

Міністерство освіти і науки України  
Український державний університет науки і технологій

Управління енергетичними процесами

Інтелектуальні системи енергопостачання

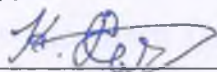
Пояснювальна записка  
до кваліфікаційної роботи  
бакалавра

на тему: Проект теплопостачання об'єктів депо м. Жмеринка та прилеглого на-селеного пункту

за освітньою програмою Теплоенергетика

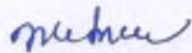
зі спеціальності: 144 Теплоенергетика

Виконав: студент групи ТЕ19120 :



/ Кирило Д'ЯЧЕНКО /

Керівник:



/ доцент Олександр ЖЕВЖИК /

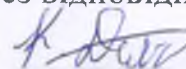
Нормоконтролер:



/ доцент Віктор ДЬЯКОВ /

Засвідчую, що у цій роботі немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент



Дніпро – 2022 рік

Міністерство освіти і науки України  
Український державний університет науки і технологій

Факультет: Управління енергетичними процесами  
Кафедра: Інтелектуальні системи енергопостачання  
Рівень вищої освіти: Перший (бакалаврський)  
Освітня програма: Теплоенергетика  
Спеціальність: 144 "Теплоенергетика"

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ІСЕ  
Дмитро БОСІЙ

Дата 14.12.2021

**ЗАВДАННЯ**

на кваліфікаційну роботу бакалавр з теплоенергетики

студенту Д'яченко Кирило Григоровичу

1. Тема роботи: Проект теплопостачання об'єктів депо м. Жмеринка та прилеглого населеного пункту

Керівник роботи: Жевжик Олександр Владиславович, к.т.н., доц

затверджені наказом від

" 14 " 12 2021 р. № 89ст

2. Строк подання студентом роботи: 06.06.2022 р.

3. Вихідні дані до роботи:

3.1. Район будівництва м. Жмеринка

3.2. Навантаження підприємства по технологічній парі 6,5 МВт. Тиск пари 0,6 МПа.

3.3. Максимальні навантаження систем опалення та вентиляції промислових будівель (вода 150/70 °С), локомотивного депо, механічних майстерень.

3.4. Максимальні навантаження гарячого водопостачання виробництва при 65 °С.

3.5. Споживачі теплових навантажень в житлово-комунальному секторі: житлові будинки, поліклініка, дитячий садок, школа та гуртожиток.

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

4.1 Аналітична частина: Визначення теплових навантажень та вибір способу їх покриття. Побудова графіка теплового навантаження. Вибір схеми теплопостачання.

4.2 Основна частина: Розрахунок теплової схеми котельні. Вибір основного та допоміжного обладнання котельні.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):  
Схема системи тепlopостачання. Графік теплового навантаження. Схема котельні, основного та допоміжного обладнання.

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Завдання видав: (підпис консультанта, дата)	Завдання прийняв: (підпис студента, дата)

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Розрахунок теплових навантажень	11.04.2022	
2	Вибір системи тепlopостачання і розрахунок теплової схеми котельної	24.04.2022	
3	Вибір тепlopідготовчого обладнання	29.05.2022	
4	Подання кваліфікаційної роботи до кафедри	06.06.2022	
5	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Екзаменаційної комісії	21.06.2022	

Студент



Кирило Д'ЯЧЕНКО

Керівник роботи



Олександр ЖЕВЖИК

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ.....	8
1.1. Опалювальні навантаження промислових приміщень та житлово-комунального сектору.....	8
1.2. Витрата тепла на вентиляцію виробничих приміщень та житлово-комунального сектору.....	10
1.3. Витрати тепла на технологічні потреби.....	11
1.4. витрати тепла на гаряче водопостачання.....	11
1.5. Зведена таблиця теплових навантажень.....	13
1.6. Річна витрата теплоти.....	16
2. ВИБІР СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ І РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ КОТЕЛЬНОЇ.....	19
2.1. Вибір способу покриття теплового навантаження. Принципова схема котельні.....	19
2.2. Розрахунок теплової схеми котельні.....	23
3. ВИБІР ТЕПЛОПІДГОТОВЧОГО ОБЛАДНАННЯ.....	39
ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	41
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	42

02.15.ТЕ1811.КРБ.2022-ПЗ								
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дат	Проект тепlopостачання об'єктів депо м. Жмеринка та прилеглого населеного пункту	Лит.	Лист	Листів
Разраб.		Д'яченко К.Г.	<i>[Signature]</i>	20.06.22				
Керівник		Жевжик О.В.	<i>[Signature]</i>	20.06.22			6	42
Консульт.						МОНУ, УДУНТ, ІСЕ, ТЕ1811		
Норм. контр		Д'яков В.О.	<i>[Signature]</i>	20.06.22				
Затверд.		<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>	20.06.22				

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи бакалавра:

42 с., 6 рис., 4 табл., 4 джерел.

Об'єкт дослідження – система теплопостачання об'єктів депо.

Мета роботи - розрахунок теплових навантажень та вибір системи теплопостачання і розрахунок теплової схеми котельної.

Методи дослідження – аналітичні методи розрахунку теплових навантажень та розрахункові методи вибору системи теплопостачання.

Одержані результати – визначено опалювальні навантаження промислових приміщень та житлово-комунального сектору, витрати теплоти на вентиляцію виробничих приміщень та житлово-комунального сектору, витрати тепла на технологічні потреби, гаряче водопостачання та річну витрату теплоти. Обрано спосіб покриття теплового навантаження, запропоновано принципову схему котельні, водяної системи теплопостачання, системи гарячого водопостачання, опалення та вентиляції. Виконано розрахунок теплової схеми котельні, обрано теплопідготовче обладнання.

Ключові слова: КОТЕЛЬНЯ, ТЕПЛОВЕ НАВАНТАЖЕННЯ, ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ, ГАРЯЧЕ ВОДОПОСТАЧАННЯ, ОПАЛЕННЯ.

## ВСТУП

Енергетика була і залишається головною стратегічною передумовою сталого розвитку економіки та основою забезпечення усіх видів життєдіяльності суспільства.

Велике значення для народного господарства та побуту населення має теплова енергія. В сучасних умовах теплова енергія є важливою складовою всіх галузей народного господарства. Вона відіграє суттєву роль в розвитку і функціонуванні промисловості, сільського господарства, на підприємствах та житлово-комунальному секторі.

Нераціональне споживання ресурсів в енергетичному комплексі України є одним з чинників, що негативно впливають на енергетичну безпеку нашої держави. Тому проектування систем теплопостачання, що забезпечують ефективне використання паливно-енергетичних ресурсів є актуальним.

					02.15.ТЕ1811.КРБ.2022-ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1 РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ

## 1.1 Опалювальні навантаження промислових приміщень та житлово-комунального сектору

Для зручності розрахунків розрахункова витрата тепла на опалення об'єкту визначається за спрощеною формулою

$$Q_{\text{оп}} = q_{\text{оп}} V_0 (t_{\text{в}} - t_{\text{з.р.}}), \quad (1.1)$$

де  $q_{\text{оп}}$  – питома опалювальна характеристика об'єкту, Вт/(м<sup>3</sup>К);

$V_0$  – об'єм об'єкту, м<sup>3</sup>;

$t_{\text{в}}$  – температура повітря всередині об'єкту, °С;

$t_{\text{зо}}$  – розрахункова температура зовнішнього повітря згідно, °С.

Питомі опалювальні характеристики будівель  $q_0$  залежить від конструкції будівлі, її зовнішнього - об'єму, кількості поверхів, конфігурації, степені скління, призначення і можуть досить значно змінюватись. При відомому об'ємі будівлі  $q_0$  можна знайти за наближеною формулою [1]:

$$q_{\text{оп.}} = \frac{1,85}{\sqrt[6]{V}}$$

$V$  – об'єм одного об'єкту за зовнішнім обміром, м<sup>3</sup>.

