

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

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

«До захисту в ЕК»

Директор інституту

_____ Блаженко С.І. _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

« ___ » _____ 2021 р.

«До захисту допущено»

В.о. завідувача кафедри

_____ Петренко В.П. _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

« ___ » _____ 2021 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА

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

освітньо-професійної програми _____ Теплоенергетика _____

на тему: _____ Проект системи теплопостачання житлово-промислового _____
_____ району №3 в місті Вінниця _____

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

_____ Мацько Іван Вячеславович _____
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник _____ доц. Бойко Володимир Олександрович _____
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Рецензент _____
(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

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.

“30” березня 2021 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Мацько Іван Вячеславович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект системи теплопостачання житлово-промислового району № 3 в місті Вінниця

керівник роботи к.т.н., доц. Бойко Володимир Олександрович

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від “30”03.2021 року № 934-кв

2. Строк подання здобувачем роботи 03.06.2021 року

3. Вихідні дані до роботи технологічне навантаження 12,0 МВт; температура теплоносія 95 °С; розрахункова температура -20 °С; температура зовнішнього повітря -1,1 °С; температура для системи вентиляції -10 °С; тривалість роботи промислового підприємства – 7000 год; тривалість опалювального періоду – 189 діб; температури мережної води $\tau'_{01}/\tau'_{02}: 150^{\circ}\text{C}/70^{\circ}\text{C}$.

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

1. Розрахунок теплових навантажень житлово-промислового району міста

2. Розрахунок теплової схеми котельні з водогрійними котлами

3. Охорона праці

4. Творче завдання

5. Перелік графічного матеріалу

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

2. Теплова схема котельні.

3. Компановка обладнання.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 08.04.2021

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Визначення теплових навантажень в системі ТПЖР	08.04-13.04.21	Виконано
2	Розрахунок витрати та температури мережної води в прямій та зворотній магістралях	14.04-21.04.21	Виконано
3	Визначення розрахункових витрат теплоносія	22.04-27.04.21	Виконано
4	Формування вихідних даних до Частини 2 проекту	27.04-3.05.21	Виконано
5	Розрахунок теплової схеми котельні	4.01-12.05.21	Виконано
6	Вибір енергетичного обладнання котельні	17.05-22.05.21	Виконано
7	Оформлення креслень та ПЗ	23.05-30.05.21	Виконано

Здобувач _____
(підпис)

Мацько І.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Бойко В.О.
(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ.....	5
ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. Розрахунок теплових навантажень житлово – промислового району міста.....	8
1. Вихідні дані до проекту.....	8
2. Визначення теплових навантажень в системі теплопостачання житлового району.....	10
3. Розрахунок витрати та температури мережної води в прямій та зворотній магістралях.....	16
3.1. Розрахунок витрат та температур мережної води на опалення.....	16
3.2. Розрахунок витрат та температур мережної води на гаряче водопостачання.....	18
3.3. Розрахунок витрат та температур мережної води на вентиляцію.....	24
4. Визначення розрахункових витрат теплоносія.....	27
5. Вихідні дані до розділу 2.....	29
РОЗДІЛ 2. Розрахунок теплової схеми котельні з водогрійними котлами.....	31
1. Формування вихідних даних для теплового розрахунку котельні з водогрійними котлами.....	31
2. Формування принципової схеми водогрійної котельні.....	34
3. Розрахунок теплової схеми котельні з водогрійними котлами.....	35
4. Визначення енергетичних показників роботи водогрійної котельні.....	45
5. Вибір обладнання котельні з водогрійними котлами.....	48
РОЗДІЛ 3. Охорона праці.....	57
РОЗДІЛ 4. Траса та способи прокладання теплових мереж.....	63
Список використаної літератури.....	71

					00БКР144.ОПТЕ 008.009.ПЗ			
Змін.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	<i>Проект системи теплопостачання житлово-промислового району №4 в м. Полтава</i> ЗМІСТ	Літера	Аркушів	Аркуш
Розробив		Шуть Є.О.						4
Перевірив		Бойко В.О.						
Рецензув.						ТЕ-4-4 кафедра ТЕХТ НУХТ		
Затвердив		Петренко В.П.						

АНОТАЦІЯ

Мацько І.В. Проект системи теплопостачання житлово-промислового району № 3 в місті Вінниця - кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Даний проект містить розрахунок теплових навантажень в системі теплопостачання житлового району на 27 кварталів, знайдені графіки залежності теплових навантажень опалення, вентиляції та гарячого водопостачання району від температури зовнішнього повітря, графік залежності температур і витрати мережної води від температури зовнішнього повітря, графік річної сумарної витрати теплоти.

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

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

Четверта частина – водопідготовка. Схеми та методи обробки води.

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.

					00БКР144.ОПТЕ 008.004.ПЗ			
Змін.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	Проект системи теплопостачання житлово-промислового району №3 в м. Вінниця АНОТАЦІЯ	Літера	Аркушів	Аркуш
Розробив	Мацько І.В.							5
Перевірив	Бойко В.О.							
Рецензув.								
Затвердив	Петренко В.П.							
						ТЕ-4-4 кафедра ТЕХТ НУХТ		

ABSTRACT

Macko I.V. Project of heat supply system of residential-industrial district № 3 in the city of Vinnucya- qualification work on the rights of the manuscript.

This project contains the calculation of heat loads in the heating system of a residential area for 27 quarters, found graphs of dependence of heat loads of heating, ventilation and hot water supply of the area on the outside air temperature, graph of temperature and network water consumption from outside air temperature, schedule of annual total heat consumption.

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

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

The fourth section is water treatment. Schemes and methods of water treatment.

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.

					00БКР144.ОПТЕ 008.004.ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		6

ВСТУП

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

Актуальність даної роботи полягає в тому, що на сьогоднішній день більшість будинків житлових районів мають «морально» застаріле обладнання, яке не відповідає сучасним вимогам і потребам населення нашої держави. Через 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 :

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

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

					00БКР144.ОПТЕ 008.004.ПЗ			
Змін.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	<i>Проект системи тепlopостачання житлово-промислового району №3 в м. Вінниця</i> ВСТУП	Літера	Аркушів	Аркуш
Розробив	Мацько І.В.							7
Перевірив	Бойко В.О.							
Рецензув.								
Затвердив	Петренко В.П.							
						ТЕ-4-4 кафедра ТЕХТ НУХТ		

РОЗДІЛ 1. РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ ЖИТЛОВО-ПРОМИСЛОВОГО РАЙОНУ МІСТА

1.1. ВИХІДНІ ДАНІ ДО ПРОЕКТУ

- 1.1. Географічний пункт розміщення житлово-промислового району – м. Вінниця.
- 1.2. Генплан мікрорайону з розміщенням джерела теплоти – варіант №3 (27 житлових кварталів).
- 1.3. Структура теплового навантаження:
- 1.3.1. Опалення житлових кварталів;
- 1.3.2. Гаряче водопостачання житлових кварталів;
- 1.3.3 Вентиляція громадських будівель;
- 1.3.4. Технологічне навантаження промислового підприємства 12 МВт (9,5 МВт – літній режим);
- (Теплоносій – гаряча вода $t_2'' = 95$ °С, степінь повернення води 1,0).
- 1.4. Розрахункова температура (максимально зимова) для проектування системи опалення $t_{3.0} = (-20)$ °С.
- 1.5. Середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період – $t_{3.ср.оп} = -1,1$ °С.
- 1.6. Розрахункова температура для проектування системи вентиляції – -10 °С.
- 1.7. Температура початку опалювального періоду, $t_{3.пк} = +8$ °С
- 1.8. Температура точки “зламу”, $t_{3.з}$ (розраховуються після побудови графіка зміни температури і витрати мережної води на опалення в залежності від температури зовнішнього повітря)
- 1.9. В дипломному проекті розрахунки всіх видів теплових навантажень здійснюються для трьох характерних режимів:
- максимально зимового;
 - точки “зламу” температурного графіка опалення;
 - літнього.
- 1.10. Тривалість роботи промислового підприємства – 7000 год.
- 1.11. Тривалість опалювального періоду – $n_o = 189$ діб.
- 1.12. Тривалість періоду стояння температур зовнішнього повітря, діб

Температура	Інтервали середньодобових температур зовнішнього повітря, °С							
	-30... ...-25	-25... ...-20	-20... ...-15	-15... ...-10	-10... ...-5	-5... ...0	0... ...+5	+5... ...+8
У вказаному інтервалі	0	0	5,2	12,5	25,9	48,0	60,4	37,0
Нижче даної	0	0	5,2	17,7	43,6	91,6	152,0	189,0

					00БКР144.ОПТЕ 008.004.ПЗ			
Змін.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	<i>Проект системи теплопостачання житлово-промислового району №3</i> <i>в м. Вінниця</i> РОЗДІЛ I	Літера	Аркушів	Аркуш
Розробив	Мацько І.В.						8	
Перевірив	Бойко В.О.					ТЕ-4-4 кафедра ТЕХТ НУХТ		
Рецензув.								
Затвердив	Петренко В.П.							

- 1.13. Розрахункові температури мережної води $\tau'_{01} / \tau'_{02} : 150^{\circ}C / 70^{\circ}C$.
- 1.14. Система тепlopостачання – закрита
- 1.15. Метод регулювання теплового навантаження на опалення - центральне якісне регулювання спільно з місцевим кількісним регулюванням.
- 1.16. Схема підключення підігрівників гарячого водопостачання до системи опалення - двоступенева змішана.

					00БКР144.ОПТЕ 008.004.ПЗ	Арк.
						9
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

1.2. ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ В СИСТЕМІ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ЖИТЛОВОГО РАЙОНУ

1.2.1. Викреслюємо план району, у відповідності із завданням у масштабі 1:5500 .

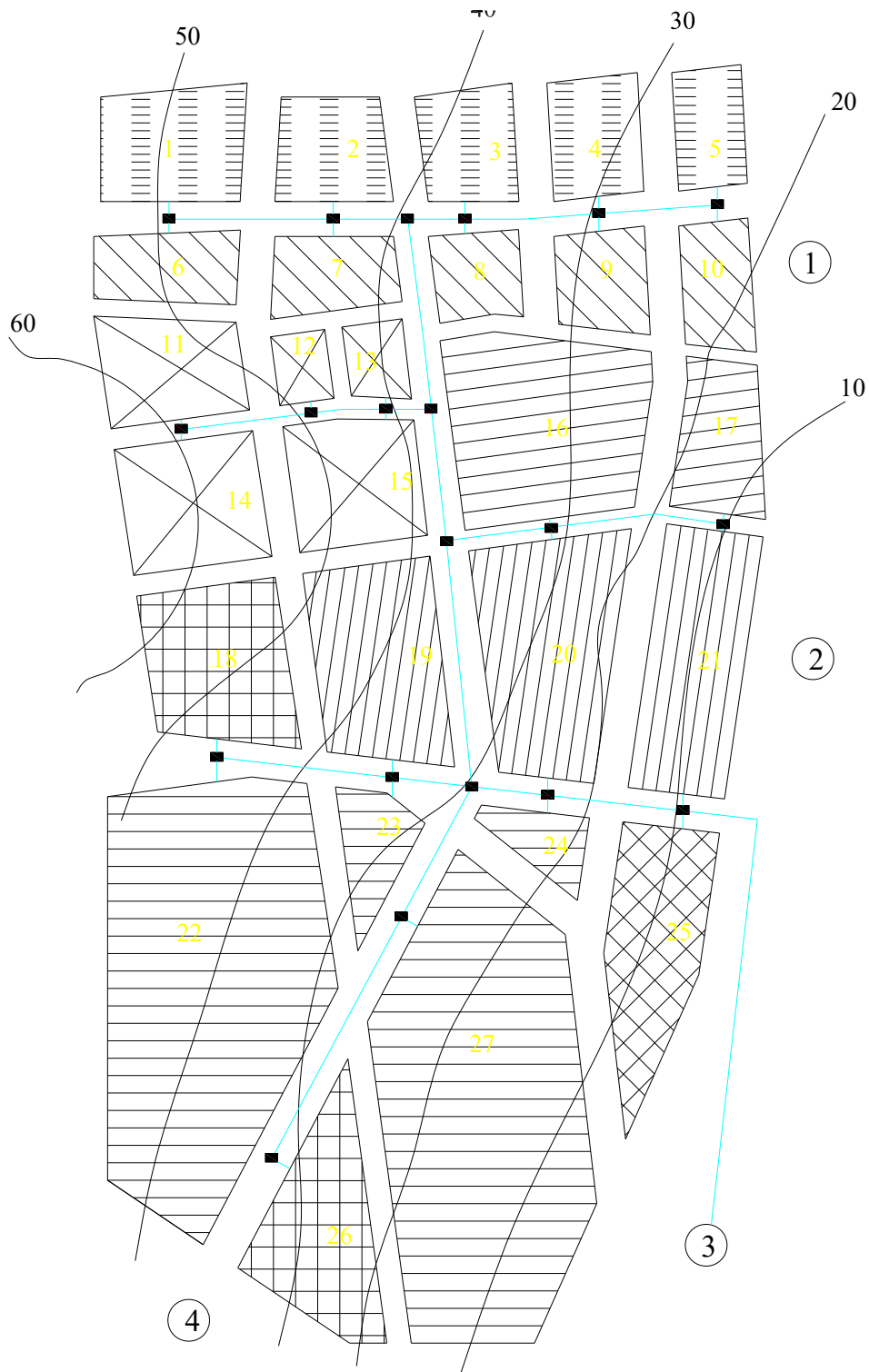


Рис.1.1 План району

1.2.2. Нумеруємо на плані району квартали району теплопостачання.

1.2.3. Визначаємо загальну площу житлових споруд району:

$$F_{жс} = F_i f_i = 0,99 \cdot 8500 = 8433,70 \text{ м}^2$$

					00БКР144.ОПТЕ 008.004.ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		10

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

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

$$Q'_{o\max} = q_o F_{жс} (1 + K_{зр}) 10^{-6} = 73 \cdot 8433,70 \cdot (1 + 0,25) \cdot 10^{-6} = 0,77 \text{ МВт}$$

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

1.2.5. Визначаємо максимальне теплове навантаження системи вентиляції громадських споруд:

$$Q'_{в\max} = K_{зр} K_e q_o F_{жс} 10^{-6} = 0,25 \cdot 0,6 \cdot 73 \cdot 8433,70 \cdot 10^{-6} = 0,09 \text{ МВт}$$

де K_e - коефіцієнт, що враховує тепловий потік на вентиляцію громадських споруд; $K_e = 0,4$ - для споруд, збудованих до 1985 року, $K_e = 0,6$ - для споруд, збудованих після 1985 року.

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

$$m = \frac{F_{жс}}{f_3} = \frac{8433,70}{25} = 337$$

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

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

$$Q'_{ГВП} = q_2 m 10^{-6} = 407 \cdot 320 \cdot 10^{-6} = 0,11 \text{ МВт}$$

де q_2 - укрупнений показник середнього теплового потоку на гаряче водопостачання на одну людину, Вт/люд., (Додаток 10[1]); m - кількість людей.

1.2.8. Зводимо результати розрахунку по кожному кварталу в таблицю 1.1.

Таблиця 1.1

					00БКР144.ОПТЕ 008.004.ПЗ	Арк.
						11
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Розрахунок теплових навантажень

Номер кварталу	Площа кварталу, га	Густина (щільність) житлового фонду м ² /га	Житлова площа кварталу, м ²	Кількість мешканців, чол.	Теплові потоки			
					Опалення Q _{o max} МВт	Вентиляція Q _{v max} МВт	ГВП Q _{ГВП} МВт	Всього: 6+7+8, МВт
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0,99	8500	8433,70	337	0,77	0,09	0,11	0,97
2	0,70	8500	5991,01	240	0,55	0,07	0,08	0,69
3	0,66	8500	5605,33	224	0,51	0,06	0,07	0,64
4	0,67	8500	5733,89	229	0,52	0,06	0,07	0,66
5	0,51	8500	4371,13	175	0,40	0,05	0,06	0,50
6	0,62	5900	3640,89	146	0,41	0,05	0,05	0,51
7	0,58	5900	3408,87	136	0,39	0,05	0,04	0,48
8	0,46	5900	2730,67	109	0,31	0,04	0,03	0,38
9	0,56	5900	3283,94	131	0,37	0,04	0,04	0,46
10	0,55	5900	3248,25	130	0,37	0,04	0,04	0,46
11	0,88	7500	6624,75	265	0,60	0,07	0,08	0,76
12	0,24	7500	1769,63	71	0,16	0,02	0,02	0,20
13	0,28	7500	2109,94	84	0,19	0,02	0,03	0,24
14	1,11	7500	8326,31	333	0,76	0,09	0,11	0,96
15	1,00	7500	7532,25	301	0,69	0,08	0,10	0,87
16	2,15	5800	12456,95	498	1,14	0,14	0,16	1,43
17	0,77	5800	4491,52	180	0,41	0,05	0,06	0,52
18	1,35	6400	8653,92	346	0,79	0,09	0,11	1,00
19	1,54	4500	6942,38	278	0,79	0,09	0,09	0,97
20	1,91	4500	8603,10	344	0,98	0,12	0,11	1,21
21	1,61	4500	7228,24	289	0,82	0,10	0,09	1,01
22	5,15	6000	30891,30	1236	2,82	0,34	0,40	3,55
23	0,47	6000	2849,55	114	0,26	0,03	0,04	0,33
24	0,34	6000	2069,10	83	0,19	0,02	0,03	0,24
25	1,37	7100	9729,31	389	0,89	0,11	0,12	1,12
26	1,32	6800	8947,95	358	0,82	0,10	0,11	1,03
27	5,14	6000	30855,00	1234	2,82	0,34	0,39	3,55
Всього	32,96		206528,85	8261	19,73	2,37	2,64	24,74

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

$$Q'_{ГВП \max} = 2,4 \cdot Q'_{ГВП} = 2,4 \cdot 2,64 = 6,34 \text{ МВт}$$

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

$$Q_{ГВП \text{ л}}^{\text{середнє}} = Q'_{ГВП} \cdot \frac{55 - t_{х,в \text{ л}}}{55 - t_{х,в \text{ з}}} \cdot \beta = 2,64 \cdot \frac{55 - 15}{55 - 5} \cdot 0,8 = 1,69 \text{ МВт}$$

					00БКР144.ОПТЕ 008.004.ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		12

де $t_{x.в.л}$ - температура холодної водопровідної води для літнього періоду, $t_{x.в.л} = 15$ °C; $t_{x.в.з}$ - температура холодної водопровідної води для опалювального (зимового) періоду, $t_{x.в.з} = 5$ °C; β - 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. Визначаємо максимальне теплове навантаження на гаряче водопостачання для неопалювального /літнього/ періоду:

$$Q_{ГВП\max}^{сер} = Q'_{ГВП\max} \cdot \frac{55 - t_{x.в.л}}{55 - t_{x.в.з}} \cdot \beta = 6,34 \cdot \frac{55 - 15}{55 - 5} \cdot 0,8 = 4,06 \text{ МВт}$$

1.2.12. Визначаємо теплові навантаження на опалення Q_0 та вентиляцію $Q_в$ для 5-ти характерних температур зовнішнього повітря $t_{з.о}$, $t_з$, $t_з^{сер.опал}$, $t_{з.з}$, $t_{зпк}$:

$$Q_0 = Q'_{0\max} \cdot \bar{Q}_0 = Q'_{0\max} \cdot \frac{t_{в.р} - t_з}{t_{в.р} - t_{з.о}} = 19,73 \cdot \frac{+18 - (-20)}{+18 - (-20)} = 19,73 \text{ МВт}$$

$$Q_в = Q'_{в\max} \cdot \bar{Q}_0 = Q'_{в\max} \cdot \frac{t_{в.р} - t_з}{t_{в.р} - t_{з.о}} = 2,37 \cdot \frac{+18 - (-20)}{+18 - (-20)} = 2,37 \text{ МВт}$$

де $t_{в.р}$ - температура повітрі всередині приміщення, +18 °C; $t_{з.о}$ - розрахункова температура зовнішнього повітря на опалення, °C.

