

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. Ковель та прилеглого населеного пункту

за освітньою програмою Теплоенергетика

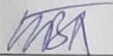
зі спеціальності: 144 Теплоенергетика

Виконав: студент групи TE1811 :



/ Дмитро БІРЮКОВ /

Керівник:



/ доцент Віталій ПЕРЦЕВИЙ /

Нормоконтролер:



/ доцент Віктор ДЬЯКОВ /

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

Студент



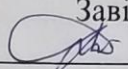
Дніпро – 2022 рік

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 БОСИЙ

Дата 14.12.2021

З А В Д А Н Н Я

на кваліфікаційну роботу бакалавр з теплоенергетики

студенту Бірюкову Дмитру Олександровичу

1. Тема роботи: “Проект тепlopостачання об’єктів депо м. Ковель та прилеглого населеного пункту”.

Керівник роботи: Перцевий Віталій Олександрович, к.т.н.

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. Ковель.

3.2. Навантаження підприємства по технологічній парі 5 т/год. Тиск пари 0,6 МПа.

3.3. Максимальні навантаження систем опалення та вентиляції промислових будівель (вода 150/70 °C): локомотивного депо 2 МВт; механічних майстерень 1 МВт; пункту технічного огляду 1,5 МВт; адміністративного корпусу 0,5 МВт.

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

3.5. Споживачі теплових навантажень в житлово-комунальному секторі:
20 житлових будинків по 28 тис. м³ кожний загальним населенням 10 тис. мешканців; поліклініка на 500 хворих з об’ємом будинку 7 тис. м³; дитсадок на 200 дітей з об’ємом будинку 1,8 тис. м³; школа на 1200 місць з об’ємом будинку 40 тис. м³; гуртожиток на 500 місць з об’ємом будинку 11 тис. 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 тепlopостачання.

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.

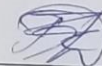
6. Консультанти розділів роботи:

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

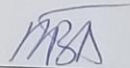
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ 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	29.05.2022	
3	Подання кваліфікаційної роботи до кафедри	06.06.2022	
4	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Екзаменаційної комісії	21.06.2022	

Студент Дмитро БІРЮКОВ







Керівник роботи Віталій ПЕРЦЕВИЙ



ЗМІСТ

	стор.
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.....	15
2 ВИБІР СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ І РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ КОТЕЛЬНОЇ.....	18
2.1 Вибір способу покриття теплового навантаження. Принципова схема котельні.....	18
2.2 Розрахунок теплової схеми котельні.....	21
2.3 Вибір тепlopідготовчого обладнання та розрахунок трубопроводів.....	28
ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	30
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	31

					02.15.ТЕ1811.КРБ.2022-ПЗ			
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	Проект тепlopостачання об'єктів депо м. Ковель та прилеглого населеного пункту	Літера	Аркуш	Акрушів
Розробив		Бірюков		08.06.22		Б	Д	6
Консульт.								31
Керівник		Перцевий		08.06.22		МОНУ, УДУНТ, ІСЕ ТЕ1811		
Н. контр.		Дьяков		08.06.22				
Зав. каф.		Босий		20.06.22				

РЕФЕРАТ

Бакалаврська робота: 31 сторінка, 2 частини, 4 рисунки, 4 таблиці, 5 використаних 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 та виконано розрахунок трубопроводів.

Ключові слова: ОПАЛЮВАЛЬНІ НАВАНТАЖЕННЯ, ВИТРАТИ ТЕПЛОТИ, СИСТЕМА ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ, ДЕПО, СИСТЕМА ВЕНТИЛЯЦІЇ.

ВСТУП

Розвиток промисловості та широке житлово-комунальне будівництво викликає безперервне зростання теплового навантаження. одночасно йде процес концентрації цього навантаження у великих містах та промислових районах, що створює базу для подальшого розвитку теплофікації та централізованого теплопостачання.

Вибір оптимального ступеня централізації теплопостачання, тобто, числа джерел теплопостачання для задоволення теплового навантаження району, залежить від низки економічних та місцевих умов. З підвищенням рівня централізації, тобто, зменшенням кількості джерел теплопостачання, як правило, підвищується економічність вироблення теплоти та знижуються початкові витрати та витрати на експлуатацію джерел теплопостачання, але одночасно збільшуються початкові витрати на спорудження теплових мереж та експлуатаційні витрати з транспорту теплоти.

Важливими завданнями є модернізація систем централізованого теплопостачання у містах у напрямі розширення допустимої області зміни гідравлічних режимів; повноцінного використання блокувальних зв'язків між магістралями однієї або кількох ТЕЦ; зниження втрат мережевої води під час аварій на магістральних лініях; забезпечення автономної незалежної від теплової мережі циркуляції води в опалювальних установках; ширшого використання місцевого та групового регулювання на додаток до центрального регулювання, що здійснюється в джерелах теплопостачання. З останнім питанням пов'язана розробка систем та приладів для регулювання відпуску теплоти.

Метою роботи є розрахунок теплових навантажень та вибір системи теплопостачання і розрахунок теплової схеми котельної.

					02.15.ТЕ1811.КРБ.2022-ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

1 РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ

1.1 Опалювальні навантаження промислових приміщень та житлового-комунального сектору

Розрахункова температура зовнішнього повітря для проектування системи опалення $t_n = -23\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Розрахункова температура зовнішнього повітря для проектування вентиляції $t_{вен} = -9\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період $t_{оп} = -1\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Середня температура зовнішнього повітря найбільш холодного місяця $t_{х.м} = -5,4\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Тривалість опалювального періоду 175 доби.