Отже:

1) 20 житлових будинків по 28 000 м<sup>3</sup> кожен:

$$q_{\text{оп.}} = \frac{1,85}{\sqrt[6]{28\,000}} = 0,335,$$

$$Q_{\text{оп}} = 0,335 * 28000 * 20 * (20 - (-22)) = 7\,879\,200 \text{ Вт};$$

2) поліклініка з об'ємом будівлі 7000 м<sup>3</sup>:

					02.15.ТЕ1811.КРБ.2022-ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$q_{\text{оп.}} = \frac{1.85}{\sqrt[6]{7000}} = 0,422,$$

$$Q_{\text{оп}} = 0,422 * 7000 * (20 - (-22)) = 127\,022 \text{ Вт};$$

3) дитячій садок з об'ємом будівлі 1800 м<sup>3</sup>:

$$q_{\text{оп.}} = \frac{1.85}{\sqrt[6]{1800}} = 0,53,$$

$$Q_{\text{оп}} = 0,53 * 1800 * (21 - (-22)) = 41\,022 \text{ Вт};$$

4) школа з об'ємом будівлі 40 000 м<sup>3</sup>:

$$q_{\text{оп.}} = \frac{1.85}{\sqrt[6]{40\,000}} = 0,316,$$

$$Q_{\text{оп}} = 0,316 * 40\,000 * (20 - (-22)) = 530\,880 \text{ Вт};$$

5) гуртожиток з об'ємом будівлі 10000 м<sup>3</sup>:

$$q_{\text{оп.}} = \frac{1.85}{\sqrt[6]{11\,000}} = 0,392,$$

$$Q_{\text{оп}} = 0,392 * 11\,000 * (20 - (-22)) = 181\,104 \text{ Вт}.$$

Загальна витрата тепла на опалення житлово-комунального масиву:

$$Q_{\text{оп.}}^{\Sigma \text{ЖКС}} = 7\,879\,200 + 127\,022 + 41\,022 + 530\,880 + 181\,104 = 8\,759\,228 \text{ Вт}.$$

					02.15.ТЕ1811.КРБ.2022-ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 1.2 Витрата тепла на вентиляцію виробничих приміщень та житлово-комунального сектору

Розрахункова витрата тепла на вентиляцію визначається за формулою [2]:

$$Q_B^p = m V_{\text{вн}} \rho_{\text{п}} C_{\text{п}} (t_{\text{в}} - t_{\text{нп}}), \quad (1.2)$$

де  $m$ - кратність повітрообміну,  $\text{с}^{-1}$ ;

$V_{\text{вн}}$ - внутрішній об'єм приміщення,  $\text{м}^3$ ;

$\rho_{\text{п}}$ - густина повітря,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;

$C_{\text{п}}$ - середня об'ємна теплоємність повітря,  $\text{Дж}/(\text{м}^3 \cdot \text{К})$ ;

$t_{\text{нп}}$ - температура зовнішнього повітря для вентиляції,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$t_{\text{в}}$ - температура вентиляційного повітря, що дається до приміщення,  $^{\circ}\text{C}$ .

Підігрів повітря до  $t_{\text{нп}}$  при температурах зовнішнього повітря нижче  $t_{\text{нп}}$  забезпечується за рахунок кратності повітрообміну  $m$ .

Для зручності розрахунків формулу перетворюють, після чого розрахункова витрата тепла на вентиляцію будівлі (Вт) визначається за питомими характеристиками:

$$Q_B^p = q_{\text{в}} V_0 (t_{\text{в}} - t_{\text{з.в.}}), \quad (1.3)$$

де  $q_{\text{в}}$ -питома вентиляційна характеристика,  $\text{Вт}/\text{м}^3 \cdot \text{К}$ ;

$V_0$  – об'єм об'єкту за зовнішнім обміром;

$t_{\text{з.в.}}$  - розрахункова температура зовнішнього повітря для вентиляції.

Отже:

1) поліклініка з об'ємом будівлі  $7000 \text{ м}^3$ :

$$Q_B^p = 0,29 * 7000 * (21 - (-24)) = 91\,350 \text{ Вт};$$

2) дитячий садок з об'ємом будівлі  $1800 \text{ м}^3$ :

					02.15.ТЕ1811.КРБ.2022-ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_B^p = 0,12 * 1800 * (21 - (-24)) = 9\,720 \text{ Вт};$$

3) школа з об'ємом будівлі 40 000 м<sup>3</sup>:

$$Q_B^p = 0,1 * 40\,000(20 - (-24)) = 176\,000 \text{ Вт.}$$

Тоді:

$$Q_B^{\Sigma} = 91\,350 + 9\,720 + 176\,000 = 277\,070 \text{ Вт.}$$

### 1.3 Витрати тепла на технологічні потреби

Навантаження підприємств по технологічній парі складають 6,8 МВт.

### 1.4 Витрати тепла на гаряче водопостачання

Витрати тепла на гаряче водопостачання визначаються на основі норм споживання гарячої води ( $t = 65 \text{ }^\circ\text{C}$ ). Для житлових будівель, підприємств житлово-комунального призначення, промислових будівель витрата є нерівномірною протягом доби і тижня [3]. Середня витрата теплоти на гаряче водопостачання:

$$Q_{г.в.} = \frac{1,2 * m * q * (55 - t_{хв}) * c}{T * 3,6}, \quad (1.4)$$

де  $q$  - добова норма витрати гарячої води на одиницю споживання, м<sup>3</sup>;

$m$  - кількість одиниць споживання;

$c$  - теплоємність підігріваємої води Дж/(кг·К);

$t$  - температура холодної води (взимку прийняти 5 °С, влітку 15 °С);

$T$  - число годин роботи гарячого водопостачання протягом доби (для житлових будівель  $T=24$  години).

Для житлових будинків з централізованим гарячим водопостачанням, обладнаними ваннами і душами 105 л на добу на одного мешканця:

					02.15.ТЕ1811.КРБ.2022-ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{\text{г.в.}} = \frac{1,2 * 10\ 000 * 95 * (55 - 5) * 4,187}{24 * 3,6} = 2\ 762\ 256 \text{ Вт.}$$

Для проектування гуртожитків приймаємо гуртожитки з загальними кухнями і блоками, душовими на поверхах при жилих кімнатах в кожній секції будівлі. Норма гарячої води на одного мешканця складає 30 л на добу:

$$Q_{\text{г.в.}} = \frac{1,2 * 500 * 85 * (55 - 5) * 4,187}{24 * 3,6} = 123\ 574 \text{ Вт.}$$

Поліклініки мають норму гарячої води 5.2 л на добу на одного хворого:

$$Q_{\text{г.в.}} = \frac{1,2 * 500 * 13 * (55 - 5) * 4,187}{24 * 3,6} = 18\ 899 \text{ Вт.}$$

Приймаємо для проектування дитячий садок з їдальнею, що працює на сировині та з пральнею з автоматичними пральними машинками; норма витрати гарячої води 25 л на добу на 1 дитину:

$$Q_{\text{г.в.}} = \frac{1,2 * 200 * 93 * (55 - 5) * 4,187}{24 * 3,6} = 54\ 082 \text{ Вт.}$$

Для загальної школи з душовими при гімнастичних залах та їдальнями норма витрати гарячої води складає 3л на одного учня:

$$Q_{\text{г.в.}} = \frac{1,2 * 1200 * 10 * (55 - 5) * 4,187}{24 * 3,6} = 34\ 891 \text{ Вт.}$$

Отже загальна середня витрата теплоти на гаряче водопостачання:

$$Q_{\text{г.в.}}^{\Sigma} = 2\ 762\ 257 + 123\ 574 + 18\ 899 + 54\ 082 + 34\ 891 = 2,99 \text{ МВт.}$$

					02.15.ТЕ1811.КРБ.2022-ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 1.5 Зведена таблиця теплових навантажень

Для аналізу змін теплових навантажень протягом року складаємо зведену таблицю для чотирьох характерних режимів (три зимових, 1- літній): I – максимально зимовий (за температуру зовнішнього повітря приймається середня температура найбільш холодної п`ятиденки); II – середній для найбільш холодного місяця; III – середньо опалювальний (за середньою температурою опалювального періоду); IV – літній (витрати тепла на опалення та вентиляцію відсутні).