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

1.2.14. Зводимо результати розрахунків теплових навантажень в таблицю 1.2.

Таблиця 1.2

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

№ п/п	Позначення	Одиниця виміру	Тепловий потік при $t_з$					літо
			$t_{з.о}$ -20 °C	$t_з$ -10 °C	$t_з^{сер.опал}$ -1,1 °C	$t_{з.з}$ 4,5°C	$t_{зпк}$ +8 °C	
1	\bar{Q}_0		1,00	0,74	0,50	0,36	0,26	
2	Q_0	МВт	19,73	14,53	9,91	7,01	5,19	
3	$Q_в$	МВт	2,37	1,74	1,19	0,84	0,62	
4	$Q'_{ГВП}$	МВт	2,64	2,64	2,64	2,64	2,64	1,69
5	$Q'_{ГВП\max}$	МВт	6,34	6,34	6,34	6,34	6,34	4,06
6	Всього: 2+3+4	МВт	24,74	18,92	13,75	10,49	8,46	1,69
7	Всього: 2+3+5	МВт	28,44	22,62	17,45	14,19	12,16	4,06

1.2.15. Визначаємо річну витрату теплоти :

$$\begin{aligned} \text{- на опалення: } Q_o^{річн} &= Q_o' \max n_o \frac{t_{в.р} - t_3^{сер.опал}}{t_{в.р} - t_{3.о}} \cdot 3,6 = \\ &= 19,73 \cdot 189 \cdot 24 \cdot \frac{+18 - (-1,1)}{+18 - (-20)} \cdot 3,6 = 161899,96 \text{ ГДж/рік} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- на вентиляцію: } Q_v^{річн} &= Q_v' \max n_o \frac{z}{24} \frac{t_{в.р} - t_3^{сер.опал}}{t_{в.р} - t_{3.о}} \cdot 3,6 = \\ &= 2,37 \cdot 189 \cdot 24 \cdot \frac{16}{24} \cdot \frac{+18 - (-1,1)}{+18 - (-20)} \cdot 3,6 = 12952,00 \text{ ГДж/рік} \end{aligned}$$

- на гаряче водопостачання:

$$\begin{aligned} Q_{ГВП}^{річн} &= (Q_{ГВП}' n_o + Q_{ГВП,д}^{сер} (n - n_o)) \cdot 3,6 = \\ &= (2,64 \cdot 189 \cdot 24 + 1,69 \cdot (8400 - 189 \cdot 24)) \cdot 3,6 = 66703,22 \text{ ГДж/рік} \end{aligned}$$

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

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

$$\begin{aligned} \sum Q^{річн} &= Q_o^{річн} + Q_v^{річн} + Q_{ГВП}^{річн} = 161899,96 + 12952,00 + 66703,22 = 241555,17 \text{ ГДж/рік} \\ \sum Q^{річн} &= 67098,66 \text{ МВт} \cdot \text{год/рік} \end{aligned}$$

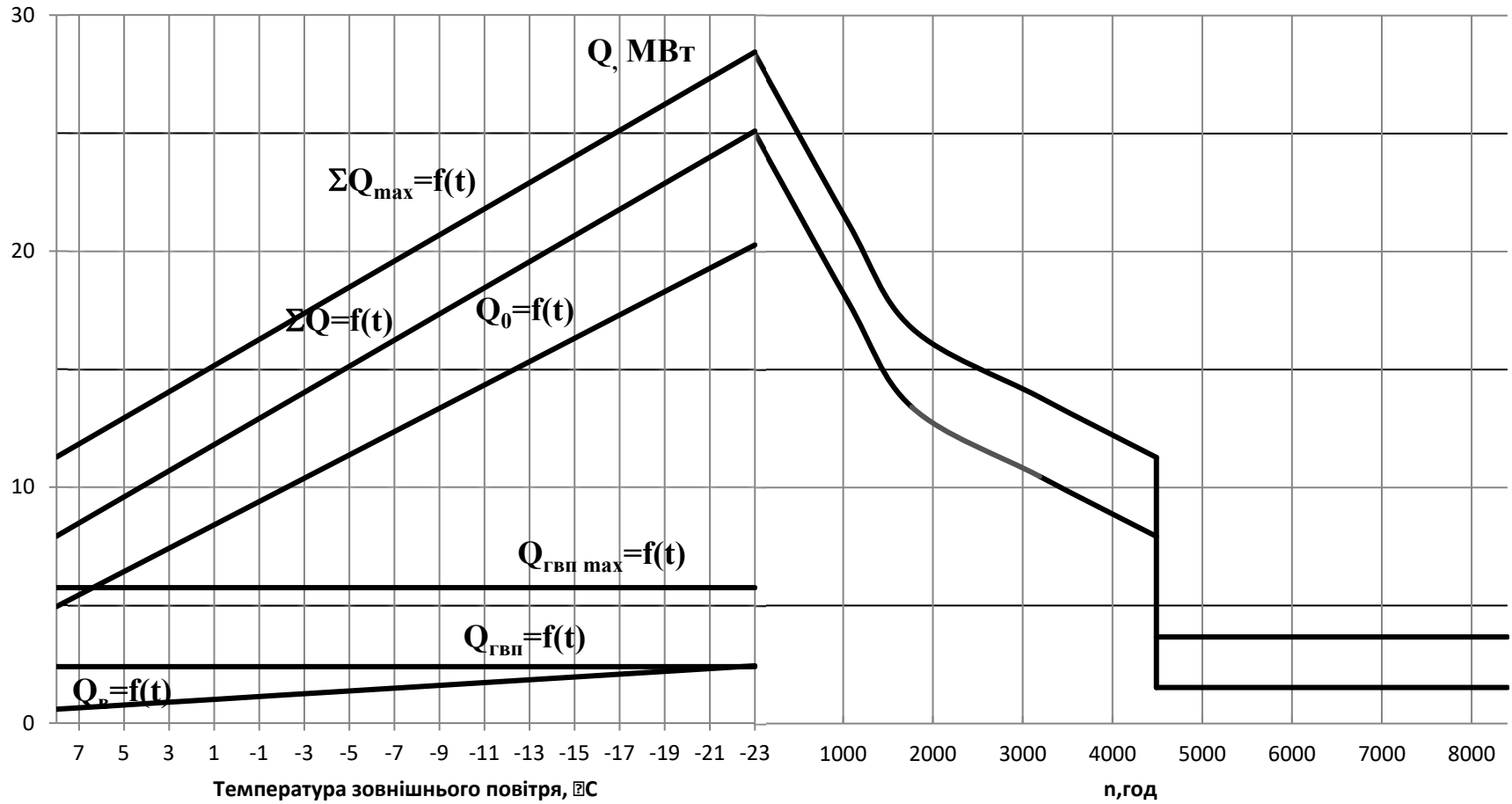
1.2.17. Будуємо графік зміни теплових навантажень на опалення, ГВП та вентиляцію в залежності від температури зовнішнього повітря та графік зміни теплових навантажень протягом рок

					00БКР144.ОПТЕ 008.004.ПЗ	Арк.
						14
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Зм.	
Доклш	
№ док-м.	
Підпис	
Дата	

00БКР144.ОПТЕ 008.004.ПЗ

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



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

1.3.1. Розрахунок витрат та температур мережної води на опалення

1.3.1.1. Визначаємо температуру мережної води для 5-ти характерних температур зовнішнього повітря $t_{3,o}$, t_3 , $t_3^{sep.onan}$, $t_{3,3}$, $t_{зпк}$:

- в подавальному трубопроводі:

$$\begin{aligned}\tau_{o1} &= t_{6,p} + \Delta t_o' \bar{Q}_o^{0,8} + \bar{Q}_o' (\delta\tau_o' - 0,5\theta') = \\ &= 18 + \left(\frac{95+70}{2} - 18\right) \cdot \left(\frac{+18-(-20)}{+18-(-20)}\right)^{0,8} + \frac{+18-(-20)}{+18-(-20)} (80 - 0,5 \cdot 25) = 150 \text{ }^\circ\text{C}\end{aligned}$$

- після вузла змішування:

$$\begin{aligned}\tau_{o3} &= t_{6,p} + \Delta t_o' \bar{Q}_o^{0,8} + 0,5\theta' \bar{Q}_o = \\ &= 18 + 64,5 \cdot \left(\frac{+18-(-20)}{+18-(-20)}\right)^{0,8} + 0,5 \cdot 25 \cdot \frac{+18-(-20)}{+18-(-20)} = 95 \text{ }^\circ\text{C}\end{aligned}$$

після системи опалення (опалювальних приладів):

$$\begin{aligned}\tau_{o2} &= t_{6,p} + \Delta t_o' \bar{Q}_o^{0,8} - 0,5\theta' \bar{Q}_o = \\ &= 18 + 64,5 \cdot \left(\frac{+18-(-20)}{+18-(-20)}\right)^{0,8} - 0,5 \cdot 25 \cdot \frac{+18-(-20)}{+18-(-20)} = 70 \text{ }^\circ\text{C}\end{aligned}$$

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

$$\bar{Q}_o = \frac{t_{6,p} - t_3}{t_{6,p} - t_{3,o}} = \frac{+18 - (-20)}{+18 - (-20)} = 1; \quad \delta\tau_o' = \tau_{o1}' - \tau_{o2}' = 150 - 70 = 80 \text{ }^\circ\text{C};$$

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

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

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

$$G_o = \frac{Q_o 10^3}{c(\tau_{o1}' - \tau_{o2}')} = \frac{5,19 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (70 - 41,74)} = 43,84 \text{ кг/с}$$

1.3.1.3. Визначаємо витрату мережної води на опалення у другому діапазоні ($t_{3,3} - t_{3,o}$), витрата є постійною і дорівнює розрахунковій, за формулою:

$$G_{o \max}' = \frac{Q_{o \max}' 10^3}{c(\tau_{o1}' - \tau_{o2}')} = \frac{19,73 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (150 - 70)} = 58,85 \text{ кг/с}$$

					00БКР144.ОПТЕ 008.004.ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		16

1.3.1.4 Зводимо результати визначення температур і витрат в таблицю 1.4.

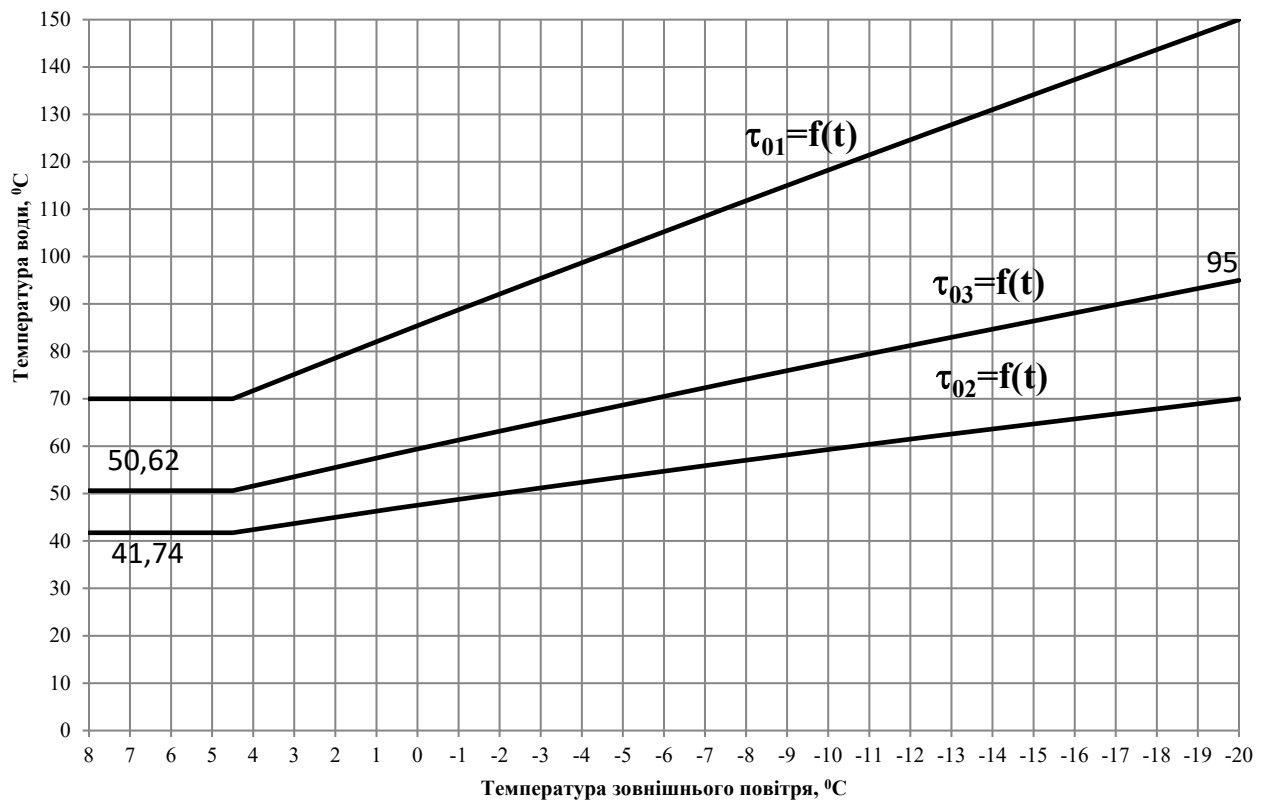
Таблиця 1.4

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

Позначення	Одиниця виміру	Температура і витрата мережної води при				
		$t_{z.o}$ -20 °C	t_z -10 °C	$t_z^{сер.опал}$ -1,1 °C	$t_{z.z}$ 4,5°C	$t_{зпк}$ +8 °C
τ_{o1}	°C	150	118,26	89,13	70	70
τ_{o2}	°C	70	59,31	48,92	41,74	41,74
τ_{o3}	°C	95	77,73	61,48	50,62	50,62
G_o	кг/с	58,85	58,85	58,85	58,85	43,84

1.3.1.5. Будуємо 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



Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата



1.3.2. Розрахунок витрат та температур мережної води на гаряче водопостачання

1.3.2.1. Визначаємо витрату мережної води на гаряче водопостачання:

$$G_{ГВП \max} = \frac{Q_{ГВП \max} 10^3}{c(\tau_{o1}''' - \tau_{o2}''')} \frac{t_2 - t_n}{t_2 - t_{x.3}} = \frac{6,34 \cdot 10^3}{4,19(70 - 41,73)} \cdot \frac{60 - (41,73 - 5)}{60 - 5} = 22,66 \text{ кг/с}$$

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

$$\tau_2 = \tau_{o2} - Q_{ГВП} \frac{t_n - t_{x.3}}{t_2 - t_{x.3}} \frac{1}{c(G_{o\max} + G_{ГВП})} = 41,74 - 6,34 \cdot 10^3 \cdot \frac{(41,74 - 5) - 5}{60 - 5} \cdot \frac{1}{4,19 \cdot (58,85 + 22,66)} = 31,02 \text{ }^\circ\text{C}$$

де t_n - температура водопровідної води після підігрівника ГВП 1-го ступеня, $^\circ\text{C}$,

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

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

Попередній розрахунок ($t_3 = 4,5$ $^\circ\text{C}$):

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

$$\Delta t_I = \frac{\Delta t_{\delta_I} - \Delta t_{M_I}}{\ln \frac{\Delta t_{\delta_I}}{\Delta t_{M_I}}} = \frac{(\tau_2 - t_{x.3}) - (\tau_{o2}''' - t_n)}{\ln \frac{\tau_2 - t_{x.3}}{\tau_{o2}''' - t_n}} = \frac{(31,02 - 5) - (41,74 - 36,74)}{\ln \frac{31,02 - 5}{41,74 - 36,74}} = 12,74 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{II} = \frac{\Delta t_{\delta_{II}} - \Delta t_{M_{II}}}{\ln \frac{\Delta t_{\delta_{II}}}{\Delta t_{M_{II}}}} = \frac{(\tau_{o1}''' - t_2) - (\tau_{2e} - t_n)}{\ln \frac{\tau_{o1}''' - t_2}{\tau_{2e} - t_n}} = \frac{(70 - 60) - (41,74 - 36,74)}{\ln \frac{70 - 60}{41,74 - 36,74}} = 7,21 \text{ }^\circ\text{C}$$

1.3.2.5. Визначаємо витрату водопровідної води на ГВП:

					00БКР144.ОПТЕ 008.004.ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		18

$$q_{2M} = \frac{Q_{ГВП \max} 10^3}{c(t_2 - t_{x.3})} = \frac{6,34 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (60 - 5)} = 27,53 \text{ кг/с}$$

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

$$Q_I = cq_{2M} (t_n - t_{x.3}) = 4,19 \cdot 27,53 \cdot (36,74 - 5) = 3,66 \text{ МВт}$$

$$Q_{II} = cq_{2M} (t_2 - t_n) = 4,19 \cdot 27,53 \cdot (60 - 36,74) = 2,68 \text{ МВт}$$