Витрати теплоти на опалення та вентиляцію промислових будівель:

$$Q_{оп.в}^{пром} = 2 + 1 + 1,5 + 0,5 = 5 \text{ МВт.}$$

Витрати теплоти на опалення будівель житлово-комунального сектору:

$$Q_{оп}^{ЖКС} = q_{оп} \cdot V_0 \cdot (t_b - t_n),$$

де $q_{оп}$ - питома опалювальна характеристика будівлі, $\text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{K})$; знаходиться за довідником, або за формулою:

$$q_0 = \frac{1,85}{\sqrt[6]{V_0}},$$

де V_0 - зовнішній об'єм будівлі, м^3 ;

t_b - температура внутрішнього повітря, $^{\circ}\text{C}$, [1];

t_n - температура зовнішнього повітря, $^{\circ}\text{C}$.

					02.15.ТЕ1811.КРБ.2022-ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Визначимо значення $q_{\text{оп}}$ для будівель ЖКС:

- житлові будинки:

$$q_0 = \frac{1,85}{\sqrt[6]{V_0}} = \frac{1,85}{28000} = 0,336 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{К});$$

- поліклініка:

$$q_0 = \frac{1,85}{\sqrt[6]{V_0}} = \frac{1,85}{7000} = 0,423 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{К});$$

- дитсадок:

$$q_0 = \frac{1,85}{\sqrt[6]{V_0}} = \frac{1,85}{1800} = 0,039 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{К});$$

- школа:

$$q_0 = \frac{1,85}{\sqrt[6]{V_0}} = \frac{1,85}{40000} = 0,316 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{К});$$

- гуртожиток:

$$q_0 = \frac{1,85}{\sqrt[6]{V_0}} = \frac{1,85}{11000} = 0,392 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{К}).$$

Середня температура в будівлі t_b визначається за [1].

Таким чином, витрати теплоти в житлово-комунальному секторі становлять:

- житлові будинки:

					02.15.ТЕ1811.КРБ.2022-ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$Q_{OP}^{ЖКС} = q_{OP} \cdot V_O \cdot (t_B - t_H) = 0,336 \cdot 28000 \cdot (18 - (-23)) = 0,385 \text{ МВт};$$

- поліклініка:

$$Q_{OP}^{ЖКС} = q_{OP} \cdot V_O \cdot (t_B - t_H) = 0,423 \cdot 7000 \cdot (20 - (-23)) = 0,127 \text{ МВт};$$

- дитсадок:

$$Q_{OP}^{ЖКС} = q_{OP} \cdot V_O \cdot (t_B - t_H) = 0,53 \cdot 1800 \cdot (20 - (-23)) = 0,041 \text{ МВт};$$

- школа:

$$Q_{OP}^{ЖКС} = q_{OP} \cdot V_O \cdot (t_B - t_H) = 0,316 \cdot 40000 \cdot (16 - (-23)) = 0,493 \text{ МВт};$$

- гуртожиток:

$$Q_{OP}^{ЖКС} = q_{OP} \cdot V_O \cdot (t_B - t_H) = 0,392 \cdot 11000 \cdot (18 - (-23)) = 0,176 \text{ МВт}.$$

1.2 Витрати теплоти на вентиляцію виробничих приміщень та житлово-комунального сектору

Витрати теплоти на вентиляцію промислових будівель є складовою витрат теплоти на опалення. Витрати на вентиляцію громадянських будівель становлять:

$$Q_B^p = q_B \cdot V_0 \cdot (t_B - t_{36}),$$

де q_B - питома вентиляційна характеристика будівлі, Вт/(м³·К); вона становить для будівель: поліклініки $q_B = 0,29$ Вт/(м³·К); дитячого садка $q_B =$

					02.15.ТЕ1811.КРБ.2022-ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$=0,12 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{К})$; школи $q_{\text{в}} = 0,10 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{К})$;

$t_{\text{зв}}$ - температура зовнішнього повітря для проектування системи вентиляції.

Таким чином, витрати теплоти на вентиляцію:

- поліклініка:

$$Q_{\text{в}}^{\text{п}} = q_{\text{в}} \cdot V_0 \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{зв}}) = 0,29 \cdot 7000 \cdot (20 - (-9)) = 0,0588 \text{ МВт},$$

- дитсадок:

$$Q_{\text{в}}^{\text{п}} = q_{\text{в}} \cdot V_0 \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{зв}}) = 0,12 \cdot 1800 \cdot (20 - (-9)) = 0,00626 \text{ МВт},$$

- школа:

$$Q_{\text{в}}^{\text{п}} = q_{\text{в}} \cdot V_0 \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{зв}}) = 0,10 \cdot 40000 \cdot (16 - (-9)) = 0,1 \text{ МВт}.$$

1.3 Витрати тепла на технологічні потреби

Для технологічних потреб застосовується пара з параметрами: тиск 0,6 МПа, температура 200 °С. Навантаження на технологію по теплоті взимку становить 7,2 МВт, що відповідає витраті пари 9,16 т/год.

1.4 Витрати тепла на гаряче водопостачання

Витрати тепла на гаряче водопостачання визначаються за нормами споживання гарячої води ($t = 65 \text{ °С}$). Ця витрата є нерівномірною протягом доби і тижня, тому при розрахунку користуються середньодобовою витратою води споживачами.