Технологічні потреби пари підприємства:

$$Q = \Delta i \frac{D_m}{3.6},$$
$$D_m = \frac{3.6Q}{\Delta i}, \quad (1.5)$$

де  $\Delta i$  – різниця ентальпії пари:  $\Delta i = i_{II} - i_B$ ;

$i_{II}=2.7623$  кДж/кг для тиску пари  $P=0.6$  МПа;

$i_B=0.021$  кДж/кг для тиску  $P=0.6$  МПа.

$$D_m = \frac{3,6 * 6,5}{2,7623 - 0,021} = 8,53 \frac{\text{т}}{\text{год.}}$$

Робимо перерахунок теплового навантаження для режимів II і III:

$$Q_{II} = Q_I \frac{t_B - t_3^{\text{mic}}}{t_B - t_{3.p.}}, \quad (1.6)$$

$$Q_{III} = Q_{II} \frac{t_B - t_3^{\text{оп.}}}{t_B - t_{3.p.}}, \quad (1.7)$$

де  $t_3^{\text{mic}}$  – середня температура найхолоднішого місяця;

$t_3^{\text{оп.}}$  – середня температура опалювального періоду.

					02.15.ТЕ1811.КРБ.2022-ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Опалення та вентиляція промислових будівель:

$$Q_{II} = 8,4 \frac{20 - (-5,4)}{20 - (-22)} = 5,08 \text{ МВт},$$

$$Q_{III} = 8,4 \frac{20 - (-1)}{20 - (-22)} = 4,2 \text{ МВт}.$$

Опалення будівель ЖКС:

$$Q_{II} = 8,75 \frac{21 - (-5,4)}{18 - (-22)} = 4,83 \text{ МВт},$$

$$Q_{III} = 8,75 \frac{21 - (-1)}{18 - (-22)} = 3,858 \text{ МВт}.$$

Вентиляція ЖКС:

$$Q_{II} = Q_I \frac{t_B - t_3^{\text{міс}}}{t_B - t_{3.В.}} \quad Q_{III} = Q_{II} \frac{t_B - t_3^{\text{оп}}}{t_B - t_{3.В.}},$$

$$Q_{II} = 0,79 \frac{21 - (-5,4)}{18 - (-22)} = 0,48 \text{ МВт},$$

$$Q_{III} = 0,161 \frac{18 - (-1,1)}{18 - (-22)} = 0,404 \text{ МВт}.$$

Для IV режиму:

$$Q_{IV} = Q_I \frac{t_T - t_X^{\text{літ}}}{t_T - t_X^{\text{зим}}},$$

					02.15.ТЕ1811.КРБ.2022-ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де  $t_T$  – температура теплоносія (гаряча вода  $t_T=65$  °С);

$t_x^{літ}$ ,  $t_x^{зим}$  – температура холодної води влітку і взимку відповідно.

Гаряче водопостачання підприємства:

$$Q_{IV} = 2,7 \frac{55 - 15}{55 - 5} = 2,16.$$

Гаряче водопостачання ЖКС:

$$Q_{IV} = 2,92 \frac{55 - 15}{55 - 5} = 2,336.$$

Результати розрахунків наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Зведена таблиця теплових навантажень

№ з\п	Група споживачів	Теплоносій та його властивості	Одиниці виміру	Витрати теплоти по режимах				Повернення конденсату, %
				I	II	III	IV	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Технологічні потреби підприємства	Пара 0,6 МПа	т/год	8,93	8,93	8,93	8,93	60
			МВт	6,8	6,8	6,8	6,8	60
2	Опалення та вентиляція промислових будівель	Вода 150/70°С	МВт	8,4	5,8	4,2	-	
3	Опалення будівель ЖКС	Вода 150/70°С	МВт	8,75	5,37	4,47	-	

					02.15.ТЕ1811.КРБ.2022-ПЗ			Арк.
								15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

### Закінчення таблиці 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
4	Гаряче водо-постачання підприємства	Вода 65°C	МВт	2,7	2,7	2,7	1,16	
5	Гаряче водо-постачання ЖКС	Вода 65°C	МВт	2,92	2,92	2,92	2,336	
6	Вентиляція будівель	Вода 150/70°C	МВт	0,79	0,48	0,404	-	
7	Сумарне навантаження по теплоносію вода	Вода 150/70°C і 65°C	МВт	23,56	17,27	14,694	4,496	
8	Сумарне навантаження по всім теплоносіям		МВт	30,36	24,07	21,494	11,296	

### 1.6 Річна витрата теплоти

Річна витрата теплоти визначається графіком тривалості теплового навантаження  $Q_{оп.} = f(n)$ , на якому відображається залежність витрати тепла на опалення від кількості годин за опалювальний період, наведена на рисунку 1.1. Кліматичні характеристики міста Жмеринка наведені таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Кліматичні характеристики міста Жмеринка

Температура зовнішнього повітря, $t_z, ^\circ\text{C}$	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	+5	+8
Кількість годин опалювального періоду $n$ , год	1	11	49	174	492	1130	2349	3856	4512

Визначимо витрати тепла при температурах  $-30^\circ\text{C}$  та  $+8^\circ\text{C}$  (Вт):

$$Q_{\text{оп.}} = Q_{\text{оп.}}^p \frac{t_{\text{в}}^p - t_{\text{з}}}{t_{\text{в}}^p - t_{\text{з.п.}}}, \quad (1.8)$$

де  $Q_{\text{оп.}}^p$  - загальна витрата на опалення промислових приміщень та ЖКС;

$$Q_{\text{оп.}}^p = Q_{\text{оп.}}^{\Sigma \text{ЖКС}};$$

$t_{\text{в}}^p$  - приймається усереднене значення  $+20 \text{ }^\circ\text{C}$ .

$$Q_{\text{оп.}}^{+8} = 8\,759\,228 * \frac{20 - 8}{20 - (-22)} = 2\,502\,636 \text{ Вт.}$$

$$Q_{\text{оп.}}^{-30} = 8\,759\,228 * \frac{20 - (-30)}{20 - (-22)} = 10\,427\,652 \text{ Вт.}$$

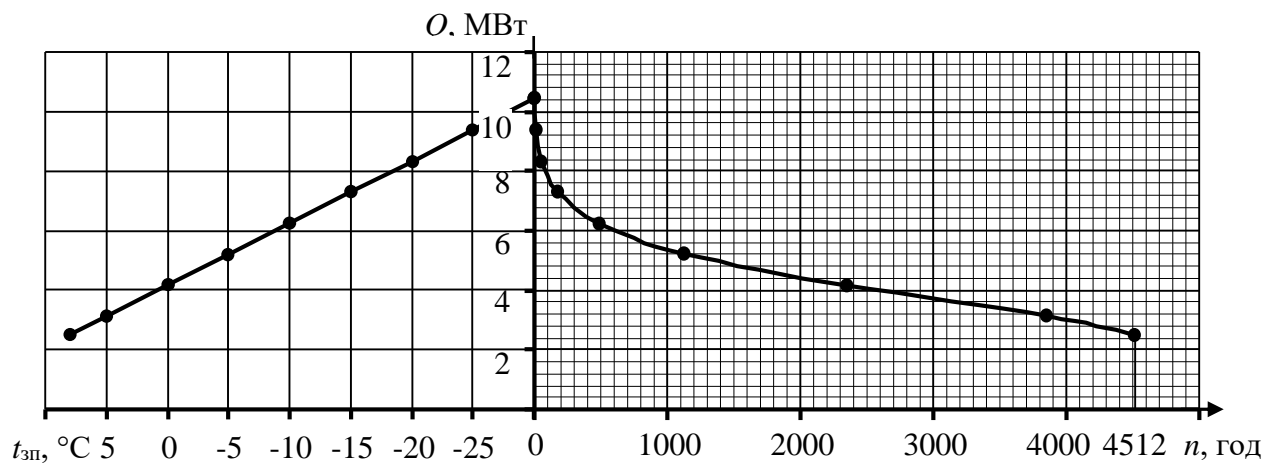


Рисунок 1.1 - Графік тривалості теплового навантаження

Річна витрата тепла на опалення знаходиться за формулою:

$$Q_{\text{річ.}} = S_1 m,$$

					02.15.ТЕ1811.КРБ.2022-ПЗ	Арк. 17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де  $S_1$  - площа обмежена кривою опалювального навантаження;

$$S_1 = 502 \text{ мм}^2;$$

$m$  – масштаб площі графіка, МВт·год/мм<sup>2</sup>;

$$m = m_1 m_2;$$

$m_1$  – масштаб осі ординат (осі опалювального навантаження);

$$m_1 = 0,4 \text{ МВт/мм};$$

$m_2$  – масштаб осі абсцис (осі тривалості опалювального періоду);

$$m_2 = 100 \text{ год/мм}.$$

$$m = 0,4 \cdot 100 = 40 \text{ МВт} \cdot \text{год/мм}^2.$$

Отже:

$$Q_{\text{річ.}} = 40 \cdot 502 = 20\,080 \text{ МВт} \cdot \text{год}.$$

					02.15.ТЕ1811.КРБ.2022-ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2 ВИБІР СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ І РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ КОТЕЛЬНОЇ

### 2.1 Вибір способу покриття теплового навантаження. Принципова схема котельні

Оскільки для покриття технологічного навантаження в якості теплоносія використовується водяна пара, а для решти теплових навантажень – вода, доцільно обрати котельню з паровими котлами або комбіновану котельню з паровими і водогрійними котлами.

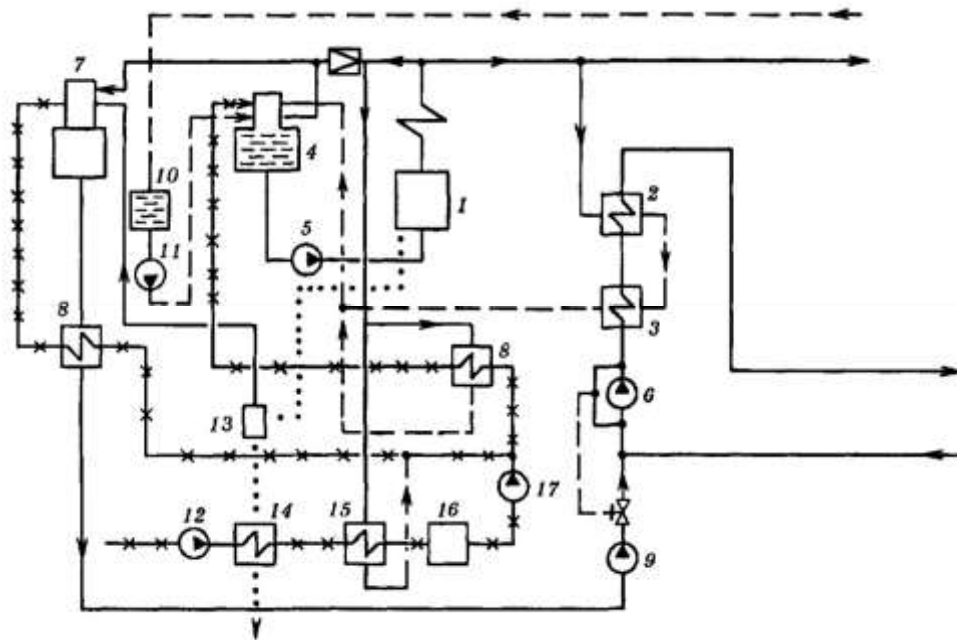
На рисунку 2.1 показана тепла схема котельні з паровими котлами з відпуском теплоти на потреби опалення, вентиляції та гарячого водопостачання. Насос сирій води подає воду в охолоджувач продувальної води, де вона нагрівається за рахунок теплоти продувальної води. Після цього вода підігрівається до 20..30 °С в пароводяному підігрівачі сирій води та направляється на хімводопідготовку. Хімічно очищена вода після підігріву паром направляється в головку деаератора живильної води котла, або через охолоджувач деаерованої води – в деаератор підживлювальної води тепломережі.

Підігрів сітьової води відбувається послідовно в двох сітьових підігрівачах. Конденсат від всіх підігрівачів направляється в головку деаератора живильної води, в яку також поступає конденсат від зовнішніх споживачів пари.

Підігрів води в деаераторах здійснюється паром з котлів і з сепаратора. Неперервна продувка від котлів використовується в сепараторі, в якому котлова вода частково випаровується. В котельнях з паровими котлами незалежно від теплової схеми використання теплоти неперервної продувки котлів є обов'язковим. Використана продувальна вода скидається в продувальний колодязь.

Деаерована вода з деаератора живильної води котлів з температурою близько 104 °С живильним насосом подається до парових котлів. Підживлювальна вода для системи теплопостачання з деаератора підживлювальної води віддає свою теплоту в підігрівачі хімічно очищеної води, охолоджуючись до 70 °С перед підживлювальним насосом.

					02.15.ТЕ1811.КРБ.2022-ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



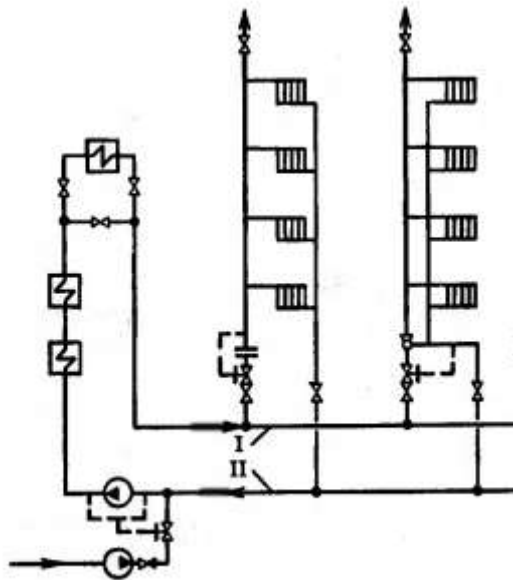
1 – паровий котел низького тиску; 2 – пароводяний підігрівач сітьової води; 3 — охолоджувач конденсату; 4 — деаератор живильної води котла; 5 — живильний насос; 6 — циркуляційний насос; 7 — деаератор підживлювальної води; 8 — підігрівачі хімічно очищеної води, 9 — підживлювальний насос; 10 — збірний бак конденсату, 11 — конденсатний насос; 12 – насос сирої води; 13 — сепаратор продувальної води; 14 — охолоджувач продувальної води, 15 — пароводяний підігрівач сирої води; 16 — хімводопідготовка; 17 — насос хімічно очищеної води.

Рисунок 2.1 – Принципова теплова схема котельні з паровими котлами

Використання двох деаераторів (один – для приготування живильної води котлів, інший – підживлювальної води системи тепlopостачання) є обов’язковим для відкритих систем тепlopостачання, оскільки витрати підживлювальної води в ній можуть бути досить значними. Для закритих систем тепlopостачання можливим є використання спільного деаератора для обох цілей.