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

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

$$G_I = G_{II} + G'_{O \max} = 29,47 + 58,85 = 88,32 \text{ кг/с}$$

$$G_{II} = \frac{0,55 Q_{ГВП \max} 10^3}{c(\tau_{o1} - \tau_{o2})} = \frac{0,55 \cdot 6,34 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (70 - 41,74)} = 29,47 \text{ кг/с}$$

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

$$\Phi_I = \frac{Q_I 10^3}{\Delta t_I c \sqrt{G_{M_I} G_{\delta_I}}} = \frac{3,66 \cdot 10^3}{12,74 \cdot 4,19 \cdot \sqrt{27,53 \cdot 88,32}} = 1,39$$

$$\Phi_{II} = \frac{Q_{II} 10^3}{\Delta t_{II} c \sqrt{G_{M_{II}} G_{\delta_{II}}}} = \frac{2,68 \cdot 10^3}{7,21 \cdot 4,19 \sqrt{27,53 \cdot 29,47}} = 3,12$$

1.3.2.9. Визначаємо теплопродуктивність 1-го ступеню, нехтуючи витратою мережної води через 1-й ступінь G_I і приймаючи витрату нагрівної води через його рівною $G'_{O \max}$, температуру нагрівної води на вході в підігрівник 1-го ступеню, рівною $\tau_{cm} = \tau_{o2}$:

$$Q_I = c \varepsilon_I G_{M_I} (\tau_{cm} - t_{x.3}) = 4,19 \cdot 0,77 \cdot 27,53 \cdot (48,92 - 5) = 3,88 \text{ МВт}$$

де ε_I визначаю за формулою:

$$\varepsilon_I = \left(0,35 \frac{G_{M_I}}{G_{\delta_I}} + 0,65 + \frac{1}{\Phi_I} \sqrt{\left[\frac{G_{M_I}}{G_{\delta_I}} \right]} \right)^{-1} = \left(0,35 \cdot \frac{27,53}{58,85} + 0,65 + \frac{1}{1,39} \cdot \sqrt{\frac{27,53}{58,85}} \right)^{-1} = 0,77$$

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

$$t_n = t_{x.3} + \frac{Q_I 10^3}{cq_{2M}} = 5 + \frac{3,88 \cdot 10^3}{4,19 \cdot 27,53} = 38,64 \text{ }^\circ\text{C}$$

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

$$Q_{II} = Q_{ГВП \max} - Q_I = 6,34 - 3,88 = 2,46 \text{ МВт}$$

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

$$G_{II} = \frac{Q_{II} 10^3}{c(\tau_{o1} - \tau_{22})} = \frac{2,46 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (89,13 - 38,64)} = 11,65 \text{ кг/с}$$

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

					00БКР144.ОПТЕ 008.004.ПЗ	Арк.
						19
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

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

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

$$G_I = G_{II} + G'_{o_{\max}} = 11,65 + 58,85 = 70,5 \text{ кг/с}$$

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

$$\tau_{cm} = \frac{G'_{o_{\max}}}{G_I} \tau_{o2} + \frac{G_{II}}{G_I} \tau_{2z} = \frac{58,85}{70,5} \cdot 48,92 + \frac{11,65}{70,5} \cdot 38,64 = 47,22 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Попередній розрахунок закінчено.

Кінцевий розрахунок.

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

$$Q_I = c\varepsilon_I G_{M_I} (\tau_{cm} - t_{x,z}) = 4,19 \cdot 0,81 \cdot 27,53 \cdot (47,22 - 5) = 3,94 \text{ МВт}$$

$$\varepsilon_I = \left(0,35 \frac{G_{M_I}}{G_{\delta_I}} + 0,65 + \frac{1}{\Phi_I} \sqrt{\left[\frac{G_{M_I}}{G_{\delta_I}} \right]} \right)^{-1} = \left(0,35 \cdot \frac{27,53}{70,49} + 0,65 + \frac{1}{1,39} \cdot \sqrt{\frac{27,53}{70,49}} \right)^{-1} = 0,81$$

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

$$t_n = t_{x,z} + \frac{Q_I 10^3}{c q_{z_M}} = 5 + \frac{3,94 \cdot 10^3}{4,19 \cdot 27,53} = 39,16 \text{ } ^\circ\text{C}$$

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

$$Q_{II} = Q_{ГВП \max} - Q_I = 6,34 - 3,94 = 2,4 \text{ МВт}$$

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

$$G_{II} = \frac{1,7 \Phi_{II}^2 q_{z_M}}{\left[-1 + \sqrt{1 + 2,6 \Phi_{II}^2 \left(\frac{(\tau_{o1} - t_n) c q_{z_M}}{Q_{II} 10^3} - 0,35 \right)} \right]^2} =$$

$$= \frac{1,7 \cdot 3,12^2 \cdot 27,53}{\left[-1 + \sqrt{1 + 2,6 \cdot 3,12^2 \left(\frac{(89,13 - 39,16) \cdot 4,19 \cdot 27,53}{2,4 \cdot 10^3} - 0,35 \right)} \right]^2} = 9,77 \text{ кг/с}$$

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

$$\tau_{2z} = \tau_{o1} - \frac{Q_{II} 10^3}{G_{II} c} = 89,13 - \frac{2,4 \cdot 10^3}{9,77 \cdot 4,19} = 30,37 \text{ } ^\circ\text{C}$$

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

$$G_I = G_{II} + G'_{o_{\max}} = 9,77 + 58,85 = 68,62 \text{ кг/с}$$

					00БКР144.ОПТЕ 008.004.ПЗ	Арк.
						20
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

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

$$\tau_{cm} = \frac{G'_{o\max}}{G_I} \tau_{o2} + \frac{G_{II}}{G_I} \tau_{2z} = \frac{58,85}{68,62} \cdot 48,92 + \frac{9,77}{68,62} \cdot 30,37 = 46,28 \text{ } ^\circ\text{C}$$

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

- Визначаємо теплопродуктивність 1-го ступеню:

$$Q_I = c\varepsilon_I G_{M_I} (\tau_{cm} - t_{x.3}) = 4,19 \cdot 0,8 \cdot 27,53 \cdot (46,28 - 5) = 3,82 \text{ МВт}$$

$$\varepsilon_I = \left(0,35 \frac{G_{M_I}}{G_{\delta_I}} + 0,65 + \frac{1}{\Phi_I} \sqrt{\left[\frac{G_{M_I}}{G_{\delta_I}} \right]} \right)^{-1} = \left(0,35 \cdot \frac{27,53}{68,61} + 0,65 + \frac{1}{1,39} \cdot \sqrt{\frac{27,53}{68,61}} \right)^{-1} = 0,8$$

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

$$t_n = t_{x.3} + \frac{Q_I 10^3}{c q_{z_M}} = 5 + \frac{3,82 \cdot 10^3}{4,19 \cdot 27,53} = 38,13 \text{ } ^\circ\text{C}$$

- Визначаємо теплопродуктивність підігрівника 2-го ступеню:

$$Q_{II} = Q_{ГВП \max} - Q_I = 6,34 - 3,82 = 2,52 \text{ МВт}$$

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

$$G_{II} = \frac{1,7 \Phi_{II}^2 q_{z_M}}{\left[-1 + \sqrt{1 + 2,6 \Phi_{II}^2 \left(\frac{(\tau_{o1} - t_n) c q_{z_M}}{Q_{II} 10^3} - 0,35 \right)} \right]^2} = \frac{1,7 \cdot 3,12^2 \cdot 27,53}{\left[-1 + \sqrt{1 + 2,6 \cdot 3,12^2 \left(\frac{(89,13 - 38,13) \cdot 4,19 \cdot 27,53}{2,52 \cdot 10^3} - 0,35 \right)} \right]^2} = 10,08 \text{ кг/с}$$

$$G_{II} \leq \frac{Q_{II} 10^3}{(\tau_{o1} - t_n) c} \quad (10,08 \leq \frac{Q_{II} 10^3}{(\tau_{o1} - t_n) c} = 12,16)$$

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

$$\tau_{2z} = \tau_1 - \frac{Q_{II} 10^3}{G_{II} c} = 89,13 - \frac{2,52 \cdot 10^3}{12,16 \cdot 4,19} = 39,63 \text{ } ^\circ\text{C}$$

- Визначаємо витрату мережної води через підігрівник I ступеню:

$$G_I = G_{II} + G'_{o\max} = 12,16 + 58,85 = 71,01 \text{ кг/с}$$

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

$$\tau_{cm} = \frac{G'_{o\max}}{G_I} \tau_{o2} + \frac{G_{II}}{G_I} \tau_{2z} = \frac{58,85}{71,01} \cdot 48,92 + \frac{12,16}{71,01} \cdot 39,63 = 47,33 \text{ } ^\circ\text{C}$$

- Визначаємо теплопродуктивність 1-го ступеню:

$$Q_I = c\varepsilon_I G_{M_I} (\tau_{cm} - t_{x.3}) = 4,19 \cdot 0,81 \cdot 27,53 \cdot (47,33 - 5) = 3,96 \text{ МВт}$$

					00БКР144.ОПТЕ 008.004.ПЗ	Арк.
						21
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$\varepsilon_I = \left(0,35 \frac{G_{M_I}}{G_{\delta_I}} + 0,65 + \frac{1}{\Phi_I} \sqrt{\left[\frac{G_{M_I}}{G_{\delta_I}} \right]} \right)^{-1} = \left(0,35 \cdot \frac{27,53}{71,01} + 0,65 + \frac{1}{1,39} \cdot \sqrt{\frac{27,53}{71,01}} \right)^{-1} = 0,81$$

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

$$t_n = t_{x.3} + \frac{Q_I 10^3}{c q_{\delta_M}} = 5 + \frac{3,96 \cdot 10^3}{4,19 \cdot 27,53} = 39,32 \text{ } ^\circ\text{C}$$

- Визначаємо теплопродуктивність підігрівника 2-го ступеню:

$$Q_{II} = Q_{ГВП \max} - Q_I = 6,34 - 3,96 = 2,38 \text{ МВт} \quad 20$$

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

$$\tau_2 = \tau_{cm} - \frac{Q_I 10^3}{G_I c} = 47,33 - \frac{3,96 \cdot 10^3}{71,01 \cdot 4,19} = 34,02 \text{ } ^\circ\text{C}$$

1.3.2.24. Здійснюємо перевірку, за формулою $^\circ\text{C}$

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

1.3.2.25. Визначаємо витрату мережної води в літньому режимі:

$$G_{ГВП} = \frac{Q_{ГВП,Л}^{сер} 10^3}{(\tau_{01}''' - 30)c} = \frac{1,69 \cdot 10^3}{(70 - 30) \cdot 4,19} = 10,09 \text{ кг/с.}$$

1.3.2.26. Зводимо результати розрахунків у таблицю 1.5.

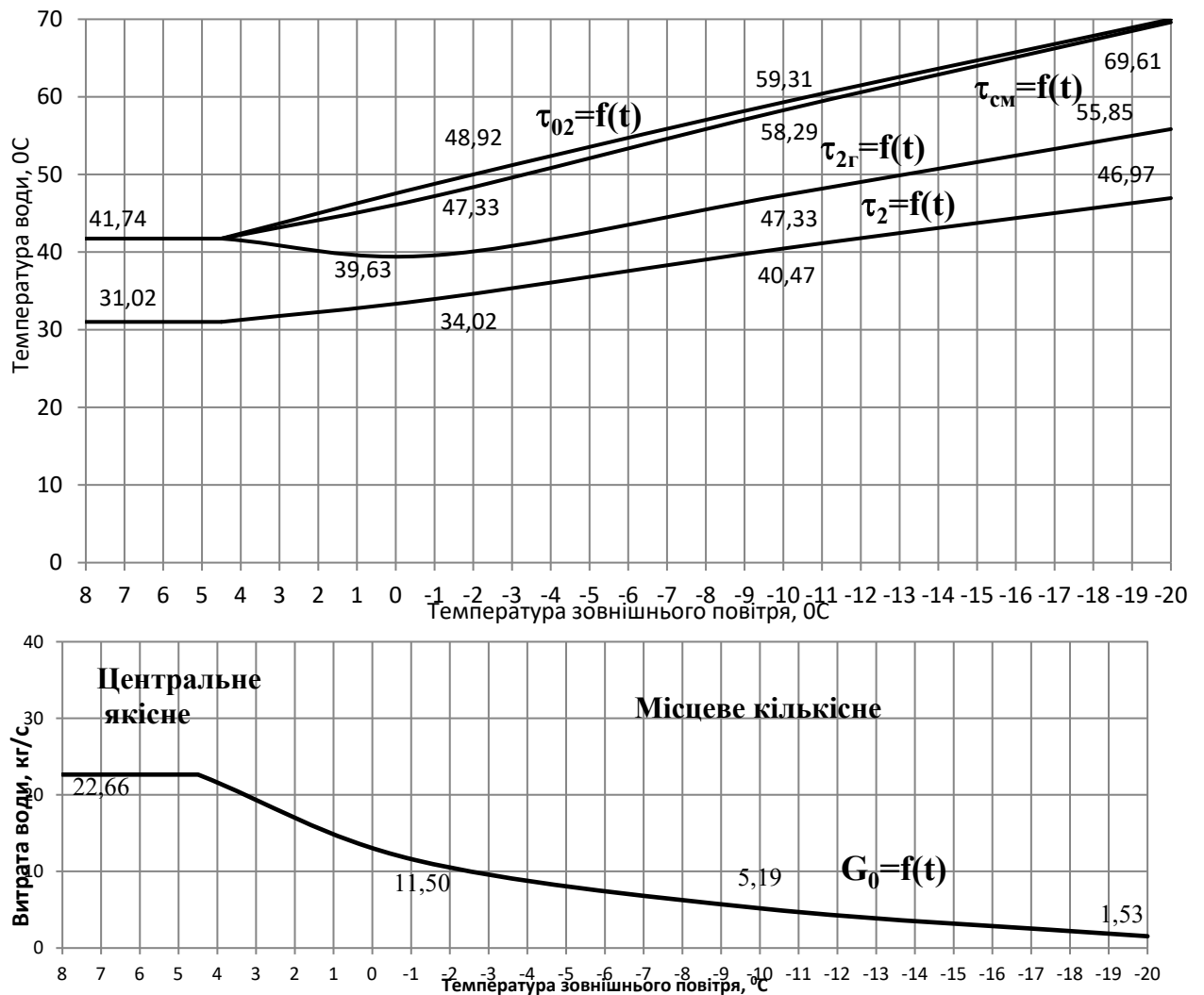
Таблиця 1.5

Результати розрахунку витрат та температур мережної води на гаряче водопостачання

Позначення	Одиниця виміру	Температура мережної води при					літо
		$t_{3.0}$ -20 $^\circ\text{C}$	t_3 -10 $^\circ\text{C}$	$t_3^{сер.опал}$ -1,1 $^\circ\text{C}$	$t_{3.3}$ 4,5 $^\circ\text{C}$	$t_{зпк}$ +8 $^\circ\text{C}$	
τ_{02}	$^\circ\text{C}$	70,00	59,31	48,92	41,74	41,74	70
$\tau_{2.2}$	$^\circ\text{C}$	55,85	47,33	39,63	41,74	41,74	30
t_n	$^\circ\text{C}$	54,77	46,64	39,32	36,74	36,74	60
τ_{cm}	$^\circ\text{C}$	69,61	58,29	47,33	41,74	41,74	-
τ_2	$^\circ\text{C}$	46,97	40,47	34,02	31,02	31,02	-
$G_{ГВП}$	кг/с	1,53	5,19	11,50	22,66	22,66	10,09

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

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



1.3.3. Розрахунок витрат та температур мережної води на вентиляцію
 За наявності “зрізки” температурного графіка виділяю три характерних діапазони.

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

1.3.3.1. Визначаємо температуру мережної води після калориферів за формулою:

$$\frac{(\tau_{01} + \tau_{2e}) - (t_{e.p} + t_3)}{(\tau_{01}'' + \tau_{2e}'') - (t_{e.p} + t_{3.e})} \left(\frac{\tau_{01}'' - \tau_{2e}''}{\tau_{01} - \tau_{2e}} \right)^{0,15} = \frac{(150 + \tau_{2e}) - (18 + (-20))}{(118,26 + 59,31) - (18 + (-10))} \left(\frac{118,26 - 59,31}{150 - \tau_{2e}} \right)^{0,15} = 1$$

де τ_{01}'' - температура мережної води у подавальному трубопроводі при $t_{зовн.вент.}$;

τ_{2e}'' - температура води після калориферів при $t_{3.e}$, °C.

Методом підбору знаходимо $\tau_{2e} = 35,4$ °C.

3.3.2. Витрату мережної води на вентиляцію, за формулою:

					00БКР144.ОПТЕ 008.004.ПЗ	Арк.
						23
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$G_g = \frac{Q_g \cdot 10^3}{c(\tau_{01} - \tau_{2g})} = \frac{2,37 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (150 - 35,4)} = 4,93 \text{ кг/с}$$

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

1.3.3.3. Визначаємо температуру води після калориферів, за формулою :

$$\tau_{2g} = \tau_{01} - (\tau_{01} - \tau_{2g}) \frac{t_{g.p} - t_3}{t_{g.p} - t_{3.g}} = 70 - (118,26 - 59,31) \cdot \frac{18 - (4,5)}{18 - (-10)} = 41,74 \text{ }^\circ\text{C}$$

1.3.3.4. Витрату мережної води на вентиляцію, за формулою:

$$G_g'' = \frac{Q_g \cdot 10^3}{c(\tau_{01} - \tau_{2g})} = \frac{1,74 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (118,26 - 41,74)} = 7,06 \text{ кг/с}$$

I. Діапазон температур зовнішнього повітря ($t_{3.3} < t_3 \leq t_{3ПК}$).

1.3.3.5. Визначаю температуру води після калориферів, за формулою:

$$\frac{(\tau_{01}'' + \tau_{2g}) - (t_{g.p} - t_{3ПК}) \left(\frac{\tau_{01}'' - \tau_{2g}}{\tau_{01}'' - \tau_{2g}} \right)^{0,15}}{(\tau_{01}'' + \tau_{2g}) - (t_{g.p} - t_{3.g}) \left(\frac{\tau_{01}'' - \tau_{2g}}{\tau_{01}'' - \tau_{2g}} \right)^{0,85}} = \frac{(70 + \tau_{2g}) - (18 - 8) \left(\frac{118,26 - 59,31}{70 - \tau_{2g}} \right)^{0,15}}{(118,26 + 59,31) - (18 - (-20)) \left(\frac{118,26 - 59,31}{70 - \tau_{2g}} \right)^{0,15}} = \frac{\left(\frac{18 - 8}{18 - (-20)} \right)^{0,85}}{\left(\frac{18 - 8}{18 - (-20)} \right)^{0,85}} = 1$$

Методом підбору знаходимо $\tau_{2g} = 24,1 \text{ }^\circ\text{C}$.

