

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

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

**«До захисту в ЕК»**

Директор інституту

Сергій БЛАЖЕНКО

(підпис)

(ім'я та прізвище)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 р.

**«До захисту допущено»**

Завідувач кафедри

Валентин ПЕТРЕНКО

(підпис)

(ім'я та прізвище)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
**НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

зі спеціальності 144 Теплоенергетика  
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми \_\_\_\_\_

Теплоенергетика та енергоефективні технології

на тему: Проект системи теплопостачання житлово-промислового району № 5 в місті Миколаїв

Виконав: здобувач 4 курсу, групи ТЕ-4-13ск

Охріменко Михайло Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

(підпис)

Керівник доц. Філоненко Віталій Миолайович

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

(підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_

(ім'я та прізвище)

(підпис)

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

Охріменко М.О.

(підпис)

(прізвище здобувача)

Київ – 2022 р.

# НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

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

Освітній ступінь бакалавр

Спеціальність 144 Теплоенергетика  
(код і назва)

Освітньо-професійна програма Теплоенергетика та енергоефективні технології  
(назва)

## ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТЕХТ

проф. Петренко В.П.

“31” березня 2022 року

## ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Охріменка Михайла Олександровича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект системи теплопостачання житлово-промислового району № 5 в місті Миколаїв

керівник роботи к.т.н., доц. Філоненко Віталій Миколайович  
( прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “31”03.2022 року № 167-кв

2. Строк подання здобувачем роботи 02.06.2022 року

3. Вихідні дані до роботи технологічне навантаження 9,0 МВт; температура теплоносія 95 °С; розрахункова температура (-15°С); середня температура зовнішнього повітря (-0,4 °С); температура для системи вентиляції (-10 °С); тривалість роботи промислового підприємства – 7000 год; тривалість опалювального періоду – 168 діб; температури мережної води  $\tau_{01}/\tau_{02}:115^{\circ}\text{C}/70^{\circ}\text{C}$ .

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

1. Розрахунок теплових навантажень житлово–промислового району міста

2. Розрахунок теплової схеми котельні з водогрійними котлами

3. Охорона праці

4. Творче завдання на тему “ П’ять принципів стратегії опалення/охолодження та проектування систем опалення/охолодження ”

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 08.04.2022

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Визначення теплових навантажень в системі ТПЖР	14.04-21.04.2022	Виконано
2	Розрахунок витрати та температури мережної води в прямій та зворотній магістралях	22.04-29.04.2022	Виконано
3	Визначення розрахункових витрат теплоносія	30.04-05.05.2022	Виконано
4	Формування вихідних даних до Частини 2 проекту	06.05-10.05.2022	Виконано
5	Розрахунок теплової схеми котельні	11.05-18.05.2022	Виконано
6	Вибір енергетичного обладнання котельні	19.05-23.05.2022	Виконано
7	Оформлення креслень та ПЗ	24.05-31.05.2022	Виконано

Здобувач \_\_\_\_\_  
(підпис)

Керівник роботи \_\_\_\_\_  
(підпис)

Охріменко М.О.  
(прізвище та ініціали)

Філоненко В.М.  
(прізвище та ініціали)

## ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ	5
ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1. Розрахунок теплових навантажень житлово – промислового району міста	8
1.1. Вихідні дані до проекту	8
1.2. Визначення теплових навантажень в системі теплопостачання житлового району	9
1.3. Розрахунок витрати та температури мережної води в прямій та зворотній магістралях	15
1.3.1. Розрахунок витрат та температур мережної води на опалення	15
1.3.2. Розрахунок витрат та температур мережної води на гаряче водопостачання	17
1.3.3. Розрахунок витрат та температур мережної води на вентиляцію	22
1.4. Визначення розрахункових витрат теплоносія	25
1.5. Вихідні дані до розділу 2	27
РОЗДІЛ 2. Розрахунок теплової схеми котельні з водогрійними котлами	30
2.1. Формування вихідних даних для теплового розрахунку котельні з водогрійними котлами	30
2.2. Формування принципової схеми водогрійної котельні	32
2.3. Розрахунок теплової схеми котельні з водогрійними котлами	33
2.4. Визначення енергетичних показників роботи водогрійної котельні	42
2.5. Вибір обладнання котельні з водогрійними котлами	45
РОЗДІЛ 3. Охорона праці	52
3.1. Виробнича санітарія	52
3.2. Техніка безпеки	56
3.3. Пожежна та вибухобезпека на виробництві	58
РОЗДІЛ 4. П'ять принципів стратегії опалення/охолодження та проектування систем опалення/охолодження	60
Список використаної літератури	70

КР 000.144.004.004.2022.ПЗ

Зм.	Ар-	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Охріменко М.О			<i>Проект системи теплопостачання житлово-промислового району №5 в м. Миколаїв</i>	Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірює		Філоненко В.М.						
Н. Контр.								
Затвердив		Петренко В.П.						
						ТЕ-4-13ск кафедра ННІТІ НУХТ		

## АНОТАЦІЯ

**Охріменко М.О. Проект системи теплопостачання житлово-промислового району № 5 в місті Миколаїв - кваліфікаційна робота на правах рукопису.**

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

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

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

Четверта частина – п'ять принципів стратегії опалення/охолодження та проектування систем опалення/охолодження.

Графічна частина виконана на 3 листах формату А1.

Пояснювальна записка містить 8 рисунків, 51 таблицю і оформлена на 70 сторінках.

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

					КР 000.144.004.004.2022.ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Ар-</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		Охріменко М.О			<i>Проект системи теплопостачання житлово-промислового району №5 в м. Миколаїв</i>	<i>Літера</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевірів</i>		Філоненко В.М.						
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затвердив</i>		Петренко В.П.						
						ТЕ-4-13ск кафедра ННІТІ НУХТ		

## ABSTRACT

Okhrimenko MO Project of heat supply system of residential-industrial district № 5 in the city of Mykolaiyyv - qualification work on the rights of the manuscript.

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

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

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

The fourth section is Five principles of heating / cooling strategy and design of heating / cooling systems.

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

The explanatory note contains 8 figures, 51 tables and is designed on 70 pages.

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

					КР 000.144.004.004.2022.ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Ар-</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		Охріменко М.О			<i>Проект системи теплопостачання житлово-промислового району №5 в м. Миколаїв</i>	<i>Літера</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевірює</i>		Філоненко В.М.						
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затвердив</i>		Петренко В.П.				ТЕ-4-13ск кафедра ННІТІ НУХТ		

## Вступ

Метою мого дипломного проекту є розроблення водогрійної котельні для забезпечення потреб опалення, вентиляції та гарячого водопостачання житлового району міста та технологічного навантаження підприємства. Актуальність роботи полягає в тому, що на сьогодні більша частина будинків житлових районів мають 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 проекту покладено створення парової котельні, яка зможе при економії електроенергії та палива, працюючи максимально ефективно, забезпечити житловий район опаленням, гарячим водопостачанням, та технологічним навантаженням підприємства.

Для реалізації вирішенні 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 паровими котлами;
- визначена собівартість теплоти, відпущена від котельні;
- описані норми освітлення приміщення та їх розрахунок;
- обґрунтоване техніко – економічне проектування котельні;
- виконані монтажні креслення котельні;

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

					КР 000.144.008.004.2022.ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Ар-</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Проект системи тепlopостачання житлово-промислового району №5 в м. Миколаїв</i>	<i>Літера</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розробив</i>		Охріменко						
<i>Перевіриє</i>		Філоненко В.М.						
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затвердив</i>		Петренко В.П.						
						ТЕ-4-13ск кафедра ННІТІ		

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

## 1.1. ВИХІДНІ ДАНІ ДО ПРОЕКТУ

- 1.1.1. Географічний пункт розміщення житлово-промислового району – м. Миколаїв.
- 1.1.2. Генплан мікрорайону з розміщенням джерела теплоти – варіант №5 (20 житлових кварталів).
- 1.1.3. Структура теплового навантаження:
- 1.1.3.1. Опалення житлових кварталів;
- 1.1.3.2. Гаряче водопостачання житлових кварталів;
- 1.1.3.3. Вентиляція громадських будівель;
- 1.1.3.4. Технологічне навантаження промислового підприємства 9 МВт (Теплоносій – гаряча вода  $t_2'' = 95 \text{ }^\circ\text{C}$ , степінь повернення води 1,0).
- 1.1.4. Розрахункова температура (максимально зимова) для проектування системи опалення  $t_{3.о.} = (-15) \text{ }^\circ\text{C}$ .
- 1.1.5. Середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період –  $t_{3.ср.оп} = 0,4 \text{ }^\circ\text{C}$ .
- 1.1.6. Розрахункова температура для проектування системи вентиляції –  $-10 \text{ }^\circ\text{C}$ .
- 1.1.7. Температура початку опалювального періоду,  $t_{3.пк} = +8 \text{ }^\circ\text{C}$
- 1.1.8. Температура точки “зламу”,  $t_{3.з}$  (розраховуються після побудови графіка зміни температури і витрати мережної води на опалення в залежності від температури зовнішнього повітря)
- 1.1.9. В дипломному проекті розрахунки всіх видів теплових навантажень здійснюються для трьох характерних режимів:
- максимально зимового;
  - точки “зламу” температурного графіка опалення;
  - літнього.
- 1.1.10. Тривалість роботи промислового підприємства – 7000 год.
- 1.1.11. Тривалість опалювального періоду –  $\tau_n = 168$  діб.
- 1.1.12. Тривалість періоду стояння температур зовнішнього повітря, діб

Таблиця 1.1

Температура	Інтервали середньодобових температур зовнішнього повітря, $^\circ\text{C}$							
	-30... ...-25	-25... ...-20	-20... ...-15	-15... ...-10	-10... ...-5	-5... ...0	0... ...+5	+5... ...+8
У вказаному інтервалі	0,0	0,0	0,0	12	15,0	45,9	40,0	55,1
Нижче даної	0,0	0,0	0,0	12	27,0	72,9	112,9	168,0

					КР 000.144.008.004.2022.ПЗ					
Зм.	Ар-	№ докум.	Підпис	Дата	Проект системи теплопостачання житлово-промислового району №5 в м. Миколаїв			Літера	Аркуш	Аркушів
Розробив	Охріменко									
Перевіриє	Філоненко В.М.									
Н. Контр.										
Затвердив	Петренко В.П.							ТЕ-4-13ск кафедра ННІТІ		

1.1.13. Розрахункові температури мережної води  $\tau'_{01}/\tau'_{02}$ : 115 С/70 С.

1.1.14. Система теплопостачання – замкнута

1.1.15. Метод регулювання теплового навантаження на опалення – центральне якісне регулювання спільно з місцевим кількісним регулюванням.

1.1.16. Схема підключення підігрівників гарячого водопостачання до системи опалення - двоступенева змішана.

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

1.2.1. Викреслюємо план району, у відповідності із завданням у масштабі 1:6400 .

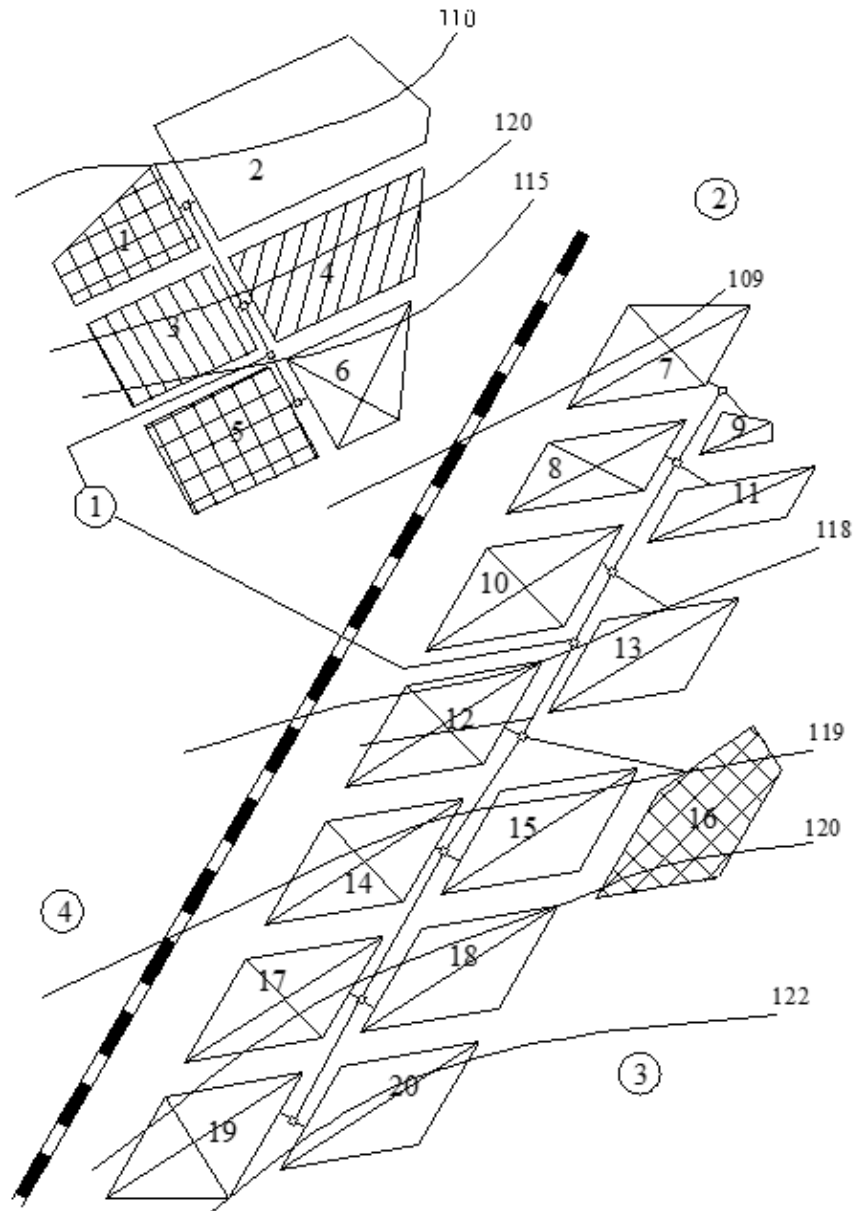


Рис.1.1. План району

1.2.2. Нумеруємо на плані району квартали району теплопостачання.

1.2.3. Визначаємо загальну площу житлових споруд району:

$$F_{\text{ж}} = F_i \cdot f_i = 0.95 \cdot 7700 = 7285.56 \text{ m}^2$$

						КР 000.144.008.004.2022.ПЗ	
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата			

де  $f_i$  - густина (щільність) житлового фонду,  $\text{м}^2/\text{га}$ , приймається в залежності від поверховості забудови (Додаток 8 [1]).

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

$$Q'_{o \max} = q_o F_{\text{ж}} (1 + K_{\text{гр}}) 10^{-6} = 70 \cdot 7285,56 (1 + 0,25) \cdot 10^{-6} = 0,64 \text{ МВт}$$

де  $q_o$  - укрупнений показник максимального теплового потоку на опалення  $1\text{м}^2$  загальної площі житлових споруд,  $\text{Вт}/\text{м}^2$  (Додаток 9 [1]);  $K_{\text{гр}}$ - коефіцієнт, що враховує тепловий потік на опалення громадських споруд,  $K_{\text{гр}}=0,25$ .

