $\Delta G^{\%} = \frac{(264,60 - 91,72 - 328,87 + 0 - 39,6) \cdot 100}{264,60}$ = 7,3 %	<b>7,3</b>	<b>7,9</b>	<b>3,1</b>
<b>ТЗ:</b> $\Delta G^{\%} = \frac{(247,0 - 137,19 - 328,87 + 64,21 - 41,85)}{247,0}$ = 7,9 %			
<b>Л:</b> $\Delta G^{\%} = \frac{(517,34 - 18,82 - 294 + 14,01 - 56,25) \cdot 100}{517,34}$ = 3,1 %			

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

Розробив					00БКР144.ОПТЕ008.002.ПЗ	Арк.
Перевірив						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.2.4. Вибір обладнання котельні

### 2.2.4.1. Вибір водогрійних котлів

Приймаю до встановлення чотири 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.

### 2.4.2. Вибір рециркуляційних насосів

Передбачаємо встановлення рециркуляційних насосів типу НКУ.

2.4.2.1. Здійснюю вибір типорозміру насосів рециркуляції, його

номінальної подачі –  $Q_{\text{нас.реци}}^{\text{ном}}$ ,  $\frac{M^3}{год}$ , та напору –  $H_{\text{нас.реци}}^{\text{ном}}$ , м вод. ст., на базі визначених максимальних значень (в режимі ТЗ) пропуску води через трубопровід рециркуляції –  $G_{\text{реци}} = 41,85 \frac{m}{год}$ , та опору трубопровідної системи рециркуляції –  $\Delta H_{\text{реци}}$  (не вище 40 м вод. ст.).

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

$$N_{\text{нас.реци}}^{\text{роб}} = \frac{G_{\text{реци}}^{M.3}}{Q_{\text{нас.реци}}^{\text{роб}}} = \frac{41,85}{90} = 0,46 *$$

\*Примітка.

Одержане число насосів потрібно округлити до більшого цілого значення.

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

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

2.4.24. Блок параметрів по насосам рециркуляції наводжу в табл. 2.4.1

Розробив				00БКР144.ОПТЕ008.002.ПЗ	Арк.
Перевірив					47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

Таблиця 2.4.1

## 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	$Q_{н. рец}^{ном}$	Номінальна подача насоса	$\frac{м^3}{год}$	“ – “	90		
3	$H_{н. рец}^{ном}$	Номінальний напір насоса	М ВОД. ст.	“ – “	60		
4	$N_{н. рец}^{ном}$	Номінальна потужність насоса	кВт	“ – “	22		
5	$\eta_{н. рец}^{ном}$	Номінальний ККД насоса	од.	“ – “	0,7		
6	$Q_{н. рец}^{роб}$	Робочий діапазон подачі	$\frac{м^3}{год}$	“ – “	56...106		

## 2.4.3. Вибір циркуляційних насосів теплової мережі (мережних насосів)

Передбачаємо до встановлення як мережних насосів відцентрові насоси типу Д.

2.4.3.1. Здійснюю вибір типорозміру мережних насосів, його номінальної подачі –  $Q_{нас.мер}^{ном}$ ,  $\frac{м^3}{год}$ , та напору –  $H_{нас.мер}^{ном}$ , м вод. ст., на базі визначених максимальних значень (в режимі ТЗ) витрати води через трубопровідну систему “Котельна – Тепломережа” –  $G_1 = 247 \frac{т}{год}$ , та опору трубопровідної системи –  $\Delta H_{мер}$  (не вище 40 м.вод.ст.) та статичного напору тепломережі.

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

$$N_{нас.мер.}^{роб} = \frac{G_{мер}^{М.З}}{Q_{нас.мер.}^{роб}} = \frac{247}{200} = 1,24$$

Розробив					00БКР144.ОПТЕ008.002.ПЗ	Арк.
Перевірив						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$N_{\text{нас.мер}}^{\text{вст}} = N_{\text{нас.мер}}^{\text{роб}} + 1 = 2 + 1 = 3$$

2.4.3.3. Блок параметрів по мережним насосам наводжу в табл. 2.4.2.

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 З паспорту насоса	Д 200–36		К–20/18
2	$Q_{\text{нас. мер}}^{\text{ном}}$	Номінальна подача насоса	$\frac{м^3}{год}$	“ – “	200	20	
3	$H_{\text{нас. мер}}^{\text{ном}}$	Номінальний напір насоса	м вод. ст.	“ – “	36	19	
4	$N_{\text{нас. мер}}^{\text{ном}}$	Номінальна потужність насоса	кВт	“ – “	37	2,3	
5	$\eta_{\text{нас. мер}}^{\text{ном}}$	Номінальний ККД насоса	од.	“ – “	0,81	0,65	
6	$(H_{\text{кав}})_{\text{нас. мер}}^{\text{ном}}$	Номінальний кавітаційний запас насоса	м вод. ст.	“ – “	6	3,6	
7	$Q_{\text{нас. мер}}^{\text{роб}}$	Робочий діапазон подачі	$\frac{м^3}{год}$	“ – “	150...200	17...24	

#### 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. Здійснюю вибір типорозміру насосів сирії води, його

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

визначених значень витрати води для підживлення –  $G_{\text{с.в}} = 16,36 \frac{т}{год}$ , та

опору трубопровідної системи –  $\Delta H$  (не вище 40 м вод. ст.).

Розробив					00БКР144.ОПТЕ008.002.ПЗ	Арк.
Перевірив						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$N_{\text{нас.с.в.}}^{\text{роб}} = \frac{G_{\text{с.в.}}}{Q_{\text{нас.с.в.}}^{\text{роб}}} = \frac{16,36}{12,5} = 1,30 *$$

\*Примітка.

Одержане число насосів потрібно округлити до більшого цілого значення.

Число робочих насосів –  $N_{\text{нас.с.в.}}^{\text{роб}}$ , шт., становить – 2.

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

$$N_{\text{нас.с.в.}}^{\text{вст}} = N_{\text{нас.с.в.}}^{\text{роб}} + 1 = 2 + 1 = 3$$

2.4.4.1.4. Блок параметрів по насосам сирі води наводжу в табл. 2.4.3.

**Таблиця 2.4.3**

**Характеристика насосів сирі 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	–	З інформацій- ного листа завода- виробника З паспорту насоса	К 50–32–125		
2	$Q_{\text{нас.с.в.}}^{\text{ном}}$	Номінальна подача насоса	$\frac{м^3}{год}$	“ – “		12,5	
3	$H_{\text{нас.с.в.}}^{\text{ном}}$	Номінальний напір насоса	М ВОД. ст.	“ – “		20	
4	$N_{\text{нас.с.в.}}^{\text{ном}}$	Номінальна потужність насоса	кВт	“ – “		1,6	
5	$\eta_{\text{нас.с.в.}}^{\text{ном}}$	Номінальний ККД насоса	од.	“ – “		0,66	
6	$(H_{\text{кав}})_{\text{нас.с.в.}}^{\text{ном}}$	Номінальний кавітаційний запас насоса	М ВОД. ст.	“ – “		3,6	

Розробив					00БКР144.ОПТЕ008.002.ПЗ	Арк.
Перевірив						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 2.4.4.5. Вибір підживлювальних насосів

2.4.4.5.1. Здійснюю вибір типорозміру насосу, його номінальної подачі –  $Q_{\text{нас. підж}}^{\text{ном}}$ , м<sup>3</sup>/год, та напору –  $H_{\text{нас. підж}}^{\text{ном}}$ , м вод. ст., на базі визначених значень витрати води для підживлення –  $G_{\text{підж}} = 15$  т/год, опору трубопровідної системи –  $\Delta H$  (не вище 40 м.вод.ст.) та статичного напору.

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

$$N_{\text{нас. підж}}^{\text{роб}} = \frac{G_{\text{підж}}}{Q_{\text{нас. підж}}^{\text{роб}}} = \frac{15}{10,8} = 1,39$$

\*Примітка. Одержане число насосів потрібно округлити до більшого цілого значення.

Число робочих насосів –  $N_{\text{нас. підж}}^{\text{роб}}$ , шт., становить – 2.

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

$$N_{\text{нас. підж}}^{\text{вст}} = N_{\text{нас. підж}}^{\text{роб}} + 1 = 2 + 1 = 3$$

2.4.4.5.4. Блок параметрів по насосам наводжу в табл. 2.4.4.

**Таблиця 2.4.4**

#### Характеристика підживлювальних насосів

№ П / П	Ум. позн.	Назва параметру	Один. виміру	Метод визначення	Значення для режимів					
					МЗ	ТЗ	Л			
1	ТИП НАСОСА	Типорозмір насоса рециркуляції	–	З інформ. листа заводу- виробника	К 50–32–125а					
2	$Q_{\text{нас. підж}}^{\text{ном}}$	Номінальна подача насоса	$\frac{\text{м}^3}{\text{год}}$	З паспорту насоса				10,8		
3	$H_{\text{нас. підж}}^{\text{ном}}$	Номінальний напір насоса	М вод. ст.	“ – “				16		
4	$N_{\text{нас. підж}}^{\text{ном}}$	Номінальна потужність насоса	кВт	“ – “				1,6		
5	$\eta_{\text{нас. підж}}^{\text{ном}}$	Номінальний ККД насоса	од.	“ – “				0,8		
6	$(H_{\text{кав}})_{\text{підж}}^{\text{ном}}$	Номінальний кавітаційний запас насоса	М вод. ст.	“ – “				3,9		

Розробив					00БКР144.ОПТЕ008.002.ПЗ	Арк.
Перевірив						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.4.4.6. Вибір насосів технологічної води

2.4.4.6.1. Здійснюю вибір типорозміру насосу, його номінальної подачі –  $Q_{\text{нас.техн}}^{\text{ном}}$ , м<sup>3</sup>/год, та напору –  $H_{\text{нас.техн}}^{\text{ном}}$ , м вод. ст., на базі визначених значень витрати води для потреб промислового підприємства –  $G_{\text{техн}} = 98,67$  т/год та опору трубопровідної системи –  $\Delta H$  (не вище 40 м вод. ст.).