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

$$G_g = \frac{Q_g \cdot 10^3}{c(\tau_{01} - \tau_{2g})} = \frac{0,62 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (70 - 24,1)} = 3,24 \text{ кг/с}$$

1.3.3.7. Зводимо результати розрахунків у таблицю 1.6.

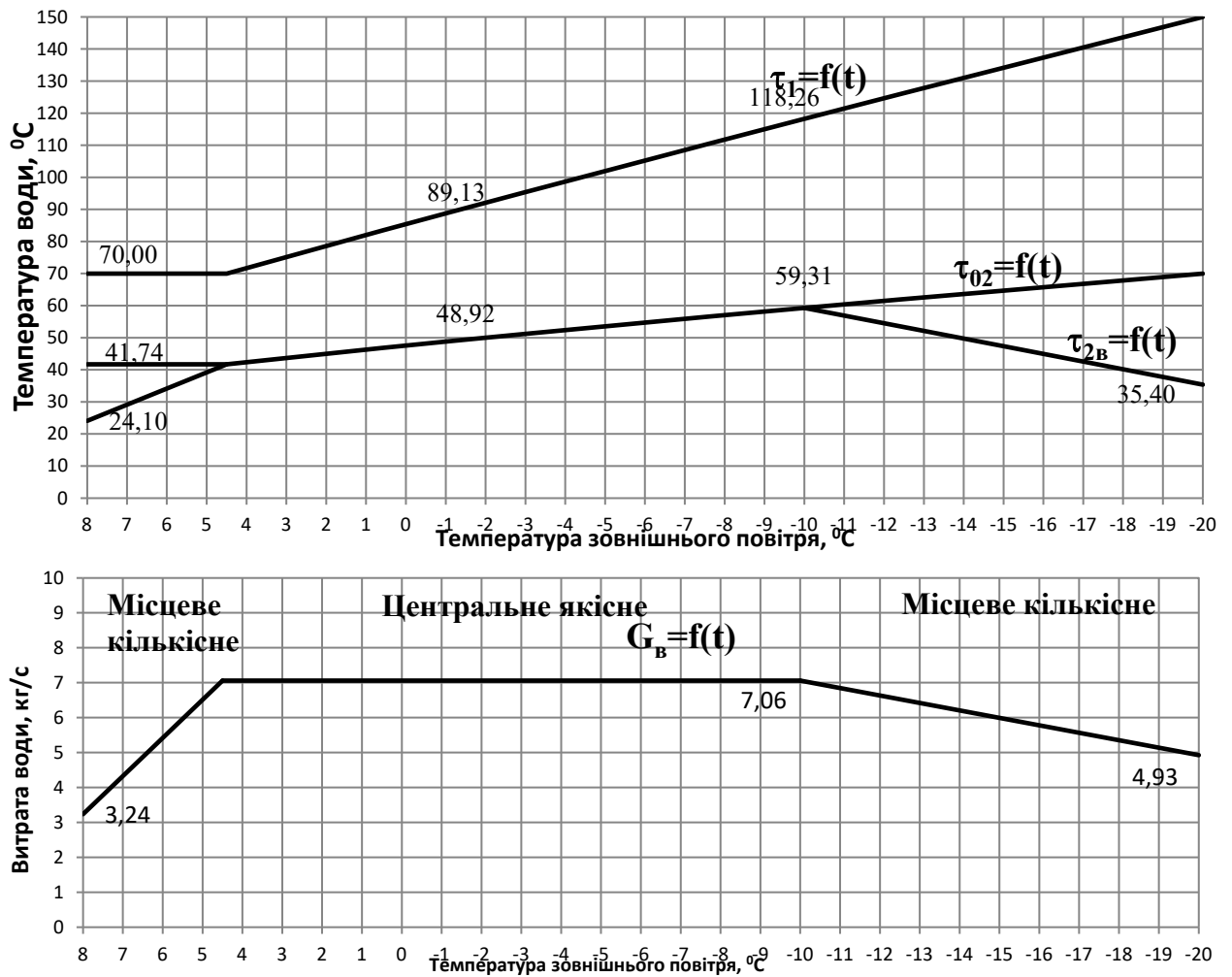
Таблиця 1.6

Результати розрахунку витрат та температур мережної води на вентиляцію

Позначення	Одиниця виміру	Температура і витрата мережної води при				
		$t_{3.o}$ -20 °C	t_3 -10 °C	$t_3^{сер.опал}$ -1,1 °C	$t_{3.3}$ 4,5°C	$t_{3ПК}$ +8 °C
τ_1	°C	150,00	118,26	89,13	70,00	70,00
τ_{02}	°C	70,00	59,31	48,92	41,74	41,74
τ_{2g}	°C	35,40	59,31	48,92	41,74	24,10
G_g	кг/с	4,93	7,06	7,06	7,06	3,24

1.3.3.8. 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 температури мережної води після калориферів від температури зовнішнього повітря



1.4. ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВИХ ВИТРАТ ТЕПЛОНОСІЯ

1.4.1. Визначаю розрахункову витрату мережної води:

- на опалення, за формулою

$$G'_{o \max} = \frac{Q'_{o \max} 10^3}{c(\tau'_{o1} - \tau'_{o2})} = \frac{19,73 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (150 - 70)} = 58,85 \text{ кг/с}$$

- на вентиляцію, для максимально зимового режиму:

$$G'_{в \max} = \frac{Q'_{в \max} 10^3}{c(\tau'_{o1} - \tau'_{2в})} = \frac{2,37 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (150 - 35,4)} = 4,93 \text{ кг/с}$$

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

$$G_{ГВП}^{сер} = \frac{Q'_{ГВП} 10^3}{c(\tau'''_{o1} - \tau'''_{o2})} \left(\frac{55 - t'}{55 - t_x} + 0,2 \right) = \frac{2,64 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (70 - 41,74)} \cdot \frac{55 - (41,73 - 5)}{55 - 5} = 8,15 \text{ кг/с}$$

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

					00БКР144.ОПТЕ 008.004.ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		25

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

$$G_{ГВП}^{\max} = \frac{0,55 Q'_{ГВП \max} 10^3}{c(\tau_{o1}^{\max} - \tau_{o2}^{\max})} = \frac{0,55 \cdot 6,34 \cdot 10^3}{4,19(70 - 41,74)} = 29,47 \text{ кг/с}$$

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

$$G' = G'_{o \max} + G'_{e \max} + K_3 G_{ГВП}^{cep} = 58,85 + 4,93 + 1,3 \cdot 8,15 = 73,56 \text{ кг/с}$$

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

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

$$G'_л = \frac{Q_{ГВП \ Л}^{cep} 10^3}{(\tau_{o1} - 30)c} = \frac{1,69 \cdot 10^3}{(70 - 30) \cdot 4,19} = 10,09 \text{ кг/с}$$

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

Таблиця 1.7

Значення розрахункових витрат теплоносія

Номер кварталу	Розрахункова витрата теплоносія для максимально зимового режиму, кг/с					
	$G'_{o \max}$	$G'_{e \max}$	$G_{ГВП}^{cep}$	$K_3 \cdot G_{ГВП}^{cep}$	G'	$G'_л$
1	2,30	0,19	0,33	0,40	2,89	0,41
2	1,63	0,14	0,24	0,28	2,05	0,29
3	1,53	0,13	0,22	0,27	1,92	0,27
4	1,56	0,13	0,23	0,27	1,96	0,28
5	1,19	0,10	0,17	0,21	1,50	0,21
6	1,24	0,10	0,14	0,17	1,51	0,18
7	1,16	0,10	0,13	0,16	1,42	0,17
8	0,93	0,08	0,11	0,13	1,13	0,13
9	1,11	0,09	0,13	0,16	1,36	0,16
10	1,10	0,09	0,13	0,15	1,35	0,16
11	1,80	0,15	0,26	0,31	2,27	0,32
12	0,48	0,04	0,07	0,08	0,61	0,09
13	0,57	0,05	0,08	0,10	0,72	0,10
14	2,27	0,19	0,33	0,39	2,85	0,41
15	2,05	0,17	0,30	0,36	2,58	0,37
16	3,39	0,28	0,49	0,59	4,27	0,61
17	1,22	0,10	0,18	0,21	1,54	0,22
18	2,36	0,20	0,34	0,41	2,96	0,42
19	2,36	0,20	0,27	0,33	2,88	0,34
20	2,92	0,24	0,34	0,41	3,57	0,42
21	2,45	0,21	0,29	0,34	3,00	0,35
22	8,41	0,70	1,22	1,46	10,58	1,51

23	0,78	0,06	0,11	0,13	0,98	0,14
24	0,56	0,05	0,08	0,10	0,71	0,10
25	2,65	0,22	0,38	0,46	3,33	0,48
26	2,44	0,20	0,35	0,42	3,06	0,44
27	8,40	0,70	1,22	1,46	10,56	1,51
Всього	58,85	4,93	8,15	9,78	73,56	10,09

1.5. ВИХІДНІ ДАНІ ДО РОЗДІЛУ 2

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

$$\tau_2 = \frac{(G_o + G_{ГВП})}{(G_o + G_{ГВП}) + G_g} \tau_{o2ГВП} + \frac{G_g}{(G_o + G_{ГВП}) + G_g} \tau_{o2g} =$$

$$= \frac{58,85 + 1,53}{58,85 + 1,53 + 4,93} \cdot 46,97 + \frac{4,93}{58,85 + 1,53 + 4,93} \cdot 35,4 = 46,09 \text{ } ^\circ\text{C}$$

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

$$\tau_2 = \frac{(G_o + G_{ГВП})}{(G_o + G_{ГВП}) + G_g} \tau_{o2ГВП} + \frac{G_g}{(G_o + G_{ГВП}) + G_g} \tau_{o2g} =$$

$$= \frac{58,85 + 22,66}{58,85 + 22,66 + 7,06} \cdot 31,02 + \frac{7,06}{58,85 + 22,66 + 7,06} \cdot 41,74 = 31,88 \text{ } ^\circ\text{C}$$

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

Таблиця 1.8

Загальні вихідні дані до розділу 2

№ п.п.	Назва параметра	Ум. Позн.	Од. виміру	Характерні режими експлуатації теплофікаційної системи		
				Максимально-зимовий	Точки зламу температурного графіка	Літній
1	Місто розташування котельні			Вінниця		
2	Тип системи теплопостачання			Закрита		
3	Температурна характеристика тепломережі району	τ_1/τ_2	$^\circ\text{C}/^\circ\text{C}$	150/70		
4	Температура зовнішнього повітря	$t_{\text{зовн}}$	$^\circ\text{C}$	-20,00	4,5	15
5	Теплове навантаження системи опалення	$Q_{\text{оп}}$	МВт	19,73	7,01	-
6	Теплове навантаження системи ГВП	$Q_{\text{ГВП}}$	МВт	6,34	6,34	1,69
7	Теплове навантаження системи вентиляції	$Q_{\text{вент}}$	МВт	2,37	0,84	-

					00БКР144.ОПТЕ 008.004.ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		27

8	Річне теплове навантаження житлового району	$Q_{ЖР}^{рік}$	ГДж/рік	241555,17		
9	Теплове навантаження промислового підприємства (Теплоносій – гаряча вода)	$Q_{П.П}$	МВт	12	12	9,5
10	Температура технологічної води для промислового підприємства на виході з котельні	t_2''	°С	95		
11	Річне теплове навантаження промислового підприємства	$Q_{П.П}^{рік}$	МВт год/рік	84000		
12	Температура “прямої” мережної води	t_1	°С	150	70	70
13	Температура “зворотної” мережної води	t_2	°С	46,09	31,88	30,00
14	Витрата “прямої” води в тепलोмережу	G_1	т/ год	235,10	318,84	36,34
15	Убуток води в тепलोмережі	$G_{уб.тм}$	т/ год	15	15	5
16	Витрата “зворотної” води в тепलोмережі	G_2	т/ год	220,10	303,84	35,34
17	Втрати тиску в тепलोмережі	$\Delta p_{втр.тм}$	МПа	0,3	0,3	0,3
18	Статичний напір в тепलोмережі	$H_{стат. тм}$	м.вд.ст.	40,0	40,0	40,0

					00БКР144.ОПТЕ 008.004.ПЗ	Арк.
						28
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ КОТЕЛЬНОЇ З ВОДОГРІЙНИМИ КОТЛАМИ

2.1. ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ ТЕПЛООВОГО РОЗРАХУНКУ КОТЕЛЬНОЇ З ВОДОГРІЙНИМИ КОТЛАМИ

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

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

Примітка:

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

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

МЗ: 29,32= 29,38 (Висновок – результати для режиму МЗ - взаємоузгоджені)

ТЗ: 14,50= 14,50 (Висновок – результати для режиму ТЗ - взаємоузгоджені)

Л: 1,69= 1,70 (Висновок – результати для режиму Л - взаємоузгоджені)

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

					00БКР144.ОПТЕ 008.004.ПЗ			
Змін.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	<i>Проект системи теплостачання житлово-промислового району №3 в м. Вінниця</i> РОЗДІЛ II	Літера	Аркушів	Аркуш
Розробив	Мацько І.В.							29
Перевірив	Бойко В.О.					ТЕ-4-4 кафедра ТЕХТ НУХТ		
Рецензув.								
Затвердив	Петренко В.П.							

Вихідні дані для теплового розрахунку котельні

№ п.п	Назва параметра	Ум. позн.	Од. вим.	Характерні режими експлуатації			Джерело інформації
				МЗ	ТЗ	Л	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Вид палива для котельні		—	Природний газ			Засади паливопостачання міста
2	Теплота згорання палива	$Q_{нР}$	кДж/м ³	33730,0			Сертифікат палива
3	Температура в деаераторі	$t_{ДА}$	°С	65°	65°	65°	Е.Р: 70 °С – 60 °С
4	Розрідження в деаераторі	$p_{ДА}$	бар	0,75	0,75	0,75	Е.Р: 0,70 – 0,80 бар
5	Номінальна температура води на вході в котел	$t'_{ВК.НОМ}$	°С	70°	70°	70°	Е.Р. для водогрійних котлів
6	Номінальна температура води на виході з котла	$t''_{ВК.НОМ}$	°С	150°	150°	150°	“—“
7	Температура сирої води	$t'_{с.в}$	°С	5°	5°	15°	Е.Р: – 5 °С для МЗ та ТЗ режимів, 15 °С – для режиму Л
8	Температура сирої води перед станцією хімічного очищення	$t''_{с.в}$	°С	15°	15°	15°	Е.Р: 15 °С - 20 °С
9	Температура хімічного очищення води на виході зі станції ХВО	$t'_{ХОВ}$	°С	20°	20°	20°	Е.Р: 15 °С – 20 °С
10	Температура хімічного очищення води перед деаератором	$t''_{ХОВ}$	°С	55°	55°	55°	Е.Р: 50 °С – 65 °С
11	Температура технологічної води на вході в котельню	$t'_{ТЕХН.В}$	°С	5°	5°	15°	Е.Р: 8 °С для МЗ та ТЗ режимів, 15 °С для режиму Л
12	Температура технологічної води на виході з котельні	$t''_{ТЕХН.В}$	°С	95°	95°	95°	Технологічний регламент промислового підприємства
13	Температура грієної води на вході у внутрішньокотельні підігрівники та на вході в деаератор	$t'_{ТОА}$	°С	150°	150°	150°	Е.Р: $t'_{ТОА} = t''_{ВК.НОМ}$
14	Температура грієної води на виході з внутрішньокотельних підігрівників	$t''_{ТОА}$	°С	65°	65°	65°	Е.Р: $t''_{ТОА} = 65 °С$
15	Коефіцієнт випара з деаератора	$\alpha_{ВИП.}$	од	0,01	0,01	0,01	Е.Р: 0,005 – 0,01
16	Коефіцієнт власних потреб станції хімічного очищення	$K_{ХВО}$	од.	1,10	1,10	1,10	Е.Р: 1,05 – 1,10

00БКР144.ОПТЕ 008.008.ПЗ

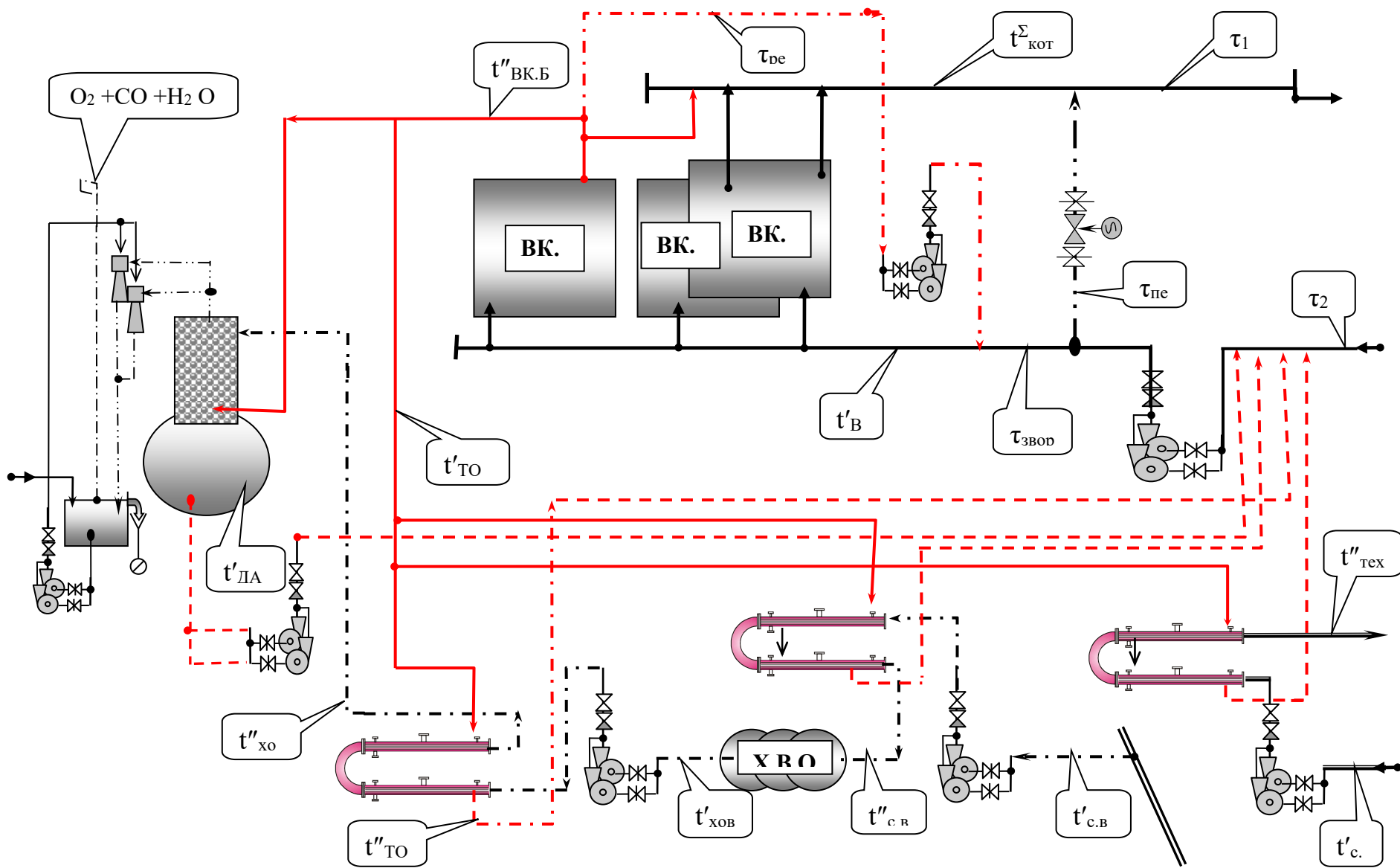
Арк.