На рисунку 2.2 наведено схему водяної системи тепlopостачання, до якої входять: ХВО живлення, підживлюваний насос, регулятор підживлення, сітьовий насос, теплофікаційний підігрівач, котел, регулятор витрати, повітряний кран, нагрівальний прилад, елеватор. подавальна лінія теплової мережі, зворотна лінія теплової мережі.

					02.15.ТЕ1811.КРБ.2022-ПЗ	Арк. 20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



I – подавальна лінія теплової мережі; II – зворотна лінія теплової мережі.

Рисунок 2.2 – Водяна система тепlopостачання

На рисунку 2.3 наведено схему гарячого водопостачання, до якої входять: акумулятор гарячої води, водозабірний кран, насос, водоводяний підігрівач, регулятор температури, регулятор тиску.

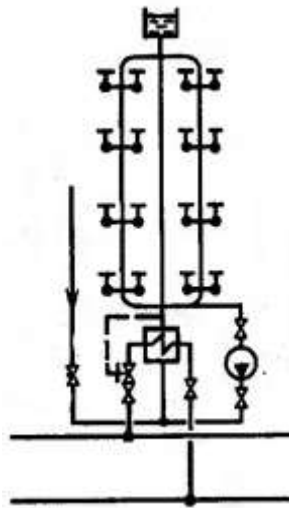


Рисунок 2.3 – Система гарячого водопостачання

					02.15.ТЕ1811.КРБ.2022-ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На рисунку 2.4 наведено схему системи опалення та гарячого водопостачання, до якої входять: повітряні крани, водорозбірні крани, водоводяний підігрівач, регулятор температури, елеватор, регулятор тиску, нагрівальні прилади.

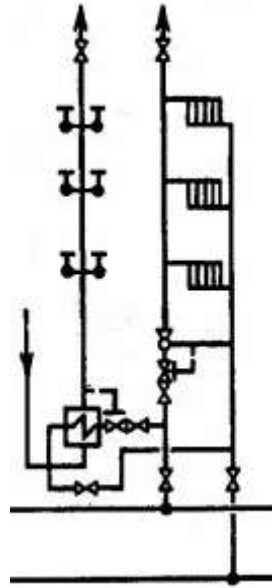


Рисунок 2.4 – Схема системи опалення та гарячого водопостачання

На рисунку 2.5 наведено схему системи опалення та вентиляції, до якої входять: калорифери нижньої та верхньої ступені, елеватор, регулятор тиску, нагрівальні елементи.

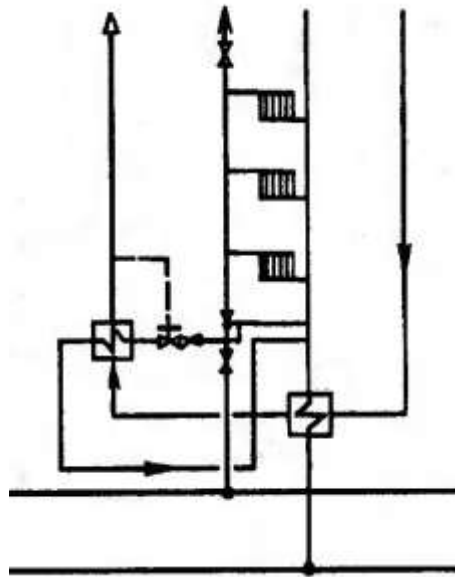


Рисунок 2.5 – Схема комбінованої системи опалення та вентиляції

					02.15.ТЕ1811.КРБ.2022-ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Закінчення таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6	7
Ентальпія води перед підігрівачем (при 18 °С)	$i_{\text{х.о.в.}}^{\ddot{\cdot}}$	кДж/кг	75,53	75,53	75,53	75,53
Ентальпія конденсату редукованої пари (при 80 °С)	$i_{\text{к}}^{\text{РОУ}}$	кДж/кг	335	335	335	335
Ентальпія живильної води	$i_{\text{ж.в.}}$	кДж/кг	437	437	437	437

Розрахунок теплової схеми котельної з паровими котлами проводимо у наступній послідовності.

Визначається витрата води на підігрівачі сітьової води (т/год):

$$G = \frac{3600Q}{c(t_1 - t_2)}, \quad (2.1)$$

де  $Q$  – сумарне теплове навантаження по теплоносію "вода";

$c$  – теплоємність води, кДж/(кг·К);

$t_1, t_2$  – температура води перед сітьовими підігрівачами та за ними відповідно, °С.

$$G_I = \frac{3600 * 30,36}{4,19(150 - 70)} = 326 \text{ т/год.}$$

$$G_{II} = \frac{3600 * 17,27}{4,19(100 - 44)} = 264 \text{ т/год.}$$

$$G_{III} = \frac{3600 * 14,694}{4,19(86 - 34,3)} = 244 \text{ т/год.}$$

Визначається витрата пари на підігрівачі сітьової води (т/год):

$$D_{\text{п.с.в.}} = \frac{cG(t_1 - t_2)}{(i_{\text{РОУ}}^{\ddot{\cdot}} - i_{\text{к}})\eta'}$$

					02.15.ТЕ1811.КРБ.2022-ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де  $i''_{\text{роу}}$ ,  $i_k$  – ентальпія редукованої пари перед підігрівачами сітьової води та конденсату (температура конденсату приймається  $80^{\circ}\text{C}$ ) за ними, кДж/кг;  
 $\eta$  – ККД сітьового підігрівача (для більшості підігрівачів може бути прийнятий рівним 0,98).

$$D_{\text{п.с.в.I}} = \frac{4,19 * 326(150 - 70)}{(2756 - 335)0,98} = 46 \text{ т/год.}$$

$$D_{\text{п.с.в.II}} = \frac{4,19 * 264(100 - 44)}{(2756 - 335)0,98} = 26,2 \text{ т/год.}$$

$$D_{\text{п.с.в.III}} = \frac{4,19 * 244(86 - 34,3)}{(2756 - 335)0,98} = 22,2 \text{ т/год.}$$

Визначається витрата пари зовнішніми споживачами (т/год):

$$D_{\text{зов.}} = D_m + D_{\text{п.с.в.}}, \quad (2.3)$$

де  $D_m$  – витрата пари технологічними споживачами, т/год.

$$D_{\text{зов.I}} = 8,93 + 46 = 54,93 \text{ т/год.}$$

$$D_{\text{зов.II}} = 8,93 + 26,2 = 35,13 \text{ т/год.}$$

$$D_{\text{зов.III}} = 8,93 + 22,2 = 31,13 \text{ т/год.}$$

$$D_{\text{зов.IV}} = 8,93 \text{ т/год.}$$

Визначається витрата пари (т/год) на власні потреби котельні (підігрів сирії води та хімічно очищеної води, витрати на деаератори):

					02.15.ТЕ1811.КРБ.2022-ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$D_{\text{вл.}} = 0.01K_{\text{вл.}}D_{\text{зов}}, \quad (2.4)$$

де  $K_{\text{вл.}}$  – витрата пари на власні потреби (рекомендується приймати в межах 5-10 %).

$$D_{\text{вл.I}} = 0.01 * 5 * 54,93 = 2,7465 \text{ т/год.}$$

$$D_{\text{вл.II}} = 0.01 * 5 * 35,13 = 1,7565 \text{ т/год.}$$

$$D_{\text{вл.III}} = 0.01 * 5 * 31,13 = 1,5565 \text{ т/год.}$$

$$D_{\text{вл.IV}} = 0.01 * 5 * 8,93 = 0,4465 \text{ т/год.}$$

При наявності мазутного господарства визначається витрата пари на нього (т/год):

$$D_{\text{м}} = 0.01K_{\text{м.}}D_{\text{зов}}, \quad (2.5)$$

де  $K_{\text{м}}$  – витрата пари на мазутне господарство (при відсутності даних приймається 3 %).