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

$$N_{\text{нас.тех}}^{\text{роб}} = \frac{G_{\text{техн}}}{Q_{\text{нас.техн}}^{\text{роб}}} = \frac{98,67}{125} = 0,79$$

\*Примітка.

Одержане число насосів потрібно округлити до більшого цілого значення.

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

5.4.3.3. Визначаю число 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 наводжу в табл.

2.4.5.

**Таблиця 2.4.5**

**Характеристика насосів технологічної води**

№ П / П	Ум. позн.	Назва параметру	Один. виміру	Метод визначення	Значення для режимів		
					МЗ	ТЗ	Л
1	ТИП НАСОСА	Типорозмір насоса рециркуляції	–	3 інформ.листа заводу- виробника	Grundfos TPE 80–570		
2	$Q_{\text{нас.техн}}^{\text{ном}}$	Номінальна подача насоса	$\frac{\text{м}^3}{\text{год}}$	З паспорту насоса	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.	“ – “	0,90		

Розробив					00БКР144.ОПТЕ008.002.ПЗ	Арк.
Перевірив						53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 2.4.4.7. Вибір насосів хім.очищеної води

2.4.4.7.1. Здійснюю вибір типорозміру насосу, його номінальної подачі –  $Q_{\text{нас.хов}}^{\text{ном}}$ , м<sup>3</sup>/год,, та напору –  $H_{\text{нас.хов}}^{\text{ном}}$ , м вод. ст., на базі визначених значень витрати хім.очищеної води для підживлення –  $G_{\text{хов}} = 15,15$  т/год, та опору трубопровідної системи –  $\Delta H$  (не вище 40 м вод. ст.).

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

$$N_{\text{нас.хов}}^{\text{роб}} = \frac{G_{\text{хов}}}{Q_{\text{нас.хов}}^{\text{роб}}} = \frac{15,15}{22} = 0,68$$

\*Примітка. Одержане число насосів потрібно округлити до більшого цілого значення.

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

2.4.4.7.3. Визначаю число 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 сирі води наводжу в табл. 2.4.6.

**Таблиця 2.4.6**

#### Характеристика насосів хім.очищеної води

№ П / П	Ум. позн.	Назва параметру	Один. Виміру	Метод визначення	Значення для режимів		
					МЗ	ТЗ	Л
1	ТИП НАСОСА	Типорозмір насоса рециркуляції	–	З інформ. листа заводу-виробника	Grundfos TPE 40–360		
2	$Q_{\text{нас. хов}}^{\text{ном}}$	Номінальна подача насоса	$\frac{\text{м}^3}{\text{год}}$	З паспорту насоса		22	
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.	“ – “		0,80	

Розробив					00БКР144.ОПТЕ008.002.ПЗ	Арк.
Перевірив						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 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 2 деаератори ДВ–15. Блок параметрів наводжу в таблиці 2.4.7.

**Таблиця 2.4.7**

#### 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	ДВ–15		
2	Номінальна продуктивність	$\frac{m}{год}$	З паспорту насоса	5		
3	Діапазон продуктивності	$\frac{m}{год}$	“ – “	5,5...20		
4	Температура деаерованої води	°С	“ – “	45...85		
5	Температура теплоносія	°С	“ – “	75...180		
6	Тип охолодника випару		“ – “	ОВВ–2		
7	Тиск робочий абсолютний	МПа	“ – “	0,0078...0,05		
8	Тип ежектора		“ – “	ЕВ–10		

### 2.4.4.9. Вибір підігрівників

Вибір типорозміру підігрівників сирової води (ПСВ), хім.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”.

Розробив				00БКР144.ОПТЕ008.002.ПЗ	Арк.
Перевірив					55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

### 2.4.4.9.1. Підігрівник сирі води

2.4.4.9.1. Теплове навантаження підігрівника сирі води  $Q_{\text{псв}} = 0,26$  МВт;

З переліку стандартних типорозмірів підігрівників обираємо секційний підігрівник ПВ–z–05. Площа поверхні теплообміну однієї секції –  $F = 1,12$  м<sup>2</sup>, довжина трубки – 2 м, загальна кількість труб – 12.

### 2.4.4.9.2. Підігрівник хім.очищеної води

2.4.4.9.2.1. Теплове навантаження підігрівника хім. очищеної води

$Q_{\text{хов}} = 0,85$  МВт;

2.4.4.9.2.2. Обчислюємо наявний температурний перепад:

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

2.4.4.9.2.3. Визначаємо необхідну поверхню теплообміну:

$$F = \frac{Q_{\text{хов}}}{k\Delta t} = \frac{0,85 \cdot 10^6}{2500 \cdot 70,84} = 4,8 \text{ м}^2$$

З переліку стандартних типорозмірів підігрівників обираємо секційний підігрівник ПВ–z–09. Площа поверхні теплообміну однієї секції –  $F = 3,6$  м<sup>2</sup>, довжина трубки – 2 м, загальна кількість труб – 53, кількість секцій – 1.

### 2.4.4.9.3. Підігрівник технологічної води

2.4.4.9.3.1. Теплове навантаження підігрівника сирі води  $Q_{\text{тех}} = 35,25$  МВт;

2.4.4.9.3.2. Обчислюємо наявний температурний перепад:

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

2.4.4.9.3.3. Визначаємо необхідну поверхню теплообміну:

$$F = \frac{Q_{\text{тех}}}{k\Delta t} = \frac{35,25 \cdot 10^6}{2500 \cdot 57,25} = 246,28 \text{ м}^2$$

З переліку стандартних типорозмірів підігрівників обираємо секційний підігрівник ПВ-z-16. Площа поверхні теплообміну однієї секції –  $F = 57$  м<sup>2</sup>, довжина трубки – 4 м, загальна кількість труб – 207, кількість секцій – 2.

Розробив					00БКР144.ОПТЕ008.002.ПЗ	Арк.
Перевірив						58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

#### 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 2.4.8

##### Рекомендоване тягодуттєве обладнання

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

Перевіряю дану рекомендацію, виконавши розрахунки:

2.4.4.10.1. Визначаю витрату повітря та димових газів:

$$Q_{пов} = 10,1 \cdot V = 10,1 \cdot 1,998 = 20,18 \text{ тис. } \frac{м^3}{год}$$

$$Q_{газ} = 10,3 \cdot V = 10,3 \cdot 1,998 = 20,58 \text{ тис. } \frac{м^3}{год}$$

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

2.4.4.10.2. Приводжу реальні параметри до заводських:

$$Q_{пов}^* = 1,2 \cdot Q_{пов} = 1,2 \cdot 20,18 = 24,21 \text{ тис. } \frac{м^3}{год}$$

$$Q_{газ}^* = 1,2 \cdot Q_{газ} = 1,2 \cdot 20,58 = 24,70 \text{ тис. } \frac{м^3}{год}$$

$$H_{пот}^* = 1,1 \cdot H_{пот} = 1,1 \cdot 47 = 51,7 \text{ мм вод. ст.}$$

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

Розробив					00БКР144.ОПТЕ008.002.ПЗ	Арк.
Перевірив						58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.3. ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ ВОДОГРІЙНОЇ КОТЕЛЬНОЇ

2.3.1. Визначаю годинну витрату природного газу в котельні –  $V_{КОТ}$ , тис.

$\frac{м^3}{год}$ , для трьох режимів роботи за формулою:

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

Результати визначення навожу у табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Визначення результату	Значення для режимів, МВт		
	МЗ	ТЗ	Л
МЗ: $V_{КОТ} = \frac{1,02 \cdot 52,68 \cdot 10^3 \cdot 3,6}{0,92 \cdot 41580} = 5,06$ тис. $\frac{м^3}{год}$	<b>5,06</b>	<b>4,22</b>	<b>3,25</b>
ТЗ: $V_{КОТ} = \frac{1,02 \cdot 43,98 \cdot 10^3 \cdot 3,6}{0,92 \cdot 41580} = 4,22$ тис. $\frac{м^3}{год}$			
Л: $V_{КОТ} = \frac{1,02 \cdot 33,87 \cdot 10^3 \cdot 3,6}{0,92 \cdot 41580} = 3,25$ тис. $\frac{м^3}{год}$			

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

$$\Sigma W_{КОТ}^{вл.п} = W_{нас.рец} + W_{нас.тм} + W_{нас.підж} + W_{нас.св} + W_{нас.хв} + \Sigma W_{ВД} + \Sigma W_{Д} + W_{освітл} = 2 \cdot 22 + 2 \cdot 38 + 3 \cdot 1,5 + 3 \cdot 1,6 + 2 \cdot 4 + 3 \cdot 40 + 3 \cdot 10,8 + 10 = 289,7 \text{ кВт}$$

де:  $W_{нас.рец}$  – встановлена потужність робочих насосів рециркуляції, кВт.