30

Змін. Арк. № документа Підпис Дата

2.2. ФОРМУВАННЯ ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ ВОДОГРІЙНОЇ КОТЕЛЬНОЇ

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



2.3. РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ КОТЕЛЬНОЇ З ВОДОГРІЙНИМИ КОТЛАМИ

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

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

Результати визначення наводжу у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

Визначення результату			Значення для режимів, МВт		
			МЗ	ТЗ	Л
$\sum Q_{ЖР}$	=	29,86	29,86		
$\sum Q_{ЖР}$	=	14,90		14,90	
$\sum Q_{ЖР}$	=	1,78			1,78

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

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

Результати визначення наводжу у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3

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

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

Результати визначення наводжу у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4

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

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

Результати визначення наводжу у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5

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

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

Результати визначення наводжу у таблиці 2.6.

Таблиця 2.6

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

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

$$G_{ДА}^{підж} = G_{убут}$$

Результати визначення наводжу у таблиці 2.7.

Таблиця 2.7

Визначення результату			Значення для режимів, т/год		
			МЗ	ТЗ	Л
$G_{ДА}^{підж}$	=	15,00	15,00		
$G_{ДА}^{підж}$	=	15,00		15,00	
$G_{ДА}^{підж}$	=	1,00			1,00

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

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

та формулою:

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

Результати визначення наводжу у таблиці 2.8.

Таблиця 2.8

Визначення результату			Значення для режимів, т/год		
			МЗ	ТЗ	Л
$G_{ДА}^{гр.в}$	=	3,55	3,55		
$G_{ДА}^{гр.в}$	=	3,55		3,55	
$G_{ДА}^{гр.в}$	=	0,24			0,24
Визначення результату			Значення для режимів, МВт		
			МЗ	ТЗ	Л
$Q_{ДА}$	=	0,35	0,35		
$Q_{ДА}$	=	0,35		0,35	
$Q_{ДА}$	=	0,02			0,02

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

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

Результати визначення наводжу у таблиці 2.9.

Таблиця 2.9

Визначення результату			Значення для режимів, т/год		
			МЗ	ТЗ	Л
G"ДА	=	18,40	18,40		
G"ДА	=	18,40		18,40	
G"ДА	=	1,23			1,23

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

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

Результати визначення наводжу у таблиці 2.10.

Таблиця 2.10

Визначення результату			Значення для режимів, т/год		
			МЗ	ТЗ	Л
G _{ХОВ}	=	15,15	15,15		
G _{ХОВ}	=	15,15		15,15	
G _{ХОВ}	=	1,01			1,01

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

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

Результати визначення наводжу у таблиці 2.11.

Таблиця 2.11

Визначення результату			Значення для режимів, т/год		
			МЗ	ТЗ	Л
G _{с.в.}	=	18,18	18,18		
G _{с.в.}	=	18,18		18,18	
G _{с.в.}	=	6,06			6,06

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

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

- за формулою:

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

Результати визначення наводжу у таблиці 2.12.

Таблиця 2.12

Визначення результату			Значення для режимів, МВт		
			МЗ	ТЗ	Л
Q _{ПХВ}	=	0,32	0,32		
Q _{ПХВ}	=	0,32		0,32	
Q _{ПХВ}	=	0,04			0,04
Визначення результату			Значення для режимів, т/год		
			МЗ	ТЗ	Л
Г _{ПХВ} гр.в.	=	3,21	3,21		
Г _{ПХВ} гр.в.	=	3,21		3,21	
Г _{ПХВ} гр.в.	=	0,36			0,36

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

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

- за формулою:

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

Результати визначення наводжу у таблиці 2.13.

Таблиця 2.13

Визначення результату			Значення для режимів, МВт		
			МЗ	ТЗ	Л
Q _{ПХВ}	=	0,62	0,62		
Q _{ПХВ}	=	0,62		0,62	
Q _{ПХВ}	=	0,21			0,21
Визначення результату			Значення для режимів, т/год		
			МЗ	ТЗ	Л
Г _{ПХВ} гр.в.	=	6,25	6,25		
Г _{ПХВ} гр.в.	=	6,25		6,25	
Г _{ПХВ} гр.в.	=	2,12			2,12

2.3.14. Визначаю витрату технологічної води на ПТВ – G_{техн.в.}, т/год, теплову потужність ПТВ – Q_{ПТВ}, МВт та витрату грійної води – G_{ПТВ}^{гр.в.}, т/год, відповідно,
- за формулою:

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

- за формулою:

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

- за формулою:

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

Результати визначення наводжу у таблиці 2.14.

Таблиця 2.14

Визначення результату			Значення для режимів, т/год		
			МЗ	ТЗ	Л
G техн.в.	=	114,29	114,29		
G техн.в.	=	114,29		114,29	
G техн.в.	=	101,79			101,79
Визначення результату			Значення для режимів, МВт		
			МЗ	ТЗ	Л
QПТВ	=	12,00	12,00		
QПТВ	=	12,00		12,00	
QПТВ	=	9,50			9,50
Визначення результату			Значення для режимів, т/год		
			МЗ	ТЗ	Л
ГПТВ гр.в.	=	121,01	121,01		
ГПТВ гр.в.	=	121,01		121,01	
ГПТВ гр.в.	=	95,80			95,80

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

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

Результати визначення наводжу в таблиці 2.15.

Таблиця 2.15

Визначення результату			Значення для режимів, т/год		
			МЗ	ТЗ	Л
$\Sigma G_{\text{вн}}^{\text{гр.в.с.в.}}$	=	134.02	134.02		
$\Sigma G_{\text{вн}}^{\text{гр.в.с.в.}}$	=	134.02		134.02	
$\Sigma G_{\text{вн}}^{\text{гр.в.с.в.}}$	=	98.51			98.51

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

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

Результати визначення наводжу у таблиці 2.16.

Таблиця 2.16

Визначення результату			Значення для режимів, т/год		
			МЗ	ТЗ	Л
Тзвор	=	53.72	53.72		
Тзвор	=	42.77		42.77	
Тзвор	=	55.83			55.83

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

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

Результати визначення наводжу у таблиці 2.17.

Таблиця 2.17

Визначення результату		Значення для режимів, МВт		
		МЗ	ТЗ	Л
$\sum Q_{\text{КОТ}}$	= 43,06	43,06		
$\sum Q_{\text{КОТ}}$	= 28,11		28,11	
$\sum Q_{\text{КОТ}}$	= 11,53			11,53

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

Приймаю до встановлення 4 котла **КВ-ГМ-10** (11,6 МВт) – варіант, що задовольняє умовам експлуатації котлів в усіх режимах експлуатації в т.ч. в режимі Л на мінімально допустимому тепловому навантаженні.

Результати визначення наводжу у таблиці 2.18

Таблиця 2.18

Позн.	Одиниця виміру	Визначення результату
ТИП		КВ-ГМ-10
Q вк. ном.	МВт	11,6
G вк. ном	т/год	123,5
η вк. ном	%	92,5
t' вк. ном	°С	150
t'' вк. ном	°С	70

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

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

*) Примітка

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

Результати визначення наводжу у таблиці 2.19.

Таблиця 2.19

Визначення результату		Значення для режимів, шт		
		МЗ	ТЗ	Л
$N_{\text{ВК.ВСТ}}$	= 3,91	4,00		
$N_{\text{ВК.ВСТ}}$	= 2,49		3,00	
$N_{\text{ВК.ВСТ}}$	= 0,99			1,00

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

$$N_{\text{ВК.Б}} = 1$$

Результати визначення наводжу у таблиці 2.20.

Таблиця 2.20

Визначення результату			Значення для режимів, шт		
			МЗ	ТЗ	Л
$N_{\text{ВК.Б}}$	=	1,00	1,00		
$N_{\text{ВК.Б}}$	=	1,00		1,00	
$N_{\text{ВК.Б}}$	=	1,00			1,00

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

$$N_{\text{ВК.З}} = N_{\text{ВК.ВСТ}} - 1$$

Результати визначення наводжу у таблиці 2.21

Таблиця 2.21

Визначення результату			Значення для режимів, шт		
			МЗ	ТЗ	Л
$N_{\text{ВК.З}}$	=	3,00	3,00		
$N_{\text{ВК.З}}$	=	2,00		2,00	
$N_{\text{ВК.З}}$	=	0,00			0,00

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

$$N_{\text{ВК.Р}} = N_{\text{ВК.Б}} + N_{\text{ВК.З}}$$

Результати визначення навести у таблиці 2.22

Таблиця 2.22

Визначення результату			Значення для режимів, шт		
			МЗ	ТЗ	Л
$N_{\text{ВК.Р}}$	=	4,00	4,00		
$N_{\text{ВК.Р}}$	=	3,00		3,00	
$N_{\text{ВК.Р}}$	=	1,00			1,00

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

- у разі експлуатації в котельні двох або більше котлоагрегатів:

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

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

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

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

- у разі експлуатації в котельні одного котлоагрегата:

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

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

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

					00БКР144.ОПТЕ 008.008.ПЗ	Арк.
						38
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

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

Результати визначення наводжу у таблиці 2.23

Таблиця 2.23

Визначення результату				Значення для режимів			
				МЗ	ТЗ	Л	
Q _{ВК.Б}	=	11,60	4	котла	11,60		
t' _{ВК.Б}	=	70,00			70,00		
t'' _{ВК.Б}	=	150,00			150,00		
G _{ВК.Б}	=	123,50			123,50		
Визначення результату				Значення для режимів			
				МЗ	ТЗ	Л	
Q _{ВК.Б}	=	11,60	3	котла		11,60	
t' _{ВК.Б}	=	70,00				70,00	
t'' _{ВК.Б}	=	150,00				150,00	
G _{ВК.Б}	=	123,50				123,50	
Визначення результату				Значення для режимів			
				МЗ	ТЗ	Л	
Q _{ВК.Б}	=	11,53	1	котла			11,53
t' _{ВК.Б}	=	70,00					70,00
t'' _{ВК.Б}	=	150,00					150,00
G _{ВК.Б}	=	123,5					123,5

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

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

Результати визначення наводжу у таблиці 2.24.

Таблиця 2.24

Визначення результату				Значення для режимів, МВт			
				МЗ	ТЗ	Л	
$\sum Q_{\text{ВК.З}}$	=	31,46			31,46		
$\sum Q_{\text{ВК.З}}$	=	16,51				16,51	
$\sum Q_{\text{ВК.З}}$	=	0,00					0,00

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

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

Результати визначення наводжу у таблиці 2.25.

Таблиця 2.25

Визначення результату				Значення для режимів, МВт			
				МЗ	ТЗ	Л	
Q _{ВК.З}	=	10,49			10,49		
Q _{ВК.З}	=	8,25				8,25	
Q _{ВК.З}	=	0,00					0,00

Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

00БКР144.ОПТЕ 008.008.ПЗ

Арк.

39

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

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

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

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

$$G_{ВК.З} = G_{ВК.НОМ}$$

- для Л режиму (за відсутності такого котла):

$$G_{ВК.З} = 0,0$$

Результати визначення навести у таблиці 2.26.

Таблиця 2.26

Визначення результата		Значення для режимів, т/год		
		МЗ	ТЗ	Л
$G_{ВК.З}$	=	112,36		
$G_{ВК.З}$	=	123,50	123,50	
$G_{ВК.З}$	=	0,00		0,00

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

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

Результати визначення наводжу у таблиці 2.27.

Таблиця 2.28

Визначення результата		Значення для режимів, т/год		
		МЗ	ТЗ	Л
$\sum G_{ВК}$	=	460,58		
$\sum G_{ВК}$	=	370,50	370,50	
$\sum G_{ВК}$	=	123,51		123,51

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

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

Результати визначення навести у таблиці 2.29.

Таблиця 2.29

Визначення результата		Значення для режимів, т/год		
		МЗ	ТЗ	Л
$t''_{ВК.З}$	=	150,00		
$t''_{ВК.З}$	=	127,28	127,28	
$t''_{ВК.З}$	=			

2.3.28. Визначаю витрату води в рециркуляційному трубопроводі – $G_{РЕЦ}$, т/ГОД, для трьох режимів за формулою:

$$G_{РЕЦ} = \sum G_{ВК} \cdot (t'_{ВК} - \tau_{ЗВОР}) / (t''_{ВК.Б} - \tau_{ЗВОР})$$

Результати визначення наводжу в таблиці 2.30

					00БКР144.ОПТЕ 008.008.ПЗ	Арк.
						40
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 2.30

Визначення результата			Значення для режимів, т/год		
			МЗ	ТЗ	Л
Грец	=	77,88	77,88		
Грец	=	94,09		94,09	
Грец	=	18,59			18,59

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

$$t_{BK}^{\Sigma} = ((G_{BK.B} - \Sigma G_{BH} - G_{рец}) \cdot t''_{BK.B} + N_{BK.3} \cdot G_{BK.3} \cdot t''_{BK.3}) / (\Sigma G_{BK} - \Sigma G_{BH} - G_{рец} + N_{BK.3} \cdot G_{BK.3})$$

Результати визначення наводжу в таблиці 2.31

Таблиця 2.31

Визначення результата			Значення для режимів, т/год		
			МЗ	ТЗ	Л
t_{BK}^{Σ}	=	150,00	150,00		
t_{BK}^{Σ}	=	110,58		110,58	
t_{BK}^{Σ}	=	150,00			150,00

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

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

Результати визначення наводжу в таблиці 2.32.

Таблиця 2.32

Визначення результата			Значення для режимів, т/год		
			МЗ	ТЗ	Л
$G_{пер}$	=	0,00	0,00		
$G_{пер}$	=	190,81		190,81	
$G_{пер}$	=	30,87			30,87

2.3.30. Визначаю похибку балансових розрахунків водогрійної котельні за формулою:

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

Результати визначення наводжу в таблиці 2.33.

Таблиця 2.33

Визначення результата			Значення для режимів, %		
			МЗ	ТЗ	Л
$\Delta G\%$	=	2,95	2,95		
$\Delta G\%$	=	3,88		3,88	
$\Delta G\%$	=	0,76			0,76

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

2.4. ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ ВОДОГРІЙНОЇ КОТЕЛЬНОЇ

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

$$W_{\text{КОТ}} = (1,01-1,02) \cdot \Sigma Q_{\text{КОТ}} \cdot 10^3 \cdot 3,6 / (\eta_{\text{КОТ}} \cdot Q_{\text{н}}^{\text{роб}})$$

Результати визначення наводжу у табл. 2.34.

Таблиця 2.34

Визначення результата			Значення для режимів, тис м3/год		
			МЗ	ТЗ	Л
$W_{\text{КОТ}}$	=	5,02	5,02		
$W_{\text{КОТ}}$	=	3,28		3,28	
$W_{\text{КОТ}}$	=	1,34			1,34

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

$$\Sigma W_{\text{КОТ}}^{\text{вл.п}} = W_{\text{нас.рец}} + W_{\text{нас.тм}} + W_{\text{нас.підж}} + W_{\text{техн.води}} + W_{\text{нас.св}} + W_{\text{нас.хв}} + \Sigma W_{\text{ВД}} + \Sigma W_{\text{Д}} + W_{\text{освітл}} = 11+75+7,5+22+2,2+3+4*11+4*30=285 \text{ кВт}$$

де:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$W_{\text{вл.п}}^{\text{год}} = \Sigma W_{\text{КОТ}}^{\text{вл.п}} \cdot 1 \cdot K_{\tau}^{\text{год}} = 285 \cdot 1 \cdot 0,8 = 228 \text{ кВт·год/год}$$

$$W_{\text{вл.п}}^{\text{доб}} = \Sigma W_{\text{КОТ}}^{\text{вл.п}} \cdot 24 \cdot K_{\tau}^{\text{доб}} = 285 \cdot 24 \cdot 0,75 = 5130 \text{ кВт·год/добу}$$

$$W_{\text{вл.п}}^{\text{рік}} = \Sigma W_{\text{КОТ}}^{\text{вл.п}} \cdot 8760 \cdot K_{\tau}^{\text{рік}} = 285 \cdot 8760 \cdot 0,65 = 1622790 \text{ кВт·год/рік}$$

де:

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

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

					00БКР144.ОПТЕ 008.008.ПЗ	Арк.
						42
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

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

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

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

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

Результати визначення навести у таблиці 2.35.

Таблиця 2.35

Визначення результату				Значення для режимів, кг у.п./МВт		
				МЗ	ТЗ	Л
$(b_{\tau}^{\text{відп}})_{\text{газ}}$	=	33,30	м ³ /ГДж	33,30	33,82	33,09
$(b_{\tau}^{\text{відп}})_{\text{у.п.}}$	=	38,30	кг у.п./ГДж	38,30	38,89	38,06

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

$$e_{e/e}^{\text{відп}} = \Sigma W^{\text{доб}} / (\Sigma Q_{\text{Т/Ф}} \cdot 24) = 5130 / (31,25 + 12) \cdot 24 = 4,9$$

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

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

$$C_Q = (38,26 / 1,15) \cdot 9000 \cdot 10^{-3} + 4,9 \cdot 0,9 + 30,0 = 339,7 \text{ грн/ГДж}$$

2.4.7 Формую висновок щодо енергоефективності проектної котельні.