Середня витрата теплоти на гаряче водопостачання:

$$Q_{\text{ГВП}} = \frac{q \cdot m \cdot c \cdot \rho \cdot (65 - t_{\text{хв}})}{T \cdot 3600},$$

					02.15.ТЕ1811.КРБ.2022-ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

де q – добова норма витрати гарячої води на одиницю споживання, м^3 , [1];

m – кількість одиниць споживання;

c – теплоємність підігріваємої води, $\text{Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$;

$t_{\text{хв}}$ – температура холодної води (взимку приймається $5\text{ }^\circ\text{C}$, влітку $15\text{ }^\circ\text{C}$);

T – число годин роботи гарячого водопостачання протягом доби, беремо 24 години, оскільки будемо використовувати середньодобову норму витрати води.

Витрати теплоти по споживачах:

- промислові будівлі $Q_{\text{ГВП}} = 2,8\text{ МВт}$;

- житлові будинки:

$$Q_{\text{ГВП}} = \frac{q \cdot m \cdot c \cdot \rho \cdot (65 - t_{\text{хв}})}{T \cdot 3600} = \frac{0,085 \cdot 10000 \cdot 4190 \cdot 1000 \cdot (65 - 5)}{24 \cdot 3600} = 1846281\text{ Вт},$$

- поліклініка:

$$Q_{\text{ГВП}} = \frac{q \cdot m \cdot c \cdot \rho \cdot (65 - t_{\text{хв}})}{T \cdot 3600} = \frac{0,0052 \cdot 500 \cdot 4190 \cdot 1000 \cdot (65 - 5)}{24 \cdot 3600} = 7583\text{ Вт},$$

- дитячий садок:

$$Q_{\text{ГВП}} = \frac{q \cdot m \cdot c \cdot \rho \cdot (65 - t_{\text{хв}})}{T \cdot 3600} = \frac{0,025 \cdot 200 \cdot 4190 \cdot 1000 \cdot (65 - 5)}{24 \cdot 3600} = 14549\text{ Вт};$$

- школа:

$$Q_{\text{ГВП}} = \frac{q \cdot m \cdot c \cdot \rho \cdot (65 - t_{\text{хв}})}{T \cdot 3600} = \frac{0,003 \cdot 1200 \cdot 4190 \cdot 1000 \cdot (65 - 5)}{24 \cdot 3600} = 10475\text{ Вт};$$

- гуртожиток:

$$Q_{ГВП} = \frac{q \cdot m \cdot c \cdot \rho \cdot (65 - t_{XB})}{T \cdot 3600} = \frac{0,05 \cdot 500 \cdot 4190 \cdot 1000 \cdot (65 - 5)}{24 \cdot 3600} = 72743 \text{ Вт.}$$

1.5 Зведена таблиця теплових навантажень

Для аналізу змін теплових навантажень та зручності складається таблиця 1.1. В цій таблиці всі навантаження зводяться за чотирма режимами: максимально-зимовим (I), середнім для найбільш холодного місяця (II), середнім за опалювальний період (III), літнім (IV). З цих режимів тільки літній відрізняється повною відсутністю витрат теплоти на опалення і вентиляцію.

Зміни навантаження по режимах у порівнянні з максимально-зимовим, розраховуються з наступних рівнянь.

Зміни тепловитрат на опалення:

- середній режим для найбільш холодного місяця:

$$Q_{II} = Q_I \cdot \frac{t_B - t_{XM}}{t_B - t_H};$$

- середній за опалювальний період:

$$Q_{III} = Q_I \cdot \frac{t_B - t_{OP}}{t_B - t_H}.$$

Зміни тепловитрат на вентиляцію:

- середній режим для найбільш холодного місяця:

$$Q_{II} = Q_I \cdot \frac{t_B - t_{XM}}{t_B - t_{BEH}};$$

					02.15.ТЕ1811.КРБ.2022-ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1 - Теплові навантаження для чотирьох характерних режимів

№ п/п	Група споживачів	Теплоносій та його властивості	Од. вимір.	Витрата теплоти по режимах				Повер- нення конден- сату, %
				I	II	III	IV	
1	Технологічні потреби підприємства	Пара 0,6 МПа	т/год	5	5	5	5	60
			МВт	3,135	3,135	3,135	3,135	
2	Опалення і вентиляція промислових будівель	Вода 150/70°C	МВт	4	4	4	-	-
3	Опалення будівель ЖКС	Вода 150/70°C	МВт	6,35	4,95	4,02	-	-
4	Гаряче водопостачання підприємства	Вода 65°C	МВт	2	2	2	1,625	-
5	Гаряче водопостачання ЖКС	Вода 65°C	МВт	2,56	2,56	2,56	2,14	-
6	Вентиляція будівель ЖКС	Вода 150/70°C	МВт	0,216	0,17	0,138	-	-
7	Сумарне навантаження по теплоносію "вода"	Вода 150/70°C і 65°C	МВт	17,604	16,158	15,175	8,14	-
8	Сумарне навантаження по всім теплоносіям	-	МВт	20,739	19,293	18,31	11,275	60

- середній за опалювальний період:

					02.15.ТЕ1811.КРБ.2022-ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$Q_{III} = Q_I \cdot \frac{t_B - t_{OP}}{t_B - t_{BEH}}.$$

Зміни тепловитрат на гаряче водопостачання різняться тільки між зимовими та літнім періодом. Це зумовлене зміною температури холодної води у трубопроводах (взимку приймається 5°C, влітку 15°C):

$$Q_{IV} = Q_I \cdot \frac{t_{ГВ} - t_{ЛТ}}{t_{ГВ} - t_{ЗИМ}} = Q_I \cdot \frac{65 - 15}{65 - 5} = 0,833 \cdot Q_I.$$

1.6 Річна витрата теплоти

За результатами розрахунків будується графік тривалості річного навантаження, який показує, залежність витрати теплоти на опалення житлових та громадянських будівель в від кількості годин опалювального періоду. Цей графік будується на основі графіка залежності витрати теплоти на опалення від зовнішньої температури повітря.