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

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

$W_{нас.св.}$  – встановлена потужність робочих насосів сирі води, кВт.

$W_{нас.хв}$  – встановлена потужність робочих насосів хімочищеної води, кВт.

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

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

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

Розробив				00БКР144.ОПТЕ008.002.ПЗ	Арк.
Перевірив					59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

2.3.3. Визначити 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:

$$W_{\text{вл.п}}^{\text{год}} = \sum W_{\text{КОТ}}^{\text{вл.п}} \cdot 1 \cdot K_{\tau}^{\text{год}} = 289,7 \cdot 1 \cdot 0,8 = 231,76 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{год}}$$

$$W_{\text{вл.п}}^{\text{доб}} = \sum W_{\text{КОТ}}^{\text{вл.п}} \cdot 24 \cdot K_{\tau}^{\text{доб}} = 289,7 \cdot 24 \cdot 0,75 = 5\,214,60 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{добу}}$$

$$W_{\text{вл.п}}^{\text{рік}} = \sum W_{\text{КОТ}}^{\text{вл.п}} \cdot 8\,760 \cdot K_{\tau}^{\text{рік}} = 289,7 \cdot 8\,760 \cdot 0,65 =$$

$$= 1\,649\,551,80 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{добу}}$$

де:

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

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

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

2.3.4. Визначаю для МЗ режима середньогодинні питомі витрати

природного газу –  $(b_{\text{т}}^{\text{відп}})_{\text{газ}}$ ,  $\frac{\text{м}^3}{\text{МВт}}$ , та умовного в палива –  $(b_{\text{т}}^{\text{відп}})_{\text{у.п}}$ , кг

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

$$(b_{\text{т}}^{\text{відп}})_{\text{газ}} = \frac{B_{\text{КОТ}} \cdot 10^3}{\sum Q_{\text{ЖР}} + Q_{\text{П.П}}}$$

$$(b_{\text{т}}^{\text{відп}})_{\text{у.п}} = \frac{B_{\text{КОТ}} \cdot K_{\text{газ}} \cdot 10^3}{\sum Q_{\text{ЖР}} + Q_{\text{П.П}}}$$

Результати визначення навести у таблиці 3.2.

Розробив				00БКР144.ОПТЕ008.002.ПЗ	Арк.
Перевірив					60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

**Таблиця 3.2**

Визначення результату	Значення для режимів, МВт		
	МЗ	ТЗ	Л
$(b_m^{eioh})_{\text{газ}} = \frac{5,06 \cdot 10^3}{16,21 + 12} = 179,37 \frac{\text{м}^3}{\text{МВт}}$	<b>179,37</b>		
$(b_m^{eioh})_{\text{у.п}} = \frac{5,06 \cdot 1,15 \cdot 10^3}{16,21 + 12} = 206,24 \text{ кг у.п. / МВт}$	<b>206,24</b>		

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

$$e_{\frac{e}{e}}^{eioh} = \frac{\sum W^{oob}}{Q_T \cdot 24} = \frac{5214,60}{52,68 \cdot 24} = 4,12 \frac{\text{кВт}}{\text{МВт}}$$

3.6. Визначаю собівартість теплоти, відпущеної від котельні –  $C_Q$ ,

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

$$C_Q = \left[ \frac{(b_m^{eioh})_{\text{у.п}}}{K_{\text{у.п}}} \right] \cdot \Pi_{\text{палив}} \cdot 10^{-3} + e_{\frac{e}{e}}^{eioh} \cdot \Pi_{\frac{e}{e}} + C_Q^{\text{експл}} = \left( \frac{206,24}{1,15} \right) \cdot 8560,70 \cdot 10^{-3} + 4,12 \cdot 1,94 + 20 = 1563 \frac{\text{грн}}{\text{МВт}}$$

3.7. Формую 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 зводжу в таблицю 3.3.

Розробив				00БКР144.ОПТЕ008.002.ПЗ	Арк.
Перевірив	.				61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Таблиця 3.3

**Результати розрахунку теплової схеми котельні з водогрійними котлами**

№ п / п	Назва параметру	Умовне позначення	Од. виміру	Числове значення для режимів		
				МЗ	ТЗ	Л
1	2	3	4	5	6	7
1	Температура зовнішнього повітря	$t_{\text{зовн}}$	°С	-23	+3,2	+16
2	Сумарне теплове навантаження житлового району	$\Sigma Q_{\text{Ж.Р}}$	МВт	16,21	7,47	1,12
3	Теплове навантаження промислового підприємства	$Q_{\text{П.П}}$	МВт	12	12	12
4	Сумарне теплове навантаження котельні	$\Sigma Q_{\text{КОТ}}$	МВт	52,68	43,94	33,87
5	Температура мережної води в “прямій” магістралі на виході з котельні	$\tau_1$	°С	120	70	70
6	Температура води в “зворотній” магістралі на вході в котельню	$\tau_2$	°С	47	38	30
7	Температура води в “зворотній” магістралі на вході в мережні насоси	$\tau_{\text{звор}}$	°С	61,2	59,8	63,9
8	Витрата води в “прямій” магістралі на виході з котельні	$G_1$	$\frac{m}{год}$	103,87	152,28	18,82
9	Убуток води в тепломережі	$G_{\text{убут}}$	$\frac{m}{год}$	15	15	5
10	Витрата води в «зворотній» магістралі на вході в котельню	$G_2$	$\frac{m}{год}$	91,72	137,19	18,82
11	Витрата води в трубопроводі рециркуляції котлів	$G_{\text{рец}}$	$\frac{m}{год}$	39,6	41,85	56,25
12	Витрата води в трубопроводі перепуску	$G_{\text{пер}}$	$\frac{m}{год}$	0	96,6	39,5
13	Число встановлених водогрійних котлів	$N_{\text{ВК.ВСТ}}$	од.	7	7	7

Розробив					00БКР144.ОПТЕ008.002.ПЗ	Арк.
Перевірив						62
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

продовження таблиці 3.3

1	2	3	4	5	6	7
14	Число котлів, що знаходяться в експлуатації	$N_{ВК.Р}$	од.	5	4	2
15	Число котлів, що експлуатуються в базовому (номінальному) номінальному режимі	$N_{ВК.Б}$	од.	1	1	1
16	Число котлів, що експлуатуються в режимі змінного навантаження	$N_{ВК.З}$	од.	4	3	1
17	Годинна витрата природного газу в котельні	$V_{КОТ}$	тис. $\frac{м^3}{год}$	5,06	4,22	3,25
18	Питома витрата природного газу на відпущену від котельні теплову енергію	$(b_{т\text{ відп}})_{газ}$	$\frac{м^3}{МВт}$	179,37		
19	Питома витрата умовного палива на відпущену від котельні теплову енергію	$(b_{т\text{ відп}})_{у.п}$	кг у.п. / МВт	206,24		
20	Сумарна встановлена потужність споживачів електроенергії котельні	$\Sigma W_{ВК}$	кВт	289,7		
21	Середньодобова питома витрата електроенергії на відпуск теплоти від котельні	$e_{\frac{год}{е}}$	$\frac{кВт}{МВт}$	4,12		
22	Вартість природного газу	$Ц_{палив}$	$\frac{грн.}{тис.м^3}$	8 560,70		
23	Вартість електроенергії	$Ц_{\frac{е}{е}}$	$\frac{грн}{кВт \cdot год}$	1,94		
24	Собівартість теплоти, що відпущена від котельні	$C_Q$	$\frac{грн}{МВт}$	1563		

### 3. Охорона праці

Створення та забезпечення безпечних умов праці є головним пріоритетом діяльності Компаній. Життя і здоров'я співробітників - найвища цінність. І для цього застосовуються більші зусилля. У питаннях безпеки праці залученні всі. З року в році в Компаніях реалізується комплекс мір, створений на створенні безпечних умов праці та, в кінцевому розумінні, на зниження рівня виробничого травматизму. І для цього виділяються всі необхідні фінансові кошти.

Пріоритети в області охорони праці:

створення безпечних умов праці на робочих місцях;

2)забезпечення працівників ефективними засобами індивідуального захисту;

3) навчання та підвищення рівня знання персоналу з питань безпеки праці;

4)медичне забезпечення персонала;

5) приведення основних фондів у відповідність з вимогами нормативно-правових актів за охороною праці.

На даний момент ключовим словом є розвиток культури безпеки праці всього персоналу, а також розвиток таких важливих якостей для керівників, як лідерство та конфіденційність з питань безпеки

Робота над підвищенням безпеки праці на виробництві, з однієї сторони, зроблена на то, щоб забезпечити співпрацю співробітників. З іншого, - не дозволяється повернення в надзвичайній ситуації. Тут використовую всі можливості - від введення нових стандартів з техніки безпеки до введення мотиваційних інструментів для збору правил.

Для підвищення відповідальності співробітників підприємств у сферах безпеки праці на ТЕС діють кардинальні правила: порушники несуть дисциплінарну відповідальність.