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

Основні результати розрахунку зводжу в таблицю 2.36.

Таблиця 2.36

Результати розрахунку теплової схеми котельні з водогрійними котлами

№ п.п.	Умовне позначення	Назва параметра	Один. виміру	Числове значення для режимів		
				МЗ	ТЗ	Л
1	2	3	4	5	6	7
1	$t_{\text{зовн}}$	Температура зовнішнього повітря	°С	- 20	+4,5	+ 15
2	$\Sigma Q_{\text{Ж.Р}}$	Сумарне теплове навантаження житлового району	МВт	29,86	14,90	1,78
3	$Q_{\text{П.П}}$	Теплове навантаження промислового підприємства	МВт	12,0	12,0	9,5

4	$\Sigma Q_{\text{КОТ}}$	Сумарне теплове навантаження котельні	МВт	43,99	28,43	11,53
5	τ_1	Температура мережної води в “прямій” магістралі на виході з котельні	°С	150°	70°	70°
6	τ_2	Температура води в “зворотній” магістралі на вході в котельню	°С	46,09	31,8	30,00
7	$\tau_{\text{звор}}$	Температура води в “зворотній” магістралі на вході в мережні насоси	°С	53,72	42,77	55,83
8	G_1	Витрата води в “прямій” магістралі на виході з котельні	т/год	235,10	318,84	36,34
9	$G_{\text{убут}}$	Убуток води в тепломережі	т/год	15	15	1
10	G_2	Витрата води в «зворотній» магістралі на вході в котельню	т/год	220,10	303,84	35,34
11	$G_{\text{рец}}$	Витрата води в трубопроводі рециркуляції котлів	т/год	77,88	94,09	18,59
12	$G_{\text{пер}}$	Витрата води в трубопроводі перепуску	т/год	0,00	190,81	30,87
13	$N_{\text{ВК.ВСТ}}$	Число встановлених водогрійних котлів	од	4	4	4
14	$N_{\text{ВК.Р}}$	Число котлів, що знаходяться в експлуатації	од	4	3	1
15	$N_{\text{ВК.Б}}$	Число котлів, що експлуатуються в базовому (номінальному) режимі	од	1	1	1
16	$N_{\text{ВК.З}}$	Число котлів, що експлуатуються в режимі змінного навантаження	од	3	2	0
17	$V_{\text{КОТ}}$	Годинна витрата природного газу в котельні	тис.м ³ / год	5,02	3,28	1,34
18	$(b_{\text{т}}^{\text{відп}})_{\text{газ}}$	Питома витрата природного газу на відпущену від котельні теплову енергію	м ³ / ГДж	33,30	33,82	33,09
19	$(b_{\text{т}}^{\text{відп}})_{\text{у.п}}$	Питома витрата умовного палива на відпущену від котельні теплову енергію	кг у.п / ГДж	38,30	38,89	38,06
20	$\Sigma W_{\text{ВК}}$	Сумарна встановлена потужність споживачів електроенергії котельні	кВт	285	285	212
21	$e_{\text{е/с}}^{\text{доб}}$	Середньодобова питома витрата електроенергії на відпуск теплоти від котельні	кВт/МВт	4,9	4,9	3,1

Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

00БКР144.ОПТЕ 008.008.ПЗ

Арк.

44

22	$C_{\text{Палив}}$	Вартість природного газу	грн./ тис. м ³	9000	9000	9000
23	$C_{\text{Е/Е}}$	Вартість електроенергії	грн./ кВт.год	1,68	1,68	1,68
24	C_Q	Собівартість теплоти, що відпущена від котельні	Грн./ГДж	339	339	293

2.5. ВИБІР ОБЛАДНАННЯ КОТЕЛЬНОЇ З ВОДОГРІЙНИМИ КОТЛАМИ

2.5.1. Вибір водогрійних котлів

У відповідності до рекомендацій та розрахунків до встановлення приймаємо 4 котли. Визначену інформацію по водогрійним котлам наводжу в таблиці 2.37.

Таблиця 2.37

№ п.п	Ум. позн.	Назва параметра	Один. вим.	Метод визначення	Значення
1	2	3	4	5	6
1	Тип ВК	Типорозмір водогрійного котла		За інформаційними листами заводів виробників	КВ-ГМ-10
2	$Q_{\text{ВК.НОМ}}$	Номінальна теплова потужність котла	МВт(т)	З паспорта котла	11,6
3	$G_{\text{ВК.НОМ}}$	Номінальна витрата води на котел	т/год	«--»	123,5
4	$V_{\text{ВК.НОМ}}$	Номінальна витрата природного газу на котел	тис. м ³ /год	«--»	1,26
5	$\Delta p'_{\text{ВК.НОМ}}$	Номінальний гідравлічний опір котла	атм	«--»	1,5
6	$\Delta p''_{\text{ВК.НОМ}}$	Номінальний аеродинамічний опір котла	мм.вд.ст	«--»	44
7	$t'_{\text{ВК.НОМ}}$	Номінальна температура води на вході в котел	°С	«--»	70
8	$t''_{\text{ВК.НОМ}}$	Номінальна температура води на виході з котла	°С	«--»	150
9	$\eta_{\text{ВК.НОМ}}$	Номінальний ККД котла	од.	«--»	0,925

2.5.2. Вибір рециркуляційних насосів

2.5.2.1. Здійснюю вибір типорозміру насосів рециркуляції, його номінальної подачі – $Q_{\text{нас.реци}}^{\text{НОМ}}$, м³/год, та напору – $H_{\text{нас.реци}}^{\text{НОМ}}$, м вд.ст, на базі визначених максимальних значень (в режимі ТЗ) пропуску води через трубопровід рециркуляції – $G_{\text{РЕЦИ}}=94,09$ т/год, та опору трубопровідної системи рециркуляції – $\Delta H_{\text{РЕЦИ}}$.

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

$$N_{\text{нас.реци}}^{\text{роб}} = G_{\text{РЕЦИ}}^{\text{Т.З}} / Q_{\text{нас.реци}}^{\text{НОМ}} = 94,09/95=0,98$$

*) Примітка.

					00БКР144.ОПТЕ 008.008.ПЗ	Арк.
						45
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Одержане число насосів потрібно округлити до більшого цілого значення.

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

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

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

Таблиця 2.38

Характеристика насосів рециркуляції

№п.п	Ум. позн.	Назва параметра	Один. вим.	Метод визначення	Значення для режимів		
					МЗ	ТЗ	Л
1	2	3	4	5	6	7	8
1	ТИП НАСОСА	Типорозмір насоса рециркуляції	---	З інформаційного листа заводу-виробника	NBGE 100-80-160/177		NBE 32-125.1/140
2	$Q_{\text{н. реци}}^{\text{ном}}$	Номінальна подача насоса	м ³ /год	З паспорта насоса	95		19
3	$H_{\text{н. реци}}^{\text{ном}}$	Номінальний напір насоса	м.вд.ст..	“ – “	20		20
4	$N_{\text{н. реци}}^{\text{ном}}$	Номінальна потужність насоса	кВт(є)	“ – “	11		2,2
5	$\eta_{\text{н. реци}}^{\text{ном}}$	Номінальний ККД насоса	од.	“ – “	0,86		0,67

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

Передбачаємо до встановлення як мережних насосів відцентрові насоси типу Д.

2.5.3.1. Здійснюю вибір типорозміру мережних насосів, його номінальної подачі – $Q_{\text{нас.мер}}^{\text{ном}}$, м³/год, та напору – $H_{\text{нас.мер}}^{\text{ном}}$, м вд.ст, на базі визначених максимальних значень (в режимі ТЗ) витрати води через трубопровідну систему “Котельня – Тепломережа” – $G_1=388$ т/год, та опору трубопровідної системи – $\Delta H_{\text{мер}}$ та статичного напору тепломережі. Число робочих мережних насосів – $N_{\text{нас.мер}}^{\text{роб}}$, шт, становить — 1.

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

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

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

					00БКР144.ОПТЕ 008.008.ПЗ	Арк.
						46
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Характеристика мережних насосів.

№п.п	Ум. позн.	Назва параметра	Один. вим.	Метод визначення	Значення для режимів		
					МЗ	ТЗ	Л
1	2	3	4	5	6	7	8
1	ТИП НАСОСА	Типорозмір мережного насоса	---	З інформаційного листа заводу-виробника	NB 100-200/219		NBE 32-200/216
2	$Q_{\text{нас.мер}}^{\text{ном}}$	Номінальна подача насоса	м ³ /год	З паспорта насоса	324	37	
3	$H_{\text{нас.мер}}^{\text{ном}}$	Номінальний напір насоса	м.вд.ст..	“ – “	55	55	
4	$N_{\text{нас. мер}}^{\text{ном}}$	Номінальна потужність насоса	кВт(е)	“ – “	75	11	
5	$\eta_{\text{нас. мер}}^{\text{ном}}$	Номінальний ККД насоса	од.	“ – “	0,84	0,63	

2.5.4. Вибір внутрішньо-котельних насосів**5.4.1. Вибір насосів сирової води**

2.5.4.1.1. Здійснюю вибір типорозміру насосів сирової води, його номінальної подачі – $Q_{\text{нас.с.в}}^{\text{ном}}$, м³/год, та напору – $H_{\text{нас.с.в}}^{\text{ном}}$, м вд.ст, на базі визначених значень витрати води для підживлення – $G_{\text{с.в}}=18,18$ т/год, та опору трубопровідної системи – ΔH .

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

$$N_{\text{нас.с.в}}^{\text{роб}} = G_{\text{с.в.}} / Q_{\text{нас.с.в}}^{\text{ном}} = 18,18 / 20 = 0,9$$

*) Примітка.

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

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

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

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

Характеристика насосів сирі води

№п.п	Ум. позн.	Назва параметра	Один. вим.	Метод визначення	Значення для режимів		
					МЗ	ТЗ	Л
1	2	3	4	5	6	7	8
1	ТИП НАСОСА	Типорозмір насоса	---	З інформаційного листа заводу-виробника	NB 32-160.1/177		
2	$Q_{\text{нас.св}}^{\text{ном}}$	Номінальна подача насоса	м ³ /год	З паспорта насоса	20		
3	$H_{\text{нас.св}}^{\text{ном}}$	Номінальний напір насоса	м.вд.ст..	“ – “	35		
4	$N_{\text{нас.св}}^{\text{ном}}$	Номінальна потужність насоса	кВт(е)	“ – “	7,5		
5	$\eta_{\text{нас.св}}^{\text{ном}}$	Номінальний ККД насоса	од.	“ – “	0,67		

2.5.4.2. Вибір підживлювальних насосів

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

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

$$N_{\text{нас.під}}^{\text{роб}} = G_{\text{під}} / Q_{\text{нас.під}}^{\text{ном}} = 15/16 = 0,9$$

*) Примітка.

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

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

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

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

Характеристика підживлювальних насосів

№п.п	Ум. позн.	Назва параметра	Один. вим.	Метод визначення	Значення для режимів		
					МЗ	ТЗ	Л
1	2	3	4	5	6	7	8
1	ТИП НАСО-СА	Типорозмір насоса	---	З інформаційного листа заводу-виробника	NB 32-160.1/177		
2	$Q_{\text{нас.під}}^{\text{ном}}$	Номінальна подача насоса	м ³ /год	З паспорта насоса	16		
3	$H_{\text{нас.під}}^{\text{ном}}$	Номінальний напір насоса	м.вд.ст..	“ – “	30		
4	$N_{\text{нас.під}}^{\text{ном}}$	Номінальна потужність насоса	кВт(е)	“ – “	3		
5	$\eta_{\text{нас.під}}^{\text{ном}}$	Номінальний ККД насоса	од.	“ – “	0,62		

2.5.4.3. Вибір насосів технологічної води

2.5.4.3.1. Здійснюю вибір типорозміру насосу, його номінальної подачі – $Q_{\text{нас.тех}}^{\text{ном}}$, м³/год, та напору – $H_{\text{нас.тех}}^{\text{ном}}$, м вд.ст, на базі визначених значень витрати води для потреб промислового підприємства – $G_{\text{тех}}=114$ т/год та опору трубопроводної системи – ΔH .

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

$$N_{\text{нас.тех.роб}} = G_{\text{тех}} / Q_{\text{нас.тех}}^{\text{ном}} = 114/115 = 0,97 \quad *)$$

*) Примітка.

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

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

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

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

					00БКР144.ОПТЕ 008.008.ПЗ	Арк.
						49
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Характеристика насосів технологічної води

№п.п	Ум. позн.	Назва параметра	Один. вим.	Метод визначення	Значення для режимів		
					МЗ	ТЗ	Л
1	2	3	4	5	6	7	8
1	ТИП НАСОСА	Типорозмір насоса	---	З інформаційного листа заводу-виробника	NB 50-160/165		
2	$Q_{\text{нас.тех}}^{\text{ном}}$	Номінальна подача насоса	м ³ /год	З паспорта насоса	114		
3	$H_{\text{нас.тех}}^{\text{ном}}$	Номінальний напір насоса	м.вд.ст..	“ – “	45		
4	$N_{\text{нас.тех}}^{\text{ном}}$	Номінальна потужність насоса	кВт(е)	“ – “	22		
5	$\eta_{\text{нас.тех}}^{\text{ном}}$	Номінальний ККД насоса	од.	“ – “	0,8		

2.5.4.4. Вибір насосів хімоочищеної води

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

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

$$N_{\text{нас.с.в.}}^{\text{роб}} = G_{\text{хов}} / Q_{\text{нас.реци}}^{\text{ном}} = 15,15/16=0,98$$

*) Примітка.

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

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

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

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

					00БКР144.ОПТЕ 008.008.ПЗ	Арк.
						50
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 2.43

Характеристика насосів хімоочищеної води

№п.п	Ум. позн.	Назва параметра	Один. вим.	Метод визначення	Значення для режимів		
					МЗ	ТЗ	Л
1	2	3	4	5	6	7	8
1	ТИП НАСОСА	Типорозмір насоса	---	З інформаційного листа заводу-виробника	NKE 32-160.1/167		
2	$Q_{\text{нас.хов}}^{\text{ном}}$	Номінальна подача насоса	м ³ /год	З паспорта насоса	16		
3	$H_{\text{нас.хов}}^{\text{ном}}$	Номінальний напір насоса	м.вд.ст..	“ – “	25		
4	$N_{\text{нас.хов}}^{\text{ном}}$	Номінальна потужність насоса	кВт(е)	“ – “	2,2		
5	$\eta_{\text{нас.хов}}^{\text{ном}}$	Номінальний ККД насоса	од.	“ – “	0,59		

2.5.5. Вибір деаераторів водогрійної котельні

Загальноприйнятим рішенням для водогрійних котельних є встановлення для деаерації води не менше двох деаераторів вакуумного типу з охолодником випару для кожного. До встановлення обираємо 2 деаератори ДВ-25. Блок параметрів наводжу в таблиці 2.44.

Таблиця 2.44

Характеристика деаераторів водогрійної котельні

№ п.п	Назва параметра	Один. вим.	Метод визначення	Значення
1	3	4	5	6
1	Типорозмір деаератора		За інформаційними листами заводів виробників	ДВ-25
2	Номінальна продуктивність	т/год	«--»	5
3	Діапазон продуктивності	т/год	«--»	7,5...30
4	Температура деаерованої води	°С	«--»	40...80
5	Температура теплоносія	°С	«--»	70...180
6	Тип охолодника випару		«--»	ОВВ-2
7	Тиск робочий абсолютний	МПа	«--»	0,0075...0,05
8	Тип ежектора		«--»	ЕВ-30

2.5.6. Вибір підігрівників

Вибір типорозміру підігрівників сирової води (ПСВ), хімоочищеної води (ПХВ), технологічної води (ПТВ) здійснюється за визначеною в проекті їх тепло-

вою потужністю та переліком стандартних типорозмірів вказаних підігрівників за методикою, сформованою в курсі “Теплотехнологічні процеси та установки”.

2.5.6.1. Підігрівник сирі води

2.5.6.1.1. Теплове навантаження підігрівника сирі води $Q_{\text{псв}}=0,32$ МВт;

2.5.6.1.2. Обчислюємо наявний температурний перепад:

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

2.5.6.1.3. Визначаємо необхідну поверхню теплообміну:

$$F = Q_{\text{псв}} / \Delta t \cdot K = 320000 / 105 \cdot 2500 = 2,3 \text{ м}^2$$

K — коефіцієнт теплопередачі.

З переліку стандартних типорозмірів підігрівників обираємо секційний підігрівник ПВ-114х4. Площа поверхні теплообміну однієї секції — $F=3,58 \text{ м}^2$, довжина трубки — 4 м, загальна кількість труб — 19.

5.6.2. Підігрівник хімоочищеної води

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

2.5.6.2.2. Обчислюємо наявний температурний перепад:

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

2.5.6.2.3. Визначаємо необхідну поверхню теплообміну:

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

K — коефіцієнт теплопередачі.

З переліку стандартних типорозмірів підігрівників обираємо секційний підігрівник ПВ-114-4. Площа поверхні теплообміну однієї секції — $F=3,58 \text{ м}^2$, довжина трубки — 4 м, загальна кількість труб — 19, кількість секцій — 1.

2.5.6.3. Підігрівник технологічної води

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

2.5.6.3.2. Обчислюємо наявний температурний перепад:

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

2.5.6.3.3. Визначаємо необхідну поверхню теплообміну:

$$F = Q_{\text{тех}} / \Delta t \cdot K = 1200000 / 57,46 \cdot 2500 = 8,5 \text{ м}^2$$

K — коефіцієнт теплопередачі.

З переліку стандартних типорозмірів підігрівників обираємо секційний підігрівник ПВ-273-2. Площа поверхні теплообміну однієї секції — $F=10,28 \text{ м}^2$, довжина трубки — 2 м, загальна кількість труб — 109, кількість секцій — 1.

