

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. Знам'янка та прилеглого на-
селеного пункту

за освітньою програмою Теплоенергетика

зі спеціальності: 144 Теплоенергетика

Виконав: студент групи ТЕ19120 :

/ Андрій КУЗНЕЦОВ /

Керівник:

/ доцент Олександр ЖЕВЖИК /

Нормоконтролер:

/ доцент Віктор ДЬЯКОВ /

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

Студент

(підпис)

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 ICE

Дмитро БОСІЙ

Дата 14.12.2021

З А В Д А Н Н Я

на кваліфікаційну роботу бакалавр з теплоенергетики

студенту Кузнецову Андрію Анатолійовичу

1. Тема роботи: Проект теплопостачання об'єктів депо м. Знам'янка 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. Знам'янка

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 °C): локомотивного депо 6,5 МВт; механічних майстерень 7,6 МВт.

3.4. Максимальні навантаження гарячого водопостачання виробництва (65 °C) 2,3 МВт.

3.5. Споживачі теплових навантажень в житлово-комунальному секторі: 20 житлових будинків по 28 000 м³, поліклініка з об'ємом будівлі 7000 м³, дитячий садок з об'ємом будівлі 1800 м³, школа з об'ємом будівлі 40 000 м³, гуртожиток з об'ємом будівлі 10000 м³.

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

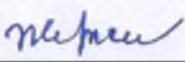
№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Розрахунок теплових навантажень системи тепlopостачання	11.04.2022	
2	Вибір системи тепlopостачання і розрахунок теплової схеми котельної	24.04.2022	
3	Вибір теплопідготовчого обладнання	29.05.2022	
4	Подання кваліфікаційної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

Студент



Андрій КУЗНЕЦОВ

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.....	40
ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	42
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	43

					02.15.ТЕ1811. КРБ.2022-ПЗ		
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Разраб.		Кузнецов А.	<i>А.Кузнецов</i>	20.06.22	Проект тепlopостачання об'єктів депо м. Знам'янка та прилеглого населеного пункту	Лист	Листів
Керівник		Жевжик О.В.	<i>О.В.Жевжик</i>	01.06.22			
Консульт.						6	43
Норм.контр		Дяков В.О.	<i>В.О.Дяков</i>	20.06.22		МОНУ, УДУНТ, ІСЕ, ТЕ1811	
Затверд.		Босий	<i>Босий</i>	20.06.22			

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи бакалавра:

43 с., 6 рис., 4 табл., 5 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, витрати тепла на гаряче водопостачання, річну витрату теплоти, обрано спосіб покриття теплового навантаження, запропоновано принципову схему котельні, а саме водяної системи теплопостачання, системи гарячого водопостачання, системи опалення та гарячого водопостачання, системи опалення та вентиляції, виконано розрахунок теплової схеми котельні, обрано теплопідготовче обладнання.

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

ВСТУП

Теплопостачання є важливою сферою господарської діяльності, що забезпечує перетворення енергетичних ресурсів на теплову енергію, її транспортування та постачання теплової енергії споживачам. Водночас теплопостачання є однією з найбільш енерговитратних галузей економіки. Так, втрати тепла тільки в теплових мережах складає від 5 до 32 %, а інколи навіть перевищують 40 %. Тому грамотне планування теплопостачання є однією зі стратегічних цілей розвитку країни, що підкреслено в законі України «Про теплопостачання».

В країнах Європи наразі спостерігається суттєвий розвиток централізованого теплопостачання. Це підкреслює ефективність систем централізованого теплопостачання, особливо у містах з досить щільною забудовою. Крім того саме централізоване теплопостачання дає змогу мати гнучку національну енергосистему та інтеграцію в неї поновлюваних джерел енергії, що є дуже важливим для України.

					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/(м³К);

V_0 – об'єм об'єкту, м³;

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

$t_{\text{зо}}$ – розрахункова температура зовнішнього повітря.

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]:

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

де V – об'єм одного об'єкту за зовнішнім обміром, м³.

Отже:

1) 20 житлових будинків по 28 000 м³ кожен:

$$q_{\text{оп.}} = \frac{1,85}{\sqrt[6]{28\,000}} = 0,336,$$

$$Q_{\text{оп}} = 0,336 * 28000 * 20 * (20 - (-22)) = 7\,902\,720 \text{ Вт};$$

2) поліклініка з об'ємом будівлі 7000 м³:

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

$$q_{\text{оп.}} = \frac{1.85}{\sqrt[6]{7000}} = 0,442 ,$$

$$Q_{\text{оп}} = 0,442 * 7000 * (21 - (-22)) = 133\,042 \text{ Вт};$$

3) дитячий садок з об'ємом будівлі 1800 м³:

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

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

4) школа з об'ємом будівлі 40 000 м³:

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

$$Q_{\text{оп}} = 0,316 * 37000 * (20 - (-22)) = 530\,880 \text{ Вт};$$

5) гуртожиток з об'ємом будівлі 10000 м³:

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

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

Загальна витрата тепла на опалення житлово-комунального масиву:

$$Q_{\text{оп.}}^{\Sigma \text{ ЖКС}} = 7\,902\,702 + 133\,042 + 41\,022 + 530\,880 + 181\,104 = 8\,788\,750 \text{ Вт}$$

					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]:

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

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

$V_{\text{вн}}$ - внутрішній об'єм приміщення, 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:

$$Q_B^p = q_{\text{в}} V_0 (t_{\text{в}} - t_{\text{з.в.}}), \quad (1.2)$$

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 м^3 :

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

2) дитячий садок з об'ємом будівлі 1800 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 37000 м³:

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

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 6.5 МВт.