Для побудови графіка треба мати кліматичну характеристику району будівництва, наведену в таблиці 1.2 (кількість годин стояння температури зовнішнього повітря) [1].

Таблиця 1.2 - Стояння середньодобової температури для м. Ковель

Діапазон температури, °C	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	+5	+8
п, год	-	9	46	173	408	865	2017	3531	4200

Визначимо витрати теплоти для всіх діапазонів температур:

$$Q_{on}^t = Q_{on} \cdot \frac{t_{\epsilon} - t}{t_{\epsilon} - t_n},$$

де t - значення зовнішньої температури для конкретної точки графіку, °C.

Для побудови графіка залежності витрати теплоти від зовнішньої температури (рисунок 1.1) достатньо двох точок, оскільки залежність лінійна:

$$Q_{on} = 16,158 \text{ МВт};$$

$$Q_{tg} = 16,158 \cdot \frac{18-8}{18-(-23)} = 3,9 \text{ МВт}.$$

Площа, обмежена кривою і осями координат і є річною витратою теплоти на опалення ЖКС. Цю величину можна розрахувати графічно, знаючи масштаб вісі ординат і абсцис:

- масштаб осі ординат $M_a = 1 \text{ МВт/см};$
- масштаб осі абсцис $M_b = 250 \text{ год/см};$
- масштаб площі $M = M_a \cdot M_b = 250 \text{ МВтгод/см}^2.$

Розрахунок річної витрати теплоти:

$$S = \Sigma \frac{1}{2} \cdot (Q_2 - Q_1) \cdot n,$$

$$S = 178 \text{ см}^2.$$

Цю витрату можна розрахувати і аналітично:

$$S_{AH} = Q_{on} \cdot \phi_{cp.p} \cdot n,$$

де $\phi_{cp.p}$ - середньорічне значення опалювального навантаження;

$$\phi_{cp.p} = \frac{t_B - t_{OП}}{t_B - t_H} = \frac{18 - (-0.5)}{18 - (-23)} = 0,45,$$

$$S_{AH} = Q_{on} \cdot \phi_{cp.p} \cdot n = 16,158 \cdot 0,45 \cdot 4190 = 30.45 \text{ МВтгод}.$$