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

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

Таблиця 2.45

Рекомендоване тягодуттвове обладнання

№ п/п	Найменування	Димосос	Вентилятор
1	Тип обладнання	ДН-12,5уІ	ВДН-10у
2	Потужність, кВт	30	11
3	Частота обертання, об/хв	1000	1000

					00БКР144.ОПТЕ 008.008.ПЗ	Арк.
						52
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3. Охорона праці

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

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

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

3.1. Виробнича санітарія

При плануванні приміщення враховуються:

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

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

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

3.1.1. Мікроклімат та чистота повітря виробничого середовища

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

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

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

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

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

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

					00БКР144.ОПТЕ 008.004.ПЗ			
Змін.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	<i>Проект системи теплопостачання житлово-промислового району №3 в м. Черкаси</i> Охорона праці	Літера	Аркушів	Аркуш
Розробив	Мацько І.В.							53
Перевірив	Бойко В.О.							
Рецензув.								
Затвердив	Петренко В.П.							
						ТЕ-4-4 кафедра ТЕХТ НУХТ		

Періодичність контролю вмісту шкідливих речовин складає:

- для 1-го класу небезпеки – 1 раз/10 днів;
- для 2-го класу небезпеки – 1 раз/місяць;
- для 3-го та 4-го класу небезпеки – 1 раз/квартал.

Методи визначення шкідливих речовин у повітрі:

1. Лабораторний (колориметричні, спектрофотометричні, хроматографічні).
2. Експрес (хімічні індикатори, універсальний газоаналізатор, УГ-1, УГ-2).
3. Автоматичні (стаціонарний газоаналізатор, газосигналізатор).

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

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

3.2. Виробниче випромінювання

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

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

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

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

3.3. Шум на виробництві

Робота котлових установок супроводжується шумом.

Класифікація шумів за походженням:

- механічні;
- аерогідродинамічні (вентилятори, насоси, компресори, системи транспортування);
- електричні (трансформатори тощо).

Класифікація шумів за частотою:

- низькочастотний (до 300 Гц);
- середньо частотний (300-800 Гц);
- високочастотний (більше 800 Гц).

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

					00БКР144.ОПТЕ 008.004.ПЗ	Арк.
						54
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

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

Рівень шуму у виробничому цеху не повинен перевищувати 80 дБ.

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

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

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

3.4. Виробнича вібрація

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

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

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

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

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

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

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

3.5. Освітлення виробничих приміщень

Основними вимогами охорони праці до освітленості виробничих приміщень є:

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

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

В темні години доби використовується штучне освітлення.

					00БКР144.ОПТЕ 008.004.ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		55

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

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

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

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

3.5. Техніка безпеки

3.5.1. Безпечна експлуатація технологічного устаткування

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

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

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

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

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

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

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

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

					00БКР144.ОПТЕ 008.004.ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		56

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

3.5.2. Безпечна експлуатація електроустаткування

Види електричних травм на виробництві:

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

Факторами, що зумовлюють небезпечне ураження електричним струмом, є:

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

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

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

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

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

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

3.6. Пожежна та вибухобезпека на виробництві

Основними причинами пожежі та вибуху в котельні є:

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

					00БКР144.ОПТЕ 008.004.ПЗ	Арк.
						57
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

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

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

За спалимістю речовини і матеріали поділяються на три групи:

Спалимі, важко спалимі, неспалимі.

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

Усі будівлі та споруди за вогнестійкістю класифікуються за V ступенями.

Заходи пожежної безпеки поділяються на 4 групи:

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

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

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

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

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

До первинних засобів гасіння пожежі відносять:

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

					00БКР144.ОПТЕ 008.004.ПЗ	Арк.
						58
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4. Водопідготовка. Схеми та методи обробки води

Вступ

Для більшості підприємств харчової промисловості – пивзаводів, хлібозаводів, винзаводів, кондитерських фабрик, м'ясокомбінатів, молочноконсервних заводів, на яких встановлюються парові котли низького тиску і не вимагається значна кількість пари для потреб технології, основною схемою обробки води є Na-катіонування з попереднім проясненням води на фільтрах-прояснювачах (механічних). Ця схема використовується для обробки води для підживлення теплових мереж. Для котелень малої потужності використовують блочні установки водопідготовки Монастирищенського машинобудівного заводу (м. Монастирище, Черкаської області).

Для екранованих котлів потрібне глибоке зм'якшення води до 5–10 мкг-екв/кг і застосовується, як правило, двоступеневе Na-катіонування води. Одно- або двоступеневе Na-катіонування є найбільш простою і дешевою схемою, але збільшує величину продувки парогенератора і широко застосовується при значному поверненні конденсату.

За відносної лужності оброблюваної води від 20 до 50 % рекомендується дозувати нітрати в оброблену Na-катіоновану воду.

При заборі води із господарського (питного) водопроводу в схемі водопідготовки відсутні прояснення і коагуляція води, і схема спрощується. Якщо окисність вхідної води перевищує 15 мг/кг O₂, застосовують коагуляцію води сірчаноокислим алюмінієм за прямотечійною схемою.

ТЕЦ цукрового заводу в період виробництва цукру отримує конденсат ретурної пари та вторинної пари першого корпусу випарної станції в кількості, достатній для роботи котлів на конденсатному режимі.

Конденсат вторинних парів випарної станції може мати в своєму складі речовини, що містяться в буряковому соці – цукор і нецукристі речовини. У разі потрапляння в котел у малій кількості (відсутня реакція на α-нафтол) цукор розкладається при високій температурі на речовини з комплексоутворювальними властивостями (органічні кислоти) відносно до солей, що визначають жорсткість, та сполук заліза. Це призводить до утворення добре розчинних комплексних сполук кальцію і магнію і накопиченню їх в котловій воді.

При чисто конденсатному режимі живлення парових котлів незважаючи на низьку лужність і незначний сухий залишок конденсату продувка в розмірі 1 % від паропродуктивності котлів має функціонувати. Необхідність безперервної продувки пов'язана з тим, що комплексні сполуки, до складу яких входить залізо, мають обмежену термічну стійкість і при закритій продувці сполуки заліза відкладаються на поверхнях нагріву котла.

					00БКР144.ОПТЕ 008.004.ПЗ			
Змін.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	<i>Проект системи теплопостачання житлово-промислового району №3 в м. Вінниця Водопідготовка. Схеми та методи обробки води</i>	Літера	Аркушів	Аркуш
Розробив		Мацько І.В.						59
Перевірив		Бойко В.О.						
Рецензув.								
Затвердив		Петренко В.П.						

Як показали дослідження виконані у Всесоюзному науково-дослідному інституті цукрової промисловості (ВНДЦП), у котлах без ступінчастого випаровування, працюючих у конденсатному режимі, за умов, що вміст цукру в конденсаті не перевищує межі чутливості по α -нафтолу, рН котлової води перебуває в межах ($8 < \text{pH} < 9,3$), допустимих правилами технічної експлуатації (ПТЕ). У котлах зі ступінчастим випаровуванням у сольових відсіках відбувається додаткове випаровування аміаку і повніше розкладання цукру, в результаті чого значення рН котлової води в них значно нижче 7,5. У цьому разі ВНДЦП рекомендував збільшити продувку до 1,5 % і підвищити лужність котлової води до $\text{pH}=9,3$ за рахунок додавання до конденсату хімічно очищеної води, яка зм'якшується за схемою двоступеневого Na -катіонування. При наявності солених відсіків в барабані котла перегородки між відсіками бажано вирізати.

При чисто конденсаційному режимі фосфатування котлової води не виконується, тому що воно призводить тільки до утворення фосфатних відкладень. З добавками хімічно очищеної води в кількостях, при яких $\text{pH} > 9,3$, котлова вода втрачає свої комплексоутворювальні властивості, і рекомендується добавка тринатрій-фосфату [2].

Незважаючи на те, що конденсатний режим роботи котлів є оптимальним, іноді необхідно жити котли зм'якшеною водою або зі значною її добавкою (пуск заводу і його налагодження, виварка випарної станції, попадання цукру в конденсаті сокових парів, завершальний період роботи заводу, робота ТЕЦ після закінчення виробництва цукру з буряку).

Враховуючи те, що джерелами водопостачання котелень цукрових заводів є поверхневі води і цукровий буряк має значний вміст аміаку, основною схемою обробки води для цукрових заводів є зм'якшення води за способом сумісного NH_4 - Na -катіонування з попередньою прямоотечійною коагуляцією і проясненням на механічних фільтрах.

Схема паралельного NH_4 - Na -катіонування застосовується рідко.

Зм'якшення води за схемою двоступеневого Na -катіонування застосовується на невеликих цукрових заводах продуктивністю 1000–1500 т буряку за добу з котлами типу ДКВр.

При переробці на цукровому заводі цукру-сирцю для збільшення конденсатів у схему включають перший корпус випарної станції, який живиться хімічно очищеною водою. Він працює як випарник, і на нього поступає ретурна пара. В цьому разі вся теплообмінна апаратура заводу обігривається вторинною парою першого корпусу випарної станції, а ТЕЦ отримує конденсат ретурної пари та вторинної пари першого корпусу, що дозволяє перейти котлам на конденсаційний режим роботи. Солеміст вторинної пари регулюється продувкою камери нагрівної пари випарного апарату.

На рафінадному заводі випарна станція відсутня, тому для збільшення величини конденсатів у теплову схему включають випарник.

На таких підприємствах харчової промисловості, як спиртові заводи, великі м'ясокомбінати та інші, де не забезпечується значне повернення конденсату, а схему NH_4 - Na -катіонування внаслідок наявності в парі аміаку використати

					00БКР144.ОПТЕ 008.004.ПЗ	Арк.
						60
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

неможливо, для зменшення солевмісту і лужності живильної води котлів середнього тиску використовуються схеми Н-Na-катіонування. Найбільш поширена схема Н-Na-катіонування з “голодною” регенерацією Н-катіонітного фільтра, при якій вихідна вода після Н-катіонітного фільтра і стоки не кислі.

Найпростіша схема, що зменшує лужність і жорсткість води, – це Na-Cl-іонування води. Вона застосовується для невеликих котелень харчових виробництв з котлами низького тиску, якщо величина продувки котлів не перевищує норму.

На підприємствах, які виробляють продукцію для дитячого харчування, застосовують підготовку води для технологічного процесу за схемою: знезалізнення артезіанської води і часткове її знесолення на водень-катіонітних і аніонітних фільтрах.

4.1 Домішки води

Для водопостачання енергооб’єктів використовуються в основному природні води, як поверхневі (з річок, озер, водоймищ), так і ґрунтові (з артезіанських свердловин).

Усі домішки, що забруднюють воду, поділяються на три види залежно від розміру їхніх частинок.

Грубо-дисперсні домішки мають розмір частинок більше 10^{-4} мм. Це частинки піску, глини, рослинні залишки та ін. Наявність грубо-дисперсних домішок у природних водах залежить від пори року. Так, у рівнинних річках максимальна наявність цих домішок буде в період паводка, а в гірських річках – у паводок і при сильних зливах у горах.

Потрапляння грубо-дисперсних домішок у котел призводить до вспінення води в барабані, на екранних трубах утворюються прикипілі відкладення, забиваються нижні колектори контурів циркуляції котла. Тому грубо-дисперсні домішки обов’язково вилучаються з води на ХВО методом фільтрації та відстою.

Колоїднодисперсні домішки мають розмір частинок порядку 10^{-6} – 10^{-4} мм. Це домішки органічного походження – продукти розкладання органічних речовин, гумінові речовини; або мінерального походження – кремнієві кислоти, з’єднання заліза.

У разі потрапляння їх у котел вода в барабані сильно піниться і можливий її закид у пароперегрівник, а також утворюється прикипілий накип на поверхнях нагріву. Колоїднодисперсні домішки вилучаються з води на ХВО методом коагуляції.

Молекулярно-дисперсні домішки мають розмір частинок менш ніж 10^{-6} мм. Це розчинні у воді гази (O_2 , CO_2 , N_2 , H_2S), а також катіони та аніони солей, кислот, лугів (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , OH^- та ін.). Ці домішки вилучаються методом деаерації, осадження, катіонування та аніонування.

4.2 Показники якості води

Для оцінювання якості природних вод і вод на різних стадіях їх очистки використовують такі показники: сухий залишок, прозорість, окисність, жорсткість, лужність та рН води.

Сухий залишок (мг/л) визначають випаровуванням певного об’єму профільтрованої проби води з подальшим просушуванням залишку при

					00БКР144.ОПТЕ 008.004.ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		61

температурі 110–120 °С і зважуванням. Сухий залишок – це колоїднодисперсні та молекулярно-дисперсні домішки води, нелеткі при зазначеній температурі. Сухий залишок котлової води називається солевмістом. Високий солевміст води зумовлює спінення води в барабані котла.

Прозорість води визначається за “хрестом” або за “шрифтом” відповідно до ДСТУ 3351–46. Вона залежить від кількості грубо-дисперсних домішок, а також від їх розмірів, кольору та форми.

Окисність (O_2 , мг/л) характеризує наявність у воді органічних речовин. Під окисністю води розуміють кількість окиснювача (перманганату калію $KMnO_4$, мг/л), який витрачається на окиснення органічних речовин, розчинених у 1 л води за нормальних умов. Визначення виконується в кислому середовищі, де $KMnO_4$ є найсильнішим окисником.

Загальна жорсткість води J_3 дорівнює сумі концентрацій у воді катіонів кальцію (кальцієва жорсткість J_{Ca}) і магнію (магнієва жорсткість J_{Mg}), які зумовлюють утворення накипу на поверхнях нагріву теплообмінного обладнання. Жорсткість виражається в міліграм-еквівалентах на кілограм (мг-екв/кг) при високих значеннях жорсткості та в мікрограм-еквівалентах на кілограм (мкг-екв/кг) при вимірюванні низьких значеннях жорсткості води (1 г-екв в одиницях (СІ) дорівнює 1 моль).

Еквівалентною масою називають таку кількість речовини, яка в конкретній реакції відповідає 1 атому водню.

Для перерахунку концентрацій кальцію та магнію представлених у вигляді міліграмів на кілограм у міліграм-еквівалентах на кілограм, треба значення ваги елемента поділити на еквівалентну вагу Ca^{2+} або Mg^{2+} , відповідно – на 20,04 та 12,16.

Загальна жорсткість J_3 складається із жорсткості карбонатної J_K , що зумовлена, в основному, присутністю у воді бікарбонатів кальцію та магнію ($Ca(HCO_3)_2$ і $Mg(HCO_3)_2$), і некарбонатної жорсткості $J_{нк}$, зумовленої наявністю у воді хлоридів, сульфідів та інших некарбонатних солей кальцію та магнію ($CaCl_2$, $MgSO_4$) та ін.:

$$J_3 = J_{Ca} + J_{Mg} = J_K + J_{нк} \quad (4.1)$$

Залежно від загальної жорсткості для природних вод введена така класифікація: $J_3 < 1,5$ мг-екв/кг — мала жорсткість; $J_3 = 1,5–3$ мг-екв/кг – середня; $J_3 = 3–6$ мг-екв/кг – підвищена; $J_3 = 6–12$ мг-екв/кг – висока; $J_3 > 12$ мг-екв/кг – дуже висока жорсткість.

Загальною лужністю води L_3 називається виражена в міліграмеквівалентах на кілограм сумарна концентрація аніонів води, які реагують з кислотою: OH^- , HCO_3^- , CO_3^{2-} , PO_4^{3-} , та деяких солей слабких органічних кислот (гуматів). Аніони гідратної форми (OH^-) утворюють гідратну лужність L_r ; карбонатної форми (CO_3^{2-}) – карбонатну лужність L_K , бікарбонатної форми (HCO_3^-) – бікарбонатну лужність $L_{бк}$, фосфатної форми (PO_4^{3-}) – фосфатну лужність.

Природні води здебільшого характеризуються бікарбонатною лужністю ($L_3 = L_{бк}$). У котловій воді при розкладанні бікарбонатів утворюється гідратна лужність. Висока лужність котлової води зумовлює спінення води в барабані котла.

					00БКР144.ОПТЕ 008.004.ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		62

У результаті дисоціації води $\text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}^+ + \text{OH}^-$, кислот (наприклад: $\text{HCl} \leftrightarrow \text{H}^+ + \text{Cl}^-$), лугів (наприклад: $\text{NaOH} \leftrightarrow \text{Na}^+ + \text{OH}^-$) у воді з'являються водні іони H^+ і гідроксильні іони OH^- .

У хімічно чистій воді при температурі 23 °С концентрації C_{H^+} і C_{OH^-} дорівнюють 10^{-7} г-іон/кг і характеризують нейтральну реакцію рідини. Для зручності замість концентрації C_{H^+} користуються її від'ємним логарифмом – водним показником рН. Для нейтрального середовища рН = 7, кислого – рН < 7, а лужного – рН > 7. Сума рН і рОН дорівнює 14.

4.3 Аналіз води та його перевірка

При проектуванні водопідготовчих установок розрахункову якість вхідної води беруть на основі повних аналізів води, проведених у всіх періодах року і за кілька років, а джерело водопостачання вибирають на основі техніко-економічної оцінки за його продуктивністю та якістю води.

Повний аналіз вхідної води виконується для зимового періоду (максимальний солеміст) і включає такі дані: вид джерела водопостачання (артезіанська свердловина, водопровід, річка, озеро та ін.); місце відбору проби і дата проведення аналізу; завислі речовини, мг/л; окисність, мг/л O_2 ; водневий показник, рН; лужність, мг-екв/л; сухий залишок, мг/л; жорсткість загальна і карбонатна, мг-екв/л; катіони Fe^{2+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , NH_4^+ , мг/л; аніони Cl^- , HCO_3^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , NO_2^- , мг/л; полуторні оксиди $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$, мг/л; кремнієва кислота в перерахунку на SiO_2 .

Кількість завислих і органічних речовин у воді визначається для умов їх максимальної наявності (паводковий період та ін.).

Водопровідна вода, що використовується для підживлення відкритих систем теплофікації та гарячого водопостачання, має відповідати вимогам ГОСТ 2874–82 “Вода питна”.

Артезіанська вода не має грубо-дисперсних і колоїднодисперсних домішок, тому для її характеристики досить взяти два-три аналізи в різні пори року, які б стверджували постійний склад води. Для отримання більш надійної інформації аналізи поверхневих вод беруть кожний місяць за останні два-три роки.

Правильність аналізу води встановлюється, якщо сума концентрацій всіх катіонів дорівнює сумі концентрацій всіх аніонів за умови, що концентрації виражені в мг-екв/л, $\Sigma \text{K} = \Sigma \text{A}$ і $\text{Ж}_3 = \text{Ж}_{\text{Ca}} + \text{Ж}_{\text{Mg}}$.