1.2.5. Визначаємо максимальне теплове навантаження системи вентиляції громадських споруд:

$$Q'_{\text{в} \max} = K_{\text{гр}} K_{\text{в}} q_o F_{\text{ж}} 10^{-6} = 0,25 \cdot 0,6 \cdot 0 \cdot 7285,56 \cdot 10^{-6} = 0,08 \text{ МВт}$$

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

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

$$m = \frac{F_{\text{ж}}}{f_3} = \frac{7285,6}{20} = 364$$

де  $f_3$ - норма загальної площі на одного мешканця (людину), приймається  $f_3=18..25 \text{ м}^2/\text{люд.}$

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

$$Q'_{\text{ГВП}} = q_{\text{Г}} m 10^{-6} = 376 \cdot 364 \cdot 10^{-6} = 0,14 \text{ МВт}$$

де  $q_{\text{Г}}$  - укрупнений показник середнього теплового потоку на гаряче водопостачання на одну людину,  $\text{Вт}/\text{люд.}$ , (Додаток 10[1]);  $m$  - кількість людей.

1.2.8. Зводимо результати розрахунку по кожному кварталу в таблицю 1.2

Таблиця 1.2

### Розрахунок теплових навантажень

Номер кварталу	Площа кварталу, га	Густина (щільність) житлового фонду $\text{м}^2/\text{га}$	Житлова площа кварталу, $\text{м}^2$	Кількість мешканців, чол.	Теплові потоки			
					Опалення $Q'_{\text{ома}}$ МВт	Вентиляція $Q'_{\text{вма}}$ МВт	ГВП $Q'_{\text{ГВП}}$ МВт	Всього 6+7+8, МВт
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0,95	7700	7285,56	364	0,64	0,08	0,14	0,85
2	2,90	4000	11616,26	581	2,31	0,28	0,22	2,80
3	1,26	5900	7443,25	372	0,80	0,10	0,14	1,04
4	1,68	5500	9236,48	462	0,99	0,12	0,17	1,29
5	1,35	7700	10407,94	520	0,91	0,11	0,20	1,22

КР 000.144.008.004.2022.ПЗ

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

1	2	3	4	5	6	7	8	9
6	1,01	8500	8599,55	430	0,75	0,09	0,16	1,00
7	1,08	8500	9156,61	458	0,80	0,10	0,17	1,07
8	0,84	8500	7172,10	359	0,63	0,08	0,13	0,84
9	0,18	8100	1492,99	75	0,13	0,02	0,03	0,17
10	1,22	8500	10375,17	519	0,91	0,11	0,20	1,21
11	0,62	8100	5009,82	250	0,44	0,05	0,09	0,59
12	1,22	7500	9154,56	458	0,80	0,10	0,17	1,07
13	1,10	7200	7933,13	397	0,69	0,08	0,15	0,93
14	1,22	7500	9154,56	458	0,80	0,10	0,17	1,07
15	1,22	7200	8788,38	439	0,77	0,09	0,17	1,03
16	1,42	6800	9664,92	483	0,85	0,10	0,18	1,13
17	1,22	7800	9520,74	476	0,83	0,10	0,18	1,11
18	1,22	7500	9154,56	458	0,80	0,10	0,17	1,07
19	1,36	7800	10607,00	530	0,93	0,11	0,20	1,24
20	1,22	7500	9154,56	458	0,80	0,10	0,17	1,07
<b>Всього</b>	<b>24,31</b>		<b>170928,13</b>	<b>8546</b>	<b>16,58</b>	<b>1,99</b>	<b>3,21</b>	<b>21,79</b>

1.2.9. Визначаємо максимальне теплове навантаження на гаряче водопостачання житлових і громадських споруд на 1 квартал:

$$Q'_{\text{ГВП max}} = 2.4Q'_{\text{ГВП}} = 2.4 \cdot 0.14 = 0,33 \text{ МВт}$$

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

$$Q_{\text{ГВП л}}^{\text{сер}} = Q'_{\text{ГВП}} \frac{55 - t_{\text{х.в. л}}}{55 - t_{\text{х.в. з}}} \beta = 0,14 \frac{55 - 15}{55 - 5} 0,8 = 0,09 \text{ МВт}$$

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

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

$\beta$ - коефіцієнт, що враховує зміну витрати мережної води на гаряче водопостачання в неопалювальний період по відношенню до опалювального; для житлово-комунального сектора  $\beta=0,8$ ; для курортних і південних міст  $\beta=1,5$ ; для підприємств  $\beta=1$ .

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

$$Q_{\text{ГВП max л}}^{\text{сер}} = Q'_{\text{ГВП max}} \frac{55 - t_{\text{х.в. л}}}{55 - t_{\text{х.в. з}}} \beta = 0,33 \frac{55 - 15}{55 - 5} 0,8 = 0,21 \text{ МВт}$$

1.2.12. Визначаємо теплові навантаження на опалення  $Q_0$  та вентиляцію  $Q_v$  для 5-ти характерних температур зовнішнього повітря  $t_{3,0}$ ,  $t_3$ ,  $t_3^{\text{серна}}$ ,  $t_{3,3}$ ,  $t_{3\text{ПК}}$ :

$$Q_0 = Q'_0 \max \bar{Q}_0 = Q'_0 \max \frac{t_{3,п} - t_3}{t_{3,п} - t_{3,0}} = 0,64 \frac{+18 - (-15)}{+18 - (-15)} = 0,64 \cdot 1 = 0,64 \text{ МВт}$$

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

$$Q_B = Q'_B \max \bar{Q}_0 = Q'_B \max \frac{t_{3,p} - t_3}{t_{3,p} - t_{3,0}} = 0,08 \frac{+18 - (-15)}{+18 - (-15)} = 0,08 \cdot 1 = 0,08 \text{ МВт}$$

де  $t_{в.р.}$  - температура повітрі всередині приміщення,  $+18 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $t_{3,0}$  - розрахункова температура зовнішнього повітря на опалення,  $^\circ\text{C}$ .

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 1.3.

Таблиця 1.3

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

№ п/п	Позна- чення	Одиниця виміру	Тепловий потік при $t_3$					літо
			$t_{3,0}$ -15 $^\circ\text{C}$	$t_3$ -10 $^\circ\text{C}$	$t_3^{\text{сер.опал}}$ $t_3$ 0,4 $^\circ\text{C}$	$t_{3,3}$ +1,9 $^\circ\text{C}$	$t_{3\text{ПК}}$ +8 $^\circ\text{C}$	
1	$\bar{Q}_0$		1,00	0,85	0,53	0,49	0,30	
2	$Q_0$	МВт	16,58	14,07	8,84	8,09	5,02	
3	$Q_6$	МВт	1,99	1,69	1,06	0,97	0,60	
4	$Q_{ГВП}$	МВт	3,21	3,21	3,21	3,21	3,21	2,06
5	$Q_{ГВП\max}$	МВт	7,71	7,71	7,71	7,71	7,71	4,94
6	Всього: 2+3+4	МВт	21,79	18,97	13,12	12,27	8,84	2,06
7	Всього: 2+3+5	МВт	26,28	23,47	17,62	16,77	13,34	4,94

1.2.15. Визначаємо річну витрату теплоти (1 квартал):

- на опалення:

$$Q_0^{\text{річн}} = Q'_0 \max n_0 \frac{t_{в.р} - t_3^{\text{сер.опал}}}{t_{в.р} - t_{3,0}} 3,6 =$$

$$= 0,64 \cdot 168 \cdot 24 \cdot \frac{+18 - 0,4}{+18 - (-15)} 3,6 = 4935,06 \text{ ГДж/рік}$$

- на вентиляцію:

$$Q_B^{\text{річн}} = Q'_B \max n_0 \frac{z}{24} \frac{t_{в.р} - t_3^{\text{сер.опал}}}{t_{в.р} - t_{3,0}} 3,6 =$$

$$= 0,08 \cdot 168 \cdot 24 \cdot \frac{16}{24} \cdot \frac{+18 - 0,4}{+18 - (-15)} 3,6 = 394,8 \text{ ГДж/рік}$$

- на гаряче водопостачання:

$$Q_{\text{ГВП}}^{\text{річн}} = (Q'_{\text{ГВП}} \cdot n_0 + Q_{\text{ГВП Л}}^{\text{сер}}(n - n_0)) 3,6 = \\ = (0,14 \cdot 168 \cdot 24 + 0,09(8400 - 168 \cdot 24)) 3,6 = 3366,56 \text{ ГДж/рік}$$

де  $n_i$  - 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;  $t_{\text{з}}^{\text{сер.опал}}$  - середня температура зовнішнього повітря протягом опалювального періоду, °С.

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

$$\sum Q^{\text{річн}} = Q_o^{\text{річн}} + Q_{\text{В}}^{\text{річн}} + Q_{\text{ГВП}}^{\text{річн}} = 4935,06 + 394,80 + 3366,56 = 8696,42 \text{ ГДж/рік}$$

$$\sum Q^{\text{річн}} = 2415,67 \text{ МВт} \cdot \text{год} / \text{рік}$$

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

					КР 000.144.008.004.2022.ПЗ	
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

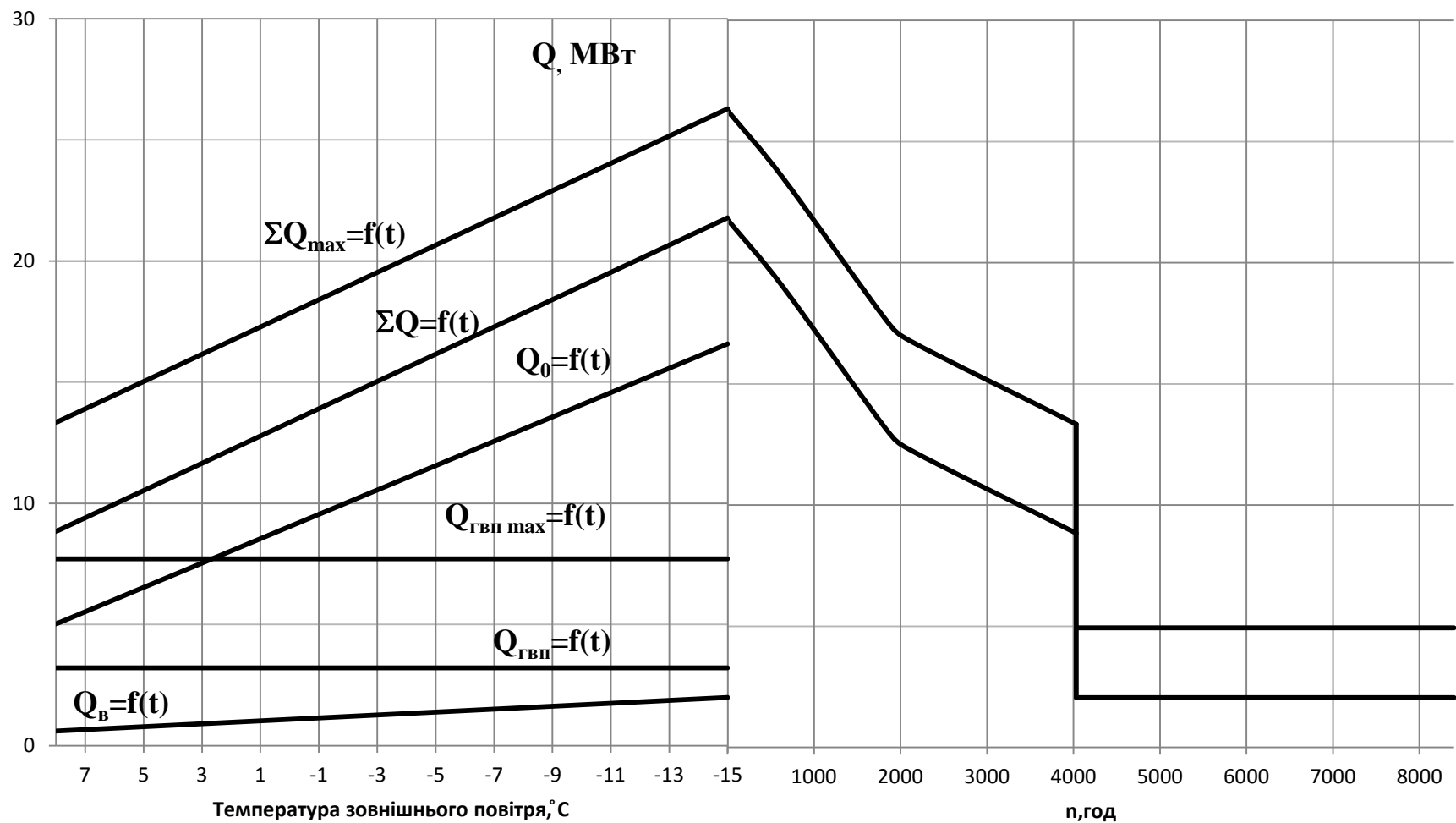


Рис 1.2 Графік зміни теплових навантажень опалення, вентиляції та ГВП на протязі опалювального періоду та року

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

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

1.3.1.1. Визначаємо температуру мережної води для 5-ти характерних температур зовнішнього повітря  $t_{3,0}$ ,  $t_3$ ,  $t_3^{серпна}$ ,  $t_{3,3}$ ,  $t_{зПК}$ :

- в подавальному трубопроводі:

$$\begin{aligned} \tau'_{01} &= t_{в,р} + \Delta t'_0 \bar{Q}_0^{0,8} + \bar{Q}_0 (\delta \tau'_0 - 0,5\theta') = \\ &= 18 + \left( \frac{95+70}{2} - 18 \right) \cdot \left( \frac{18-(-15)}{18-(-15)} \right)^{0,8} + \frac{18-(-15)}{18-(-15)} (45 - 0,5 \cdot 25) = 115 \text{ } ^\circ\text{C} \end{aligned}$$

- після вузла змішування:

$$\begin{aligned} \tau'_{03} &= t_{в,р} + \Delta t'_0 \bar{Q}_0^{0,8} + 0,5\theta' \cdot \bar{Q}_0 = \\ &= 18 + 64,5 \cdot \left( \frac{18-(-15)}{18-(-15)} \right)^{0,8} + 0,5 \cdot 25 \frac{18-(-15)}{18-(-15)} = 95 \text{ } ^\circ\text{C} \end{aligned}$$

після системи опалення (опалювальних приладів):

$$\begin{aligned} \tau'_{02} &= t_{в,р} + \Delta t'_0 \bar{Q}_0^{0,8} - 0,5\theta' \cdot \bar{Q}_0 = \\ &= 18 + 64,5 \cdot \left( \frac{18-(-15)}{18-(-15)} \right)^{0,8} - 0,5 \cdot 25 \frac{18-(-15)}{18-(-15)} = 70 \text{ } ^\circ\text{C} \end{aligned}$$