$$D_{\text{мI}} = 0.01 * 3 * 54,93 = 1,6479 \text{ т/год.}$$

$$D_{\text{мII}} = 0.01 * 3 * 35,13 = 1,0539 \text{ т/год.}$$

$$D_{\text{мIII}} = 0.01 * 3 * 31,13 = 0,9339 \text{ т/год.}$$

$$D_{\text{мIV}} = 0.01 * 3 * 8,93 = 0,2679 \text{ т/год.}$$

					02.15.ТЕ1811.КРБ.2022-ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаються витрати пари на покриття її втрат в котельні (т/год):

$$D_{\text{вт}} = 0,01K_{\text{вт}}(D_{\text{зов}} + D_{\text{м}}), \quad (2.6)$$

де  $K_{\text{вт}}$  – втрати від витоку в тепломережі (рекомендується приймати 2-3 %).

$$D_{\text{втI}} = 0,01 * 2 * (54,93 + 1,6479) = 1,131 \text{ т/год.}$$

$$D_{\text{втII}} = 0,01 * 2 * (35,13 + 1,0539) = 0,7236 \text{ т/год.}$$

$$D_{\text{втIII}} = 0,01 * 2 * (31,13 + 0,9339) = 0,608 \text{ т/год.}$$

$$D_{\text{втIV}} = 0,01 * 2 * (8,93 + 0,2679) = 0,2679 \text{ т/год.}$$

Визначається сумарна паропродуктивність котельні (т/год):

$$D = D_{\text{зов}} + D_{\text{вл}} + D_{\text{м}} + D_{\text{вт}}. \quad (2.7)$$

$$D_{\text{I}} = 54,93 + 2,7465 + 1,6479 + 1,131 = 60,45 \text{ т/год.}$$

$$D_{\text{II}} = 35,13 + 1,7565 + 1,0539 + 1,0539 = 38,66 \text{ т/год.}$$

$$D_{\text{III}} = 35,13 + 1,5565 + 0,9339 + 0,9339 = 34,26 \text{ т/год.}$$

$$D_{\text{IV}} = 8,93 + 0,4465 + 0,2679 + 0,2679 = 9,82 \text{ т/год.}$$

Визначаються втрати конденсату в обладнанні зовнішніх споживачів та в котельні (т/год):

$$G_{\text{к}}^{\text{вт}} = 0,01(100 - \beta)D_{\text{м}} + 0,01K_{\text{к}}D, \quad (2.8)$$

					02.15.ТЕ1811.КРБ.2022-ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де  $\beta$  – частка конденсату, що повертається зовнішніми споживачами, %;  
 $K_k$  – втрати конденсату в циклі котельної установки (рекомендується приймати рівними 3 %).

$$G_{kI}^{BT} = 0,01(100 - 60) * 8,93 + 0,01 * 2 * 60,45 = 4,78 \text{ т/год.}$$

$$G_{kII}^{BT} = 0,01(100 - 60) * 8,93 + 0,01 * 2 * 38,66 = 4,34 \text{ т/год.}$$

$$G_{kIII}^{BT} = 0,01(100 - 60) * 8,93 + 0,01 * 2 * 34,26 = 4,25 \text{ т/год.}$$

$$G_{kIV}^{BT} = 0,01(100 - 60) * 8,93 + 0,01 * 2 * 9,82 = 3,76 \text{ т/год.}$$

Визначається витрата хімічно очищеної води (т/год):

$$G_{x.o.v.} = G_K^{BT} + 0,01K_{TM}G, \quad (2.9)$$

де  $K_{TM}$  – втрати води в тепломережі (для закритої системи можуть бути прийняті рівними 2-3 %, для відкритої системи мають додатково враховувати витрату води з тепломережі на гаряче водопостачання).

$$G_{x.o.v.I} = 4,78 + 0,01 * 2 * 326 = 11,3 \text{ т/год.}$$

$$G_{x.o.v.II} = 4,34 + 0,01 * 2 * 264,9 = 9,64 \text{ т/год.}$$

$$G_{x.o.v.III} = 4,25 + 0,01 * 2 * 244 = 9,13 \text{ т/год.}$$

$$G_{x.o.v.IV} = 3,76 + 0,01 * 2 * 0 = 3,76 \text{ т/год.}$$

					02.15.ТЕ1811.КРБ.2022-ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначається витрата сирі води (т/год):

$$G_{\text{с.в.}} = K_{\text{х.о.в.}} G_{\text{х.о.в.}}, \quad (2.10)$$

де  $K_{\text{х.о.в.}}$  – коефіцієнт, що враховує витрату сирі води на власні потреби хімводопідготовки (рекомендується приймати рівним 1,25).

$$G_{\text{с.в.I}} = 1,25 * 11,3 = 14,12 \text{ т/год.}$$

$$G_{\text{с.в.II}} = 1,25 * 9,64 = 12,05 \text{ т/год.}$$

$$G_{\text{с.в.III}} = 1,25 * 9,13 = 11,42 \text{ т/год.}$$

$$G_{\text{с.в.IV}} = 1,25 * 3,76 = 4,72 \text{ т/год.}$$

Визначається кількість води, що поступає з неперервною продувкою в сепаратор (т/год):

$$G_{\text{пр}} = 0,01 p_{\text{пр}} D, \quad (2.11)$$

де  $p_{\text{пр}}$  – процент продувки (приймається від 2 до 5 %).

$$G_{\text{прI}} = 0,03 * 60,45 = 1,81 \text{ т/год.}$$

$$G_{\text{прII}} = 0,03 * 38,66 = 1,15 \text{ т/год.}$$

$$G_{\text{прIII}} = 0,03 * 34,26 = 1,02 \text{ т/год.}$$

$$G_{\text{прIV}} = 0,03 * 9,82 = 0,29 \text{ т/год.}$$

					02.15.ТЕ1811.КРБ.2022-ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначається кількість пари, що утворюється в сепараторі неперервної продувки (т/год):

$$D_{\text{сеп}} = \frac{G_{\text{пр}}(i_{\text{к.в.}} - i_{\text{сеп}})}{x(i_{\text{сеп}}'' - i_{\text{сеп}}')\eta} \quad (2.12)$$

де  $i_{\text{к.в.}}$  – ентальпія котлової води, кДж/к;

$i_{\text{сеп}}''$ ,  $i_{\text{сеп}}'$  – ентальпія пари та води в сепараторі, кДж/кг,

$x$  – степінь сухості пари, що виходить з сепаратора, приймається рівною 0,98.

$$D_{\text{сепI}} = \frac{1,81(667 - 479)}{0,98(2698 - 479)0,98} = 0,159 \text{ т/год.}$$

$$D_{\text{сепII}} = \frac{1,15(667 - 479)}{0,98(2698 - 479)0,98} = 0,102 \text{ т/год.}$$

$$D_{\text{сепIII}} = \frac{1,02(667 - 479)}{0,98(2698 - 479)0,98} = 0,09 \text{ т/год.}$$

$$D_{\text{сепIV}} = \frac{0,29(667 - 479)}{0,98(2698 - 479)0,98} = 0,026 \text{ т/год.}$$

Визначається кількість води на виході з розширювача неперервної продувки (т/год):

$$G_{\text{сеп}} = G_{\text{пр}} - D_{\text{сеп}} \quad (2.13)$$

$$G_{\text{сепI}} = 2,81 - 0,159 = 1,65 \text{ т/год.}$$

$$G_{\text{сепII}} = 1,15 - 0,097 = 1,05 \text{ т/год.}$$

					02.15.ТЕ1811.КРБ.2022-ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$G_{\text{сепIII}} = 1,02 - 0,09 = 0,93 \text{ т/год.}$$

$$G_{\text{сепIV}} = 0,29 - 0,026 = 0,26 \text{ т/год.}$$

Визначається температура сирії води після охолоджувача неперервної продувки (°C):

$$i'_{\text{с.в.}} = \frac{G_{\text{сеп}}(i'_{\text{сеп}} - i''_{\text{пр}})}{cG_{\text{с.в.}}} + t_{\text{с.в.}}, \quad (2.14)$$