Якщо в аналізі води концентрація катіонів і аніонів наведена в мг/л, її треба перевести в мг-екв/л:

$$\frac{\text{Ca}^{2+}}{20,04} + \frac{\text{Mg}^{2+}}{12,16} + \frac{\text{Na}^+}{23} + \frac{\text{NH}_4^+}{18,04} + \dots = \frac{\text{HCO}_3^-}{61,02} + \frac{\text{SO}_4^{2-}}{48,03} + \frac{\text{Cl}^-}{33,48} + \frac{\text{NO}_3^-}{62} + \dots \quad (4.2)$$

4.4.Схеми та методи обробки води

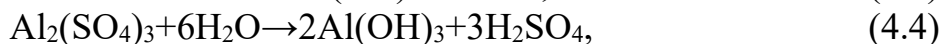
4.4.1 Коагуляція води

Для повного прояснення води з колоїднодисперсними домішками при окисності води більше 15 мг/кг O_2 застосовується метод коагуляції. При коагуляції води підвищуються продуктивність фільтрів-прояснювачів, якість проясненої води та вилучаються колоїднодисперсні домішки органічного та

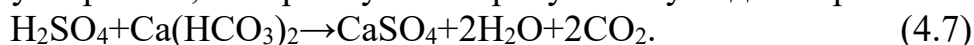
					00БКР144.ОПТЕ 008.004.ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		63

неорганічного походження (сполуки кремнію і заліза), що призводять до спінення котлової води.

Колоїднодисперсні домішки не фільтруються через малі розміри і не випадають в осад, бо мають однаковий заряд і відштовхуються при зближенні. Для їх осадження в воду додають коагулянти – сірчаноокислий алюміній $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ (глинозем), сірчаноокисле залізо $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (залізний купорос) і хлорне залізо $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. При додаванні у воду коагулянтів відбувається їх гідратація з утворенням важкорозчинних гідроксидів алюмінію та заліза – нові колоїднодисперсні сполуки та кислоти:



Кислота, що утворилась, нейтралізується присутніми у воді бікарбонатами:



Залишкову кількість бікарбонатів у коагульованій воді бажано мати близько 0,3 мг-екв/л.

Якщо у вихідній воді бікарбонатів недостатньо, то потрібне підлужнювання води їдким натром NaOH або вапном $\text{Ca}(\text{OH})_2$ із розрахунку 1 мг-екв/л лугу на 1 мг-екв/л коагулянту.

Гідроксид алюмінію має амфотерні властивості, тобто в залежності від рН води дисоціює як кислота при $\text{pH} > 7,5$, або як луг при $\text{pH} < 6,5$.

Залізний купорос і хлорне залізо використовують для коагуляції води при $\text{pH} > 8$, коли коагуляція збігається з вапнуванням води у відстійниках-прояснювачах типу ВТІ, ЦНДІ-2 або ЦНДІ-3 при температурі 25—30 °С.

Колоїднодисперсні природні домішки здебільшого мають від'ємний заряд. Для утворення пластівців гідроксид алюмінію повинен мати позитивний заряд або не мати ніякого заряду. Тому сірчаноокислий алюміній застосовується для коагуляції природних вод у діапазоні $\text{pH} = 5,5-7,5$ при підігріванні води до 25–30 °С.

При коагуляції води загальна жорсткість води не змінюється, але на величину, еквівалентну дозуванню розчину коагулянту, зменшується карбонатна жорсткість $J_{\text{к}}$ і, відповідно, збільшується некарбонатна жорсткість $J_{\text{н.к}}$. При коагуляції зменшуються лужність води, приблизно на величину дози коагулянту, рН та окисність води – на 60–70 %:

$$J_{\text{к.зал}} = J_{\text{к}} - D_{\text{к}}, \quad (4.8)$$

$$J_{\text{н.к.зал}} = J_{\text{н.к}} + D_{\text{к}}, \quad (4.9)$$

де $D_{\text{к}}$ – доза коагулянту, мг-екв/л.

Процес коагуляції води залежить від цілого ряду факторів, тому для кожної води потрібно дозу коагулянту визначати на основі пробної коагуляції в лабораторних умовах.

Орієнтовно, в схемах прямотечійної коагуляції дозу сірчаноокислого алюмінію беруть у період паводка – 1,0; влітку – 0,5; взимку – 0,25 мг-екв/л; дозу залізного купоросу в схемах з вапнуванням в прояснювачах у період паводка – 0,7; влітку – 0,35; взимку – 0,18 мг-екв/л.

					00БКР144.ОПТЕ 008.004.ПЗ	Арк.
						64
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Коагуляція в промислових котельнях відбувається зазвичай за проточною схемою з механічними фільтрами (рис. 1).

У схемі коагулянт подається насосами дозаторами безпосередньо в трубопровід оброблюваної води перед розгалуженням на механічні фільтри на відстані не менше 50 діаметрів трубопроводу. При концентрації завислих речовин від 50 мг/л до 100 мг/л проточну коагуляцію проводять на механічних фільтрах з двошаровим завантаженням. Доза коагулянту залежить від витрати оброблюваної води.

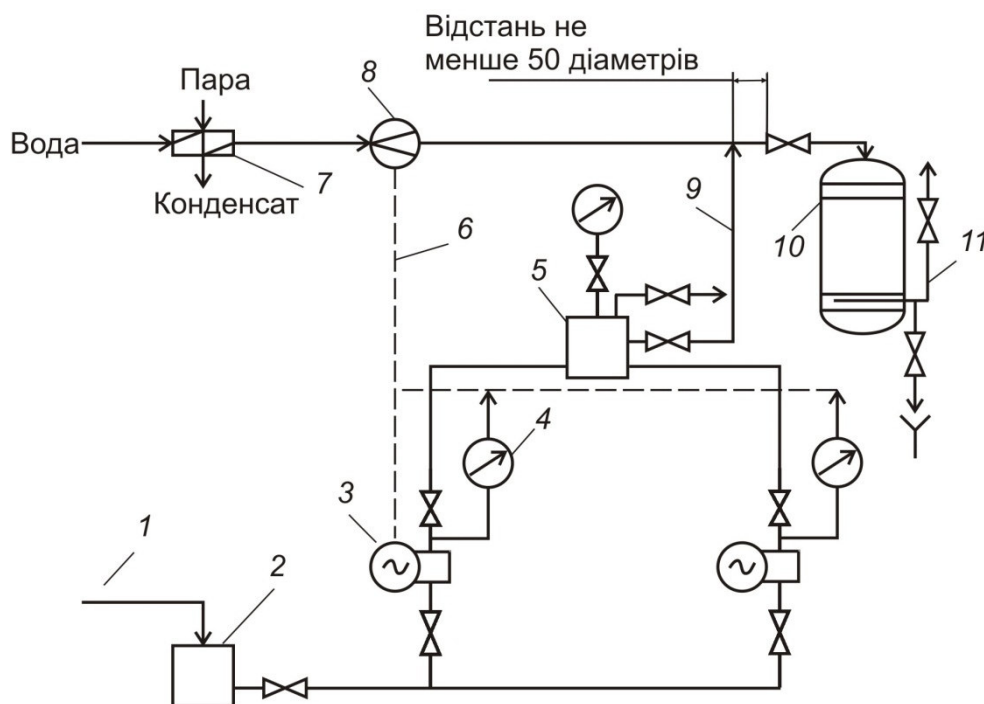


Рис. 4.1. Проточна схема коагуляції води:

1 – 5-10 %-й розчин коагулянту; 2 – бак розчину коагулянту; 3 – насос-дозатор; 4 – електроконтактний манометр; 5 – повітряний ковпак; 6 – лінія подачі імпульсу на насоси-дозатори; 7 – підігрівач води; 8 – витратомір оброблюваної води; 9 – лінія дозування коагулянту; 10 – механічний фільтр; 11 – прояснена вода на катіоніонітні фільтри

Насоси-дозатори типу НД забезпечують автоматичне пропорційне дозування розчину залежно від імпульсу, який надходить від витратоміра 8 (рис. 1). Перед коагуляцією вода обігривається паром. При змішуванні води з коагулянтом у трубопроводі утворюються мікропластівці, які вилучаються з води всім шаром фільтрувального матеріалу механічних фільтрів.

4.4.2 Прояснення води на фільтрах-прояснювачах

Фільтри-прояснювачі використовуються для вилучення грубо-дисперсних домішок (табл.4.1). На станціях підготовки води широко застосовуються однопоточні напорні механічні фільтри-прояснювачі з фільтрувальним шаром із кварцового піску чи колотого антрациту або двошарові фільтри з шаром антрациту і кварцового піску. В основному кварцовий пісок застосовується для підготовки додаткової живильної води для парових котлів низького і середнього тисків при температурі води не вище 60 °С і рН ≤ 9. Для котлів високого тиску Р ≥ 10 МПа як фільтрувальний матеріал використовується малозольний

					00БКР144.ОПТЕ 008.004.ПЗ	Арк.
						65
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

термостійкий подрібнений антрацит при температурі води до 100 °С і рН в межах від 4 до 10 для запобігання забруднення фільтрату кремнієвою кислотою.

Для прояснення некоагульованої води, а також води після відстійників-прояснювачів використовується кварцовий пісок з висотою фільтрувального шару до 1 м з зернами діаметром 0,5-1 мм. При прямотечійній коагуляції застосовуються фільтри-прояснювачі з висотою шару фільтрувального матеріалу в межах 1,2-2 м і з розміром зерен 1-2,5 мм.

Фірма “Аква-Люкс”, яка працює на Україні, пропонує обладнання для водопідготовки фірми “Culligan” США. Для прояснення води фірма використовує дво- або тришарові фільтри. Під час обробки води крупні механічні частинки затримуються верхнім шаром фільтрувального матеріалу, який має меншу густину, а дрібні частинки – нижнім шаром з більшою густиною. Завдяки різній густині шарів фільтрувального матеріалу при відмивці фільтра спочатку відмивається верхній шар при меншому потоці води, а потім нижній. Така конструкція фільтра забезпечує високий ступінь фільтрації води при мінімальній її витраті на власні потреби. Робота фільтра повністю автоматизована. Продуктивність фільтрів – від 2 до 600 м³/год.

Фірма “ГідроТехІнжинірінг” для очистки води від грубодисперсних домішок використовує автоматичні самопромивні системи “ТЕКLEEN”. Для прояснення води у фільтрі “ТЕКLEEN” використовуються сітки грубої і тонкої очистки із нержавіючої сталі за розміром чарунок 100-50 мкм. Втрата тиску при використанні чистої сітки розміром 100 мкм не перевищує 0,1 бар.

Фільтр працює на воді з температурою до 120 °С і тиском від 2,5 до 5 бар. Під час промивки сіток зворотним потоком води основний потік води не зупиняється. Фільтри компактні, не потребують зовнішнього джерела енергії, працюють за рахунок тиску води, легко монтуються, повністю автоматизовані, випускаються з продуктивністю від 25-4500 м³/год.

Фірма “Culligan” також випускає автоматичні картриджні фільтри з розміром фільтрувальних сіток 100, 200, 300 мкм та продуктивністю 6-60 м³/год.

Таблиця 4.1

Технологічні дані розрахунку фільтрів-прояснювачів

N п/п	Показник	Тип фільтра			
		Завантаження кварцовим піском	Завантаження антрацитом	Двошарове завантаження кварцовим піском і антрацитом	
1	Діаметр завантаженого матеріалу, мм: антрацит кварцовий пісок	0,5-1	0,6-1,4	0,7-1,7 0,5-1,2	
2	Висота фільтрувального шару, м: антрацит кварцовий пісок	1	1	0,5-0,6 0,5-0,6	
3	Насипна маса фільтрувального матеріалу, т/м ² : антрацит кварцовий пісок	1,6	0,8	0,8 1,6	
4	Швидкість фільтрування, м/год:				
				00БКР144.ОПТЕ 008.004.ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	66

	нормальний режим	5	5	10
	форсований режим	7	7,5	12
5	Інтенсивність розпушувального промивання водою, л/м ² ·с	15	10-12	13-15
6	Тривалість розпушувального промивання водою, хв	~20	~20	~20
7	Розпушувальне промивання з повітрям – сумісне водоповітряне промивання:			
	тривалість, хв.	3	2-3	
	інтенсивність води, л/м ² ·с	6	6	
	інтенсивність повітря, л/м ² ·с	20	20	
8	Тиск повітря, МПа	0,3	0,3-0,4	

При установці фільтрів після відстійника – пролонгована нормальна швидкість фільтрації для одношарових фільтрів – 10 м/год, форсована – 12 м/год.

4.4.3 Іоніти та їх властивості

Обробка води методом іонного обміну основана на здатності деяких практично нерозчинних у воді речовин, які називаються іонітами, змінювати в бажаному напрямі іонний склад води.

Іонітами називаються органічні і неорганічні речовини практично нерозчинні у воді, які мають функціональні групи з рухомими іонами. Ці групи можуть обмінювати свої іони на іони лугів, кислот, основ, солей розчинних у воді (табл.2). Кожний іоніт складається з каркаса (матриці), зв'язаного валентними силами, і функціональних груп. Якщо рухомі, здатні до обміну іони функціональних груп мають позитивний заряд, то такий іоніт називають катіонітом, а якщо негативний заряд – аніонітом.

Іонний обмін – це стехіометричне заміщення. На кожний відданий в розчин еквівалент-іон матриця поглинає з розчину ідентичний еквівалент-іон такого ж заряду.

Залежно від хімічного складу катіоніти поділяються на сильнокислотні, які мають активні сульфогрупи, і слабокислотні, які мають в основному карбоксильні групи. Перші здатні до обміну катіонів у кислому, лужному та нейтральному середовищах, а другі – тільки в лужному середовищі

Іоніти мають такі специфічні властивості: нерозчинність у воді, здатність до реакцій іонообміну, термічну стійкість, здатність до набухання, селективність.

При контакті з водою суха маса іоніту більшою або меншою мірою набухає, тобто її об'єм збільшується. Ця властивість іоніту характеризується коефіцієнтом набухання.

Коефіцієнт набухання – це відношення густин іоніту в набухломому і повітряно-сухому станах:

$$K = \rho_c / \rho_n, \quad (4.10)$$

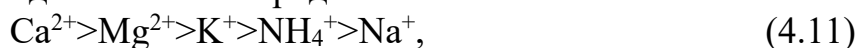
де ρ_c і ρ_n – відповідно насипні густини іоніту в повітряно-сухому стані і набухломому, або відношення, маси 1 м³ повітряно-сухого до набухлого іоніту, кг/м³.

Селективність – це вибіркоче поглинання катіонів або аніонів. Селективність призводить до переважного поглинання протиіонів з більшою

					00БКР144.ОПТЕ 008.004.ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		67

величиною заряду і малим розміром. Малий розмір зумовлює менше розширення матриці.

Для катіонітів справедливими є такі ряди катіонів:



де кожний попередній поглинається більш інтенсивно, ніж наступний.

Основною характеристикою іоніту є його обмінна ємність.

Повна обмінна ємність показує, яку кількість еквівалент-іонів катіонів солей або аніонів кислот води може поглинути 1 м³ іоніту до повного насичення. Робоча обмінна ємність визначає кількість іонів, поглинутих іонітом при проходженні крізь нього рідини до початку “проскоку” у фільтрат поглинутих протиіонів.

Робоча обмінна ємність іоніту виражається в грам-еквівалентах іонів, поглинутих 1 м³ набухлого іоніту (г-екв/м³), і залежить від рН води, висоти шару іоніту, швидкості фільтрування, питомої витрати регенеруючого реагенту, відношення солевих компонентів в оброблюваній воді, режиму експлуатації.

Якщо в результаті обробки води методом іонного обміну відбувається обмін катіонів, то такий процес називається катіонуванням, а при обміні аніонів процес називається аніонуванням. Катіоніти зберігаються в сухому стані в мішках або у виснаженому стані в фільтрах при плюсовій температурі.

Таблиця 4.2

Основні технологічні властивості вітчизняних катіонітів

	Показник	Сульфовугілля		КУ-2-8	КБ-4	КБ-2
		крупне, СК-1	дрібне, СМ-1			
1	Розмір зерен, мм	0,5-1,1	0,25-0,7	0,315-1,25	0,315-1,6	0,31-1,6
2	Насипна маса, т/м ³ : товарного продукту	0,67-0,7	0,67-0,78	0,76-0,8	0,55-0,6	0,6-0,7
	набухлого у воді продукту	0,82	0,82	0,8	-	-
3	Вологість товарного повітряно-сухого продукту,%	20-40	20-40	50-60	55-65	70-80
4	Максимальна температура застосування, °С	45	45	120	150	130
5	Обмінна ємність, г-екв/м ³ в Na формі	~267	~367	~950	-	-
	в H формі	~270	-	~650	-	-
	не менше	250	250	526	-	-
6	Коефіцієнт набухання, К сухий безводний		1,8	2,1	-	-
	товарний продукт		1,25	1	-	-

Список використаної літератури

1. Прядко М.О., Павелко В.І., Рябчук О.М. Проектування системи теплопостачання житлово-промислового району міста. Мет. вказ. до виконання кваліфікаційного проекту “Система теплопостачання житлово-промислового району міста” рівня підготовки бакалавра, напряму 6.050601 “Теплоенергетика” для студентів денної та заочної форм навчання. Частина 1. . – К.: НУХТ, 2011. – 57 с.
2. Бузников Е.Ф. и др.. Производственные и отопительные котельные.– М.:– Энергоатомиздат.– 1984.– 248 с.
3. Роддатис К.Ф., Соколовский Я.Б. – Справочник по котельным установкам малой производительности. М.: Энергия. – 1979. – 368 с.
4. Філоненко В.М., 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. Торчинский Я.М. Нормирование расхода газа для отопительных котельных. – Л.: Недра. – 1991. – 163 с.
6. Лившиц О. В. Справочник по водоподготовке котельных установок.— М. : Энергия, 1976. – 287 с.
7. ДБН В.2.5-39:2008 Зовнішні мережі та споруди. Теплові мережі [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/1-1-0-204>
8. 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
9. ДБН В.2.2-15-2005 Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення[Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/1-1-0-1>
10. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/1-1-0-1018>
11. 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

					00БКР144.ОПТЕ 008.004.ПЗ			
Змін.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	<i>Проект системи теплопостачання житлово-промислового району №3 в м. Черкаси</i> Список використаної літератури	Літера	Аркушів	Аркуш
Розробив	Мацько І.В.							69
Перевірив	Бойко В.О.					ТЕ-4-4 кафедра ТЕХТ НУХТ		
Рецензув.								
Затвердив	Петренко В.П.							