1.4 Витрати тепла на гаряче водопостачання

Витрати тепла на гаряче водопостачання визначаються на основі норм споживання гарячої води. Для житлових будівель, підприємств житловокомунального призначення, промислових будівель витрата є нерівномірною протягом доби і тижня. Середня витрата теплоти на гаряче водопостачання [3]:

$$Q_{г.в.} = \frac{1,2 * t * q * (55 - t_{хв}) * c}{T * 3,6}, \quad (1.3)$$

де q - добова норма витрати гарячої води на одиницю споживання, м³;

t —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		

$$Q_{\text{г.в.}} = \frac{1,2 * 10\,000 * 95 * (55 - 5) * 4,187}{24 * 3,6} = 2\,762\,257 \text{ Вт.}$$

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:

$$Q_{\text{г.в.}} = \frac{1,2 * 200 * 85 * (55 - 5) * 4,187}{24 * 3,6} = 49\,430 \text{ Вт.}$$

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

$$Q_{\text{г.в.}} = \frac{1,2 * 500 * 13 * (55 - 5) * 4,187}{24 * 3,6} = 18\,900 \text{ Вт.}$$

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:

$$Q_{\text{г.в.}} = \frac{1,2 * 1200 * 10 * (55 - 5) * 4,187}{24 * 3,6} = 34\,892 \text{ Вт.}$$

Отже загальна середня витрата теплоти на гаряче водопостачання:

$$Q_{\text{г.в.}}^{\Sigma} = 2\,762\,257 + 49\,430 + 18\,900 + 54\,082 + 34\,892 = 2\,919\,560 \text{ Вт.}$$

					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:

$$Q = \Delta i \frac{D_m}{3.6},$$
$$D_m = \frac{3.6Q}{\Delta i}, \quad (1.4)$$

де Δi – різниця ентальпії пари: $\Delta i = i_{\text{п}} - i_{\text{в}}$;

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

$i_{\text{в}}=0.021$ кДж/кг для тиску $P=0.6$ МПа.

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

Робимо перерахунок теплового навантаження для режимів II і III:

$$Q_{II} = Q_I \frac{t_{\text{в}} - t_3^{\text{міс}}}{t_{\text{в}} - t_{3,\text{р}}}, \quad (1.5)$$

$$Q_{III} = Q_{II} \frac{t_{\text{в}} - t_3^{\text{оп}}}{t_{\text{в}} - t_{3,\text{р}}}, \quad (1.6)$$

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

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

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

Опалення та вентиляція промислових будівель:

$$Q_{II} = 7,6 \frac{20 - (-5,4))}{20 - (-22))} = 4,6 \text{ МВт};$$

$$Q_{III} = 7,6 \frac{20 - (-1)}{20 - (-22)} = 3,8 \text{ МВт.}$$

Опалення будівель ЖКС:

$$Q_{II} = 8,08 \frac{21 - (-5,4))}{21 - (-22))} = 5,39 \text{ МВт};$$

$$Q_{III} = 8,08 \frac{21 - (-1)}{21 - (-22)} = 4,49 \text{ МВт.}$$

Вентиляція ЖКС:

$$Q_{II} = Q_I \frac{t_B - t_3^{\text{mic}}}{t_B - t_{3.B.}}; \quad Q_{III} = Q_{II} \frac{t_B - t_3^{\text{оп}}}{t_B - t_{3.B.}};$$

$$Q_{II} = 0,277 \frac{21 - (-5,4))}{21 - (-22))} = 0,17 \text{ МВт};$$

$$Q_{III} = 0,277 \frac{18 - (-1,1)}{18 - (-22)} = 0,14 \text{ МВт.}$$

Для IV режиму:

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

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

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

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

Гаряче водопостачання підприємства:

$$Q_{IV} = 2,3 \frac{55 - 15}{55 - 5} = 1,84.$$

Гаряче водопостачання ЖКС:

$$Q_{IV} = 2,92 \frac{55 - 15}{55 - 5} = 2,33.$$

Результати розрахунків наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Зведена таблиця теплових навантажень

№ з\п	Група споживачів	Теплоносія 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	8,53	8,53	8,53	8,53	60
			МВт	6,5	6,5	6,5	6,5	60
2	Опалення та вентиляція промислових будівель	Вода 150/70°С	МВт	7,6	4,6	3,8	-	
3	Опалення будівель ЖКС	Вода 150/70°С	МВт	8,789	5,39	4,49	-	
4	Гаряче водопостачання підприємства	Вода 65°С	МВт	2,3	2,3	2,3	1,84	

Закінчення таблиці 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
5	Гаряче водопостачання ЖКС	Вода 65 ⁰ С	МВт	2,92	2,92	2,92	2,33	
6	Вентиляція будівель	Вода 150/70 ⁰ С	МВт	0,277	0,17	0,14	-	
7	Сумарне навантаження по теплоносію вода	Вода 150/70 ⁰ С і 65 ⁰ С	МВт	21,886	15,38	13,65	4,17	
8	Сумарне навантаження по всім теплоносіям		МВт	28,386	21,88	20,15	10,67	

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 Знам'янка наведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Кліматичні характеристики міста Знам'янка

Температура зовнішнього повітря, t_z , °С	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	+5	+8
Кількість годин опалювального періоду n , год	-	10	49	183	431	914	2133	3733	4440

Визначимо витрати тепла (Вт) при температурах -25 °С та +8 °С:

$$Q_{оп.} = Q_{оп.}^p \frac{t_B^p - t_z}{t_B^p - t_{з.р.}}, \quad (1.7)$$

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

					02.15.ТЕ1811. КРБ.2022-ПЗ				Арк.
									16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