					00БКР144.ОПТЕ008.002.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Шебета А.В.			ПРОЕКТ СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ЖИТЛОВО-ПРОМИСЛОВОГО РАЙОНУ № 4 В МІСТІ ЗАПОРІЖЖЯ	Лім.	Арк.	Архивів
Перевіри		Павелко В.І.					64	90
Реценз.						НУХТ. Каф. ТЕХТ гр. ТЕ-4-4		
Н. Контр.								
Затверд.		Петренко В.П.						

# Захист від стихійних лих

Для роботи з навичками та дій при виникненні надзвичайних ситуацій регулярно проводяться:

- 1) навчання керівництва та спеціалістів у навчально-методичних центрах громадянського захисту та безпеки життєдіяльності;
- 2) індивідуальне навчання за громадянським захистом на підприємствах;
- 3) Тренування штабів за ліквідацією останніх надзвичайних ситуацій в електричних системах спільно із створеними місцевими органами влади та штабами за ліквідацією наслідків природних надзвичайних ситуацій;
- 4) навчання штабам і тренування дій при аварії на радіаційних та хімічно небезпечних об'єктах;
- 5) відпрацювання дій при артилерійському обстрілі населених пунктів (укриття співробітників у підвальних та напівпідставних приміщеннях).

Для захисту виробничих об'єктів від стихійних бідностей на підприємствах, що працюють:

- 1) плани організаційно-технічних заходів з попередження надзвичайних ситуацій;
- 2) плани ліквідації та локалізації аварійних ситуацій;
- 3) схеми взаємодії з головним управлінням у надзвичайних ситуаціях при ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій;
- 4) графіки тренувань з питань громадянської охорони та пожежної безпеки;
- 5) програма проведення інструктажів з питань громадянської охорони техногенної безпеки.

Розробив					00БКР144.ОПТЕ008.002.ПЗ	Арк.
Перевірив						65
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# Політика в області охорона праці

Їхні позиції:

- 1) Вони в повній мірі визначають свою відповідальність перед суспільством за збереження життя і здоров'я людей на всіх стадіях своєї виробничої діяльності.
- 2) Компанія розглядає свою діяльність у регіонах охорони праці, оскільки не піднімає частину успішного ведення бізнесу та зобов'язальних умов при досягненні своїх стратегічних цілей.

Їхні цілі:

- 1) Сниження виробничого травматизму та професійної захворюваності
- 2) завдяки досягненню технічно прийнятної та економічно визначення рівня ризику.
- 3) Постійне вдосконалення робочих місць для підвищення безпеки праці та вдосконалення виробничого середовища.
- 4) Відповідність організації праці, обладнання та процесів виробництва вимог законодавчих нормативно-правових актів за охороною праці.

## Які критерії визначають категорію трубопроводів?

Категорію трубопроводів визначають за робочими параметрами середовища, що транспортується. Усі трубопроводи на які розповсюджуються Правила, поділяються на чотири категорії.

Для визначення категорії трубопроводів потрібно знати:

- 1) для паропроводів від котлів - тиск і температуру пари за їх номінальним значенням на виході з котла;
- 2) для трубопроводів водяних, теплових мереж, що забезпечують подачу і відведення, — найбільший тиск на трасі і максимальну температуру у трубопроводі, що подає воду

Категорію трубопроводів визначають робочі параметри незалежно від їх довжини.

Розробив					00БКР144.ОПТЕ008.002.ПЗ	Арк.
Перевірив						66
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Складність при експлуатації трубопроводів полягає у тому, що вони мають різноманітну конфігурацію та велику кількість з'єднань трубної арматури (фланців, трійників, переходів, заглушок).

Конструкція і геометричні розміри трубопроводів мають відповідати вимогам галузевих стандартів та технічних умов.

За вибір раціональної схеми трубопроводів і їх конструкцію, правильність розрахунків на міцність, вибір способу прокладки і системи дренажу відповідає організація, яка розробляла проект.

## Безпечна експлуатація трубопроводів

Залежить від середовища в якому вони працюють, величини тиску, температури нагріву та виконання всіх видів контролю, що вимагають "Правила улаштування і безпечної експлуатації трубопроводів пари і гарячої води".

Елементи трубопроводів з температурою поверхні понад  $45^{\circ}\text{C}$  покриваються тепловою ізоляцією, температура якої не має перевищувати  $45^{\circ}\text{C}$ .

Монтаж трубопроводів здійснюється окремими вузлами за монтажними кресленнями та аксонометричними схемами.

Прокладка трубопроводів буває підземною, надземною і безканалною.

З метою перевірки міцності і щільності трубопроводів та їх елементів здійснюється гідравлічне випробовування пробним тиском відповідно до ГОСТу. Час витримки трубопроводу і його елементів під пробним тиском має бути не менше 5хв.

Трубопровід вважається таким, що витримав гідравлічне випробовування, якщо не виявлено:

Ознак розриву;

Течій у зварних з'єднаннях і в основному металі;

Видимих залишкових деформацій.

На всі трубопроводи, експлуатація яких здійснюється відповідно до Правил, складаються паспорти відповідної форми.

Розробив				00БКР144.ОПТЕ008.002.ПЗ	Арк.
Перевірив					67
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

Реєстрація в органах Держгірпромнагляду здійснюється на підставі письмової заяви власника з поданням наступних документів :

Схеми трубопроводу з визначенням його параметрів;

Паспорта на трубопровід;

Посвідчення про якість виготовлення і монтажу трубопроводу;

Акта прийомки в експлуатацію трубопроводу власником від монтажної організації.

Дозвіл на експлуатацію зареєстрованих трубопроводів записується в паспорт інспектором держнагляду, а тих, що не реєструються, запис в паспорті робить відповідальна особа.

У процесі експлуатації трубопроводи підлягають зовнішньому огляду і гідравлічному випробування, у такі строки:

зовнішній огляд і гідравлічне випробування – перед пуском в експлуатацію;

зовнішній огляд – і гідравлічне випробування після ремонту з використанням зварювання або якщо він знаходився у стані консервації понад 2 роки.

Результати опосвідчення і висновок про можливість експлуатації трубопроводу, записуються в паспорт з визначенням терміну наступного технічного огляду.

До обслуговування трубопроводів допускаються особи, що навчені за відповідною програмою і мають 18 років та відповідне посвідчення. Повторна перевірка знань персоналу, який обслуговує трубопровід, проводиться не рідше одного разу на 12 місяців.

На кожному трубопроводі після його реєстрації на спеціальних табличках наносять такі дані: реєстраційний номер, дозволений тиск, температура середовища і дата наступного зовнішнього і внутрішнього огляду.

Адміністрація підприємства або власник несе повну відповідальність за справний стан і безпечну експлуатацію трубопроводів. Тому власник трубопроводу має забезпечувати належну організацію його обслуговування, ремонту і нагляду в повній відповідності з вимогами Правил.

Розробив				00БКР144.ОПТЕ008.002.ПЗ	Арк.
Перевірив					69
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

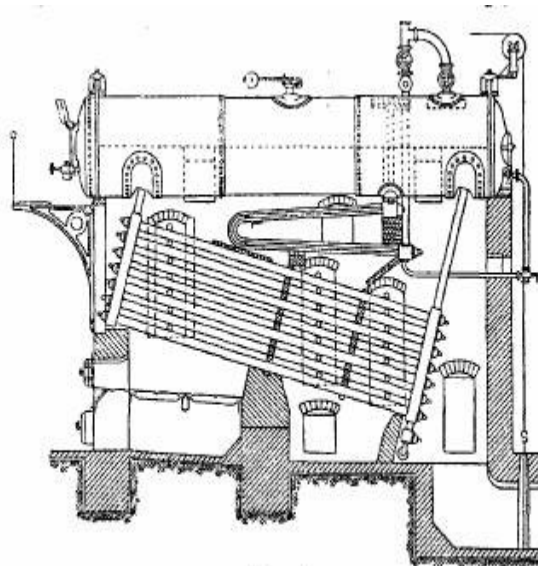
## 4. Творче завдання



Історія підприємства почалася з 31 березня 1953 року, коли було прийнято у промислову експлуатацію обладнання ТЕЦ. Запрацювали парові котли ШХАУ, вивезені з післявоєнної Німеччини, системи «Бабкок-Вількокс» морського типу з поверхнею нагрівання 400 м<sup>2</sup>, продуктивністю 25 т пари/год робочим тиском 32 кг/см<sup>2</sup> і температурою 425 °С, турбогенератори фірми АЕГ (Німеччина) № 1, 2 потужністю 1,6 МВт і № 3 — 2,2 МВт.

Водогрійні опалювальні котли «Бабкок- Вількокс» відносяться до типу горизонтально-водотрубних парових котлів, класу багатокамерних секційних. У 30-х роках минулого століття будувалися: в СРСР - Ленінградським металевим заводом, в Німеччині - Die Deutsche Babcock & Wilcox - Dampfkesselwerke в Оберхаузені, а також в Англії, Америці, Франції та Шотландії. Котел цей був запатентований у 1867 р., але з тих пір набув значних змін. Специфічною особливістю цих котлів є зигзагоподібні вертикально розташовані колектори, що формують окремі секції.

Рис. 4.1



Фиг. 1.