					02.15.ТЕ1811.КРБ.2022-ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

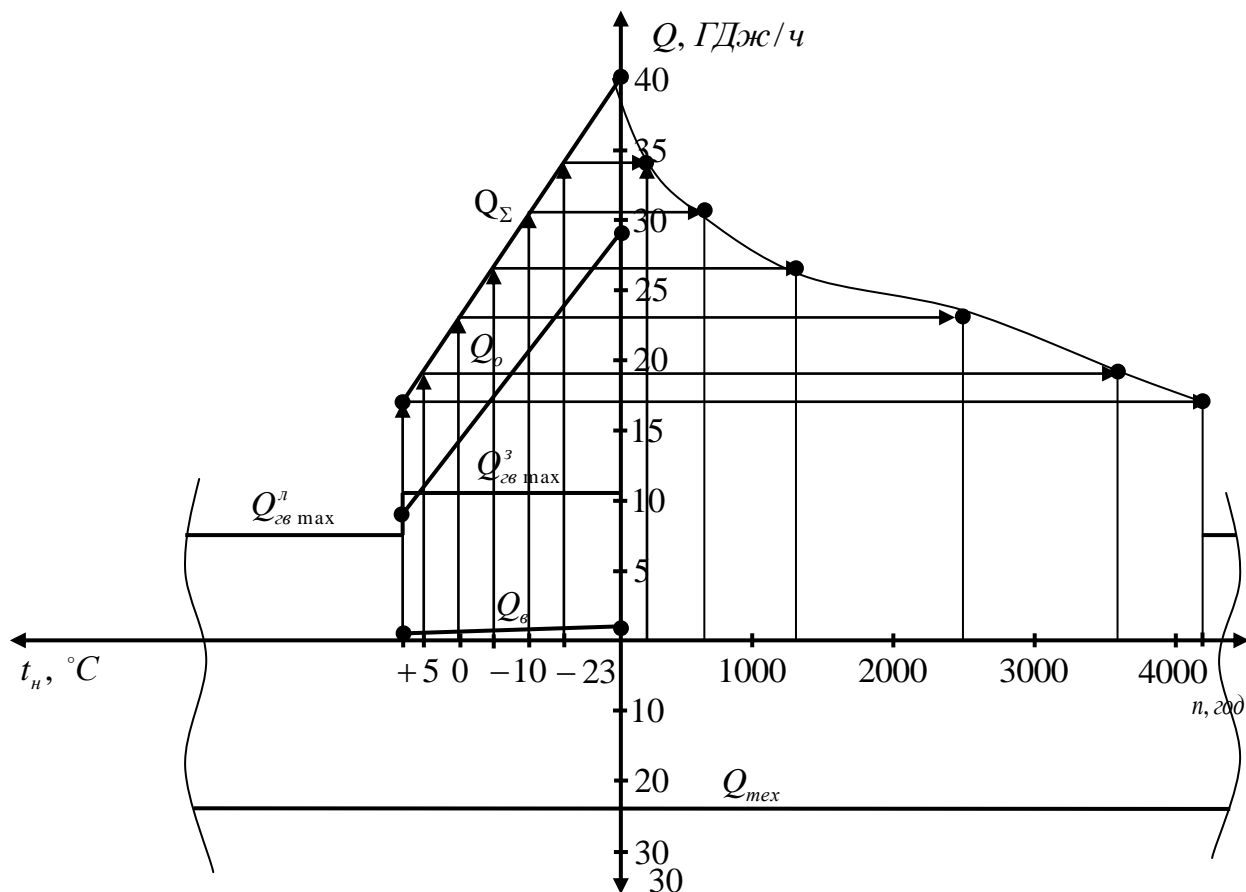


Рисунок 1.1 - Графік тривалості теплового навантаження

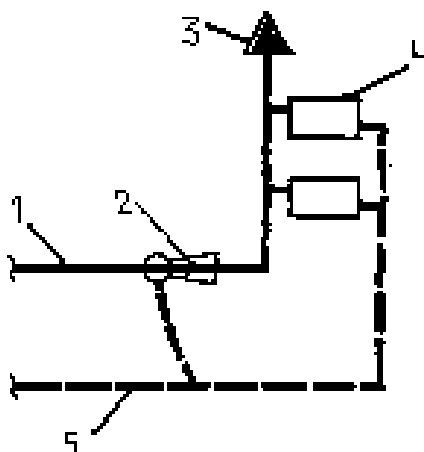
2 ВИБІР СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ І РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ КОТЕЛЬНОЇ

2.1 Вибір способу покриття теплового навантаження. Принципова схема котельні

Вибір теплоносія і системи теплопостачання визначається технічними і екологічними міркуваннями та залежить від джерела тепла та виду теплового навантаження.

Вибираємо двотрубну закриту систему теплопостачання. Ця система має більші переваги над відкритою, бо вона гідравлічно стійкіша та більш надійна в експлуатації. Вона також дозволяє забезпечити всіх споживачів теплотою в рівній мірі, на відміну відкритої, де досить часто зустрічаються температурні коливання теплоносія.

Для підключення системи теплопостачання оберемо залежну двотрубну схему підключення системи опалення з елеватором (рисунок 2.1).



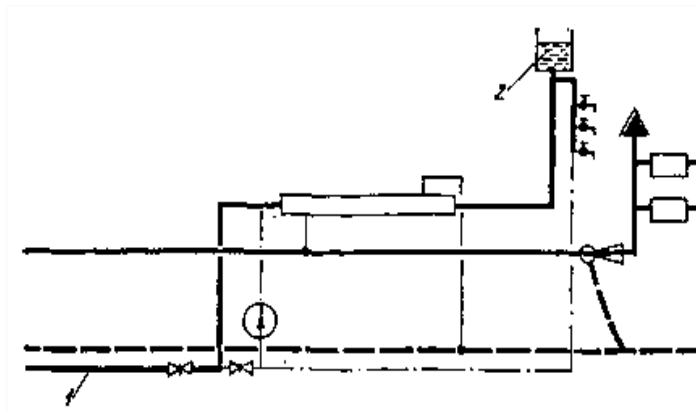
1 - подавальний трубопровід теплової мережі, 2 – елеватор, 3- пристрій для випуску повітря із системи, 4 - нагрівальний прилад, 5 - зворотний трубопровід теплової мережі

Рисунок 2.1- Схема підключення системи опалення

Підключення системи гарячого водопостачання пропонується за допомогою схеми з верхнім розташуванням баку-акумулятора (рисунок 2.2).

Теплові навантаження складаються з опалення, вентиляції та гарячого водопостачання. Для технологічного навантаження використовується теплоносієм водяна пара. Для інших типів використовуємо воду, тому

вибираємо котельню з паровими котлами.



1 - трубопровід холодної води, 2 - бак-аккумулятор

Рисунок 2.2 - Схема підключення гарячого водопостачання

На рисунку 2.3 приведено теплову схему котельні з паровими котлами з відпуском теплоти на опалення, вентиляцію та гаряче 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 ХВО. Хімічно очищена вода після підігріву паром направляється в головку деаератора живильної води котла, або через охолоджувач деаерованої води – в деаератор підживлювальної води тепломережі.

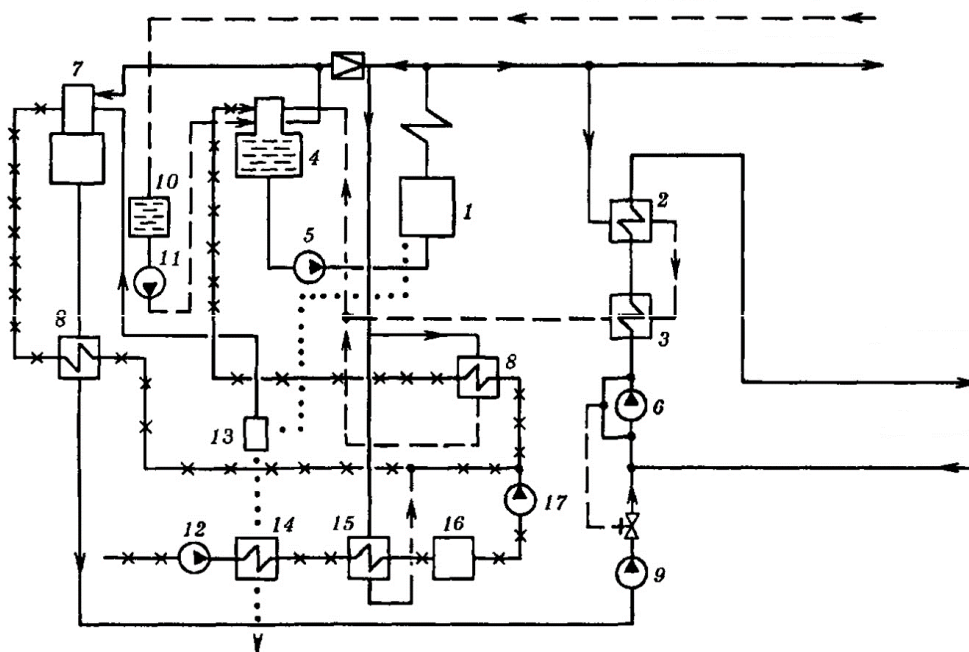
Підігрів мережевої води відбувається послідовно в двох сітьових підігрівачах. Конденсат від всіх підігрівачів направляється в головку деаератора живильної води, в яку також поступає конденсат від зовнішніх споживачів пари.