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

$t_{\text{в}}^p$ – приймається усереднене значення +20 °С.

$$Q_{\text{оп.}}^{+8} = 8\,788\,750 * \frac{20 - 8}{20 - (-22)} = 2\,511\,072 \text{ Вт.}$$

$$Q_{\text{оп.}}^{-25} = 8\,788\,750 * \frac{20 - (-25)}{20 - (-22)} = 9\,416\,518 \text{ Вт.}$$

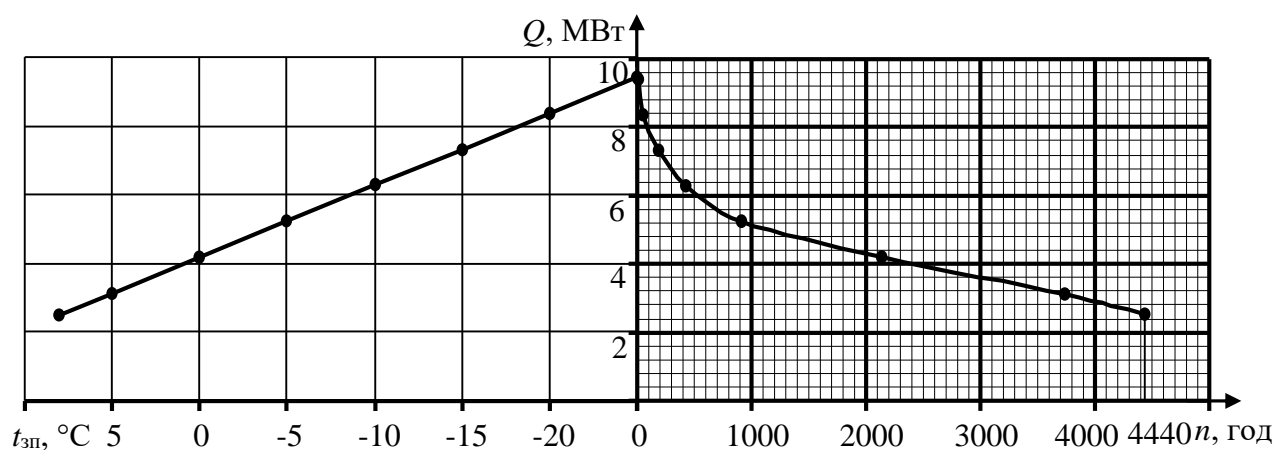


Рисунок 1.1 - Графік тривалості теплового навантаження

Річна витрата тепла на опалення знаходиться за формулою:

$$Q_{\text{річ.}} = S_1 m,$$

де S_1 - площа обмежена кривою опалювального навантаження;

$$S_1 = 529 \text{ мм}^2;$$

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

m – масштаб площі графіка, МВт·год/мм²;

$$m = m_1 m_2;$$

m_1 – масштаб осі ординат (осі опалювального навантаження);

$$m_1 = 0,4 \text{ МВт/мм};$$

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

$$m_2 = 100 \text{ год/мм}.$$

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

Отже:

$$Q_{\text{річ.}} = 40 * 529 = 21\,160 \text{ МВт * год}.$$

					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 [4].

На рисунку 2.1 показана тепла схема котельні з паровими котлами з відпуском теплоти на потреби опалення, вентиляції та гарячого водопостачання [5]. 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 парою направляється в головку деаератора живильної води котла, або через охолоджувач деаерованої води – в деаератор підживлювальної води тепломережі.

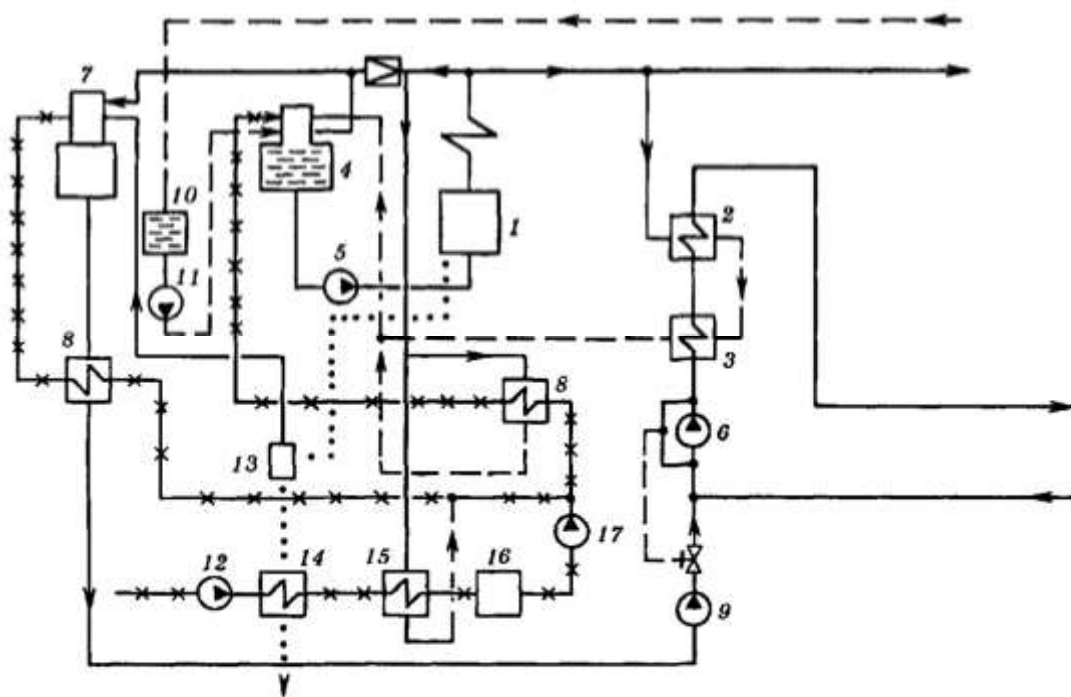
Підігрів сітьової води відбувається послідовно в двох сітьових підігрівачах. Конденсат від всіх підігрівачів направляється в головку деаератора живильної води, в яку також поступає конденсат від зовнішніх споживачів пари.