Ці секції за допомогою патрубків з'єднуються з особливими кишнями, прикріпленими по кінцях верхнього барабана.

Розробив					00БКР144.ОПТЕ008.002.ПЗ	Арк.
Перевірив						70
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

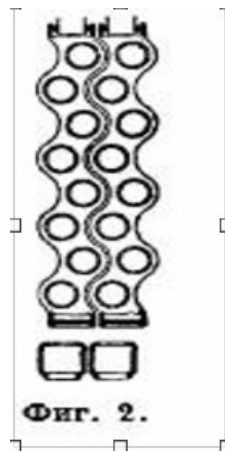


Рис. 4.2

Кожна секція складається з двох коробок (рис. 4.2) з ввальцованими в них кип'ятельними трубами, числом від 8 до 11. Проти кожної з труб в колекторах є спеціальні люки, які необхідні для видалення накипу, що утворюється в трубах, а в разі потреби через люк може бути видалена і сама труба. Конструкцій люків є багато, але по суті їх можна розбити на два основних типи. Один відноситься до люків з розвантаженим болтом; тут ущільнюючою є внутрішня деталь люка. У другому типі, навпаки, ущільнення проводиться зовнішньої деталлю, з зовнішньою поверхнею колектора; в цьому випадку весь тиск, що припадає на кришку люка, сприймається болтом. З метою більшої надійності з'єднання труб з колекторами деякими товариствами котлонагляду зміцнення за допомогою однієї розвальцовки визнається недостатнім, особливо при тиску понад 8 atm. Гартфордське суспільство, наприклад, вимагає, щоб крім розвальцовки, виступаючі всередину колекторних коробок на 6-10 мм кінці труб були розширені на конус. Однією з істотних переваг котла слід визнати незалежне розташування секцій, що дає повну можливість температурного розширення кожної з них без шкідливих натяжок або розладів у з'єднаннях. До переваг слід також віднести і зміщене по вертикалі розташування труб, що сприяє кращій тепловіддачі. При звичайному обмуруванні котлів необхідно відзначити, що всі гази проходять через пароперегрівач і регулювання перегріву ведеться за допомогою додавання насиченої пари. Завдяки якісному виконанню всіх частин і переваг конструкції, котли Бабкок отримали величезне поширення і знайшли застосування в будь-яких видах котелень. Номінальними пароутворенням вважають 20-25 кг / м<sup>2</sup> поверхні нагрівання в годину. Розміри котлів коливаються від 50 до 500 м<sup>2</sup> поверхні нагрівання.

Розробив					00БКР144.ОПТЕ008.002.ПЗ	Арк.
Перевірив						71
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В теперішній час популярні котли так званого морського типу. Основною їх відмінністю є поперечне розташування барабана і менший діаметр трубок. Обмуровання котлів в стаціонарних котельнях складається із залізних щитів з приєднаними до них легкими вогнетривкими плитами або азбестовими матрацами, і тільки в області топки збережена масивна кладка з вогнетривкої цегли. Обшивка всього пристрою залізом дає велику щільність і оберігає топкові гази від зайвого охолодження зовнішнім повітрям. Навантаження котлів морського типу приймають до 50 кг / м<sup>2</sup> поверхні нагрівання в годину, зберігаючи при цьому високий ККД

Встановлені на підприємстві котли «Бабкок-Вилькокс» були виготовлені в 1935 р. з параметрами:

тиск пари 15 кгс / см<sup>2</sup>,  
температура перегріву 350 °С,  
виробництво 12 т/ч.

До реконструкції котли мали навантаження не більше 5 т/ч.

Проведене переведення парових котлів у водогрійний режим на газі не викликало особливих затруднень. Робити це особливо було доцільно, оскільки обладнання достатньо застаріле, і котли працювали на дозволених знижених параметрах. Однак, переведення котлів «Бабкок-Вилькокс» на твердому паливі мало і ряд специфічних рішень, пов'язаних, перш за все, з небажанням додаткових врізок в клепані барабани котлів.

У 1972 році на підприємстві споруджено приміщення хімічного очищення води, приготування вапняного розчину та зберігання солі, почалося будівництво мазутового господарства. Через рік один з котлів «Бабкок-Вилькокс» був демонтований та замінений більш економним водонагрівальним котлом КВГМ-20. Для забезпечення споживачів теплотою реконструювали мережеву насосну, де замість застарілих насосів встановили нові, потужніші, а також нові бойлери.

Розробив					00БКР144.ОПТЕ008.002.ПЗ	Арк.
Перевірив						72
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Призначення котла КВГМ-20

Понад 70 років Бійський котельний завод випускає продукцію для комунальних господарств. Його обладнання використовують в централізованих і автономних системах водопостачання і опалення. Попитом серед покупців користується котел КВГМ-20, технічні характеристики якого заслуговують на особливої уваги.

Рис. 4.3



Пристрій використовують для нагріву води до  $150^{\circ}\text{C}$  з метою подальшої подачі споживачам. Використовується він в системах побутового і промислового призначення.

Газовий котел складається з конвективної камери, топкового блоку і пальника.

Конвективна камера являє собою вертикальний газохід, заповнений екранами з U-образних ширм. Для їх виготовлення використовують труби діаметром 28 мм. Топковий блок розташований горизонтально. Він також складається з екранів, що мають в складі труби діаметром 60 мм.

Розробив				00БКР144.ОПТЕ008.002.ПЗ	Арк.
Перевірив					73
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

Колектори використовуються в якості закінченої частині конвективної і топкової камер. У них входять труби і до них же приварені опорні частини блоків. Стики камер нерухомо закріплені між собою.

Газомазутний пальник знаходиться з зовнішньої сторони короба котла. Він в свою чергу прикріплений до вертикальних колекторів фронтального екрану.

## Принцип роботи

Використання різних видів палива зобов'язує обслуговуючий персонал міняти схему включення:

Для газу використовують противоточную схему, при якій воду підводять до конвективної частини. Відведення рідини здійснюють з труб топкової камери. Для мазуту застосовують прямоточну схему: воду підключають до топкового блоку, а відводять від конвективного поверхні.

Включення котла складається з 4 етапів:

1. Відкриття засувки перед агрегатом, яке супроводжується закриттям крана продувочної свічки.
2. Перевірка тиску газу.
3. Натискання кнопки Пуск, що приводить до початку розпалювання обладнання.
4. Відкрити газовий кран, розташованого перед газовим блоком, здійснюється після появи факела у запальника.

Зазначені функції запуснуть процес малого горіння. Інформація про його початку призведе до світіння відповідної кнопки. Через 45-50 хвилин тумблер можна перемкнути в положення великого горіння.

Обслуговуючий персонал зобов'язаний стежити за роботою обладнання і усувати дрібні несправності.

Контроль за пристроєм включає замір:

температури води на виході;

тиску газу;

температури повітря

Розробив					00БКР144.ОПТЕ008.002.ПЗ	Арк.
Перевірив						74
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Котел КВГМ-20 являє собою обладнання, що нагріває через теплообмінники або безпосередньо воду для теплових мереж. При постійній витраті рідини агрегат розрахований на різні температурні графіки: 95/70; 115/70; 150/70.

З метою видалення відкладень, що утворюються на зовнішній поверхні труб, котел обладнаний дробоочищенням. КВГМ-20 може використовуватися при відкритих схемах тепlopостачання. Крім того, перевагами обладнання є:

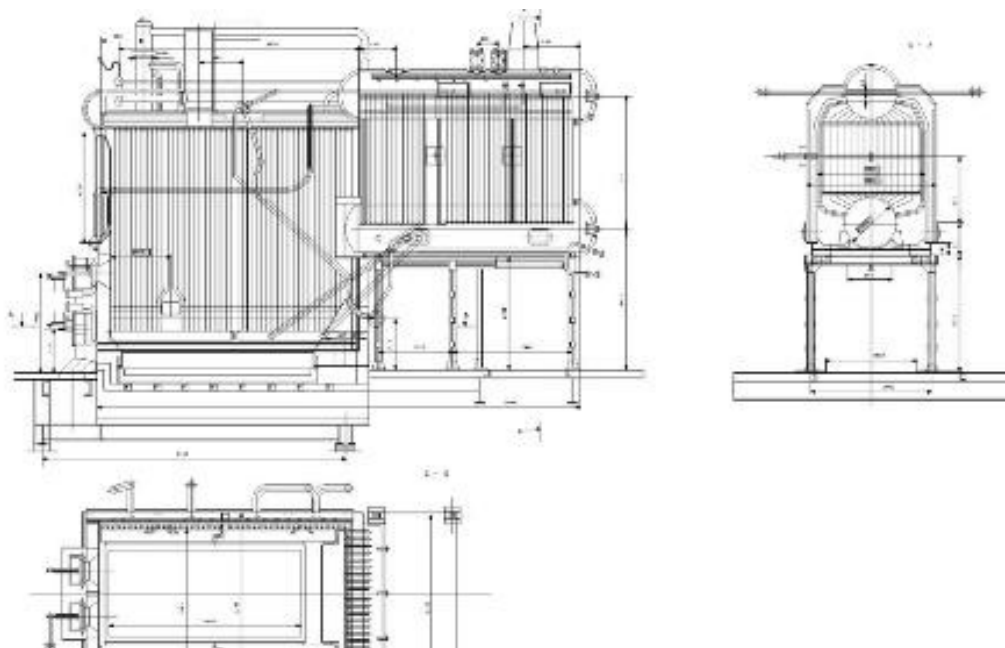
- невелика кількість викидів в атмосферу оксидів азоту, що утворюються при горінні;
- високий ККД;
- проста конструкція;
- тривалий термін служби;
- блокова поставка;
- велика швидкість руху води в трубах.