де  $\Delta t'_0 = \tau'_{пр} - t_{в,р} = 82,5 - 18 = 64,5 \text{ } ^\circ\text{C}$ ;  $\tau'_{пр} = \frac{\tau'_{03} + \tau'_{02}}{2} = (95 + 70)/2 = 82,5 \text{ } ^\circ\text{C}$

$$\bar{Q}_0 = \frac{t_{в,р} - t_3}{t_{в,р} - t_{3,0}} = \frac{+18 - (-15)}{+18 - (-15)} = 1; \delta \tau'_0 = \tau'_{01} - \tau'_{02} = 115 - 70 = 45 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\theta' = \tau'_{03} - \tau'_{02} = 95 - 70 = 25 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$\tau'_{03}$  - 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 ( $t_{зПК} \dots t_{3,3}$ ):

$$G_0 = \frac{Q_0 \cdot 10^3}{c(\tau'_{01} - \tau'_{02})} = \frac{5,02 \cdot 10^3}{4,19(70 - 48,23)} = 55,08 \text{ кг/с}$$

1.3.1.3. Визначаємо витрату мережної води на опалення у другому діапазоні ( $t_{3,3} \dots t_{3,0}$ ), витрата є постійною і дорівнює розрахунковій, за формулою (4.5):

$$G'_{0 \max} = \frac{Q'_{0 \max} \cdot 10^3}{c(\tau'_{01} - \tau'_{02})} = \frac{16,58 \cdot 10^3}{4,19(115 - 70)} = 87,95 \text{ кг/с}$$

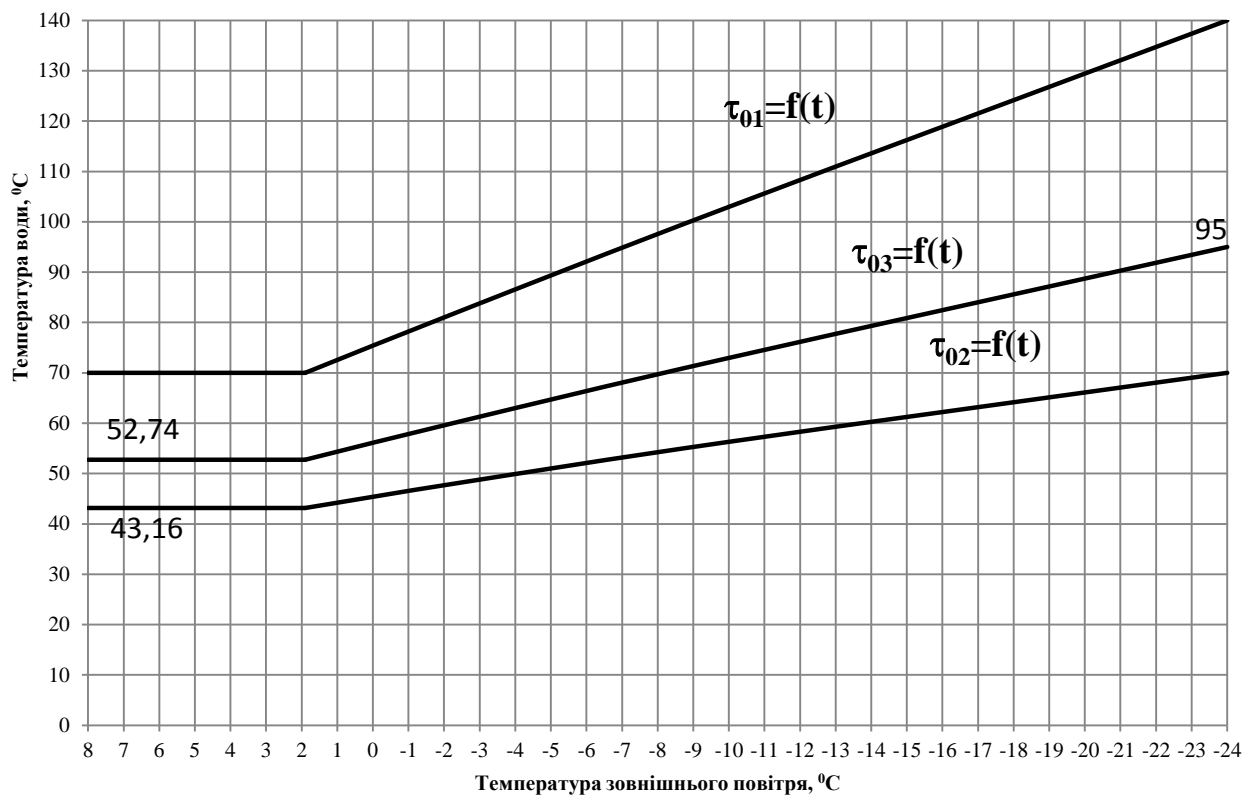
1.3.1.4 Зводимо результати визначення температур і витрат в таблицю 1.4.

					КР 000.144.008.004.2022.ПЗ
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	

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

Позначення	Одиниця виміру	Температура і витрата мережної води при				
		$t_{3,0}$ -15 °C	$t_3$ -10 °C	$t_{серва}$ $t_3$ 0,4 °C	$t_{3,3}$ +1,9 °C	$t_{зпк}$ +8 °C
$\tau_{01}$	°C	115	102,13	74,34	70	70
$\tau_{02}$	°C	70	63,95	50,34	48,23	48,23
$\tau_{03}$	°C	95	85,16	63,68	60,42	60,42
$G_0$	кг/с	87,95	87,95	87,95	87,95	55,08

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



					КР 000.144.008.004.2022.ПЗ
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	





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

1.3.2.13. Визначаємо витрату мережної води через підігрівник 1-го ступеню, за формулою (4.24) [1]:

$$G_I = G_{II} + G'_{0\max} = 16,66 + 63,57 = 80,23 \text{ кг/с}$$

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

$$\tau_{см} = \frac{G'_{0\max}}{G_I} \cdot \tau_{02} + \frac{G_{II}}{G_I} \cdot \tau_{2r} = \frac{63,57}{80,23} \cdot 48,24 + \frac{16,66}{80,23} \cdot 37,80 = 46,07 \text{ C}$$

На цьому попередній розрахунок закінчуємо.

### **Кінцевий розрахунок.**

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

$$Q_I = c \varepsilon_I G_M (\tau_{см} - t_{x.3}) = 4,19 \cdot 0,82 \cdot 33,47 (46,07 - 5) = 4,69 \text{ МВт}$$

$$\varepsilon_I = \left( 0,35 \frac{G_M}{G_{\phi}} + 0,65 + \frac{1}{\Phi_I} \sqrt{\frac{G_M}{G_{\phi}}} \right)^{-1} = \left( 0,35 \frac{33,47}{80,23} + 0,65 + \frac{1}{1,5} \sqrt{\frac{33,47}{80,23}} \right)^{-1} = 0,82$$

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

$$t_{п} = t_{x.3} + \frac{Q_I \cdot 10^3}{c \cdot q_{GM}} = 5 + \frac{4,69 \cdot 10^3}{4,19 \cdot 33,47} = 38,47 \text{ C}$$

1.3.2.17. Визначаємо теплопродуктивність підігрівника 2-го ступеню, за формулою (4.22) [1]:

$$Q_{II} = Q_{ГВП\max} - Q_I = 7,71 - 4,69 = 3,02 \text{ МВт}$$

1.3.2.18. Визначаємо витрату мережної води через підігрівник 2-го ступеню за формулою (4.26) [1]:

$$G_{II} = \frac{1,7 \Phi_{II}^2 q_{\varepsilon M}}{\left[ -1 + \sqrt{1 + 2,6 \Phi_{II}^2 \left( \frac{(\tau_{01} - t_n) c q_{\varepsilon M}}{Q_{II} 10^3} - 0,35 \right)} \right]^2} = \frac{1,7 \cdot 2,85^2 \cdot 33,47}{\left[ -1 + \sqrt{1 + 2,6 \cdot 2,85^2 \cdot \left( \frac{(82,40 - 38,47) \cdot 4,19 \cdot 33,47}{3,02 \cdot 10^3} - 0,35 \right)} \right]^2} = 14,66 \text{ кг/с}$$

1.3.2.19. Визначаємо температуру мережної води на виході із підігрівника 2-го ступеню, за формулою (4.28) [1]:

$$\tau_{2r} = \tau_{01} - \frac{Q_{II} \cdot 10^3}{G_{II} \cdot c} = 82,40 - \frac{3,02 \cdot 10^3}{14,66 \cdot 4,19} = 33,25 \text{ C}$$

1.3.2.20. Визначаємо витрату мережної води через підігрівник 1-го ступеню, за формулою (4.24) [1]:

					КР 000.144.008.004.2022.ПЗ
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	

$$G_I = G_{II} + G'_{0 \max} = 14,66 + 63,57 = 78,23 \text{ кг/с}$$

1.3.2.21. Визначаю температуру мережної води на вході в підігрівник 1-го ступеню, за формулою (4.25) [1]:

$$\tau_{\text{см}} = \frac{G'_{0 \max}}{G_I} \cdot \tau_{02} + \frac{G_{II}}{G_I} \cdot \tau_{2\Gamma} = \frac{84,26}{78,23} \cdot 48,24 + \frac{22,70}{78,23} \cdot 33,25 = 45,43 \text{ С}$$

1.3.2.22. Перевіряю теплову продуктивність 1-го і 2-го ступенів підігрівників за формулами (4.20)-(4.22) [1]. Якщо знайдені величини близько співпадають з даними попереднього розрахунку, то розрахунок закінчено. В протилежному випадку знову провести уточнюючий розрахунок за вищенаведеною методикою.

- Визначаємо теплопродуктивність 1-го ступеню:

$$Q_I = c \varepsilon_I G_M (\tau_{\text{см}} - t_{x,3}) = 4,19 \cdot 0,81 \cdot 33,47 (45,43 - 5) = 4,59 \text{ МВт}$$

$$\varepsilon_I = \left( 0,35 \frac{G_{M_I}}{G_{\delta_I}} + 0,65 + \frac{1}{\Phi_I} \sqrt{\left[ \frac{G_{M_I}}{G_{\delta_I}} \right]} \right)^{-1} = \left( 0,35 \cdot \frac{33,47}{78,23} + 0,65 + \frac{1}{1,5} \cdot \sqrt{\left[ \frac{33,47}{78,23} \right]} \right)^{-1} = 0,81$$

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

$$t_{\Pi} = t_{x,3} + \frac{Q_I \cdot 10^3}{c \cdot q_{\Gamma M}} = 5 + \frac{4,59 \cdot 10^3}{4,19 \cdot 33,47} = 37,71 \text{ С}$$

- Визначаємо теплопродуктивність підігрівника 2-го ступеню:

$$Q_{II} = Q_{\Gamma \text{ВП} \max} - Q_I = 7,71 - 4,59 = 3,13 \text{ МВт}$$

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

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

$$= \frac{1,7 \cdot 2,85^2 \cdot 33,47}{\left[ -1 + \sqrt{1 + 2,6 \cdot 2,85^2 \cdot \left( \frac{(82,40 - 37,71) \cdot 4,19 \cdot 33,47}{3,13 \cdot 10^3} - 0,35 \right)} \right]^2} = 14,96 \text{ кг/с}$$

$$- G_{II} \leq \frac{Q_{II} 10^3}{(\tau_{01} - t_n) c} \quad (\text{т.б. } 14,96 < 17,07)$$

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

$$\tau_{2\Gamma} = \tau_{01} - \frac{Q_{II} \cdot 10^3}{G_{II} \cdot c} = 82,40 - \frac{3,13 \cdot 10^3}{17,07 \cdot 4,19} = 38,71 \text{ С}$$

- Визначаємо витрату мережної води через підігрівник I ступеню:

$$G_I = G_{II} + G'_{0 \max} = 17,07 + 63,57 = 80,64 \text{ кг/с}$$

Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		КР 000.144.008.004.2022.ПЗ

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

$$\tau_{cm} = \frac{G'_{0max}}{G_I} \cdot \tau_{02} + \frac{G_{II}}{G_I} \cdot \tau_{2r} = \frac{63,57}{80,64} \cdot 48,24 + \frac{17,07}{80,64} \cdot 38,71 = 46,22 \text{ C}$$

- Визначаємо теплопродуктивність 1-го ступеню:

$$Q_I = c \varepsilon_I G_M (\tau_{cm} - t_{x.3}) = 4,19 \cdot 0,82 \cdot 33,47 (46,22 - 5) = 4,72 \text{ МВт}$$

$$\varepsilon_I = \left( 0,35 \frac{G_{M_I}}{G_{b_I}} + 0,65 + \frac{1}{\Phi_I} \sqrt{\left[ \frac{G_{M_I}}{G_{b_I}} \right]} \right)^{-1} = \left( 0,35 \cdot \frac{33,47}{80,64} + 0,65 + \frac{1}{1,5} \cdot \sqrt{\left[ \frac{33,47}{80,64} \right]} \right)^{-1} = 0,82$$

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

$$t_{II} = t_{x.3} + \frac{Q_I \cdot 10^3}{c \cdot q_{GM}} = 5 + \frac{4,72 \cdot 10^3}{4,19 \cdot 33,47} = 38,65 \text{ C}$$

- Визначаємо теплопродуктивність підігрівника 2-го ступеню:

$$Q_{II} = Q_{ГВП max} - Q_I = 7,71 - 4,72 = 2,99 \text{ МВт}$$

1.3.2.23. Визначаємо температуру мережної води на виході з підігрівника 1-го ступеню, за формулою (4.29) [1]:

$$\tau_2 = \tau_{cm} - \frac{Q_I \cdot 10^3}{G_I \cdot c} = 46,22 - \frac{4,72 \cdot 10^3}{80,64 \cdot 4,19} = 32,26 \text{ C}$$

1.3.2.24. Здійснюємо перевірку, за формулою (4.30) [1] °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:

$$G_{ГВП} = \frac{Q_{ГВПЛ}^{сер} \cdot 10^3}{(\tau_{01}''' - 30) \cdot c} = \frac{2,06 \cdot 10^3}{(70 - 30) \cdot 4,19} = 12,27 \text{ кг/с}$$

1.3.2.26. Зводимо результати розрахунків у таблицю 1.5.