Підігрів води в деаераторах здійснюється парою 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

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

теплоту в підігрівачі хімічно очищеної води, охолоджуючись до 70 °С перед підживлювальним насосом.

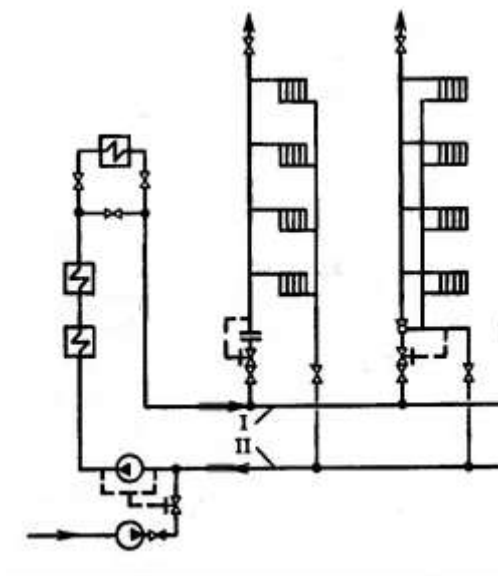


1 – паровий котел низького тиску; 2 – пароводяний підігрівач сітьової води; 3 — охолоджувач конденсату; 4 — деаератор живильної води котла; 5 — живильний насос; 6 — циркуляційний насос; 7 — деаератор підживлювальної води; 8 — підігрівачі хімічно очищеної води, 9 — підживлювальний насос; 10 — збірний 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 теплопостачання) є обов’язковим для відкритих систем теплопостачання, оскільки витрати підживлювальної води в ній можуть бути досить значними. Для закритих систем теплопостачання можливим є використання спільного деаератора для обох цілей.

На рисунку 2.2 наведено схему водяні 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.



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.

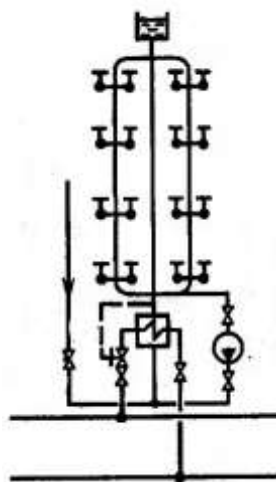


Рисунок 2.3 – Система гарячого водопостачання

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.

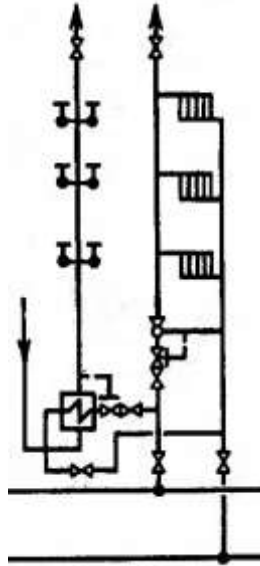


Рисунок 2.4 – Схема системи опалення та гарячого водопостачання

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

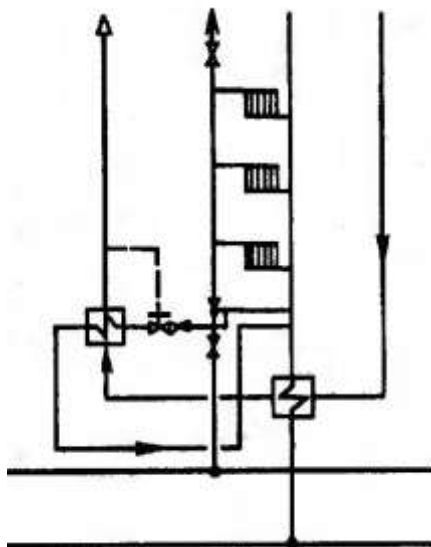


Рисунок 2.5 – Схема комбінованої системи опалення та вентиляції

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

2.2 Розрахунок теплової схеми котельні

Розрахунок теплової схеми виконується для чотирьох режимів роботи: максимально-зимового, найбільш холодного місяця, середньо-опалювального, літнього. Вихідними даними для нього є: кліматологічна характеристика району, витрати пари на технологічні потреби, витрати теплоти на опалення, вентиляцію та гаряче водопостачання, відсоток повернення конденсату, теплофізичні властивості води та водяної пари. Перед початком розрахунку всі необхідні вихідні дані доцільно привести в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Вихідні данні