Одже, КВГМ-20 - надійний водогрійний котел з хорошими технічними параметрами і характеристиками. Виробник здійснює поставку в двох варіантах. Це дозволяє купувати окремі запасні частини які вийшли з ладу.

Агрегат зручний при транспортуванні і простий в монтажі, що робить його конкурентоспроможним серед подібного обладнання.

У 1975 році на підприємстві — побудовано приміщення котельні і встановлено два котли ДКВР-10-39-44

Рис. 4.5



Розробив					00БКР144.ОПТЕ008.002.ПЗ	Арк.
Перевірив						76
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Котел ДКВР-10-39-44

В котлі ДКВР-10-39-40 застосовується двоступенева система випаровування. Основними елементами парового котла ДКВР-10-39-44 є два поздовжньо розташованих барабана (верхній і нижній), конвективний пучок і екранована топкова камера, пароперегрівачі.

Барабани котла ДКВР-10-39-44 з'єднані між собою розвальцованими в них кип'ятильними трубами, що утворюють конвективний пучок. Труби бокових екранів котла ДКВР-10-39-44 завальцовані в верхнім барабані і приварені до нижніх камер. У котла ДКВР-10-39-44 пароперегрівачі двоходові по пару.

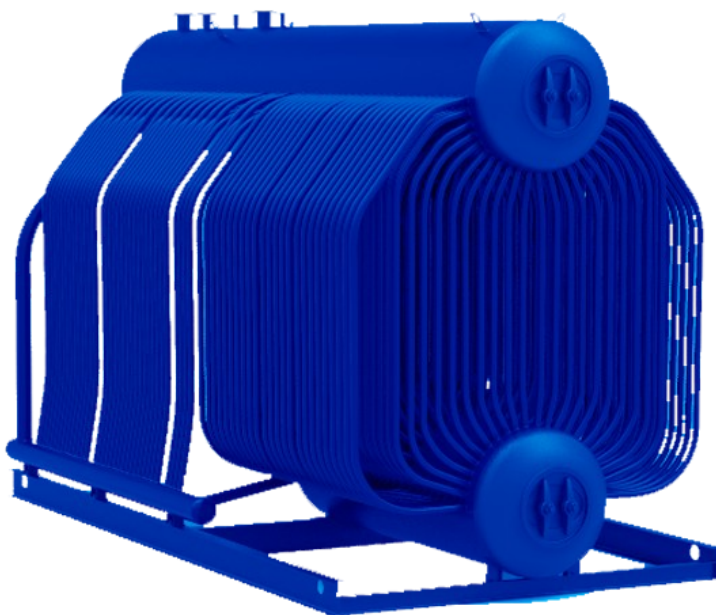
Двоходові пароперегрівачі мають камеру перегрітої пари і проміжну камеру, розділену перегородкою на дві частини. Пара із однієї частини проміжної камери, пройшовши через першу половину пароперегрівача, направляється в парохолодильник, потім повертається в другу частину проміжної камери і проходить другу половину пароперегрівача.

Для спалювання палива котел ДКВР-10-39-44 складається із топками ПТЛ-РПК-2-2,66 / 3,66.

У котла ДКВР-10-39-44 опорна рама і обв'язувальний каркас звареної конструкції. Важка обмуровка проводиться на монтажі.

Котельні з котлами ДКВР-10-39-44 комплектуються вентиляторами і димососами типу ВДН і ДН, блоковими водопідготовчими установки ВПУ, фільтрами для освітлення і пом'якшення води, термічними деаераторами, теплообмінними пристроями, насосами, а також комплектами автоматики.

Рис. 4.6



Розробив					00БКР144.ОПТЕ008.002.ПЗ	Арк.
Перевірив						78
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**Таблиця 4.2**

**Таблиця технічних характеристик**

Основні параметри котла КВГМ-20 відображенні в таблиці:

Назва	Значення
Тип котла	Паровий
Вид розрахункового палива	1 - Кам'яне вугілля; 2 - Буре вугілля
Паропроодуктивність, т/ч	10
Робочий (надлишок) тиску теплоносія на виході, МПа	3,9
Температура пари на виході, °С	Перегріта 440
Температура живильної води, °С	145
Розрахунковий ККД (паливо №1), %	91
Розрахунковий ККД (паливо №2), %	90
Витрата розрахункового палива (паливо №1), кг/ч	1170
Витрата розрахункового палива (паливо №2), кг/ч	2320
Габарити транспортабельного блоку, LxVxH, мм	8340x3250x3970
Габарити компонування, LxVxH, мм	10730x5450x5625
Маса котла без топки (транспортабельного блоку котла), кг	19251
Маса котла без топки (в об'ємі виробничої поставки), кг	31382
Термін виготовлення, днів	30

Розробив					00БКР144.ОПТЕ008.002.ПЗ	Арк.
Перевірив						79
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У 1994-1995 роки було прийнято рішення перевести котли на виробництво з природним газом.

Період 2009-2013 роки — реконструкція ТЕЦ з переходом на використання біомаси як палива. Метою цього проекту є виробництво енергії на ТЕЦ з нейтральним рівнем вуглецю з допомогою утилізації дерев'яної тріски замість спалювання природного газу. Згідно з технічним проектом, частина пари високого тиску подається на турбогенератор, потужністю 6 МВт, інша частина у вигляді теплової енергії та гарячої води подається через систему централізованого тепlopостачання, соціальним, бюджетним та промисловим організаціям міста Сміла. Електроенергія, отримана за проектом, постачається в державну електроенергетичну систему країни.

## Діяльність “Смілаенергопромтранс”

Їхня основна мета – забезпечити населення та бюджетних, релігійних, інших організацій м. Сміли якісними та надійними послугами централізованого тепlopостачання. Їхнє підприємство може виробляти теплову енергію як на природному газі так і на відновлювальній альтернативі виді палива (дерев'яна тріска), цим товариство і є унікальним.

Підприємство ТОВ «СМІЛАЕНЕРГОПРОМТРАНС» працює в м. Сміла з 2005 року, яка забезпечує централізованим тепlopостачанням 120 житлових будинків, 18 бюджетних організацій, 2 релігійну організацію та 40 інших організацій одна з них “Шевченківська дирекція залізничних перевезень” найбільший споживач нашого підприємства.

Організація має чудовий склад працівників, які раді бачити в своєму складі молодих, амбіційних, цілеспрямованих спеціалістів. Пилип Володимир Федорович- вже 15 років очолює керівну посаду і надає своїм працівникам підтримку, повагу в подальшій співпраці.

## Парові котли енергоблоків ТЕС

Перші прямооточні котли для енергоблоків 300 МВт моделей ТПП-110 та ПК-39 та котли для енергоблоків 800 МВт моделей ТПП-200 та ТПП-200-1 були виготовлені на початку 60-х років ХХ століття. Виконувалися вони двокорпусними. Парові котли ТПП-110 та ПК-39 були виготовлені з несиметричним розташуванням поверхонь нагріву в кожному корпусі.

Розробив					00БКР144.ОПТЕ008.002.ПЗ	Арк.
Перевірив						80
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

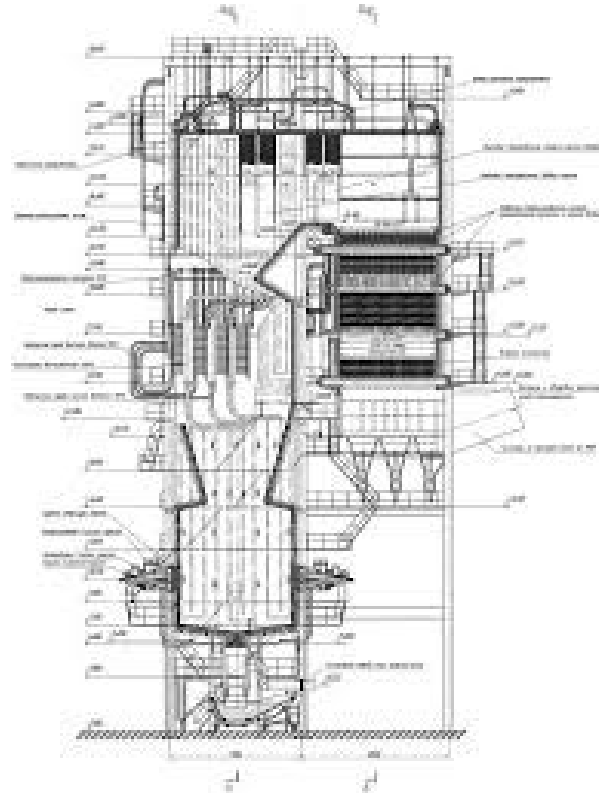
# Паровий котел ТПП-110

Паровий котел ТПП-110 був першим промисловим агрегатом, створеним вітчизняним енергомашинобудівельним на більш критичні параметри пари.