Підігрів води в деаераторах здійснюється паром з котлів і з сепаратора. Безперервна 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.

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 тепlopостачання з деаератора підживлювальної води віддає свою теплоту в підігрівачі хімічно очищеної води, охолоджуючись до 70 °С перед підживлювальним насосом.



1 - паровий котел, 2- пароводяний підігрівач мережевої 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 - насос конденсату, 12 - насос сирої води, 13 - сепаратор продувальної води, 14 - охолоджувач продувальної води, 15 - пароводяний підігрівач сирої води, 16 – хімводоочистка, 17 - насос хімічно очищеної води.

Рисунок 2.3 - 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.

2.2 Розрахунок теплової схеми котельні

До початку розрахунку зводимо всі вихідні дані в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 - Вихідні дані розрахунку

Фізична величина	Позна-чення	Одиниці вимірювання	Значення при режимах роботи			
			I	II	III	IV
Теплоємність води	c	кДж/(кг·К)	4,19	4,19	4,19	4,19
Температура води перед мережевими підігрівачами та за ними	t_1	°С	150	100	86	-
	t_2	°С	70	26,55	17,02	-
Коефіцієнт зниження витрати теплоти на опалення і вентиляцію	K	-	1	0,57	0,46	-
Ентальпія редукованої пари перед мережевими підігрівачами мережевої води	i_{POY}''	кДж/кг	2756	2756	2756	2756
Ентальпія конденсату за підігрівачами	i_K	кДж/кг	335	335	335	335
Ентальпія котлової води (тиск пари 0,6 МПа)	$i_{K.B.}$	кДж/кг	667	667	667	667
Ентальпія пари в сепараторі	i_{CEP}''	кДж/кг	2698	2698	2698	2698
Ентальпія води в сепараторі	i_{CEP}'	кДж/кг	479	479	479	479
Ентальпія води після охолоджувача безперервної продувки	i_{PP}'	кДж/кг	210	210	210	210
Температура сирі води	$t_{C.B.}$	°С	5	5	5	15
Ентальпія сирі води після підігрівача (20 °С)	i_{XBO}'	кДж/кг	83,9	83,9	83,9	83,9
Ентальпія води перед підігрівачем (18 °С)	i_{XBO}''	кДж/кг	75,53	75,53	75,53	75,53
Ентальпія конденсату редукованої пари (80 °С)	i_K^{POY}	кДж/кг	335	335	335	335
Ентальпія живильної води	i_{JB}	кДж/кг	437	437	437	437

Розрахунок теплової схеми виконується для чотирьох режимів роботи: максимально-зимового, найбільш холодного місяця, середньо-опалювального та літнього. Вихідними даними для нього є: кліматологічна характеристика

району будівництва, витрати пари на технологічні потреби, витрати теплоти на опалення, вентиляцію та гаряче водопостачання, відсоток повернення конденсату.

Визначаємо витрата води на підігрівачі сітьової води, т/год:

$$K = \frac{3600 \cdot Q}{c \cdot (t_1 - t_2)},$$

де Q – сумарне теплове навантаження по теплоносію “вода”, МВт;

c – теплоємність води, кДж/(кг·К);

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

Коефіцієнт зниження витрати теплоти на опалення і вентиляцію:

$$K = \frac{t_B - t_{3OB}}{t_B - t_3},$$

$$K_I = \frac{18 - (-23)}{18 - (-23)} = 1;$$

$$K_{II} = \frac{18 - (-5,4)}{18 - (-23)} = 0,57;$$

$$K_{III} = \frac{18 - (-0,5)}{18 - (-23)} = 0,45;$$

Витрата пари на підігрівачі сітьової води, т/год:

$$D_{п.с.в} = \frac{c \cdot G \cdot (t_1 - t_2)}{(i''_{POY} - i_k) \cdot \eta},$$

де i''_{POY}, i_k – ентальпія редукованої пари перед підігрівачами мережевої води та конденсату (температура 80°С) за ними, кДж/кг,

η – ККД сітьового підігрівача.

Витрата пари зовнішніми споживачами, т/год:

					02.15.ТЕ1811.КРБ.2022-ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$D_{\text{ЗОВ}} = D_{\text{Т}} + D_{\text{П.С.В}},$$

де $D_{\text{Т}}$ – витрата пари технологічними споживачами, т/год.

Витрата пари на власні потреби котельні (підігрів сирі води та хімічно очищеної води, витрати на деаератори), т/год:

$$D_{\text{ВЛ}} = 0,01 \cdot K_{\text{ВЛ}} \cdot D_{\text{ЗОВ}},$$

де $K_{\text{ВЛ}}$ – витрата пари на власні потреби, %.

При наявності мазутного господарства, витрата пари на нього, т/год:

$$D_{\text{М}} = 0,01 \cdot K_{\text{М}} \cdot D_{\text{ЗОВ}},$$

де $K_{\text{М}}$ – витрата пари на мазутне господарство, %.

