

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Управління енергетичними процесами

Інтелектуальні системи енергопостачання

Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи
бакалавра

**Проект теплопостачання об'єктів депо м. Пологи та прилеглого на-
пункту. Розрахунок елеватора**
ною програмою Теплоенергетика
льності: 144 Теплоенергетика

студент групи TE1911:

Агу

/ **Родіон АНДРУСЕНКО** /

ЖЕВЖИК

/доцент Олександр ЖЕВЖИК /

контролер:

ЖЕВЖИК

/доцент Олександр ЖЕВЖИК /

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

Агу
(підпис)

Дніпро – 2023 Рік

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Управління енергетичними процесами
технологічні системи енергопостачання
рі освіти: Перший (бакалаврський)
рама: Теплоенергетика
сть: 144 "Теплоенергетика"

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ICE
Дмитро БОСІЙ

Дата 06.02.23

ЗАВДАННЯ

каційну роботу бакалавр з теплоенергетики

Андрусенку Родіону Віталійовичу

боти: "Проект теплопостачання об'єктів депо м. Пологи та
в населеного пункту. Розрахунок елеватора".

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

ні наказом від

06.02.2023 р.

№ 142ст

удення студентом роботи: 12.06.2023 р.

і дані до роботи:

ли будівництва м. Пологи.

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

Максимальні навантаження систем опалення та вентиляції промислових буді-
(150/70 °C): локомотивного депо 6,5 МВт; механічних майстерень 7,6 МВт.

Максимальні навантаження гарячого водопостачання виробництва
0 МВт.

технічні теплових навантажень в житлово-комунальному секторі: 20 житло-
ків по 28 000 м³, поліклініка з об'ємом будівлі 7000 м³, дитячий садок з
будівлі 1800 м³, школа з об'ємом будівлі 40 000 м³, гуртожиток з об'ємом бу-
дівлі 18 000 м³.

основної записки (перелік питань, які потрібно опрацювати):

течна частина: Визначення теплових навантажень та вибір способу їх
Побудова графіка теплового навантаження. Вибір схеми теплопоста-

на частина: Розрахунок теплової схеми котельні. Вибір основного та
ого обладнання котельні.

лік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
системи теплопостачання. Графік теплового навантаження. Схема коте-
льного та допоміжного обладнання.

ультанти розділів роботи:

сесії	Прізвище, ініціали та посада консу- льтанта	Завдання видав: (підпис консультанта, дата)	Завдання прийм- яв: (підпис студента, дата)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
Розрахунок теплових навантажень	11.04.2023	
Вибір системи теплопостачання і розраху- нок теплової схеми котельної	24.04.2023	
Вибір теплопідготовчого обладнання	29.05.2023	
Розрахунок водоструменевого елеватора для адміністративного корпусу.	06.06.2023	
Висновки і рекомендації. Подання кваліфікаційної роботи до кафедри	12.06.2023	
Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Екзаменаційної комісії	27.06.2023	

Студент

stuf

Родіон АНДРУСЕНКО

Керівник роботи

Nilkam

Олександр ЖЕВЖИК

ЗМІСТ

.....	7
РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ.....	9
Реальні навантаження промислових приміщень та житлово- го сектору.....	9
на теплоту на вентиляцію виробничих приміщень та житлово- го сектору.....	11
на теплоту на технологічні потреби.....	12
на теплоту на гаряче водопостачання.....	12
та таблиця теплових навантажень.....	14
втрата теплоту.....	17
СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ І РОЗРАХУНОК ТЕПЛО- ТИ КОТЕЛЬНОЇ.....	20
способу покриття теплового навантаження. Принципова схема	20
розрахунок теплової схеми котельні.....	24
ТЕПЛОПІДГОТОВЧОГО ОБЛАДНАННЯ.....	40
РОЗРАХУНОК ВОДОСТРУМЕНЕВОГО ЕЛЕВАТОРА ДЛЯ АДМІНІ- СТРАТИВНОГО КОРПУСА.....	42
ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	51
ПОСИЛАНЬ.....	52

			02.15.ТЕ1911. КРБ.2023-ПЗ			
Докум.	Підпис	Дата	Проект теплопостачання об'єктів дєлю м. Пологів та прилеглого населеного пункту. Розрахунок елеватора	Літ.	Лист	Листів
Корнієв Р.	<i>Корнієв Р.</i>	22.06				
Корнієв О.В.	<i>Корнієв О.В.</i>	22.06			6	52
Корнієв О.В.	<i>Корнієв О.В.</i>	22.06		МОНУ, УДУНТ, ІСЕ, ТЕ1911		
І.Д.О.	<i>І.Д.О.</i>	22.06				

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи бакалавра:

52 с., 7 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 установки.

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 теплоти 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.

Особливістю роботи було проведення розрахунку водоструменевого елеватора, призначеного для зменшення температури перегрітої води шляхом змішування її зі зворотного водою і для створення напору для її циркуляції.