Таблиця 1.5

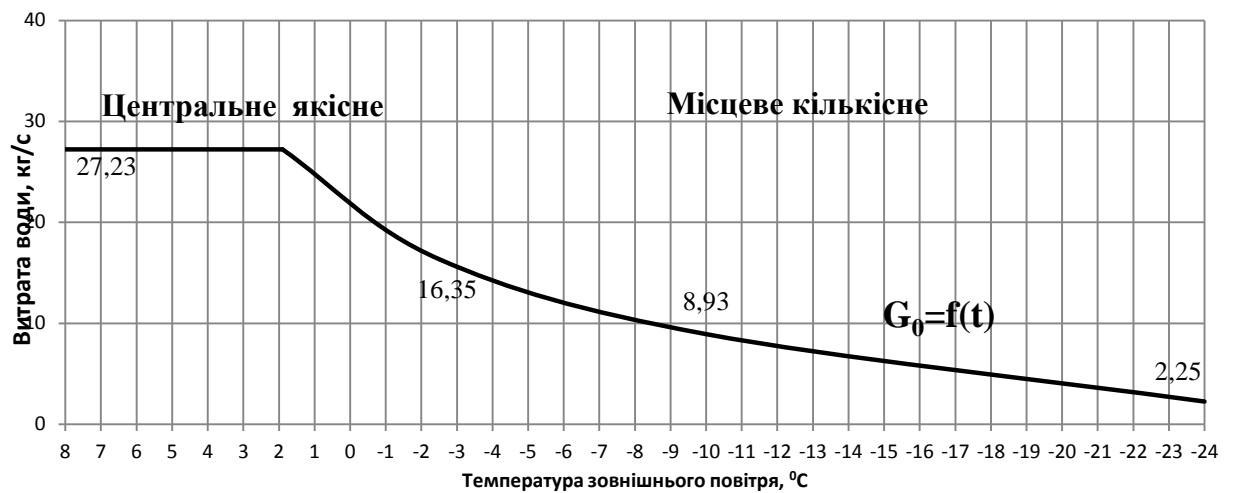
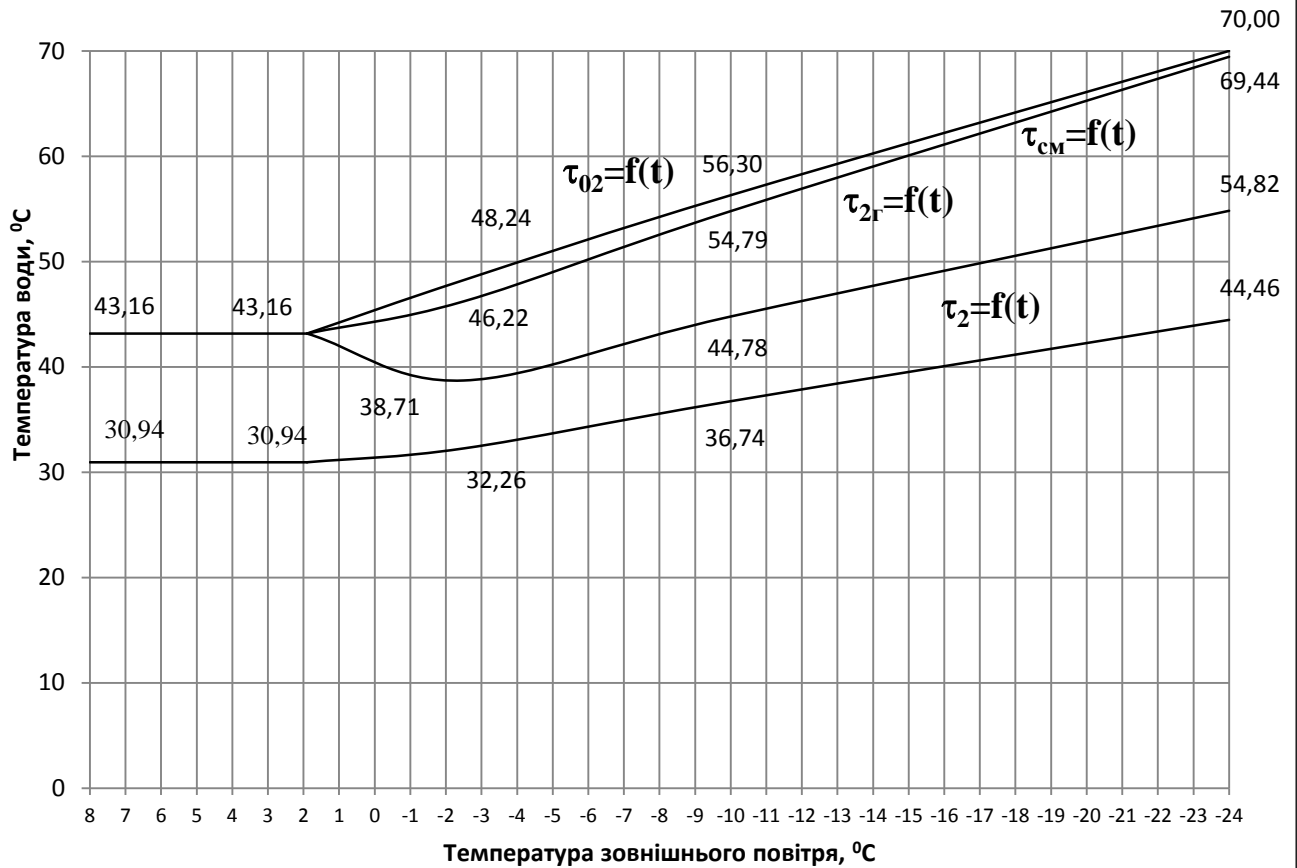
**Результати розрахунку витрат та температур мережної води на ГВП**

Позначення	Одиниця виміру	Температура мережної води при					
		$t_{3.0}$ -24 °C	$t_3$ -10 °C	$t_3^{серна}$ -2,5 °C	$t_{3.3}$ 1,9 °C	$t_{ЗПК}$ +8 °C	літо
$\tau_{02}$	°C	70,00	56,30	48,24	43,16	43,16	70
$\tau_{22}$	°C	54,82	44,78	38,71	43,16	43,16	30
$t_n$	°C	54,27	44,47	38,65	38,16	38,16	60
$\tau_{cm}$	°C	69,44	54,79	46,22	43,16	43,16	-
$\tau_2$	°C	44,46	36,74	32,26	30,94	30,94	-
$G_{ГВП}$	кг/с	2,25	8,93	16,35	27,23	27,23	12,27

КР 000.144.008.004.2022.ПЗ

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

1.3.2.27. Будує 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

					КР 000.144.008.004.2022.ПЗ
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	



1.3.3.6. Визначаю витрату мережної води на вентиляцію, за формулою (4.39):

$$G_{\text{вен}} = \frac{Q_{\text{вен}} \cdot 10^3}{c \cdot (\tau_{01} - \tau_{2в})} = \frac{0,53 \cdot 10^3}{4,19(70 - 19,56)} = 2,52 \text{ кг/с}$$

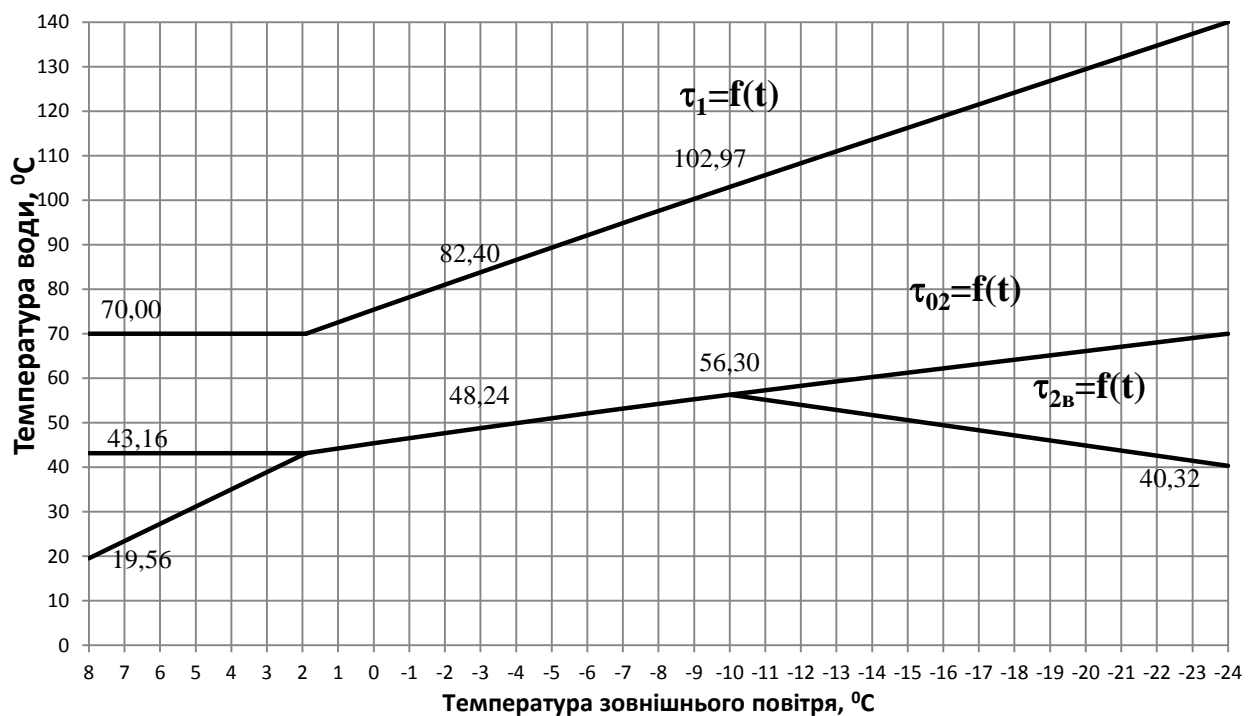
1.3.3.7. Зводимо результати розрахунків у таблицю 1.6.

Таблиця 1.6

**Результати розрахунку витрат та температур мережної води на вентиляцію**

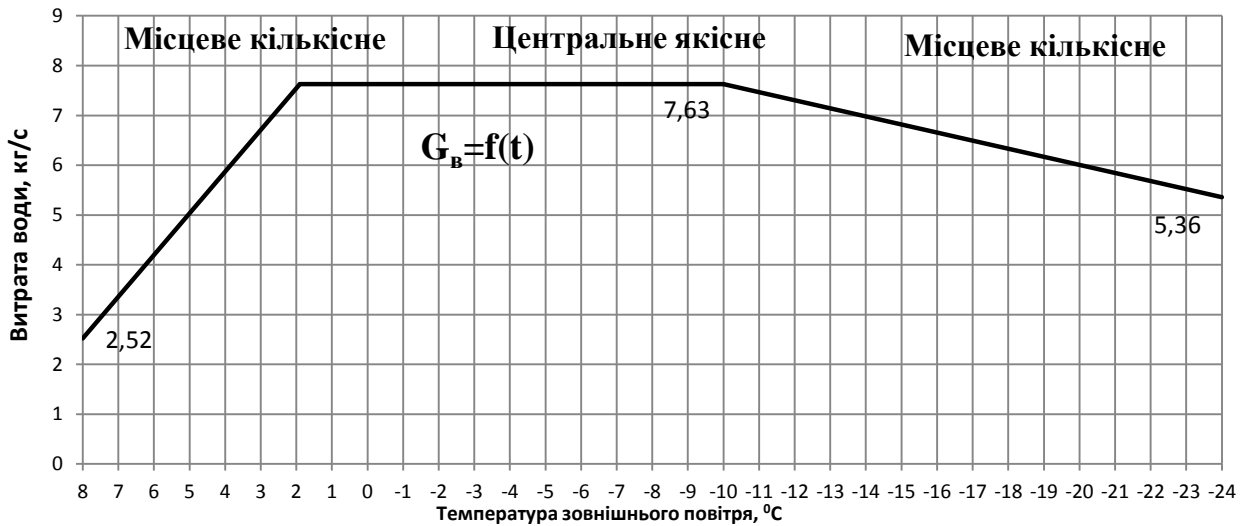
Позначення	Одиниця виміру	Температура і витрата мережної води при				
		$t_{3,0}$ -24 °C	$t_3$ -10 °C	$t_3^{\text{серпна}}$ -2,5 °C	$t_{3,3}$ 1,9 °C	$t_{3\text{ПК}}$ +8 °C
$\tau_1$	°C	140,00	102,97	82,40	70,00	70,00
$\tau_{02}$	°C	70,00	56,30	48,24	43,16	43,16
$\tau_{2в}$	°C	40,32	56,30	48,24	43,16	19,56
$G_в$	кг/с	5,36	7,63	7,63	7,63	2,52

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



**Рис.1.5 (а) Графік залежності температури мережної води після калориферів від температури зовнішнього повітря**

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



**Рис.1.5 (б) Графіки залежності витрати мережної води на вентиляцію від температури зовнішнього повітря**

#### 1.4. ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВИХ ВИТРАТ ТЕПЛОНОСІЯ

1.4.1. Визначаю розрахункову витрату мережної води:

- на опалення, за формулою (6.1)

$$G'_{o\max} = \frac{Q'_{o\max} 10^3}{c(\tau'_{o1} - \tau'_{o2})} = \frac{0,64 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (115 - 70)} = 3,38 \text{ кг/с}$$

- на вентиляцію, для максимально зимового режиму:

$$G_{\epsilon\max} = \frac{Q_{\epsilon\max} 10^3}{c(\tau'_{o1} - \tau'_{2\epsilon})} = \frac{0,08 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (115 - 56,53)} = 0,31 \text{ кг/с}$$

- середня при двоступеневих схемах приєднання підігрівників води в системі ГВП, за формулою (6.5)

$$G_{ГВП}^{сеп} = \frac{Q'_{ГВП} 10^3}{c(\tau''_{o1} - \tau''_{o2})} \left( \frac{55 - t'}{55 - t_x} + 0,2 \right) = \frac{0,14 \cdot 10^3}{4,19(70 - 48,23)} \cdot \frac{55 - (48,23 - 5)}{55 - 5} = 0,35 \text{ кг/с}$$

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

- максимальна при двоступеневих схемах приєднання підігрівників води в системі ГВП, за формулою (6.8)

$$G_{ГВП}^{\max} = \frac{0,55 Q'_{ГВП\max} 10^3}{c(\tau''_{o1} - \tau''_{o2})} = \frac{0,55 \cdot 7,71 \cdot 10^3}{4,19(70 - 48,23)} = 46,5 \text{ кг/с}$$

1.4.2. Визначаю сумарні розрахункові витрати мережної води, за формулою (6.9):

$$G' = G'_{o\max} + G_{\epsilon\max} + K_3 G_{ГВП}^{сеп} = 3,38 + 0,31 + 1,2 \cdot 0,35 = 4,12 \text{ кг/с}$$

					КР 000.144.008.004.2022.ПЗ
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	

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 (6.11):

$$G'_л = \frac{Q_{ГВЛ}^{сер} \cdot 10^3}{(\tau_{01}'' - 30)c} = \frac{0,09 \cdot 10^3}{(70 - 30) \cdot 4,19} = 0,52 \text{ кг/с}$$

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					
	$G'_{\text{ма}}$	$G'_{\text{вма}}$	$G_{ГВЛ}^{сер}$	$K_3 \cdot G_{ГВЛ}^{сер}$	$G'$	$G'_л$
1	3,38	0,31	0,35	0,42	4,12	0,52
2	12,24	1,13	0,56	0,68	14,05	0,83
3	4,24	0,39	0,36	0,43	5,07	0,53
4	5,27	0,49	0,45	0,54	6,29	0,66
5	4,83	0,45	0,51	0,61	5,88	0,75
6	3,99	0,37	0,42	0,50	4,86	0,62
7	4,25	0,39	0,44	0,53	5,17	0,66
8	3,33	0,31	0,35	0,42	4,05	0,51
9	0,69	0,06	0,07	0,09	0,84	0,11
10	4,81	0,44	0,50	0,60	5,86	0,74
11	2,32	0,21	0,24	0,29	2,83	0,36
12	4,25	0,39	0,44	0,53	5,17	0,66
13	3,68	0,34	0,38	0,46	4,48	0,57
14	4,25	0,39	0,44	0,53	5,17	0,66
15	4,08	0,38	0,43	0,51	4,97	0,63
16	4,49	0,41	0,47	0,56	5,46	0,69
17	4,42	0,41	0,46	0,55	5,38	0,68
18	4,25	0,39	0,44	0,53	5,17	0,66
19	4,92	0,45	0,51	0,62	5,99	0,76
20	4,25	0,39	0,44	0,53	5,17	0,66
<b>всього</b>	<b>87,95</b>	<b>8,12</b>	<b>8,29</b>	<b>9,95</b>	<b>106,02</b>	<b>12,27</b>