Фізична величина	Позначення	Одиниці вимірювання	Значення при характерних режимах роботи котельні			
			I	II	III	IV
1	2	3	4	5	6	7
Теплоємність води	C		4,19	4,19	4,19	4,19
Температура води перед сітьовими підігрівачами та за ними	t_1	°C	150	100	86	
	t_2	°C	70	44	34,3	-
Коефіцієнт зниження витрати теплоти на опалення і вентиляцію	K	-	1	0,6	0,48	-
Ентальпія редукованої пари перед сітьовими підігрівачами сітьової води	i_{POY}	кДж/кг	2756	2756	2756	2756
Ентальпія конденсату за підігрівачами (при 80°C)	i_k	кДж/кг	335	335	335	335
Ентальпія котлової води при $P_{\text{парі}}=0,6$ МПа	$i_{\text{к.в.}}$	кДж/кг	667	667	667	667
Ентальпія пати в сепараторі при $P_{\text{парі}}=0,17$ МПа	$i_{\text{сеп}}$	кДж/кг	2698	2698	2698	2698
Ентальпія води в сепараторі при $P_{\text{парі}}=0,17$ МПа	$i_{\text{сеп}}$	кДж/кг	479	479	479	479
Ентальпія води після охолоджувача неперервної продувки	$i_{\text{пр}}$	кДж/кг	210	210	210	210
Температура сирої води	$t_{\text{с.в.}}$	°C	5	5	5	15

Закінчення таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6	7
Ентальпія сирі води після підігрівача (20 °С)	$i_{\text{х.о.в.}}$	кДж/кг	83,9	83,9	83,9	83,9
Ентальпія води перед підігрівачем (при 18 °С)	$i_{\text{х.о.в.}}$	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.

$$G_I = \frac{3600 * 21,88}{4,19(150 - 70)} = 235 \text{ т/год.}$$

$$G_{II} = \frac{3600 * 15,38}{4,19(100 - 44)} = 235 \text{ т/год.}$$

$$G_{III} = \frac{3600 * 13,65}{4,19(86 - 34,3)} = 227 \text{ т/год.}$$

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

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

$$D_{\text{п.с.в.}} = \frac{cG(t_1 - t_2)}{(i''_{\text{поу}} - i_k)\eta}, \quad (2.2)$$

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

$$D_{\text{п.с.в.I}} = \frac{4,19 * 235(150 - 70)}{(2756 - 335)0,98} = 33 \text{ т/год.}$$

$$D_{\text{п.с.в.II}} = \frac{4,19 * 235(100 - 44)}{(2756 - 335)0,98} = 23 \text{ т/год.}$$

$$D_{\text{п.с.в.III}} = \frac{4,19 * 227(86 - 34,3)}{(2756 - 335)0,98} = 21 \text{ т/год.}$$

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.

$$D_{\text{зов.I}} = 8,53 + 33 = 41,53 \text{ т/год.}$$

$$D_{\text{зов.II}} = 8,53 + 23 = 31,53 \text{ т/год.}$$

$$D_{\text{зов.III}} = 8,53 + 21 = 29,53 \text{ т/год.}$$

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

$$D_{\text{зов.IV}} = 8,53 \text{ т/год.}$$

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

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

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

$$D_{\text{вл.I}} = 0.01 * 5 * 41,53 = 2,0765 \text{ т/год.}$$

$$D_{\text{вл.II}} = 0.01 * 5 * 31,53 = 1,5765 \text{ т/год.}$$

$$D_{\text{вл.III}} = 0.01 * 5 * 29,53 = 1,4765 \text{ т/год.}$$

$$D_{\text{вл.IV}} = 0.01 * 5 * 8,53 = 0,4265 \text{ т/год.}$$

При наявності мазутного господарства визначається витрата пари на ньо-го (т/год):

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

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

$$D_{\text{мI}} = 0.01 * 3 * 41,53 = 1,2459 \text{ т/год.}$$

$$D_{\text{мII}} = 0.01 * 3 * 31,53 = 0,9459 \text{ т/год.}$$

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

$$D_{MIII} = 0.01 * 3 * 29,53 = 0,8859 \text{ т/год.}$$

$$D_{MIV} = 0.01 * 3 * 8,53 = 0,2559 \text{ т/год.}$$

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

$$D_{BT} = 0,01 K_{BT} (D_{3OB} + D_M), \quad (2.6)$$

де K_{BT} – втрати від витоку в тепломережі (рекомендується приймати 2-3 %).

$$D_{BTI} = 0,01 * 2 * (41,53 + 1,2459) = 0,855 \text{ т/год.}$$

$$D_{BTII} = 0,01 * 2 * (31,53 + 0,9459) = 0,649 \text{ т/год.}$$

$$D_{BTIII} = 0,01 * 2 * (29,53 + 0,8859) = 0,608 \text{ т/год.}$$

$$D_{BTIV} = 0,01 * 2 * (8,53 + 0,2559) = 0,175 \text{ т/год.}$$

Визначається сумарна паропроодуктивність котельні, т/год:

$$D = D_{3OB} + D_{BЛ} + D_M + D_{BT}. \quad (2.7)$$

$$D_I = 41,53 + 2,0765 + 1,2459 + 0,855 = 45,707 \text{ т/год.}$$

$$D_{II} = 31,53 + 1,5765 + 0,9459 + 0,649 = 34,704 \text{ т/год.}$$

$$D_{III} = 29,53 + 1,4765 + 0,8859 + 0,608 = 32,500 \text{ т/год.}$$

$$D_{IV} = 8,53 + 0,4265 + 0,2559 + 0,175 = 9,387 \text{ т/год.}$$

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

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

$$G_K^{BT} = 0,01(100 - \beta)D_m + 0,01K_K D, \quad (2.8)$$

де β – частка конденсату, що повертається зовнішніми споживачами, %;

K_K – втрати конденсату в циклі котельної установки (рекомендується приймати рівними 3 %).