Витрати пари на покриття її втрат в котельні, т/год:

$$D_{\text{ВТ}} = 0,01 \cdot K_{\text{ВТ}} \cdot (D_{\text{ЗОВ}} + D_{\text{М}}),$$

де $K_{\text{ВТ}}$ – втрати від витоку в тепломережі, %.

Сумарна паропроductивність котельні, т/год:

$$D = D_{\text{ЗОВ}} + D_{\text{ВЛ}} + D_{\text{М}} + D_{\text{ВТ}}.$$

Втрати конденсату в обладнанні зовнішніх споживачів та в котельні, т/год:

$$G_{\text{К}}^{\text{ВТ}} = 0,01 \cdot (100 - \beta) \cdot D_{\text{Т}} + 0,01 \cdot K_{\text{К}} \cdot D,$$

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

					02.15.ТЕ1811.КРБ.2022-ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

K_K – втрати конденсату в циклі котельної установки, %.

Витрата хімічно очищеної води, т/год:

$$G_{\text{х.о.в.}} = G_K^{\text{BT}} + 0,01 \cdot K_{\text{TM}} \cdot G,$$

де K_{TM} – втрати води в тепломережі, % (для закритої системи можуть бути прийняті рівними 2-3 %).

Витрата сирі води, т/год:

$$G_{\text{с.в.}} = K_{\text{х.о.в.}} \cdot G_{\text{х.о.в.}},$$

де $K_{\text{х.о.в.}}$ – коефіцієнт, що враховує витрату сирі води на власні потреби хімводопідготовки.

Кількість води, що поступає з неперервною продувкою в сепаратор, т/год:

$$G_{\text{пр}} = 0,01 \cdot p_{\text{пр}} \cdot D,$$

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

Кількість пари, що утворюється в сепараторі неперервної продувки, т/год:

$$D_{\text{сеп}} = \frac{G_{\text{пр}} \cdot (i_{\text{к.в.}} - i'_{\text{сеп}})}{x \cdot (i''_{\text{сеп}} - i'_{\text{сеп}}) \cdot \eta},$$

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.

Кількість води на виході з розширювача неперервної продувки, т/год:

					02.15.ТЕ1811.КРБ.2022-ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$G_{\text{сеп}} = G_{\text{пр}} - D_{\text{сеп}}.$$

Температура сирії води після охолоджувача неперервної продувки, °С:

$$t'_{\text{с.в.}} = \frac{G_{\text{сеп}} \cdot (i'_{\text{сеп}} \cdot \eta - i''_{\text{пр}})}{c \cdot G_{\text{с.в.}}} + t_{\text{с.в.}},$$

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, °С.

Витрата пари на підігрівач сирії води, т/год:

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

$i'_{\text{х.о.в.}}$ – 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, кДж/кг;

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

Витрата пари на підігрів хімічно очищеної води в підігрівачі перед деаератором живильної води котлів, т/год:

$$D_{\text{х.о.в.}} = G_{\text{к}}^{\text{вт}} \cdot \frac{i_{\text{к}} - i''_{\text{х.о.в.}}}{i''_{\text{роу}} - i''_{\text{к}}},$$

де $i_{\text{к}}$ – ентальпія хімічно очищеної води після підігрівача, кДж/кг;

					02.15.ТЕ1811.КРБ.2022-ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$i''_{\text{х.о.в.}}$ – ентальпія хімічно очищеної води перед підігрівачем, кДж/кг.

Сумарна кількість води та пари, що поступають в деаератори, окрім гріючої пари деаератора, т/год:

$$G_{\text{д}} = G_{\text{х.о.в.}} + \beta \cdot D_{\text{т}} + D_{\text{х.о.в.}} + D_{\text{с.в.}} + D_{\text{п.с.в.}} + D_{\text{сеп}}.$$

Середня температура води в деаераторах, °С:

$$t'_{\text{д}} = \frac{G_{\text{х.о.в.}} \cdot i_{\text{к}} + \beta \cdot D_{\text{т}} \cdot i_{\text{к}} + D_{\text{х.о.в.}} \cdot i_{\text{к}}^{\text{поу}} + D_{\text{с.в.}} \cdot i_{\text{к}}^{\text{поу}} + D_{\text{п.с.в.}} \cdot i_{\text{к}} + D_{\text{сеп}} \cdot i''_{\text{сеп}}}{G_{\text{д}}}.$$

Витрата пари на деаератори, т/год:

$$D_{\text{д}} = \frac{G_{\text{д}} \cdot (i_{\text{п.в}} - 4,2 \cdot t'_{\text{д}})}{(i''_{\text{поу}} - i_{\text{ж.в}}) \cdot \eta},$$

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

Витрата редукованої пари на власні потреби котельні, т/год:

$$D_{\text{вл}}^{\text{р}} = D_{\text{д}} + D_{\text{х.о.в.}} + D_{\text{с.в.}}.$$

Дійсна паропроодуктивність котельні з врахуванням витрат пари на власні потреби, т/год:

$$D_{\text{к}} = (D_{\text{зов}} + D_{\text{вл}}^{\text{р}}) + 0,01 \cdot K_{\text{вт}} \cdot (D_{\text{зов}} + D_{\text{вл}}^{\text{р}}).$$

Нев'язка з попередньо прийнятою паропроодуктивністю котельні, %:

					02.15.ТЕ1811.КРБ.2022-ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$\Delta D = 100 \cdot \frac{D_k - D}{D_k}.$$

Якщо нев'язка менше 3 %, то розрахунок теплової схеми вважається закінченим. В іншому випадку розрахунок повторюють змінивши витрату пари на власні потреби.