де  $i''_{\text{пр}}$  – ентальпія води після охолоджувача неперервної продувки (приймається рівною 210 кДж/кг), кДж/кг;

$t_{\text{с.в.}}$  – температура сирії води на вході в котельню, °C.

$$i'_{\text{с.в.I}} = \frac{1,65(479 - 210)}{4,19 * 14,12} + 5 = 12,6 \text{ °C.}$$

$$i'_{\text{с.в.II}} = \frac{1,05(479 - 210)}{4,19 * 12,05} + 5 = 10,6 \text{ °C.}$$

$$i'_{\text{с.в.III}} = \frac{0,93(479 - 210)}{4,19 * 11,42} + 5 = 10,2 \text{ °C.}$$

$$i'_{\text{с.в.IV}} = \frac{0,26(479 - 210)}{4,19 * 4,71} + 5 = 18,6 \text{ °C.}$$

Визначається витрата пари на підігрівач сирії води (т/год):

$$D_{\text{с.в.}} = G_{\text{с.в.}} \frac{i'_{\text{х.о.в.}} - i'_{\text{с.в.}}}{i''_{\text{роу}} - i''_{\text{к}}}, \quad (2.15)$$

					02.15.ТЕ1811.КРБ.2022-ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де  $i_{x.o.v.}$  – ентальпія сирії води після підігрівача, що визначається для температури води, яка приймається в межах 20...30 °С, кДж/кг;

$i_{c.v.}$  – ентальпія сирії води після охолоджувача неперервної продувки, що визначається за температурою  $t_{c.v.}$ , кДж/кг;

$i_k^{POY}$  – ентальпія конденсату редукованої пари, що визначається за температурою конденсату, яка приймається в межах 70...85 °С.

$$D_{c.v.I} = 14,12 \frac{83,9 - 47,54}{2756 - 335} = 0,212 \text{ т/год.}$$

$$D_{c.v.II} = 12,05 \frac{83,9 - 42,8}{2756 - 336} = 0,204 \text{ т/год.}$$

$$D_{c.v.III} = 11,42 \frac{83,9 - 42,04}{2756 - 336} = 0,1976 \text{ т/год.}$$

$$D_{c.v.IV} = 4,71 \frac{83,9 - 73,65}{2756 - 336} = 0,019 \text{ т/год.}$$

Визначається витрата пари на підігрів хімічищеної води в підігрівачі перед деаератором живильної води котлів (т/год):

$$D_{x.o.v.} = G_K^{BT} \frac{i_k - i_{x.o.v.}}{i_{POY} - i_k^{POY}}, \quad (2.16)$$

де  $i_k$  – ентальпія хімічищеної води після підігрівача (визначається за температурою конденсату, рівною 70-85 °С), кДж/кг;

$i_{x.o.v.}$  – ентальпія хімічно очищеної води перед підігрівачем (приймається за температурою на  $\approx 2$  °С меншою від температури сирії води на виході з підігрівача сирії води), кДж/кг.

					02.15.ТЕ1811.КРБ.2022-ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$D_{\text{X.O.B.I}} = 4,78 \frac{335 - 75,53}{2756 - 335} = 0,512 \text{ т/год.}$$

$$D_{\text{X.O.B.II}} = 4,34 \frac{335 - 75,53}{2756 - 335} = 0,465 \text{ т/год.}$$

$$D_{\text{X.O.B.III}} = 4,25 \frac{335 - 75,53}{2756 - 335} = 0,456 \text{ т/год.}$$

$$D_{\text{X.O.B.IV}} = 3,76 \frac{335 - 75,53}{2756 - 335} = 0,403 \text{ т/год.}$$

Визначається сумарна кількість води та пари, що поступають в деаератори, окрім гріючої пари деаератора (т/год):

$$G_{\text{д}} = G_{\text{X.O.B.}} + \beta 0,01 D_{\text{T}} + D_{\text{X.O.B.}} + D_{\text{C.B.}} + D_{\text{П.С.В.}} + D_{\text{Сеп.}} \quad (2.17)$$

$$G_{\text{дI}} = 11,3 + 60 * 0,01 * 8,93 + 0,512 + 0,212 + 46 + 0,159 = 63,54 \text{ т/год.}$$

$$G_{\text{дII}} = 9,64 + 60 * 0,01 * 8,93 + 0,465 + 0,204 + 26,2 + 0,102 = 41,97 \frac{\text{т}}{\text{год.}}$$

$$G_{\text{дIII}} = 9,13 + 60 \cdot 0,01 \cdot 8,93 + 0,456 + 0,1976 + 22,2 + 0,096 = 37,44 \text{ т/год.}$$

$$G_{\text{дIV}} = 3,76 + 60 * 0,01 * 8,93 + 0,403 + 0,019 + 0,026 = 9,57 \text{ т/год.}$$

Визначається середня температура води в деаераторах (°C):

$$t_{\text{д}} = \frac{G_{\text{X.O.B.}} i_{\text{K}} + \beta D_{\text{T}} i_{\text{K}} + D_{\text{X.O.B.}} i_{\text{K}}^{\text{POY}} + D_{\text{П.С.В.}} i_{\text{K}}^{\text{POY}} + D_{\text{Сеп.}} i_{\text{Сеп.}} + D_{\text{П.С.В.}} i_{\text{K}}}{c G_{\text{д}}}$$

					02.15.ТЕ1811.КРБ.2022-ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$t_{дI} = \frac{11,3 * 335 + 0,6 * 8,93 * 335 + 0,469 * 335 + 46 * 335 + 0,128 * 2698 + 33,2 * 335}{4,19 * 63,54} = 81,36^{\circ}\text{C}.$$

$$t_{дII} = \frac{9,64 * 335 + 0,6 * 8,93 * 335 + 0,44 * 335 + 26,2 * 335 + 0,097 * 2698 + 23 * 335}{4,19 * 41,97} = 81,13^{\circ}\text{C}.$$

$$t_{дIII} = \frac{9,13 * 335 + 0,6 * 8,93 * 335 + 0,439 * 335 + 22,2 * 335 + 0,0916 * 2698 + 20,7 * 335}{4,19 * 37,447} = 81,31^{\circ}\text{C}.$$

$$t_{дIV} = \frac{3,76 * 335 + 0,6 * 8,93 * 335 + 0,3852 * 335 + 0,019 * 335 + 0,0248 * 2698 + 0 * 335}{4,19 * 19,57} = 81,5^{\circ}\text{C}.$$

Визначається витрата гріючої пари на деаератори, т/год:

$$D_{д} = \frac{G_{д}(i_{ж.в.} - 4,2t_{д})}{(i_{POY} - i_{ж.в.})\eta}, \quad (2.19)$$

де  $i_{ж.в.}$  – ентальпія живильної води, кДж/кг, (температура живильної води приймається 104 °С).

$$D_{дI} = \frac{63,54 (437 - 4,2 * 81,36)}{(2698 - 437)0,98} = 2,664 \text{ т/год.}$$

$$D_{дII} = \frac{41,97 (437 - 4,2 * 81,13)}{(2698 - 437)0,98} = 1,777 \text{ т/год.}$$

$$D_{дIII} = \frac{37,44 (437 - 4,2 * 81,31)}{(2698 - 437)0,98} = 1,573 \text{ т/год.}$$

					02.15.ТЕ1811.КРБ.2022-ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$D_{дIV} = \frac{9.57 (437 - 4,2 * 81,5)}{(2698 - 437)0,98} = 0.398 \frac{\text{т}}{\text{год}}$$