$$G_{KI}^{BT} = 0,01(100 - 60) * 8,53 + 0,01 * 2 * 45,707 = 4,326 \text{ т/год.}$$

$$G_{KII}^{BT} = 0,01(100 - 60) * 8,53 + 0,01 * 2 * 34,704 = 4,106 \text{ т/год.}$$

$$G_{KIII}^{BT} = 0,01(100 - 60) * 8,53 + 0,01 * 2 * 32,500 = 4,062 \text{ т/год.}$$

$$G_{KIV}^{BT} = 0,01(100 - 60) * 8,53 + 0,01 * 2 * 9,387 = 3,599 \text{ т/год.}$$

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).

$$G_{x.o.v.I} = 4,326 + 0,01 * 2 * 235 = 9,026 \text{ т/год.}$$

$$G_{x.o.v.II} = 4,106 + 0,01 * 2 * 235 = 8,806 \text{ т/год.}$$

$$G_{x.o.v.III} = 4,062 + 0,01 * 2 * 227 = 8,602 \text{ т/год.}$$

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

$$G_{x.o.b.IV} = 3,599 + 0,01 * 2 * 0 = 3,599 \text{ т/год.}$$

Визначається витрата сирії води (т/год):

$$G_{c.b.} = K_{x.o.b.} G_{x.o.b.}, \quad (2.10)$$

де $K_{x.o.b.}$ – коефіцієнт, що враховує витрату сирії води на власні потреби хімводопідготовки (рекомендується приймати рівним 1,25).

$$G_{c.b.I} = 1,25 * 9,026 = 11,2825 \text{ т/год.}$$

$$G_{c.b.II} = 1,25 * 8,806 = 11,0075 \text{ т/год.}$$

$$G_{c.b.III} = 1,25 * 8,602 = 10,7525 \text{ т/год.}$$

$$G_{c.b.IV} = 1,25 * 3,599 = 4,4988 \text{ т/год.}$$

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

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

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

$$G_{прI} = 0,03 * 45,707 = 1,371 \text{ т/год.}$$

$$G_{прII} = 0,03 * 34,704 = 1,041 \text{ т/год.}$$

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

$$G_{\text{прIII}} = 0,03 * 32,500 = 0,975 \text{ т/год.}$$

$$G_{\text{прIV}} = 0,03 * 9,387 = 0,281 \text{ т/год.}$$

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/кг;

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

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

$$D_{\text{сепI}} = \frac{1,371(667 - 479)}{0,98(2698 - 479)0,98} = 0,120 \text{ т/год.}$$

$$D_{\text{сепII}} = \frac{1,041(667 - 479)}{0,98(2698 - 479)0,98} = 0,091 \text{ т/год.}$$

$$D_{\text{сепIII}} = \frac{0,975(667 - 479)}{0,98(2698 - 479)0,98} = 0,086 \text{ т/год.}$$

$$D_{\text{сепIV}} = \frac{0,281(667 - 479)}{0,98(2698 - 479)0,98} = 0,025 \text{ т/год.}$$

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

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

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

$$G_{\text{сепI}} = 1,371 - 0,120 = 1,251 \text{ т/год.}$$

$$G_{\text{сепII}} = 1,041 - 0,091 = 0,95 \text{ т/год.}$$

$$G_{\text{сепIII}} = 0,975 - 0,086 = 0,889 \text{ т/год.}$$

$$G_{\text{сепIV}} = 0,281 - 0,025 = 0,256 \text{ т/год.}$$

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.

$$i'_{\text{с.в.I}} = \frac{1,371(479 - 210)}{4,19 * 11,2825} + 5 = 12,80 \text{ °C.}$$

$$i'_{\text{с.в.II}} = \frac{1,041(479 - 210)}{4,19 * 11,0075} + 5 = 11,07 \text{ °C.}$$

$$i'_{\text{с.в.III}} = \frac{0,975(479 - 210)}{4,19 * 10,7525} + 5 = 10,82 \text{ °C.}$$

$$i'_{\text{с.в.IV}} = \frac{0,281(479 - 210)}{4,19 * 4,4988} + 5 = 9,01 \text{ °C.}$$

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

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

$$D_{\text{с.в.}} = G_{\text{с.в.}} \frac{i_{\text{х.о.в.}} - i_{\text{с.в.}}}{i_{\text{поу}} - i_{\text{к}}} \quad (2.15)$$

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

$i_{\text{с.в.}}$ – ентальпія сирії води після охолоджувача неперервної продувки, що визначається за температурою $t_{\text{с.в.}}$, кДж/кг;

$i_{\text{к}}^{\text{поу}}$ – ентальпія конденсату редукованої пари, що визначається за температурою конденсату, яка приймається в межах 70...85 °С.

$$D_{\text{с.в.I}} = 11,2825 \frac{83,9 - 47,54}{2756 - 335} = 0,169 \text{ т/год.}$$

$$D_{\text{с.в.II}} = 11,0075 \frac{83,9 - 42,8}{2756 - 336} = 0,187 \text{ т/год.}$$

$$D_{\text{с.в.III}} = 10,7525 \frac{83,9 - 42,04}{2756 - 336} = 0,186 \text{ т/год.}$$

$$D_{\text{с.в.IV}} = 3,599 \frac{83,9 - 73,65}{2756 - 336} = 0,019 \text{ т/год.}$$

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

$$D_{\text{х.о.в.}} = G_{\text{к}}^{\text{БТ}} \frac{i_{\text{к}} - i_{\text{х.о.в.}}}{i_{\text{поу}} - i_{\text{к}}} \quad (2.16)$$

де $i_{\text{к}}$ – ентальпія хімоочищеної води після підігрівача (визначається за температурою конденсату, рівною 70-85 °С), кДж/кг;