## 1.5. ВИХІДНІ ДАНІ ДО ЧАСТИНИ 2 ПРОЕКТА

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

$$\tau_2 = \frac{(G_o + G_{ГВП})}{(G_o + G_{ГВП}) + G_v} \tau_{o2ГВП} + \frac{G_v}{(G_o + G_{ГВП}) + G_v} \tau_{o2в} =$$

$$= \frac{87,95 + 1,83}{87,95 + 1,83 + 8,12} \cdot 50,42 + \frac{8,12}{87,95 + 1,83 + 8,12} \cdot 56,53 = 50,93 \text{ } ^\circ\text{C}$$

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

$$\tau_2 = \frac{87,95 + 25,78}{87,95 + 25,78 + 10,55} \cdot 36,98 + \frac{10,55}{87,95 + 25,78 + 10,55} \cdot 48,23 = 37,93 \text{ } ^\circ\text{C}$$

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 для Ч.2 проекту

№ п.п.	Назва параметра	Ум. Позн.	Од. виміру	Характерні режими експлуатації теплофікаційної системи		
				Максимально-зимовий	Точки зламу температурного графіка	Літній
1	Місто розташування котельні			Миколаїв		
2	Тип системи теплопостачання			Закрита		
3	Температурна характеристика тепломережі району	$\tau_1/\tau_2$	$^\circ\text{C}/^\circ\text{C}$	115/70		
4	Температура зовнішнього повітря	$t_{зовн}$	$^\circ\text{C}$	-15,00	1,9	15-30
5	Теплове навантаження системи опалення	$Q_{оп}$	МВт	16,58	8,09	-
6	Теплове навантаження системи ГВП	$Q_{ГВП}$	МВт	7,71	7,71	2,06
7	Теплове навантаження системи вентиляції	$Q_{вент}$	МВт	1,99	0,97	
8	Річне теплове навантаження житлового району	$Q_{жр}^{рік}$	ГДж/рік	217622,59		
9	Теплове навантаження промислового підприємства (Теплоносій – гаряча вода)	$Q_{п.п}$	МВт	9	9	9

КР 000.144.008.004.2022.ПЗ

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



## РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ КОТЕЛЬНОЇ З ВОДОГРІЙНИМИ КОТЛАМИ

### 2.1. ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ ТЕПЛОВОГО 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 здійснюють балансову перевірку взаємоузгодженості по тепловій енергії одержаних в розділі 1 проекту результатів для трьох режимів за наступним балансовим рівнянням:

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

МЗ: 30 (Висновок – результати для режиму МЗ - взаємоузгоджені)

ТЗ: 18,64 (Висновок – результати для режиму ТЗ - взаємоузгоджені)

Л: 2,09 (Висновок – результати для режиму Л - взаємоузгоджені)

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

Таблиця 2.1

#### 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	$Q_{\text{н}}^{\text{р}}$	кДж/м <sup>3</sup>	33730,0			Сертифікат палива
3	Температура в деаераторі	$t_{\text{да}}$	°С	65°	65°	65°	Е.Р: 70 °С – 60 °С
4	Розрідження в деаераторі	$r_{\text{да}}$	бар	0,75	0,75	0,75	Е.Р: 0,70 – 0,80 бар
5	Номінальна температура води на вході в котел	$t'_{\text{вк.ном}}$	°С	70°	70°	70°	Е.Р. для водогрійних котлів

КР 000.144.008.004.2022.ПЗ

Зм.	Ар-	№ докум.	Підпис	Дата	Проект системи теплопостачання житлово-промислового району №5 в м. Миколаїв	Літера	Аркуш	Аркушів
Розробив		Охріменко						
Перевірів		Філоненко В.М.						
Н. Контр.								
Затвердив		Петренко В.П.						
						ТЕ-4-13ск кафедра ННІТІ		

## Продовження таблиці 2.1

6	Номінальна температура води на виході з котла	$t''_{\text{ВК.НОМ}}$	°C	150°	150°	150°	“—”
7	Температура сирієї води	$t'_{\text{с.в}}$	°C	5°	5°	15°	Е.Р: – 5 °C для МЗ та ТЗ режимів, 15 °C – для режима Л
8	Температура сирієї води перед станцією хімічного очищення	$t''_{\text{с.в}}$	°C	15°	15°	15°	Е.Р: 15 °C - 20 °C
9	Температура хімічного очищення води на виході зі станції ХВО	$t'_{\text{хов}}$	°C	20°	20°	20°	Е.Р: 15 °C – 20 °C
10	Температура хімічного очищення води перед деаератором	$t''_{\text{хов}}$	°C	55°	55°	55°	Е.Р: 50 °C – 65 °C
11	Температура технологічної води на вході в котельню	$t'_{\text{техн.в}}$	°C	5°	5°	15°	Е.Р: 8 °C для МЗ та ТЗ режимів, 15 °C для режима Л
12	Температура технологічної води на виході з котельні	$t''_{\text{техн.в}}$	°C	95°	95°	95°	Технологічний регламент промислового підприємства
13	Температура грієної води на вході у внутрішньокотельні підігрівники та на вході в деаератор	$t'_{\text{ТОА}}$	°C	150°	150°	150°	Е.Р: $t'_{\text{ТОА}} = t''_{\text{ВК.НОМ}}$
14	Температура грієної води на виході з внутрішньокотельних підігрівників	$t''_{\text{ТОА}}$	°C	65°	65°	65°	Е.Р: $t''_{\text{ТОА}} = 65 \text{ °C}$
15	Коефіцієнт випара з деаератора	$\alpha_{\text{вип.}}$	од	0,01	0,01	0,01	Е.Р: 0,005 – 0,01
16	Коефіцієнт власних потреб станції хімічного очищення	$K_{\text{ХВО}}$	од.	1,10	1,10	1,10	Е.Р: 1,05 – 1,10

КР 000.144.008.004.2022.ПЗ

Змін. Арк. № документа Підпис Дата

## 2.2. ФОРМУВАННЯ ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ ВОДОГРІЙНОЇ КОТЕЛЬНОЇ

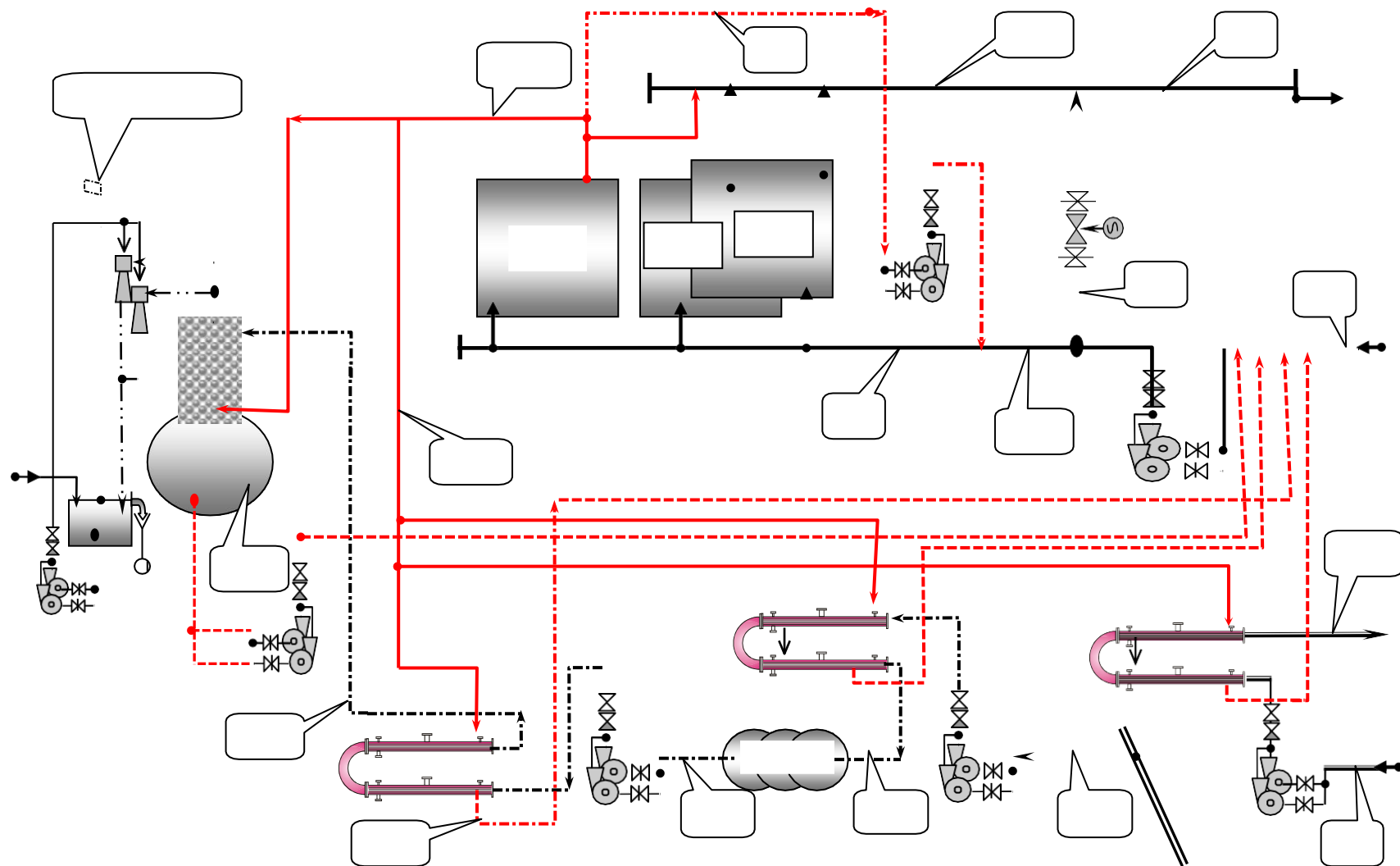


Рис 2.1 Принципова теплотехнологічна схема котельні у відповідності до встановлених технічних рішень, щодо напрямлення потоків енергоносіїв.

### 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
$\sum Q_{ЖР}$	=	30,00	30,00		
$\sum Q_{ЖР}$	=	18,64		18,64	
$\sum Q_{ЖР}$	=	2,09			2,09

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

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

Результати визначення наводжу у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3

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

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

Результати визначення наводжу у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4

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

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

Результати визначення наводжу у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5

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

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

Результати визначення наводжу у таблиці 2.6.

					КР 000.144.008.004.2022.ПЗ	
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 2.6

Визначення результату			Значення для режимів, °С		
			МЗ	ТЗ	Л
$t_{TOA}$	=	65,00	65,00	65,00	65,00

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

$$G_{ДА}^{підж} = G_{убут}$$

Результати визначення наводжу у таблиці 2.7.

Таблиця 2.7

Визначення результату			Значення для режимів, т/год		
			МЗ	ТЗ	Л
$G_{ДА}^{підж}$	=	12,00	12,00		
$G_{ДА}^{підж}$	=	12,00		12,00	
$G_{ДА}^{підж}$	=	2,00			2,00

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
$G_{ДА}^{гр.в}$	=	2,84	2,84		
$G_{ДА}^{гр.в}$	=	2,84		2,84	
$G_{ДА}^{гр.в}$	=	0,47			0,47
Визначення результату			Значення для режимів, МВт		
			МЗ	ТЗ	Л
$Q_{ДА}$	=	0,28	0,28		
$Q_{ДА}$	=	0,28		0,28	
$Q_{ДА}$	=	0,05			0,05

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

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

Результати визначення наводжу у таблиці 2.9.

Таблиця 2.9

Визначення результату			Значення для режимів, т/год		
			МЗ	ТЗ	Л
$G''_{ДА}$	=	14,72	14,72		
$G''_{ДА}$	=	14,72		14,72	
$G''_{ДА}$	=	2,45			2,45

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

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
$G_{\text{ХОВ}}$	=	12,12	12,12		
$G_{\text{ХОВ}}$	=	12,12		12,12	
$G_{\text{ХОВ}}$	=	2,02			2,02

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

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

Результати визначення наводжу у таблиці 2.11.

Таблиця 2.11

Визначення результату			Значення для режимів, т/год		
			МЗ	ТЗ	Л
$G_{\text{с.в.}}$	=	14,54	14,54		
$G_{\text{с.в.}}$	=	14,54		14,54	
$G_{\text{с.в.}}$	=	2,42			2,42

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
$Q_{\text{ПСВ}}$	=	0,25	0,25		
$Q_{\text{ПСВ}}$	=	0,25		0,25	
$Q_{\text{ПСВ}}$	=	0,01			0,01
Визначення результату			Значення для режимів, т/год		
			МЗ	ТЗ	Л
$G_{\text{ПСВ гр.в.}}$	=	2,57	2,57		
$G_{\text{ПСВ гр.в.}}$	=	2,57		2,57	
$G_{\text{ПСВ гр.в.}}$	=	0,14			0,14

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

- за формулою:

					КР 000.144.008.004.2022.ПЗ
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	

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

- за формулою:

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

Результати визначення навожу у таблиці 2.13.

Таблиця 2.13

Визначення результату			Значення для режимів, МВт		
			МЗ	ТЗ	Л
QПХВ	=	0,49	0,49		
QПХВ	=	0,49		0,49	
QПХВ	=	0,08			0,08
Визначення результату			Значення для режимів, т/год		
			МЗ	ТЗ	Л
ГПХВ гр.в.	=	4,99	4,99		
ГПХВ гр.в.	=	4,99		4,99	
ГПХВ гр.в.	=	0,83			0,83

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

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

- за формулою:

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

- за формулою:

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

Результати визначення наводжу у таблиці 2.14.

Таблиця 2.14

Визначення результату			Значення для режимів, т/год		
			МЗ	ТЗ	Л
G техн.в.	=	85,71	85,71		
G техн.в.	=	85,71		85,71	
G техн.в.	=	96,43			96,43
Визначення результату			Значення для режимів, МВт		
			МЗ	ТЗ	Л
QПТВ	=	9,00	9,00		
QПТВ	=	9,00		9,00	
QПТВ	=	9,00			9,00
Визначення результату			Значення для режимів, т/год		
			МЗ	ТЗ	Л
ГПТВ гр.в.	=	90,76	90,76		
ГПТВ гр.в.	=	90,76		90,76	
ГПТВ гр.в.	=	90,76			90,76

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

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

Результати визначення наводжу в таблиці 2.15.

Таблиця 2.15

Визначення результату			Значення для режимів, т/год		
			МЗ	ТЗ	Л
$\Sigma G_{\text{вн гр.в.с.в.}}$	=	101,15	101,15		
$\Sigma G_{\text{вн гр.в.с.в.}}$	=	101,15		101,15	
$\Sigma G_{\text{вн гр.в.с.в.}}$	=	92,20			92,20

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

$$t_{\text{звор}} = (G_2 \cdot t_2 + G_{\text{ПТВ}}^{\text{гр.в.}} \cdot t''_{\text{ТОА}} + G_{\text{ПХВ}}^{\text{гр.в.}} \cdot t''_{\text{ТОА}} + G_{\text{ПСВ}}^{\text{гр.в.}} \cdot t''_{\text{ТОА}} + G''_{\text{ДА}} \cdot t''_{\text{ДА}}) / (G_2 + G_{\text{ПТВ}}^{\text{гр.в.}} + G_{\text{ПХВ}}^{\text{гр.в.}} + G_{\text{ПСВ}}^{\text{гр.в.}} + G''_{\text{ДА}})$$

Результати визначення наводжу у таблиці 2.16.