Паровий котел у 1961 році Таганрозьким котельним заводом, призначений для спільної праці з конденсаційної турбіною К-300-240 потужністю 300 Мвт.

На малюнку показано прокольний розріз котла і схема пароводяного тракта.

Рис. 4.7



Розрахункова температура відхідних газів 120°C, ККД парового котла 92%

Компоновка парового котла П- образна двухкорпусна несиметрична. Перегрівач високого тиску розміщений в першому корпусі, і частково в другому. Проміжний перегрівач тільки в другому корпусі. Несиметричне розміщення поверхні нагріву в паровому котлі, дає додаткового можливість регулювання вторинного перегріву, пара завдяки змінам витрати палива в корпусах, що підтверджено досвідом експлуатації даного агрегата.

Але несиметричність розміщення поверхні нагріву не виключає можливість роботи парового котла при аварійному пошкодженні одного із його корпусів. Що показує один із переваг двухкорпусної симетричної компоновки.

Розробив					00БКР144.ОПТЕ008.002.ПЗ	Арк.
Перевірив						81
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Топка двухкамерна, з пережимом на задній стінці топкової камери має аеродинамічний виступ. Топка обладнана 24 турбулентними пальниками, продуктивність 5 т/ год кожна. Пальники розміщені на фронтівій і задній стінці в два яруса. Для розпалювання кожний пальник оздоблений вбудований мазутною форсункою. Температура газів в межах 1800°С . Підлога і стіни топки повністю екранованні повним екраном і екранами поверхі.

На виході із топки першого корпусу розміщені перша і друга ступінь ширмового перегрівача високого тиску із якових остання являється вихідною. На початку відпускнуї шахти встановлено вхідний пакет конвективного перегрівача високого тиску. В другому корпусі в такій послідовності по ходу газів розміщені елементи вторинного перегрівача, вхідним елементом якого являє конвективний пакет. Друга ступінь ширмового перегрівача низького тиску виконана в виді газопарового теплообмінника для регулювання температури другого перегріву. Далі по ходу газів в обох корпусах встановлений економайзер.

Пароводяний тракт парового котла розділен на чотири потоки по два на кожний корпус з самостійним регулюванням живленням і перегріву. З підігрівника високого тиску через регулюючий живильний клапан вода надходить в економайзер, а потім в повздовжній екран топки.

Регулювання температури другого перегріву пари передбачено двома способами. Розміщення другого перегрівача в одному корпусі дозволяє регулювати температуру другого перегріву шляхом зміни витрат палива в корпусах. При зниженні загрузки парового котла це призводить до додаткового зменшенню тепловиділення однієї із топок.

## Паровий котел ТПП-210

Паровий котел ТПП-210 випуотуї в 1964 році, а в 1967 році він спроектований для роботи на антрацитовому штибі з рідким шлаковидаленням. Передбачена можливість спалювання вугля. Компонівка агрегата П-образна двухкорпусна симетрична. Температура першого перегріву дорівнює 565°С. Розрахункова температура відхідних газів 131°С ККД парового котла 90%

Розробив					00БКР144.ОПТЕ008.002.ПЗ	Арк.
Перевірив						82
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рис. 4.8

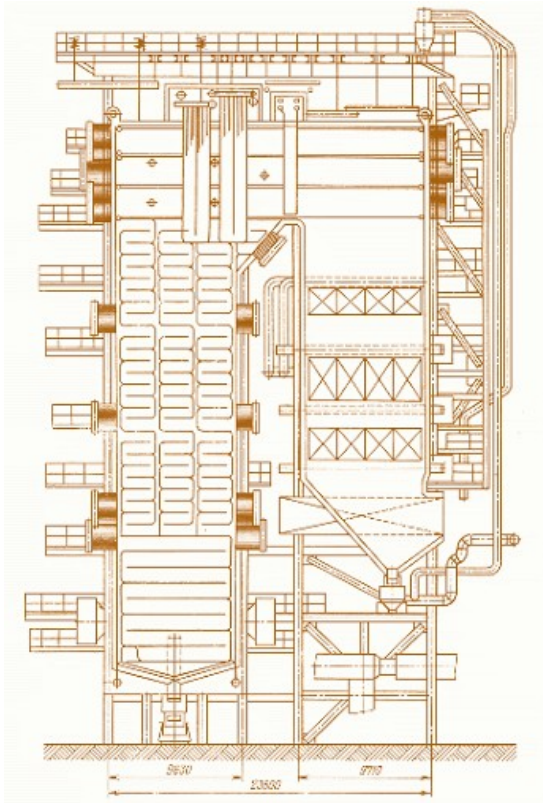
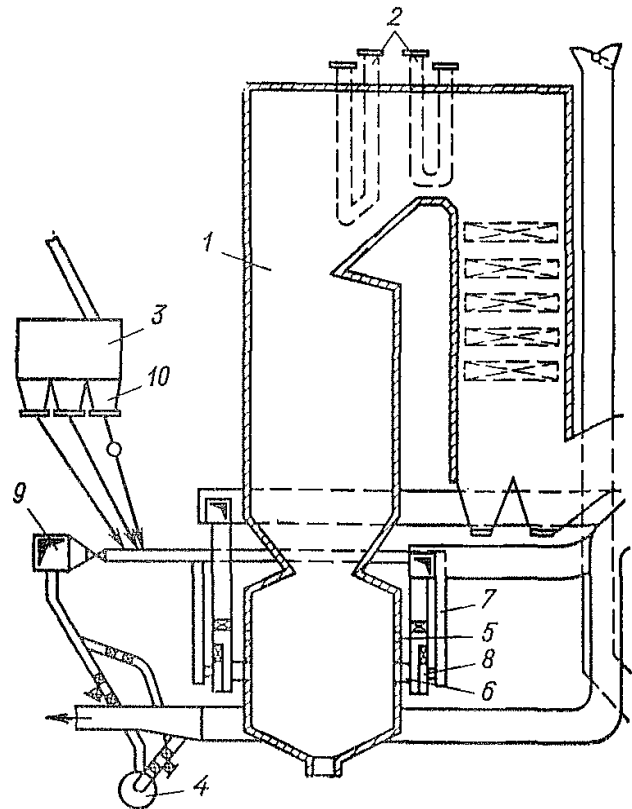


Рис. 4.9



Пароводяний тракт розділений на чотири потоки з самостійним регулюванням живлення та перегрівом. Вбудована засувка і розпалювальний сепаратор розміщені після екрану стелі, перед ширмовими перегрівниками високого тиску. Потім слідує дві ступені вторинного перегрівача, виконанні у виді конвективних пакетів.

Поліпшення структури повітряного балансу топкової камери (рис.4.9) можна досягти введенням мельницького повітря в основні пальники. При цьому в діапазоні навантажень котла коефіцієнт надлишку повітря в пальниках буде більше одного. Однак подача забаластованого вологою холодного мельницького повітря в пальники погіршує умови займання.

### Схема котла ТПП-210

- 1 - топкова камера;
- 2 - ширмовий пароперігрівач;
- 3 - бункер пилу;
- 4 - вентилятор гарячого дуття;
- 5 - скидні сопла;
- 6 - пальники;
- 7 - центральне повітря;
- 8-вторинне повітря;
- 9 - короб первинного повітря;
- 10 - пиложивильників

Розробив				
Перевірив				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

00БКР144.ОПТЕ008.002.ПЗ

Арк.

83

Підвищення відношення діаметра насадка внутрішньої труби пальника до діаметру зовнішньої труби каналу аеросуміші з 0,5 до 0,77 призводить до зменшення товщини струменя зі 160 до 90 мм, що сприяє швидкому завершенню займання аеросуміші і активному перемішуванню вторинного повітря з воспламенившейся струменем, отже, більш повного вигорання пилу на горизонтальній ділянці факела. Пальники зі збільшеним діаметром насадок каналу аеросуміші створюють інтенсивний зворотний струм газів в пріосьовій зоні.

Спосіб введення відкидного мельницького повітря в пальники нерозривно пов'язаний з конструкцією горілчаного пристрою. Для котлів ТПП-110, ТПП-210 розроблені нові конструкції пальників, в яких підвищення стійкості займання пиловзвесі і менших вугілля досягається збільшенням поверхні тепла і масообміну витікає з пальника труб пиловзвесі з підсмоктувальними гарячими газами. Це забезпечується збільшенням діаметрів насадків каналу аеросуміші при збереженні крутки потоків.

Пальники верхнього ярусу конструктивно відрізняються тим, що на додаток до каналів аеросуміші і вторинного повітря передбачений периферійний капав для мельницького повітря. Це повітря закручується в спеціальній равлик, що розміщений між стіною котла і равликом вторинного повітря.

Забруднення найбільш схильні до поверхні нагрівання котлів ТПП-210, де має місце більш глибоке вигорання палива. Поглиблення випалу пилу є чинником, що підсилює забруднення поверхні нагріву, тому обладнане ефективною системою очищення поверхонь нагріву цих котлів вважається обов'язковою умовою забезпечення надійної та економічної їх роботи.