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

$i_{\text{х.о.в.}}^{\text{''}}$ – ентальпія хімічно очищеної води перед підігрівачем (приймається за температурою на ≈ 2 °С меншою від температури сирієї води на виході з підігрівача сирієї води), кДж/кг.

$$D_{\text{х.о.в. I}} = 4,326 \frac{335 - 75,53}{2756 - 335} = 0,570 \text{ т/год.}$$

$$D_{\text{х.о.в. II}} = 4,106 \frac{335 - 75,53}{2756 - 335} = 0,541 \text{ т/год.}$$

$$D_{\text{х.о.в. III}} = 4,062 \frac{335 - 75,53}{2756 - 335} = 0,536 \text{ т/год.}$$

$$D_{\text{х.о.в. IV}} = 3,599 \frac{335 - 75,53}{2756 - 335} = 0,475 \text{ т/год.}$$

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

$$G_{\text{д}} = G_{\text{х.о.в.}} + \beta 0.01 D_{\text{т}} + D_{\text{х.о.в.}} + D_{\text{с.в.}} + D_{\text{п.с.в.}} + D_{\text{сеп.}} \quad (2.17)$$

$$G_{\text{д I}} = 9,4234 + 60 * 0.01 * 8,53 + 0,469 + 0,183 + 35,6 + 0,128 = 50,7934 \text{ т/год.}$$

$$G_{\text{д II}} = 9,1883 + 60 * 0.01 * 8,53 + 0,444 + 0,195 + 24,92 + 0,097 = 39,8653 \text{ т/год.}$$

$$G_{\text{д III}} = 9,146 + 60 * 0.01 * 8,53 + 0,439 + 0,1977 + 23 + 0,0916 = 37,9007 \text{ т/год.}$$

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

$$G_{дIV} = 8,6398 + 60 * 0.01 * 8,53 + 0,3852 + 0,0457 + 0,0248 =$$

$$= 14,1887 \text{ т/год.}$$

Визначається середня температура води в деаераторах (°C):

$$t_{д} = \frac{G_{х.о.в.} i_{к} + \beta D_{т} i_{к} + D_{х.о.в.} i_{к}^{POY} + D_{п.с.в.} i_{к}^{POY} + D_{сеп} i_{сеп}'' + D_{п.с.в.} i_{к}}{c G_{д}} \quad (2.18)$$

$$t_{дI} =$$

$$= \frac{9,026 * 335 + 0,6 * 8,53 * 335 + 0,570 * 335 + 0,169 * 335 + 0,120 * 2698 + 33,2 * 335}{4,19 * 48,383}$$

$$= 81,0535 \text{ °C.}$$

$$t_{дII} =$$

$$= \frac{8,806 * 335 + 0,6 * 8,53 * 335 + 0,541 * 335 + 0,187 * 335 + 0,091 * 2698 + 23 * 335}{4,19 * 37,743}$$

$$= 81,3120 \text{ °C.}$$

$$t_{дIII} =$$

$$= \frac{8,602 * 335 + 0,6 * 8,53 * 335 + 0,536 * 335 + 0,186 * 335 + 0,086 * 2698 + 20,7 * 335}{4,19 * 35,228}$$

$$= 81,3290 \text{ °C.}$$

$$t_{дIV} =$$

$$= \frac{3,599 * 335 + 0,6 * 8,53 * 335 + 0,475 * 335 + 0,019 * 335 + 0,025 * 2698 + 0 * 335}{4,19 * 9,236}$$

$$= 81,4788 \text{ °C.}$$

Визначається витрата гріючої пари на деаератори (т/год):

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

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

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

$$D_{дI} = \frac{48,383 (437 - 4,2 * 81,0535)}{(2698 - 437)0,98} = 2,109 \text{ т/год.}$$

$$D_{дII} = \frac{37,743 (437 - 4,2 * 81,3120)}{(2698 - 437)0,98} = 1,627 \text{ т/год.}$$

$$D_{дIII} = \frac{35,228 (437 - 4,2 * 81,3290)}{(2698 - 437)0,98} = 1,517 \text{ т/год.}$$

$$D_{дIV} = \frac{9,236 (437 - 4,2 * 81,4788)}{(2698 - 437)0,98} = 0,395 \text{ т/год.}$$

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

$$D_{вл}^p = D_{д} + D_{х.о.в.} + D_{с.в..} \quad (2.20)$$

$$D_{влI}^p = 2,109 + 0,570 + 0,169 = 2,848 \text{ т/год.}$$

$$D_{влII}^p = 1,627 + 0,541 + 0,187 = 2,355 \text{ т/год.}$$

$$D_{влIII}^p = 1,517 + 0,536 + 0,186 = 2,239 \text{ т/год.}$$

$$D_{влIV}^p = 0,395 + 0,475 + 0,019 = 0,889 \text{ т/год.}$$

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

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

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

$$D_{\text{кI}} = (41,53 + 2,848) + 0,01 * 2(41,53 + 2,848) = 45,266 \text{ т/год.}$$

$$D_{\text{кII}} = (31,53 + 2,355) + 0,01 * 2(31,53 + 2,355) = 34,563 \text{ т/год.}$$

$$D_{\text{кIII}} = (29,53 + 2,239) + 0,01 * 2(29,53 + 2,239) = 32,404 \text{ т/год.}$$

$$D_{\text{кIV}} = (8,53 + 0,889) + 0,01 * 2(8,53 + 0,889) = 9,607 \text{ т/год.}$$

Визначається нев'язка з попередньо прийнятою паропродуктивністю котельні (%):

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

$$\Delta D_I = 100 \frac{45,266 - 45,707}{45,266} = 0,97 \text{ \%}.$$

$$\Delta D_{II} = 100 \frac{34,563 - 34,704}{34,563} = 0,41 \text{ \%}.$$

$$\Delta D_{III} = 100 \frac{32,404 - 32,500}{32,404} = 0,29 \text{ \%}.$$

$$\Delta D_{IV} = 100 \frac{9,607 - 9,387}{9,607} = 2,3 \text{ \%}.$$

Результати розрахунку по чотирьом режимам роботи заносимо до таблиці 2.2.