Таблиця 2.16

Визначення результату			Значення для режимів, т/год		
			МЗ	ТЗ	Л
Тзвор	=	55,96	55,96		
Тзвор	=	44,11		44,11	
Тзвор	=	54,44			54,44

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

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

Результати визначення наводжу у таблиці 2.17.

Таблиця 2.17

Визначення результату			Значення для режимів, МВт		
			МЗ	ТЗ	Л
$\Sigma Q_{\text{КОТ}}$	=	39,96	39,96		
$\Sigma Q_{\text{КОТ}}$	=	28,61		28,61	
$\Sigma Q_{\text{КОТ}}$	=	11,20			11,20

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

Приймаю до встановлення 2 котла **КВ-ГМ-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

					КР 000.144.008.004.2022.ПЗ
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	

Таблиця 2.18

Позн.	Одиниця виміру	Визначення результату
ТИП		<b>КВ-ГМ-10</b>
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 навожу у таблиці 2.19.

Таблиця 2.19

Визначення результату			Значення для режимів, шт		
			МЗ	ТЗ	Л
$N_{\text{ВК.ВСТ}}$	=	3,44	4,00		
$N_{\text{ВК.ВСТ}}$	=	2,47		3,00	
$N_{\text{ВК.ВСТ}}$	=	0,97			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.

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

Результати визначення наводжу у таблиці 2.20

Таблиця 2.20

Визначення результату			Значення для режимів, шт		
			МЗ	ТЗ	Л
$N_{\text{ВК.З}}$	=	1,00	1,00		
$N_{\text{ВК.З}}$	=	1,00		1,00	
$N_{\text{ВК.З}}$	=	0,00			0,00

2.3.21. 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 2.21

Таблиця 2.21

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

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

- у разі експлуатації в котельні двох або більше котлоагрегатів:

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

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

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

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

- у разі експлуатації в котельні одного котлоагрегата:

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

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

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

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

Результати визначення навожу у таблиці 2.22

Таблиця 2.22

Визначення результату				Значення для режимів			
				МЗ	ТЗ	Л	
$Q_{\text{ВК.Б}}$	=	11,60	4	котла	11,60		
$t'_{\text{ВК.Б}}$	=	70,00			70,00		
$t''_{\text{ВК.Б}}$	=	150,00			150,00		
$G_{\text{ВК.Б}}$	=	123,50			123,50		
Визначення результату				Значення для режимів			
				МЗ	ТЗ	Л	
$Q_{\text{ВК.Б}}$	=	11,60	3	котла		11,60	
$t'_{\text{ВК.Б}}$	=	70,00				70,00	
$t''_{\text{ВК.Б}}$	=	150,00				150,00	
$G_{\text{ВК.Б}}$	=	123,50				123,50	
Визначення результату				Значення для режимів			
				МЗ	ТЗ	Л	
$Q_{\text{ВК.Б}}$	=	11,20	1	котла			11,20
$t'_{\text{ВК.Б}}$	=	70,00					70,00
$t''_{\text{ВК.Б}}$	=	150,00					150,00
$G_{\text{ВК.Б}}$	=	119,96					119,96

2.3.23. 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 2.23.

Таблиця 2.23

Визначення результату				Значення для режимів, МВт			
				МЗ	ТЗ	Л	
$\sum Q_{\text{ВК.З}}$	=	28,36			28,36		
$\sum Q_{\text{ВК.З}}$	=	17,01				17,01	
$\sum Q_{\text{ВК.З}}$	=	0,00					0,00

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

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

Результати визначення навожу у таблиці 2.24.

Таблиця 2.24

Визначення результата			Значення для режимів, МВт		
			МЗ	ТЗ	Л
$Q_{ВК.3}$	=	9,45	9,45		
$Q_{ВК.3}$	=	8,50		8,50	
$Q_{ВК.3}$	=	0,00			0,00

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

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

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

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

$$G_{ВК.3} = G_{ВК.НОМ}$$

- для Л режима (за відсутності такого котла):

$$G_{ВК.3} = 0,0$$

Результати визначення навести у таблиці 2.25.

Таблиця 2.25

Визначення результата			Значення для режимів, т/год		
			МЗ	ТЗ	Л
$G_{ВК.3}$	=	101,28	101,28		
$G_{ВК.3}$	=	123,50		123,50	
$G_{ВК.3}$	=	0,00			0,00

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

$$\sum G_{ВК} = G_{ВК.Б} + N_{ВК.3} \cdot G_{ВК.3}$$

Результати визначення наводжу у таблиці 2.26.

Таблиця 2.26

Визначення результата			Значення для режимів, т/год		
			МЗ	ТЗ	Л
$\sum G_{ВК}$	=	427,35	427,35		
$\sum G_{ВК}$	=	370,50		370,50	
$\sum G_{ВК}$	=	119,96			119,96

2.3.28. Визначаю температуру води на виході з котлів, що несуть змінну складову теплового навантаження котельні –  $t''_{ВК.3}$ , °С, за формулою:

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

Результати визначення навести у таблиці 2.27.

Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата					

КР 000.144.008.004.2022.ПЗ

Таблиця 2.27

Визначення результата			Значення для режимів, т/год		
			МЗ	ТЗ	Л
$t''_{\text{ВК.З}}$	=	150,00	150,00		
$t''_{\text{ВК.З}}$	=	129,01		129,01	
$t''_{\text{ВК.З}}$	=	-			-

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

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

Результати визначення навожу в таблиці 2.28

Таблиця 2.28

Визначення результата			Значення для режимів, т/год		
			МЗ	ТЗ	Л
$G_{\text{рец}}$	=	63,79	63,79		
$G_{\text{рец}}$	=	90,60		90,60	
$G_{\text{рец}}$	=	19,53			19,53

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

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

Результати визначення навожу в таблиці 2.29

Таблиця 2.29

Визначення результата			Значення для режимів, т/год		
			МЗ	ТЗ	Л
$t_{\text{ВК}}^{\Sigma}$	=	150,00	150,00		
$t_{\text{ВК}}^{\Sigma}$	=	121,00		121,00	
$t_{\text{ВК}}^{\Sigma}$	=	150,00			150,00

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

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

Результати визначення навожу в таблиці 2.30.

Таблиця 2.30

Визначення результата			Значення для режимів, т/год		
			МЗ	ТЗ	Л
$G_{\text{пер}}$	=	148,11	148,11		
$G_{\text{пер}}$	=	326,89		326,89	
$G_{\text{пер}}$	=	35,75			35,75

2.3.32. Визначаю похибку балансових розрахунків водогрійної котельні за формулою:

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

Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата					



де:

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

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

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

2.4.4. Визначаю для МЗ режиму середньогодинні питомі витрати природного газу –  $(b_{\tau}^{\text{відп}})_{\text{газ}}$ , м<sup>3</sup>/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 2.33.

Таблиця 2.33

Визначення результату			Значення для режимів, кг у.п./МВт		
			МЗ	ТЗ	Л
$(b_{\tau}^{\text{відп}})_{\text{газ}}$	=	м <sup>3</sup> /ГДж	33,17	33,50	32,69
$(b_{\tau}^{\text{відп}})_{\text{у.п.}}$	=	кг у.п./ ГДж	37,96	38,14	38,52

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:

$e_e/e_{\text{відп}} = \Sigma W_{\text{доб}} / (\Sigma Q_{\text{T}}/\Phi \cdot 24) = 5310/(38,52+12) \cdot 24 = 4,4$

4.6 Визначити собівартість теплоти, відпущеної від котельні –  $CQ$ , грн/МВт за формулою:  $CQ = [(b_{\tau}^{\text{відп}})_{\text{у.п}} / K_{\text{у.п}}] \cdot C_{\text{палив}} \cdot 10^{-3} + e_e/e_{\text{відп}} \cdot C_{\text{Е}}/E + CQ_{\text{експл}}$

$CQ = (38,52 / 1,15) \cdot 3590 \cdot 10^{-3} + 4,4 \cdot 0,78 + 30,0 = 154/ \text{ГДж}$

4.7 Формую висновок щодо енергоефективності проектної котельні. “Проект водогрійної котельні за своїми показниками енергетичної та економічної ефективності, відповідає середньогалузевому рівню українських котелень комунальної енергетики і може бути прийнятний до реалізації”. Основні результати розрахунку зводжу в таблицю 2.34.

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

**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	- 15	1,9	+ 15
2	$\Sigma Q_{\text{Ж.Р}}$	Сумарне теплове навантаження житлового району	МВт	30,00	18,64	2,09
3	$Q_{\text{п.п}}$	Теплове навантаження промислового підприємства	МВт	9,0	9,0	9,0
4	$\Sigma Q_{\text{КОТ}}$	Сумарне теплове навантаження котельні	МВт	39,96	28,61	11,20
5	$t_1$	Температура мережної води в "прямій" магістралі на виході з котельні	°С	115°	70°	70°
6	$t_2$	Температура води в "зворотній" магістралі на вході в котельню	°С	53,32	39,19	30
7	$t_{\text{звор}}$	Температура води в "зворотній" магістралі на вході в мережні насоси	°С	55,96	44,11	54,44
8	$G_1$	Витрата води в "прямій" магістралі на виході з котельні	т/год	397,94	492,87	42,70
9	$G_{\text{убут}}$	Убуток води в тепломережі	т/год	12	12	2
10	$G_2$	Витрата води в «зворотній» магістралі на вході в котельню	т/год	385,94	480,87	40,70
11	$G_{\text{рец}}$	Витрата води в трубопроводі рециркуляції котлів	т/год	63,79	90,60	19,53
12	$G_{\text{пер}}$	Витрата води в трубопроводі перепуску	т/год	148,11	326,89	35,75
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	$N_{BK.B}$	Число котлів, що експлуатуються в базовому (номінальному) режимі	од	1	1	1
16	$N_{BK.3}$	Число котлів, що експлуатуються в режимі змінного навантаження	од	3	2	0
17	$V_{KOT}$	Годинна витрата природного газу в котельні	тис.м <sup>3</sup> / год	4,66	3,33	1,30
18	$(b_T^{відп})_{газ}$	Питома витрата природного газу на відпущену від котельні теплову енергію	м <sup>3</sup> / ГДж	33,17	33,50	32,69
19	$(b_T^{відп})_{у.п}$	Питома витрата умовного палива на відпущену від котельні теплову енергію	кг у.п / ГДж	38,14	38,52	37,59
20	$\Sigma W_{BK}$	Сумарна встановлена потужність споживачів електроенергії котельні	кВт	295	295	211
21	$e_{e/e}^{доб}$	Середньодобова питома витрата електроенергії на відпуск теплоти від котельні	кВт/МВт	4,4	4,4	3,1
22	$\text{Ц}_{Палив}$	Вартість природного газу	грн./ тис. м <sup>3</sup>	3590	3590	3590
23	$\text{Ц}_{E/E}$	Вартість електроенергії	грн./ кВт.год	0,78	0,78	0,78
24	$C_Q$	Собівартість теплоти, що відпущена від котельні	Грн./ГДж	154	154	103

## 2.5. ВИБІР ОБЛАДНАННЯ КОТЕЛЬНІ 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 2.35.

Таблиця 2.35

№ 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	$Q_{BK.HOM}$	Номінальна теплова потужність котла	МВт(т)	З паспорта котла	11,6
3	$G_{BK.HOM}$	Номінальна витрата води на котел	т/год	«--»	123,5

4	$B_{\text{ВК.НОМ}}$	Номінальна витрата природного газу на котел	тис. м <sup>3</sup> /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 –  $Q_{\text{нас.реци}}^{\text{НОМ}}$ , м<sup>3</sup>/год, та напору –  $H_{\text{нас.реци}}^{\text{НОМ}}$ , м в.д.ст, на базі визначених максимальних значень (в режимі ТЗ) пропуску води через трубопровід рециркуляції –  $G_{\text{РЕЦ}}=128$  т/год, та опору трубопровідної системи рециркуляції –  $\Delta H_{\text{РЕЦ}}$ .

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

$$N_{\text{нас.реци}}^{\text{роб}} = G_{\text{РЕЦ}}^{\text{М.З}} / Q_{\text{нас.реци}}^{\text{НОМ}} = 90,6/91 = 0,98$$

\*) Примітка.

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. 2.36.

Таблиця 2.36

### 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 <sup>3</sup> /год	З паспорта насоса	91	20	
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(е)	“ – “	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 –  $Q_{\text{нас.мер}}^{\text{ном}}$ , м<sup>3</sup>/год, та напору –  $H_{\text{нас.мер}}^{\text{ном}}$ , м в.д.ст, на базі визначених максимальних значень (в режимі ТЗ) витрати води через трубопровідну систему “Котельня – Тепломережа” –  $G_1=429,9$  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. 2.37.

Таблиця 2.37

#### 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	NBG 200-150-400/435		NBE 40-250/255 А
2	$Q_{\text{нас.мер}}^{\text{ном}}$	Номінальна подача насоса	м <sup>3</sup> /год	З паспорта насоса	493	43	
3	$H_{\text{нас.мер}}^{\text{ном}}$	Номінальний напір насоса	м.в.д.ст..	“ – “	55	55	
4	$N_{\text{нас. мер}}^{\text{ном}}$	Номінальна потужність насоса	кВт(е)	“ – “	90	15	
5	$\eta_{\text{нас. мер}}^{\text{ном}}$	Номінальний ККД насоса	од.	“ – “	0,87	0,69	

### 2.5.4. Вибір внутрішньо-котельних насосів

#### 5.4.1. Вибір насосів сирі води

2.5.4.1.1. Здійснюю вибір типорозміру насосів сирі води, його номінальної подачі –  $Q_{\text{нас.с.в}}^{\text{ном}}$ , м<sup>3</sup>/год, та напору –  $H_{\text{нас.с.в}}^{\text{ном}}$ , м в.д.ст, на базі визначених значень витрати води для підживлення –  $G_{\text{с.в}}=14,54$  т/год, та опору трубопровідної системи –  $\Delta H$ .

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

$$N_{\text{нас.с.в}}^{\text{роб}} = G_{\text{с.в.}} / Q_{\text{нас.с.в}}^{\text{ном}} = 14,54 / 15 = 0,96$$

\*) 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 сирі води наводжу в табл. 2.38.

Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	КР 000.144.008.004.2022.ПЗ				

## Характеристика насосів сирії 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 НАСО-СА	Типорозмір насоса	---	З інформаційного листа заводу-виробника	NB 32-160.1/177		
2	$Q_{\text{нас.св}}^{\text{ном}}$	Номінальна подача насоса	м <sup>3</sup> /год	З паспорта насоса	15		
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)	“ – “	3		
5	$\eta_{\text{нас.св}}^{\text{ном}}$	Номінальний ККД насоса	од.	“ – “	60		

## 2.5.4.2. Вибір підживлювальних насосів

2.5.4.2.1. Здійснюю вибір типорозміру насосу, його номінальної подачі –  $Q_{\text{нас.під}}^{\text{ном}}$ , м<sup>3</sup>/год, та напору –  $H_{\text{нас.під}}^{\text{ном}}$ , м вд.ст, на базі визначених значень витрати води для підживлення –  $G_{\text{під}}=12$  т/год, опору трубопровідної системи –  $\Delta H$  (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:

$$N_{\text{нас.під}}^{\text{роб}} = G_{\text{під}} / Q_{\text{нас.під}}^{\text{ном}} = 12/15 = 0,9 \approx 1$$

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. 2.39.