Результати розрахунку заносимо до таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Розрахунок теплової схеми

№ п/п	Найменування величин	Одиниці вимірювання	Познач.	Режими			
				I	II	III	IV
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Витрата води на підігрівачі мережевої води	т/год	G	189	189	189	-
2	Витрата пари на підігрівачі мережевої води	т/год	$D_{псв}$	26,7	24,51	23,02	-
3	Витрата пари зовнішніми споживачами	т/год	$D_{зов}$	31,7	29,51	28,02	5
4	Витрата пари на власні потреби	т/год	$D_{вл}$	1,585	1,475	1,401	0,25
5	Витрата пари на мазутне господарство	т/год	D_m	0,951	0,8853	0,8406	0,15
6	Витрата пари на покриття втрат в котельні	т/год	$D_{вт}$	0,65302	0,608	0,5772	0,103
7	Сумарна паропроодуктивність котельні	т/год	D	34,88	32,7488	30,8388	5,503
8	Витрата конденсату у зовнішніх споживачів та в котельні	т/год	$G_k^{вт}$	3,0464	2,9824	2,925	2,165
9	Витрата хімічно очищеної води	т/год	$G_{хво}$	6,8264	6,7624	6,705	5,945
10	Витрата сирі води	т/год	$G_{св}$	8,533	8,453	8,381	7,4312
11	Кількість води, що поступає з безперервною продувкою в сепаратор	т/год	$G_{пр}$	1,0464	0,9824	0,925	0,165
12	Кількість пари що утворюється в сепараторі безперервної продувки	т/год	D_{cen}	0,09	0,085	0,08	0,043
13	Кількість води на виході з розширювача безперервної продувки	т/год	G_{cen}	0,9564	0,8974	0,845	0,1507
14	Температура сирі води після охолоджувача безперервної продувки	°C	$t'_{св}$	12,195	11,815	11,472	16,301
15	Витрата пари на підігрівач сирі води	т/год	$D_{св}$	0,128	0,143	0,144	0,0314

Закінчення таблиці 2.2.

1	2	3	4	5	6	7	8
16	Витрата пари на підігрів хімічно очищеної води	т/год	D_{xvo}	0,326	0,319	0,313	0,232
17	Сумарна кількість води та пари, що поступають в деаератори (окрім гріючої пари)	т/год	G_{∂}	37,0704	34,81	33,262	9,2227
18	Сумарна температура води в деаераторах	°C	t'_{∂}	81,079	79,72	80,99	80,57
19	Витрата гріючої пари на деаератори	т/год	D_{∂}	1,57	1,56	1,41	0,4
20	Витрата редукованої пари на власні потреби котельні	т/год	D_{∂}^p	2,024	2,022	1,867	0,6634
21	Дійсна паропроодуктивність котельні	т/год	D_{κ}	34,398	32,16	30,48	5,77
22	Нев'язка з попередньо прийнятою паропроодуктивністю котельні	%	ΔD	1,4	1,8	1,17	4,62

Дійсна паропроодуктивність котельні становить 37,105 т/год. Приймаємо до установки в котельні 4 котла типу ДЕ-10-14 ГМ з паропроодуктивністю 10 т/год та тиском пари 1,4 МПа.

2.3 Вибір теплопідготовчого обладнання та розрахунок трубопроводів

В котельнях застосовуються теплообмінники поверхневого типу. В якості теплоносіїв в них використовують воду та водяну пару. Площа поверхні теплообміну визначається за формулою:

$$F = \frac{10^3 \cdot N}{k \cdot \Delta t \cdot \eta},$$

де N – теплова потужність теплообмінника, кВт;

Δt – середньологарифмічний перепад температур, °C;

k – коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м²·К);

η – коефіцієнт, що враховує втрати теплоти від зовнішнього охолодження.

Середньологарифмічний перепад температур:

$$\Delta t = \frac{(t_{\text{п}} - t_2) - (t_{\text{п}} - t_1)}{\ln \frac{t_{\text{п}} - t_2}{t_{\text{п}} - t_1}} = \frac{(159 - 70) - (159 - 150)}{\ln \frac{159 - 70}{159 - 150}} = \frac{80}{2,2} = 35^{\circ}\text{C}.$$

За необхідною площею поверхні теплообміну вибирають теплообмінник, який має найближчу найбільшу поверхню нагріву:

$$F = \frac{10^3 \cdot N}{k \cdot \Delta t \cdot \eta} = \frac{1000 \cdot 17225}{2000 \cdot 35 \cdot 0,98} = 251,09 \text{ м}^2.$$

Вибираємо пароводяний підігрівач типу ПВП-06 у кількості 3 шт.

Для вибраного теплообмінника визначається швидкість води в трубах, що підігрівається:

$$W = \frac{Q_{\text{в}}}{f} = 0,072 \text{ м/с},$$

де $Q_{\text{в}}$ – об’ємна витрата води, що підігрівається, $\text{м}^3/\text{с}$,

f – живий переріз для проходу води, м^2 .

Швидкість води не повинна перевищувати 1,5..2 м/с.

					02.15.ТЕ1811.КРБ.2022-ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

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 тепlopостачання, системи гарячого водопостачання, системи опалення та гарячого водопостачання, системи опалення та вентиляції, виконано розрахунок теплової схеми котельні, обрано теплопідготовче обладнання та виконано розрахунок трубопроводів.

Результати розрахунків наведено в таблиці 1.1 та таблиці 2.2.

					02.15.ТЕ1811.КРБ.2022-ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ документа	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.РД.2022-ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		