					02.15.ТЕ1811. КРБ.2022-ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.2 – Результати розрахунку по чотирьом режимам роботи

№ п/п	Найменування ве- личини	Одиниці виміру	Позначення	Режими			
				I	II	III	IV
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Витрата води на підігрівання сітьової води	т/год	G	235	235	227	0
2	Витрата пари на підігрівання сітьової води	т/год	$D_{п.с.в.}$	33,2	23	20,7	-
3	Витрата пари зовнішніми споживачами	т/год	$D_{зов.}$	41,53	31,53	29,53	8,53
4	Витрата пари на власні потреби котельні	т/год	$D_{вл.}$	2,0765	1,6765	1,4765	0,4265
5	Витрата пари на мазутне господарство	т/год	D_m	1,2459	0,9459	0,8859	0,2559
6	Витрата пари на покриття її втрат в котельні	т/год	$D_{вт}$	0,855	0,649	0,608	0,175
7	Сумарна паропродуктивність котельні	т/год	D	45,707	34,704	32, 500	9,387
8	Витрата конденсату в обладнанні споживачів	т/год	$G_K^{вт}$	4,326	4,106	4,062	3,599
9	Витрата хім.очищеної води	т/год	$G_{х.о.в.}$	9,026	8,806	8,602	3,599
10	Витрата сирої води	т/год	$G_{с.в.}$	11,2825	11,0075	10,7525	4,4988
11	Кількість води з неперервною продувкою в сепаратор	т/год	$G_{пр}$	1,371	1,041	0,975	0,281

Продовження таблиці 2.2

12	Кількість пари, що утворюється в сепараторі неперервної продувки	т/год	$D_{\text{сеп}}$	0,120	0,091	0,086	0,025
13	Кількість пари на виході з розширювача неперервної продувки	т/год	$G_{\text{сеп}}$	1,251	0,95	0,889	0,256
14	Температура сирі води після охолоджувача неперервної продувки	°C	$i_{\text{с.в.}}$	12,80	11,07	10,82	9,01
15	Витрата пари на підігрівач сирі води	т/год	$D_{\text{с.в.}}$	0,169	0,187	0,186	0,019
16	Витрата пари на підігрів хім.очищеної води	т/год	$D_{\text{х.о.в.}}$	0,570	0,541	0,536	0,475
17	Сумарна кількість води та пари, що поступають в деаератори, окрім гріючої пари деаератора	т/год	$G_{\text{д}}$	48,383	37,743	35,228	9,236
18	Середня температура води в деаераторах	°C	$t_{\text{д}}$	81,0535	81,312	81,3290	81,4788
19	Витрата гріючої пари на деаератори	т/год	$D_{\text{д}}$	2,109	1,627	1,517	0,395
20	Витрати редукованої пари на власні потреби котельні	т/год	$D_{\text{вл}}^{\text{р}}$	2,848	2,355	2,239	0,889

Закінчення таблиці 2.2

21	Дійсна паропро- дуктивність ко- тельні	т/год	D_k	45,266	34,563	32,404	9,607
22	Нев'язка з попе- редньо прийня- тою паропроду- ктивністю	%	ΔD	0,97	0,41	0,29	2,3

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

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

3 ВИБІР ТЕПЛОПІДГОТОВЧОГО ОБЛАДНАННЯ ТА РОЗРАХУНОК ТРУБОПРОВОДІВ

В основному в котельнях застосовуються теплообмінники поверхневого типу. Площа поверхні теплообміну визначається за формулою (м²):

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

де N – теплова потужність теплообмінника, кВт;

Δt – середньологарифмічний перепад температур, °C;

k – коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м²·K), який для приблизних розрахунків може бути прийнятий в межах 1950..2100 Вт/(м²·K);

η – 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 м² кожен та площею живого перерізу 0,1728 м². Для обраного теплообмінника визначаємо швидкість води в трубах (м/с):

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

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

де Q_v – об'ємна витрата води, що підігрівається м³/с;

f – живий переріз для проходу води, м².

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

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

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

У кваліфікаційній роботі було розроблено проєкт теплопостачання об'єктів депо м. Знам'янка та прилеглого населеного пункту.

Визначено опалювальні навантаження промислових приміщень, витрати теплоти на вентиляцію виробничих приміщень, витрати тепла на технологічні потреби, витрати тепла на гаряче водопостачання, річну витрату теплоти, обрано спосіб покриття теплового навантаження, запропоновано принципову схему котельні, а саме водяної системи теплопостачання, системи гарячого водопостачання, системи опалення та гарячого водопостачання, системи опалення та вентиляції, виконано розрахунок теплової схеми котельні.

					02.15.ТЕ1811. КРБ.2022-ПЗ	Арк.
						42
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.
5. Волощук, В.А., Денісов А.К., Трофимчук І.П. Котельні установки промислових підприємств: навч. посіб. / В.А. Волощук, А.К. Денісов, І.П. Трофимчук. – Рівне: НУВГП, 2013. – 227 с.

					02.15.ТЕ1811. КРБ.2022-ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		