## 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	NKE 32-160.1/167		
2	$Q_{\text{нас.під}}^{\text{ном}}$	Номінальна подача насоса	м <sup>3</sup> /год	З паспорта насоса	15		
3	$H_{\text{нас.під}}^{\text{ном}}$	Номінальний напір насоса	м.вд.ст..	“ – “	35		
4	$N_{\text{нас.під}}^{\text{ном}}$	Номінальна потужність насоса	кВт(е)	“ – “	3		
5	$\eta_{\text{нас.під}}^{\text{ном}}$	Номінальний ККД насоса	од.	“ – “	0,65		

### 2.5.4.3. Вибір насосів технологічної води

2.5.4.3.1. Здійснюю вибір типорозміру насосу, його номінальної подачі –  $Q_{\text{нас.тех}}^{\text{ном}}$ , м<sup>3</sup>/год, та напору –  $H_{\text{нас.тех}}^{\text{ном}}$ , м в.д.ст, на базі визначених значень витрати води для потреб промислового підприємства –  $G_{\text{тех}}=97$  т/год та опору трубопровідної системи –  $\Delta H$ .

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

$$N_{\text{нас.тех}}^{\text{роб}} = G_{\text{тех}} / Q_{\text{нас.тех}}^{\text{ном}} = 97/100 = 0,97 \quad *)$$

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

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

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

2.5.4.3.4. Блок параметрів по насосам технологічної води наводжу в табл. 2.40.

Таблиця 2.40

#### 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 <sup>3</sup> /год	З паспорта насоса	100		
3	$H_{\text{нас.тех}}^{\text{ном}}$	Номінальний напір насоса	м.в.д.ст..	“ – “	45		
4	$N_{\text{нас.тех}}^{\text{ном}}$	Номінальна потужність насоса	кВт(є)	“ – “	22		
5	$\eta_{\text{нас.тех}}^{\text{ном}}$	Номінальний ККД насоса	од.	“ – “	0,82		

### 2.5.4.4. Вибір насосів хімічного очищення води

2.5.4.4.1. Здійснюю вибір типорозміру насосу, його номінальної подачі –  $Q_{\text{нас.хов}}^{\text{ном}}$ , м<sup>3</sup>/год, та напору –  $H_{\text{нас.хов}}^{\text{ном}}$ , м в.д.ст, на базі визначених значень витрати хімічного очищення води для підживлення –  $G_{\text{хов}}=12,12$  т/год, та опору трубопровідної системи –  $\Delta H$ .

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

$$N_{\text{нас.с.в.}}^{\text{роб}} = G_{\text{хов}} / Q_{\text{нас.реци}}^{\text{ном}} = 12,12/13 = 0,98$$

\*) Примітка.

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

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

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

2.5.4.4.4. Блок параметрів по насосам сирової води наводжу в табл. 2.41.

## 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 32-160.1/175		
2	$Q_{\text{нас.хов}}^{\text{ном}}$	Номінальна подача насоса	м <sup>3</sup> /год	З паспорта насоса	13		
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.	“ – “	0,58		

## 2.5.5. Вибір деаераторів водогрійної котельні

Загальноприйнятим рішенням для водогрійних котельних є встановлення для деаерації води не менше двох деаераторів вакуумного типу з охолодником випару для кожного. До встановлення обираємо 2 деаератори ДВ-15. Блок параметрів наводжу в таблиці 2.42.

Таблиця 2.42

## Характеристика деаераторів водогрійної котельні

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

### 2.5.6. Вибір підігрівників

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

#### 2.5.6.1. Підігрівник сирової води

2.5.6.1.1. Теплове навантаження підігрівника сирової води  $Q_{\text{ПСВ}}=0,25$  МВт;

2.5.6.1.2. Обчислюємо наявний температурний перепад:

$$\Delta t = (\Delta t_{\text{г}} - \Delta t_{\text{м}}) / \ln(\Delta t_{\text{г}} / \Delta t_{\text{м}}) = (115 - 70) / \ln(115 / 70) = 90,6 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

2.5.6.1.3. Визначаємо необхідну поверхню теплообміну:

$$F = Q_{\text{ПСВ}} / \Delta t \cdot K = 250000 / 90,6 \cdot 2500 = 1,1 \text{ м}^2$$

$K$  — коефіцієнт теплопередачі.

З переліку стандартних типорозмірів підігрівників обираємо секційний підігрівник ПВ-76х2. Площа поверхні теплообміну однієї секції —  $F=1,32 \text{ м}^2$ , довжина трубки — 4 м, загальна кількість труб — 7.

#### 2.5.6.2. Підігрівник хімоочищеної води

2.5.6.2.1. Теплове навантаження підігрівника хімоочищеної води  $Q_{\text{ПХВ}}=0,5$  МВт;

2.5.6.2.2. Обчислюємо наявний температурний перепад:

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

2.5.6.2.3. Визначаємо необхідну поверхню теплообміну:

$$F = Q_{\text{хов}} / \Delta t \cdot K = 500000 / 73 \cdot 2500 = 2,74 \text{ м}^2$$

$K$  — 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  $Q_{\text{тех}}=9$  МВт;

2.5.6.3.2. Обчислюємо наявний температурний перепад:

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

2.5.6.3.3. Визначаємо необхідну поверхню теплообміну:

$$F = Q_{\text{тех}} / \Delta t \cdot K = 90000 / 57,46 \cdot 2500 = 6,27 \text{ м}^2$$

$K$  — коефіцієнт теплопередачі.

З переліку стандартних типорозмірів підігрівників обираємо секційний підігрівник ПВ-168х4. Площа поверхні теплообміну однієї секції —  $F=6,98 \text{ м}^2$ , довжина трубки — 4 м, загальна кількість труб — 37, 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 2.43

#### Рекомендоване тягодуттєве 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

КР 000.144.008.004.2022.ПЗ

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

### Розділ 3. Охорона праці

У даному дипломному проекті розглядаються розрахунки та проектування обладнання водогрійної котельні.

Впровадження щодо оновленого та вдосконаленого обладнання, із 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 враховують вимоги охорони праці до організації та забезпечення здорових і безпечних умов праці на робочому місці оператора котельні.

#### 3.1. Виробнича санітарія

При плануванні робочого приміщення враховуються:

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

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

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

#### 3.1.1. Мікроклімат та чистота повітря виробничого середовища

Основними параметрами 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.

					КР 000.144.008.004.2022.ПЗ	
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

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

CH<sub>4</sub> (300 мг/м<sup>3</sup>, клас небезпечності IV), CO (20 мг/м<sup>3</sup>, клас небезпечності IV), CO<sub>2</sub> (ГДК 9000 мг/м<sup>3</sup>, клас небезпечності IV), сполуки азоту (ГДК 5 мг/м<sup>3</sup>, клас небезпечності II).

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

Періодичність контролю вмісту шкідливих речовин складає:

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

### 3.1.2. Виробниче випромінювання

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/м<sup>2</sup> при опромінюванні більше 50 % тіла.

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

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.

					КР 000.144.008.004.2022.ПЗ	
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

### 3.1.3. Шум при виробництві

Робота котлових установок супроводжується шумом.

Класифікація шумів за походженням:

- 1) аерогідродинамічні (ними являються вентилятори, насоси, компресори, системи транспортування);
- 2) механічні;
- 3) електричні (трансформатори та ін.).

Класифікація шумів за частотою:

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

Основними фізичними характеристиками звуку є: частота  $f$  (Гц), звуковий тиск  $P$  (Па), інтенсивність або сила звуку  $I$  (Вт/м<sup>2</sup>).

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

### 3.1.4. Виробнича вібрація

Вібрація поділяється на:

- 1) загальну (передається через опорні поверхні тіла людини)
- 2) локальну (передається через руки).

Через вплив 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.

Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата					

КР 000.144.008.004.2022.ПЗ

Основними характеристиками (параметрами) вібрації є частота гармонічного коливального руху (Гц), віброшвидкість (м/с) та віброприскорення (м/с<sup>2</sup>), 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/с<sup>2</sup>.

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.

### 3.1.5. Освітлення виробничих приміщень

Головними 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 природнє комбіноване освітлення(двостороннє бічне та аераційний ліхтар).

В темні години доби використовується штучне освітлення.

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.

					КР 000.144.008.004.2022.ПЗ	
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Виробниче приміщення виконано зі 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.

## **3.2. Техніка безпеки**

### **3.2.1. 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).

Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата					

КР 000.144.008.004.2022.ПЗ

Нормативно–технічна документація з безпечної експлуатації основного технологічного обладнання, що працюють під тиском (парові котли): «Правила будови і безпечної експлуатації парових та водогрійних котлів», трубопроводів пари та гарячої води «Правила будови і безпечної експлуатації трубопроводів пари та гарячої води».

### 3.2.2. 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

Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата					

КР 000.144.008.004.2022.ПЗ

від атмосферної електрики будівель і споруд II-категорії із застосуванням стержньових блискавковідводів.

### 3.3. 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 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 змашувальних матеріалів).
3. причини пов'язані із застосуванням електрики (відносять використання електричного обладнання, що не відповідає категорії вибухо- та пожежобезпеки, перевантаження мереж та електроустаткування, пошкодження ізоляції, поганий електричний контакт в місцях з'єднання крнтактів, відсутність захисту від статичної та атмосферної електрики).

За спалимістю речовини і матеріали поділяються на три групи:

Спалимі, тяжкоспалимі, неспалимі.

Пожежний захист 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 ТЕЦ з вибухопожежної та пожежної безпеки – «Г» .

Будівля відділення ТЕЦ – відноситься до III класу пожежонебезпечної зони.

Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

КР 000.144.008.004.2022.ПЗ

Система пожежної безпеки 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 має здійснюватись пожежними кранами з рукавами, що закінчується металевим соплом обладнаним розбризкувачем);

- пожежний інвентар:

- відра, кошма, лопати;
- вогнегасники(ОВП-10-2шт; ОУ-2шт);
- ящики чи мішки з піском.

					КР 000.144.008.004.2022.ПЗ	
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

## **РОЗДІЛ 4. П'ять принципів стратегії опалення/охолодження та проектування систем опалення/охолодження**

Основною метою стратегій розвитку та підвищення енергоефективності технологій опалення/ охолодження є визначення стратегії зменшення рахунків за користування придбаної енергії, скорочення енергетичних витрат для домогосподарств та підприємств, оскільки опалення та охолодження є найбільшим джерелом витрат на енергію. У WWF вважають, що викладені нижче 5 основних принципів повинні формувати стратегію користувачів щодо опалення та охолодження на всіх рівнях споживання:

1. Потрібно враховувати тенденції розвитку технологій та енергетики; наразі є достатньо вірогідні прогнози аж до 2050 р.
2. Застосовувати цілісний підхід до планування інвестицій та модернізації, враховуючи багатофакторний аналіз.
3. В якості першого кроку треба зменшити попит на енергію у таких ключових секторах, як будівництво та промисловість.
4. Визначити енергоефективність пріоритетом при забезпеченні оселі теплом.
5. Підтримка переходу до теплових систем (тобто для опалення, охолодження чи комбінованих) на основі відновлюваних джерел енергії.

Зверніть увагу – перехід на ВДЕ рекомендовано здійснити лише після виконання заходів по енергомодернізації та зменшенню споживання енергії на основі ретельного економічного аналізу та з урахуванням довгострокових тенденцій.

### ***4.1. Діяти відповідно тенденціям сталого розвитку***

Стратегія опалення та охолодження (Н&С) – масштабна, всеосяжна та конкретна, а також зазвичай індивідуальна – має враховувати загальний рух у напрямку довгострокового розвитку енергетики по декарбонізації систем опалення та охолодження, що в середньостроковій перспективі має «контрольну дату» 2030 рік, але саму стратегію потрібно розробити з точки зору стану енергетики на 2050 р. та рекомендувати такі варіанти політики, які забезпечать досягнення загальної мети по скорочення викидів парникових газів на 80-95% до цієї дати, зосередившись на варіантах, які є економічно досяжними. Без уяви про заходи, розраховані аж на 2050 рік, є ризик того, що обрана політика та заплановані інвестиції в технології та системи будуть або надмірними з точки зору фактичного розвитку технологій по обмеженню споживання енергії, або так і залишаться й надалі такими, що спираються на використання викопного палива та застарілих підходів.

### ***4.2. Врахування множини факторів***

Слід пропагувати комплексний підхід до планування змін в енергетиці і дотичних до неї галузей, щоб максимізувати синергію між різними компонентами енергетичної системи:

- a. по-перше, планування в енергетиці повинно базуватися на реалістичних прогнозах попиту на енергію, що показують потенціал економії енергії в різних секторах, таких як будинки чи промисловість. Така потенційна економія повинна відображати успішне впровадження політики енергоефективності та спиратися на прогноз умов, що супроводжують такі зміни. Наприклад, вірогідні та прогнозо-

Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата					

КР 000.144.008.004.2022.ПЗ



задля:

(i) забезпечення більш гармонізованого технічного визначення майже нульових енергетичних будівель (NZEB), яке включає чіткі числові показники для максимального споживання енергії, й таким чином уникнути великих розбіжностей серед національних показників та визначень щодо досконалого енергоспоживання та максимальних витрат енергії;

(ii) визначити, які саме цілі з енергозбереження досяжні при проведенні ремонтів, та

(iii) прискорити темпи оновлення шляхом посилення обов'язковості вимог щодо впровадження сертифікатів (паспортів) енергоефективності будівель; враховувати, що важливим є короткий час окупності та досяжність результатів з огляду на реальні можливості фінансування енергомодернізації, або залучення інших способів фінансової підтримки підвищення енергоефективності, стимулювання підвищення ціни енергомодернізованої нерухомості, коли будівля продається або здається в оренду.

• Посилити заходи, запропоновані в EED за допомогою таких рішень:

(i) узгодити дорожні карти довгострокового оновлення зі стратегічною метою зменшення споживання енергії у будівельному фонді щонайменше на 80% до 2050 р.;

(ii) посилити вплив на обов'язковість енергомодернізації будівель з боку центрального уряду, розширивши сферу застосування на всі громадські будівлі та забезпечивши умови, за якими виконання відновлювальних робіт має бути саме глибокими енергетичними реконструкціями;

(iii) передбачити схему зобов'язань роботи по енергоефективності та зв'язок зі умовами фінансування глибоких реконструкцій.

б) зменшити попит у промисловому секторі:

Енергетичний аудит: забезпечити належне впровадження енергетичних аудитів таким чином, щоб всі рекомендації з короткою окупністю, що впливають з енергоаудиту, були б запроваджені, а малі компанії могли знайти найкращі рішення для зменшення споживання енергії.