Визначається витрата редукованої пари на власні потреби котельні (т/год):

$$D_{вл}^p = D_d + D_{x.o.v.} + D_{c.v.} \quad (2.20)$$

$$D_{влI}^p = 2,664 + 0,512 + 0,212 = 3,388 \text{ т/год.}$$

$$D_{влII}^p = 1,777 + 0,465 + 0,204 = 2,446 \text{ т/год.}$$

$$D_{влIII}^p = 1,573 + 0,456 + 0,1976 = 2,226 \text{ т/год.}$$

$$D_{влIV}^p = 0.398 + 0.403 + 0,019 = 0.82 \text{ т/год.}$$

Визначається дійсна паропродуктивність котельні з врахуванням витрат пари на власні потреби (т/год):

$$D_k = (D_{зov} + D_{вл}^p) + 0,01 * 2(D_{зov} + D_{вл}^p). \quad (2.21)$$

$$D_{кI} = (54,93 + 3,388) + 0,01 * 2(54,93 + 3,388) = 59,48 \text{ т/год.}$$

$$D_{кII} = (35,13 + 2,446) + 0,01 * 2(35,13 + 2,446) = 38,32 \text{ т/год.}$$

$$D_{кIII} = (31,13 + 2,226) + 0,01 * 2(31,13 + 2,226) = 34,02 \text{ т/год.}$$

$$D_{кIV} = (8,93 + 0,82) + 0,01 * 2(8,93 + 0,82) = 9,94 \text{ т/год.}$$

Визначається нев'язка з попередньо прийнятою паропродуктивністю котельні, %:

					02.15.ТЕ1811.КРБ.2022-ПЗ	Арк. 35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta D = 100 \frac{D_k - D}{D_k}. \quad (2.22)$$

$$\Delta D_I = 100 \frac{59,48 - 60,45}{59,48} = 1,63 \%$$

$$\Delta D_{II} = 100 \frac{38,32 - 38,66}{38,32} = 0,89\%$$

$$\Delta D_{III} = 100 \frac{34,02 - 34,26}{34,02} = 0,57\%$$

$$\Delta D_{IV} = 100 \frac{9,94 - 9,82}{9,94} = 1,12\%$$

Результати розрахунку по чотирьом режимам роботи заносимо до таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Результати розрахунку по чотирьом режимам роботи

№ п/п	Найменування величини	Одиниці виміру	Позначення	Режими			
				I	II	III	IV
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Витрата води на підігрівання сітрової води	т/год	$G$	326	264	244	-
2	Витрата пари на підігрівання сітрової води	т/год	$D_{п.с.в.}$	46	26,2	22,2	-
3	Витрата пари зовнішніми споживачами	т/год	$D_{зов.}$	54,93	35,13	31,13	8,93



Закінчення таблиці 2.2

14	Температура сирі води після охолоджувача неперервної продукції	°C	$i_{с.в.}$	12,6	10,6	10,2	18,6
15	Витрата пари на підігрівач сирі води	т/год	$D_{с.в.}$	0,212	0,204	0,1976	0,019
16	Витрата пари на підігрів хім.очищеної води	т/год	$D_{х.о.в.}$	0,512	0,465	0,456	0,403
17	Сумарна кількість води та пари, що поступають в деаератори, окрім гріючої пари деаератора	т/год	$G_d$	63,54	41,97	37,44	9,57
18	Середня температура води в деаераторах	°C	$t_d$	81,36	81,13	81,31	81,5
19	Витрата гріючої пари на деаератори	т/год	$D_d$	2,664	1,777	1,573	0,398
20	Витрати редукованої пари на власні потреби котельні	т/год	$D_{вл}^p$	3,388	2,446	2,226	0,82
21	Дійсна паропродуктивність котельні	т/год	$D_k$	59,48	38,32	34,02	9,94

Виходячи з отриманої паропродуктивності котельні обираємо 3 котла типа Е-16-14 з паропродуктивністю кожного 16 т/год та робочим тиском 1,4 МПа

									Арк.
									38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

02.15.ТЕ1811.КРБ.2022-ПЗ

### 3 ВИБІР ТЕПЛОПІДГОТОВЧОГО ОБЛАДНАННЯ ТА РОЗРАХУНОК ТРУБОПРОВОДІВ

В основному в котельнях застосовуються теплообмінники поверхневого типу. Площа поверхні теплообміну визначається за формулою:

$$F = \frac{10^3 N}{k \Delta t \eta}, \text{ м}^2, \quad (3.1)$$

де  $N$  – теплова потужність теплообмінника, кВт;

$\Delta t$  – середньологарифмічний перепад температур, °С;

$k$  – коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м<sup>2</sup>·К), який для приблизних розрахунків може бути прийнятий в межах 1950..2100 Вт/(м<sup>2</sup>·К);

$\eta$  – коефіцієнт, що враховує втрати теплоти від зовнішнього охолодження (може бути прийнятий рівним 0,98).

$$\Delta t = \frac{(t_n - t_2) - (t_n - t_1)}{\ln \frac{t_n - t_2}{t_n - t_1}}. \quad (3.2)$$

$$\Delta t = \frac{(180 - 70) - (180 - 150)}{\ln \frac{180 - 70}{180 - 150}} = 61.6^\circ\text{C}.$$

$$F = \frac{10^3 * 22.369}{2000 * 61.6 * 0.98} = 185.358, \text{ м}^2.$$

Обираємо 3 теплообмінника типорозміру 06 з площею поверхні нагріву 76,8 м<sup>2</sup> кожен та площею живого перерізу 0,1728 м<sup>2</sup> [4]. Для обраного теплообмінника визначаємо швидкість води в трубах (м/с):

					02.15.ТЕ1811.КРБ.2022-ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$W = \frac{Q_B}{f}, \quad (3.3)$$

де  $Q_B$  – об`ємна витрата води, що підігрівається м<sup>3</sup>/с;

$f$  – живий переріз для проходу води, м<sup>2</sup>.

$$W = \frac{252 * 1000}{3600 * 971.8 * 0.1728} = 0.417 \text{ м/с.}$$

					02.15.ТЕ1811.КРБ.2022-ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

У кваліфікаційній роботі було розроблено проєкт теплопостачання об'єктів депо м. Жмеринка та прилеглого населеного пункту. Визначено опалювальні навантаження промислових приміщень та житлово-комунального сектору, витрати теплоти на вентиляцію виробничих приміщень та житлово-комунального сектору, витрати тепла на технологічні потреби, гаряче водопостачання, а також річну витрату теплоти.

Обрано спосіб покриття теплового навантаження та принципову схему котельні. Розраховано системи гарячого водопостачання, опалення, вентиляції. Виконано розрахунок теплової схеми котельні, обрано теплопідготовче обладнання.

					02.15.ТЕ1811.КРБ.2022-ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Нечуйвітер, М.М. Теплофікація і теплові мережі. Теплоенергозабезпечення та теплофікаційні установки [Текст]: навч.-метод. посібник для вищих нав. закладів інж.-теплоенерг. профілю / М. М. Нечуйвітер, І. Г. Шелепов ; Укр. інж.-пед. акад. – Х.: [б. в.], 2009. – 153 с.
2. Теплові мережі: [Текст]: Навчальний посібник / За ред. М.О. Прядка. – К.: Алерта, 2005. – 227 с.
3. Борисенко, В. П. Котли і теплові мережі: Довідник [Текст] / В.П. Борисенко. – К.: Основа, 2002. – 160 с.
4. Степанов, Д.В., Корженко, Є.С., Боднар, Л.А. Котельні установки промислових підприємств. Навчальний посібник [Текст] / Д.В. Степанов, Є.С. Корженко, Л.А. Боднар. – Вінниця : ВНТУ, 2011. – 120 с.

					02.15.ТЕ1811.КРБ.2022-ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		