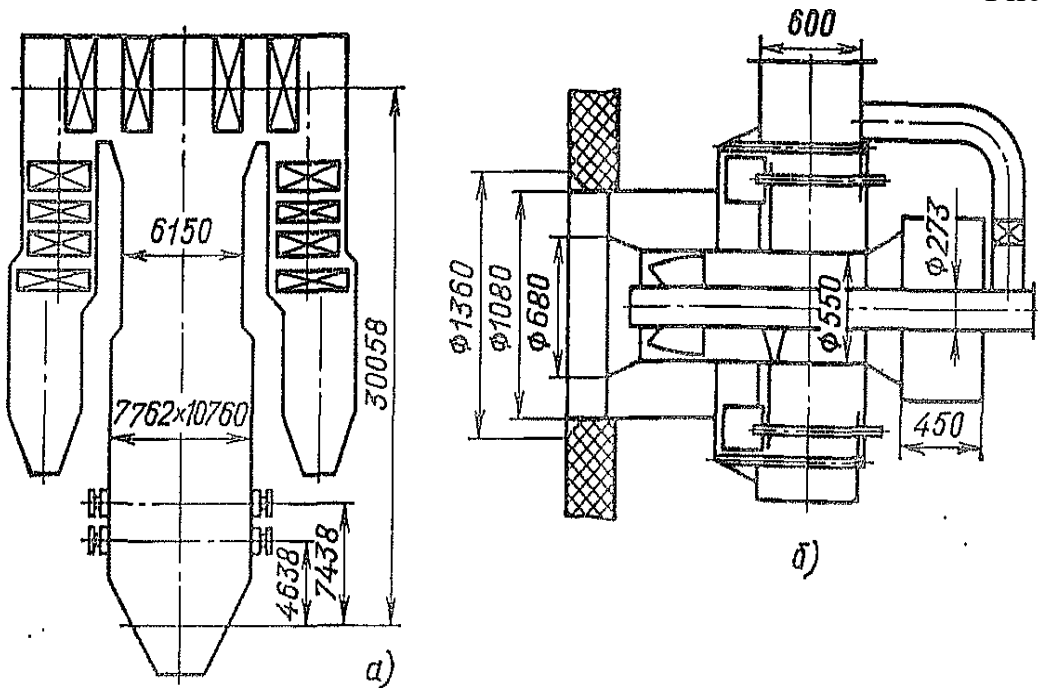
Економічні показники котлів ТПП-110, ТПП-210, що працюють на меншому вугіллі, незважаючи на досить тривалий період експлуатації, нижче проектних значень головним чином через надходження на електростанції палива змінної якості. Одним з найбільш ефективних вирішенням щодо підвищення економічності цих котлів є застосування повернення і допалюванні горючих частинок виносу, помічені в електрофільтрах..

Розробив					00БКР144.ОПТЕ008.002.ПЗ	Арк.
Перевірив						84
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# Паровий котел ПК-39

Розроблений і побудований в 1961 році, для роботи на вуглях, теплота згорання яких складає 17,5 МДж/кг.

Рис. 4.10



Характерною особливістю цих вуглів є значна зольність і висока кількість золи. Швидкість газів в конвективних газоходах дорівнює 6,5 м/с. Температура відхідних газів 135°C, а ККД парового котла 92%.

Паровий котел виконан двухкорпусним. Для зменшення швидкості газів в конвективних газоходах кожний корпус має Т образну компоновку.

Регулювання температури перегріву первинної пари відбувається підтриманням співвідношення вода-пара і двома впорскуючими регуляторами.

Обмуровка панельна, включена в склад монтажних блоків корпусу. Плити обмурівки в холодній муровці мають металеву обшивку, решта частини обмурівки ущільнені газощільною штукатуркою. Каркас блокової конструкції окремий для кожного корпусу.

Завданням даного винаходу є забезпечити надійності роботи котла при спалюванні шлаки вугілля в режимі рідкого шлаковидалення, підвищення температури в ядрі горіння, забезпечення сушильної продуктивності і надійності пилосистеми за умовами вибухобезпеки, зниження відводу тепла з ядра горіння, підвищення надійності роботи поверхонь нагріву.

Розробив					00БКР144.ОПТЕ008.002.ПЗ	Арк.
Перевірив						85
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Поставлена задача вирішується тим, що котел Т-подібної компоновки має топку, пальники, розташовані назустріч в 2 яруси, пиросистеми з млинами, поверхні нагріву на виході з топки у вигляді фестонів і конвективний пароперегрівач в горизонтальному газоході. Млини виконані молотковими, а пальника - вихровими, пиросистеми включають відцентровані сепаратори, причому між відцентрованими сепараторами і вихровими пальниками встановлено відділювачі вологи з можливістю відокремлення 50 ... 90% відпрацьованого сушильного агенту за рахунок використання обертального руху пилогазоповітряної суміші у відцентрованих сепараторах.

Відокремлену частину сушильного апарату направляють в зону топки, розташовану на 1-4 метра вище рівня другого ярусу вихрових пальників.

Котел, крім того, забезпечений димосмоками газової рециркуляції і відбором газів з температурою 500 -700°C для додаткової газоповітряної сушки, а також забезпечений екранами, на поверхні яких по периметру топки наносять теплоізоляційне покриття, що виступає від краю першого і другого ярусів вихрових пальників на 0,5 -1 метра.

У верхній частині топки встановлені додаткові поверхні нагрівання у вигляді розріджених ширм, що забезпечують необхідний температурний рівень безшлакової роботи конвективного пароперегрівача не більше 900°C.

Розробив					00БКР144.ОПТЕ008.002.ПЗ	Арк.
Перевірив						86
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 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. Прядко М.О., Філоненко В.М. Метод. вказівки до викон. кваліфікаційного проекту “Система теплопостачання житлово-промислового району міста” рівня підготовки бакалавра для студентів напряму 6.050601 “Теплоенергетика” ден. та заоч. форм навч. Частина 2. – К.: НУХТ, 2011. – 110 с.
3. Філоненко В.Н. Нагнітачі та теплові двигуни. – Мет. вказ. до вивчення дисципліни для студентів спеціальності “Теплоенергетики” ден. та заочн. форм навчання.– К.: НУХТ. – 2004. – 50с.
4. Філоненко В.Н., Масліков М.М. Джерела енергопостання промислових підприємств. – Мет. вказ. до вивчення дисципліни для студентів спеціальності “Промислова теплоенергетики” ден. та заочн. форм навчання.– К.: НУХТ. – 2002.– 34с.
5. ДБН В.2.5-39:2008 Зовнішні мережі та споруди. Теплові мережі [Електрон-ний ресурс] / Режим доступу: <https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/1-1-0-204>
6. ДБН В.2.5-77:2014 "Котельні" [Електронний ресурс] / Режим доступу: [https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/dbn\\_v\\_2\\_5\\_77/1-1-0-1185](https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/dbn_v_2_5_77/1-1-0-1185)
7. Філоненко В.Н., Масліков М.М. Джерела енергопостання промислових підприємств. – Мет. вказ. до вивчення дисципліни для студентів спеціальності “Промислова теплоенергетики” ден. та заочн. форм навчання.– К.: НУХТ. – 2002.– 34с.
8. Основи охорони праці: Підручник. / Під ред. М.П. Купчика, М.П. Гандзюка. К.: Основа, 2000. – 409 с.
9. Основи охорони праці: Підручник. 2-ге видання / К.Н. Ткачук, М.О. Халімовський, В.В. Зацаркін та ін. – К.: Основа, 2006. – 448 с.

					<b>00БКР144.ОПТЕ008.002.ПЗ</b>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		<i>Шебета А.В.</i>			<b>ПРОЕКТ СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ЖИТЛОВО-ПРОМИСЛОВОГО РАЙОНУ № 4 В МІСТІ ЗАПОРІЖЖЯ</b>	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевірів</i>		<i>Павелко В.І.</i>					3	90
<i>Рецензент</i>						<i>НУХТ. Каф. ТЕХТ гр. ТЕ-4-4</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Петренко В.П</i>						

Поз. познач.	Найменування	Кіл.	Примітка
1	Водогрійний котел 11,6 кВт; 120/70 °С	3	КВ-ГМ-10
2	Мережевий насос Q=200 т/год, Н=36 м	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 сирогої води Q=12,5 т/год, Н=20 м вод. ст.	3	К50-32-125
6	Підігрівник сирогої води F=1,12 м <sup>2</sup>	2	ПВ-z-05
7	Насос взрихлення 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=125т/год, Н=50 м вод. ст.	2	Grundfos TPE 80-570
12	Підігрівник технологічної води F=57 м <sup>2</sup>	1	ПВ-z-16
13	Ежекційні насоси Q=1т/год, Н=20 м вод. ст.	2	GRUNDFOS UPS 25-50/2
14	Насос підживлення ТМ Q=10,8т/год, Н=16 м вод. ст.	3	К 50-32-125а
15	Підігрівник хімоочищеної води F=3,6 м <sup>2</sup>	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	

00БП.6.050601.006.004.ПЗ

Зм.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив		Шебета А.В.			Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірив		Павелко В.І.					
Н. Контр.					НУХТ. Каф. ТЕХТ, гр. ТЕ-4-4		
Затверд.		Петренко В.П.					

ПРОЕКТ СИСТЕМИ  
ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ  
ЖИТЛОВО-ПРОМИСЛОВОГО  
РАЙОНУ № 4 В  
МІСТІ ЗАПОРІЖЖЯ