Потрібно запровадити якнайширшу теплоізоляцію у промисловості: ізоляція поверхонь виробничих установок (печей, котлів, резервуарів, труб тощо) може зменшити споживання промислової енергії ще на 5-6%, тим самим значно зменшивши загальні потреби в енергії. За допомогою ізоляції обладнання та ремонту пошкодженої ізоляції, як правило, можна досягнути економії з термінами окупності менше одного року. Додаткові рекомендації щодо енергозбереження див. у документі «Впровадження ЄС».

Директива про енергоефективність: Аналіз планів держав-членів щодо імплементації статті «Захист клімату заходами з швидкою окупністю. Потенціал економії енергії та CO<sub>2</sub> завдяки теплоізоляції у промисловій в ЄС-27»».

Дії урядів мають забезпечити функціонування системи торгівлі після викидів 2020 р. та доповнювати політику щодо ефективності відновлюваної енергетики, встановлюючи значні штрафи на забруднення вуглецем. Це ефективно

Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата					

КР 000.144.008.004.2022.ПЗ







Підбір необхідного радіатора та діаметру труби для квартири може виконати будь-який сантехнік, а іноді і сам власник, хоча і тут бувають нюанси. Набагато складніше оптимально розрахувати систему водяної «теплої підлоги», бо зменшуючи крок укладання з 20 см до 10 см ви збільшуєте вартість системи в 1,5-2 рази, крім того збільшується довжина окремого контуру і відповідно гідравлічні втрати в ньому. В результаті виникає необхідність у поділі одного контуру на декілька. До того ж, треба враховувати тип покриття підлоги, а також наявність чи відсутність опалюваного приміщення знизу. Всі ці численні фактори дуже важко врахувати без розрахунків, тому навіть для невеликих площ використовується програмне забезпечення (ПЗ). У випадках, коли опалення забезпечується тільки «теплыми підлогами», можливе використання менш складних програм, але для рішень з використанням різних систем або якщо ті ж системи плануються використовувати на охолодження, то тут необхідний вже комплексний підхід та відповідне ПЗ.

Архітектурно-будівельне планування та проектування відповідних інженерних систем нових будівель наразі реалізується в автоматизованих системах проектування. Найбільш «просунуті» компанії зараз використовують т. зв. системи BIM (Building Information Modeling) – інформаційне моделювання будівлі, що мають змогу детально враховувати будь-які зміни у планах, включно із логістикою, специфікаціями матеріалів та компонентів аж до відповідних корегувань логістики та кошторису. При виконанні робіт у замовника на малих, індивідуальних об'єктах зазвичай такої можливості немає. Ця невідповідність та розрив у рівні виконання робіт у «великому» будівництві та на місцях «на землі» наразі дуже характерна. Але зараз існує можливість підняти рівень і саму технологію проектування конкретних інженерних систем до найновітнього та сповна використати сучасні технології для роботи з модернізації або ремонту старих споруд. Нові сучасні можливості можна реалізувати завдяки спеціалізованому програмному забезпеченню, що розраховане на використання саме «на місцях», але має широкі можливості щодо інтеграції із системами проектування більш високого рівня.

Якість будь-якого проекту закладається ще на початку – з етапу проектування. Це є аксіомою. Аби врахувати всі особливості та побажання замовника, особистих знань та досвіду проектувальника для новітніх систем інколи недостатньо. Обчислювальні засоби знімають питання щодо високої особистої кваліфікації виконавця, одночасно підвищуючи якість та рівень проектування. Спираючись на досягнення нових технологій, тепер монтажникам можна при проектуванні розраховувати на комплексного помічника – на спеціалізоване програмне забезпечення (ПЗ) для розрахунків, планування та виготовлення схем монтажу, що цілком враховують діючі вимоги та норми проектування в Україні та ЄС.

Існує багато сучасних програмних рішень для проектування інженерних систем, але в більшості це комплексне, складне для освоєння ПЗ, яке потребує глибоких знань будівельної теплотехніки та чималі навички володіння комп'ютером. На практиці для реалізації інженерних систем невеликих приватних будинків дуже рідко звертаються до проектних організацій, а цілком довіряються монтажним організаціям або рекомендованим інсталяторам. У таких випадках

Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		КР 000.144.008.004.2022.ПЗ

проект часто не робиться або розрахунки виконуються поверхнево – через те, що не всі інсталювальники мають час і необхідні навички для роботи з комплексним ПЗ. Тому поява мобільного, простого та швидкого інструменту для проектування підлогового опалення давно потрібна на ринку.

#### **4.7. Проектування системи опалення та швидкий розрахунок прямо на об'єкті**

Те, з чим стикається інсталювальник на об'єкті у замовника – це необхідність сповна врахувати всі локальні особливості. Мобільні спеціалізовані додатки дозволяють здійснити якісне планування навіть дуже складних проектів лише за декілька простих кроків. Якщо виконавець робіт має при собі засіб мобільно зв'язку та мобільний програмний додаток для розрахунку систем поверхневого опалення, то завдяки спеціалізованому ПЗ він може майже миттєво отримати результати всіх розрахунків на смартфон або планшет через хмарний сервіс.

ПЗ для смартфона допоможе виконати швидкий розрахунок систем опалення та виконати багато супутніх завдань – аж до складання специфікацій компонентів для конкретного замовлення. Ще під час першої зустрічі з клієнтом прямо на смартфоні можна швидко зробити специфікацію матеріалів та оцінити первинний кошторис для реалізації проекту (рис. 4.1).

Внесення будівельних планів поверхів завдяки використанню обчислювальних можливостей сучасних засобів мобільного зв'язку займає лише декілька хвилин. Додавши інші характеристики проекту (призначення приміщень, площу та температуру для кожної кімнати), можна вибрати відповідний тип опалювальної системи та розподільчий колектор для неї. Спираючись на дані з бібліотеки типових рішень та попередньо розроблених конфігурацій, процес проектування пришвидшується та стає безпомилковим. На рис. 1 можна побачити процес планування на мобільному пристрої через додаток Upronor HSEmobile.



**Рис. 4.1. Мобільна програма Upronor HSEmobile для проектування поверхневого опалення на планшеті**

Навіть не маючи особистих поглиблених знань в галузі будівельної теплофізики та не здійснюючи детальних теплових розрахунків, звичайний монтажник завдяки спеціалізованому ПЗ отримує точні результати розрахункового

Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

КР 000.144.008.004.2022.ПЗ

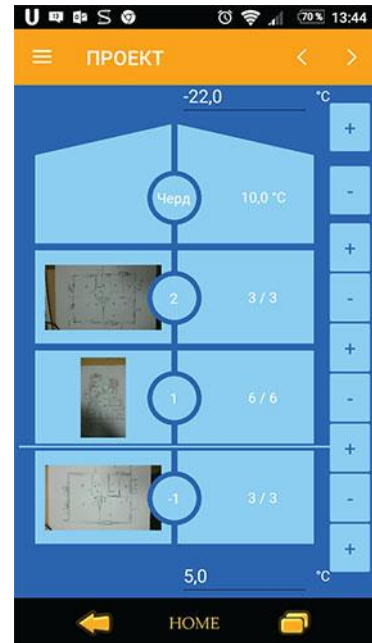
температурного графіка системи, розподілу по контурах та оптимального кроку укладання в кожному приміщенні. Отримані результати за бажанням можна надалі вдосконалювати в комп'ютерному варіанті ПЗ.

На етапі проектування поверхневого опалення мобільний додаток значно полегшує планування, автоматично прораховуючи складні теплові та гідравлічні розрахунки. Планування здійснюється через інтуїтивно-зрозумілий інтерфейс. Зручність роботи, можливість швидкого збереження попередніх та кінцевих варіантів планів, графічна візуалізація структури поверхів і приміщень, здійснення повних гідравлічних розрахунків системи в режимі онлайн, можливість інтеграції та обробки результатів у більш потужній розширеній програмі для вдосконалення та доповнення проекту – це зовсім новий рівень можливостей для монтажника, новий рівень виконання ним робіт і впевненість у якості проектування для замовника.

Для проектування інженерних систем на більш високому рівні та/або для поєднання локальних даних у систему проектування класу BIM, використовується програмне забезпечення для 3D-планування, що розміщується на настільному персональному комп'ютері, пов'язане з модулями на хмарному сервісі. Наприклад, повне комплексне моделювання різних систем опалення та охолодження для створення детального проекту можна без проблем здійснити завдяки ПЗ Uropor HSEdesktop, рис. 4.2.

Програмний інструмент такого рівня дозволяє проектувати складні системи поверхневого опалення, включно з інноваційними стельовими та стіновими системами – від джерела надходження енергії до тепловиділяючого пристрою, з підбором діаметрів трубопроводів, та навіть виконати спрощений або детальний розрахунок тепловтрат усієї будівлі. Таке ПЗ дозволяє змоделювати одночасне використання різних систем в одному приміщенні від спільних або окремих розподільчих колекторів і джерел опалення/охолодження. Нові можливості такому ПЗ додає повне планування в 2D/3D. Це допоможе оптимально прокласти складну систему трубопроводів у тривимірному просторі, розрахувати специфікацію компонентів, фітінгів та задіяної арматури, спроектувати контури (петлі) «теплої/холодної» підлоги/стіни/стелі.

					КР 000.144.008.004.2022.ПЗ	
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		



**Рис. 4.2. Скріншоти програми проектування поверхневого опалення/охолодження Upronor HSEdesktop**

Додаткові функції дозволяють графічно візуалізувати «пиріг» активної конструкції з точними розмірами кожного шару, а також реалізувати різноманітні 3D-презентації. Можливості імпорту 2D планів будівлі з файлів \*.dxf і \*.dwg або сканованих креслень, можливість подальшого редагування будівельних конструкцій та додавання інженерних мереж означає можливість обміну даними від додатків для розрахунку систем поверхневого опалення/охолодження з іншими модулями автоматизованого проектування будівель, включно з моделлю рівня BIM – тобто, навіть для робіт з модернізації чи ремонту можна тепер використовувати високі технології проектування сучасного рівня.

Завдяки редактору 2D/3D графіки можна здійснити графічну візуалізацію теплової карти будівлі відповідно до тепловтрат через окремі конструкції згідно з вимогами DIN EN 12831 та з врахуванням запроєктованих контурів і панелей систем поверхневого опалення та охолодження підлоги, стелі та стін. Новий рівень ефективності та зручності можна досягнути завдяки функції автоматичного розподілу площі нагріву на опалювальні контури з рівними втратами тиску та оптимізацією температурного графіка. Функції варіативного аналізу дозволяють перебрати варіанти завдяки автоматичному перерахунку та внесенню змін з автоматичним підключенням приладів і компонентів.

База даних ПЗ містить інформацію з каталогів щодо різних опалювальних приладів і систем охолодження відповідно до стандартів України та ЄС, а широкі можливості імпорту/експорту креслень з або в dxf і dwg файли означають широкі можливості інтеграції із системами проектування більш високого рівня та/або від інших виконавців підрядних робіт. Тобто спеціалізоване ПЗ дозволяє підтримувати технологічний зв'язок при розробці деталей будівництва, схематичних макетів і планів поверхів та комплексно узгодити їх з іншим інженерним обладнанням.

Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

КР 000.144.008.004.2022.ПЗ

Сучасні програмні додатки для автоматичного проектування, що здійснюють зв'язок між фахівцями, які працюють «на місцях», та системами проектування високого рівня, що мають можливість інтеграції із системами комплексного проектування та девелопінгу – це не просто полегшення здійснення розрахунків. Це – новий рівень якості, який не тільки прискорює попередні етапи монтажу, забезпечує від помилок та гарантує коректність розрахунків при мінімальних вимогах до кваліфікації інсталятора щодо проектування, а дозволяє обрати оптимальні параметри, що гарантуватимуть довгострокову експлуатацію системи без проблем, збоїв та несправностей. Тобто використання спеціалізованого ПЗ забезпечує виконавця від рекламцій та пов'язаних із цим репутаційних втрат. Це також додає аргументів, аби інсталятори звернули свою увагу на можливості виконання своєї роботи по-сучасному, на новому технологічному рівні, що додає їх роботі нову якість та гарантує їм сталість прибутків.

					КР 000.144.008.004.2022.ПЗ	
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

### Список використаної літератури

1. ДБН В.2.2-15-2005 Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/1-1-0-1>
2. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/1-1-0-1018>
3. ДБН В.2.5-77:2014 "Котельні" [Електронний ресурс] / Режим доступу: [https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/dbn\\_v\\_2\\_5\\_77/1-1-0-1185](https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/dbn_v_2_5_77/1-1-0-1185)
4. ДБН В.2.5-77:2014 "Котельні" [Електронний ресурс] / Режим доступу: [https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/dbn\\_v\\_2\\_5\\_77/1-1-0-1185](https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/dbn_v_2_5_77/1-1-0-1185)
5. Джерела енергопостачання промислових підприємств [Електронний ресурс] [Текст] : метод. рекомендації до викон. курсового проекту для студ. освіт. ступ. "Бакалавр" спец. 144 "Теплоенергетика" ден. форми навч / уклад.: В. М.Філоненко; Нац. ун-т харч. технол. — Київ : НУХТ, 2017. — 60 с.
6. Енергоефективність в муніципальному секторі. Навчальний посібник для посадових осіб місцевого самоврядування /А.Максимов, І.Вахович, Т.Гутніченко, П.Бабічева, Н.Вакуленко, Н.Ігольнікова, Т.Цифра, О.Молодід, О.Молодід, О.Беленкова, Ю.Ячменьова, Ю.Дорошук, А.Скрипник, А.Ваколюк, В.Бойко, М.Сегедій, Д.Вахович/ Асоціація міст України – К., ТОВ «ПІДПРИЄМСТВО «ВІ ЕН ЕЙ»,2015. –184 с.
7. Ковалько М.П., Денисюк С.П. Енергозбереження. Пріоритетний напрямок державної політики України. – Київ: УЕЗ. – 1998. – 306 с.
8. Проектування котельень з паровими та водогрійними котлами: Метод. вказівки до викон. кваліфікаційного проекту “Система теплопостачання житлово-промислового району міста” рівня підготовки бакалавра для студентів напряму 6.050601 “Теплоенергетика” ден. та заоч. форм навч. Частина 2. / Уклад.: М.О. Прядко, В.М. Філоненко. –К.: НУХТ, 2011. – 110 с.
9. Прядко М.О., Павелко В.І., Рябчук О.В. Проектування системи теплопостачання житлово-промислового району міста. Мет. вказ. до виконання кваліфікаційного проекту “Система теплопостачання житлово-промислового району міста” рівня підготовки бакалавра, напряму 6.050601 “Тепло- енер-

					КР 000.144.008.004.2022.ПЗ	
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

гетика” для студентів денної та заочної форм навчання. Частина 1. . – К.: НУХТ, 2011. – 57 с.

10. Торчинский Я.М. Нормирование расхода газа для отопительных котельных. – Л.: Недра. – 1991. – 163 с.
11. Тепловий комфорт та енергозбереження [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://aw-therm.com.ua/opalennya-oholodzhennya-p-yat-principiv/>
12. Проектування систем опалення та охолодження / Режим доступу: <https://aw-therm.com.ua/proektuvannya-sistemi-opalennya/>

					КР 000.144.008.004.2022.ПЗ	
Змін.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		