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

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ.....	9
1.1. Опалювальні навантаження промислових приміщень та житлово-комунального сектору.....	9
1.2. Витрата теплоти на вентиляцію виробничих приміщень та житлово-комунального сектору.....	11
1.3. Витрати теплоти на технологічні потреби.....	12
1.4. Витрати теплоти на гаряче водопостачання.....	12
1.5. Зведена таблиця теплових навантажень.....	14
1.6. Річна витрата теплоти.....	17
2. ВИБІР СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ І РОЗРАХУНОК ТЕПЛО-ВОЇ СХЕМИ КОТЕЛЬНОЇ.....	20
2.1. Вибір способу покриття теплового навантаження. Принципова схема котельні.....	20
2.2. Розрахунок теплової схеми котельні.....	24
3. ВИБІР ТЕПЛОПІДГОТОВЧОГО ОБЛАДНАННЯ.....	40
4. РОЗРАХУНОК ВОДОСТРУМЕНЕВОГО ЕЛЕВАТОРА ДЛЯ АДМІНІ-СТРАТИВНОГО КОРПУСА.....	42
ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	51
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	52

					02.15.ТЕ1911. КРБ.2023-ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Проект теплопостачання об'єктів депо м. Пологи та прилеглого населеного пункту. Розрахунок елеватора	Літ.	Лист	Листів
Разраб.		Андрусенко.Р.						
Керівник		Жевжик О.В.					6	52
Консульт.						МОНУ, УДУНТ, ІСЕ, ТЕ1911		
Норм.контр		Жевжик О.В.						
Затверд.		Босий Д.О.						

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 теплоти 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.

Для зниження температури води, яка потрапляє з зовнішнього теплопроводу до припустимої температури використовують змішувальні установки водоструменеві елеватори. Також змішувальні установки використовують також для місцевого якісного регулювання на тепловій станції. При місцевому регулюванні шляхом автоматичної зміни по заданому температурному графіку температури змішаної води в опалювальних приміщеннях підтримуються оптимальні теплові умови. Крім того, виключається перегрівання приміщення, особливо у весінній та осінній періоди опалювального сезону. При цьому зменшуються витрати теплової енергії.

Водоструменевий елеватор отримав розповсюдження завдяки дешевій, простій і надійній в експлуатації конструкції.

Водоструменевий елеватор має і недоліки, головним з них є низький ККД, який має найбільше значення 43 % при малому коефіцієнті змішування і оптимальній формі камери всмоктування. В той же час ККД стандартного

					02.15.ТЕ1911. КРБ.2023-ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

елеватора при високій температурі води практично не перевищує 10 %, що зумовлює різницю тиску в зовнішніх теплопроводах на введенні повинна перевищувати циркуляційний тиск в системі опалення не менше, ніж в 10 раз.

Інший недолік водоструменевого це припинення циркуляційної води в системі опалення при аварії в зовнішній тепловій мережі, що збільшує швидкість охолодження опалювальних приміщень.

					02.15.ТЕ1911. КРБ.2023-ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ

1.1 Опалювальні навантаження промислових приміщень та житлово-комунального сектору

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

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

де $q_{\text{оп}}$ – питома опалювальна характеристика об'єкту, Вт/(м³К);

V_0 – об'єм об'єкту, м³ ; ,

$t_{\text{зп}} = -22 \text{ }^{\circ}\text{C}$;

$t_{\text{в}}$ – температура повітря всередині об'єкту, $^{\circ}\text{C}$;

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

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

$$q_{\text{оп.}} = \frac{1,85}{\sqrt[6]{V}} = 1,85/28000,$$

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

Отже:

1) 20 житлових будинків по 28 000 м³ кожен:

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

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

					02.15.ТЕ1911. КРБ.2023-ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2) поліклініка з об'ємом будівлі 7000 м³:

$$q_{\text{оп.}} = \frac{1,85}{\sqrt[6]{7000}} = 0,442 ,$$

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

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

$$q_{\text{оп.}} = \frac{1,85}{\sqrt[6]{1800}} = 0,53 ,$$

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

4) школа з об'ємом будівлі 40 000 м³:

$$q_{\text{оп.}} = \frac{1,85}{\sqrt[6]{40\,000}} = 0,316 ,$$

$$Q_{\text{оп}} = 0,316 \cdot 40000(20 - (-22)) = 530\,880 \text{ Вт};$$

5) гуртожиток з об'ємом будівлі 10000 м³:

$$q_{\text{оп.}} = \frac{1,85}{\sqrt[6]{10\,000}} = 0,398 ,$$

$$Q_{\text{оп}} = 0,392 \cdot 10\,000 \cdot (20 - (-22)) = 164\,640 \text{ Вт};$$

Загальна витрата теплоти на опалення житлово-комунального масиву:

					02.15.ТЕ1911. КРБ.2023-ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{\text{оп.}}^{\Sigma \text{ЖКС}} = 7\,902\,702 + 133\,042 + 41\,022 + 530\,880 + 164\,640 = 8\,772\,286 \text{ Вт.}$$

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

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

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

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 теплоти на вентиляцію будівлі (Вт) визначається за питомими характеристиками:

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

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 :

					02.15.ТЕ1911. КРБ.2023-ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_B^p = 0,29 \cdot 7000(20 - (-8)) = 56\,840 \text{ Вт};$$

2) дитячий садок з об'ємом будівлі 1800 м^3 :

$$Q_B^p = 0,12 \cdot 1800(20 - (-8)) = 6\,048 \text{ Вт};$$

3) школа з об'ємом будівлі 37000 м^3 :

$$Q_B^p = 0,1 \cdot 40\,000(20 - (-8)) = 112\,000 \text{ Вт}.$$

Тоді:

$$Q_B^{\Sigma} = 56\,840 + 6\,048 + 112\,000 = 174\,888 \text{ Вт}.$$

1.3 Витрати теплоти на технологічні потреби

Навантаження підприємств по технологічній парі складають 5 МВт .

1.4 Витрати теплоти на гаряче водопостачання

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

$$Q_{Г.В.} = \frac{1,2 \cdot m \cdot q \cdot (55 - t_{хв}) \cdot c}{T \cdot 3,6}, \quad (1.3)$$

де q - добова норма витрати гарячої води на одиницю споживання, м^3 ;

m — кількість одиниць споживання;

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

					02.15.ТЕ1911. КРБ.2023-ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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:

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

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:

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

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

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

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:

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

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

					02.15.ТЕ1911. КРБ.2023-ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

Отже загальна середня витрата теплоти на гаряче водопостачання:

$$Q_{\text{Г.В.}}^{\Sigma} = 2\,762\,257 + 49\,430 + 18\,900 + 54\,082 + 34\,892 = 2\,919\,561 \text{ Вт.}$$

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 теплоти 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.

$$D_m = \frac{3,6 \cdot 5}{2,7623 - 0,021} = 6,56 \text{ т/год.}$$

					02.15.ТЕ1911. КРБ.2023-ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Робимо перерахунок теплового навантаження для режимів II і III:

$$Q_{II} = Q_I \frac{t_B - t_3^{\text{mic}}}{t_B - t_{3,p.}}, \quad (1.5)$$

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

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

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

Опалення та вентиляція промислових будівель:

$$Q_{II} = 7,6 \frac{20 - (-4,9))}{18 - (-22))} = 4,73 \text{ МВт};$$

$$Q_{III} = 4,73 \frac{20 - (-0,4)}{18 - (-22)} = 2,41 \text{ МВт}.$$

Опалення будівель ЖКС:

$$Q_{II} = 8,08 \frac{21 - (-4,9))}{18 - (-22))} = 5,23 \text{ МВт};$$

$$Q_{III} = 8,08 \frac{21 - (-0,4)}{18 - (-22)} = 4,32 \text{ МВт}.$$

Вентиляція ЖКС:

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

					02.15.ТЕ1911. КРБ.2023-ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{II} = 0,277 \frac{18 - (-4,9))}{18 - (-22))} = 0,15 \text{ МВт};$$

$$Q_{III} = 0,277 \frac{18 - (-0,4)}{18 - (-22)} = 0,12 \text{ МВт}.$$

Для IV режиму:

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

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:

$$Q_{IV} = 2,3 \frac{65 - 15}{65 - 5} = 1,91.$$

Гаряче водопостачання ЖКС:

$$Q_{IV} = 2,92 \frac{65 - 15}{65 - 5} = 2,43.$$

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	8,53	8,53	8,53	8,53	60
			МВт	6,5	6,5	6,5	6,5	60

					02.15.ТЕ1911. КРБ.2023-ПЗ	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Закінчення таблиці 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	Опалення та вентиляція промислових будівель	Вода 150/70 °C	МВт	7,6	4,6	3,8	-	
3	Опалення будівель ЖКС	Вода 150/70 °C	МВт	8,789	5,39	4,49	-	
4	Гаряче водопостачання підприємства	Вода 65°C	МВт	2,3	2,3	2,3	1,84	
5	Гаряче водопостачання ЖКС	Вода 65°C	МВт	2,92	2,92	2,92	2,33	
6	Вентиляція будівель	Вода 150/70°C	МВт	0,277	0,17	0,14	-	
7	Сумарне навантаження по теплоносію вода	Вода 150/70°C і 65°C	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 теплоти на опалення від кількості годин за опалювальний період, наведена на рисунку 1.1. Кліматичні характеристики міста Пологи наведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Кліматичні характеристики міста Пологи

Температура зовнішнього повітря, $t_z, ^\circ\text{C}$	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	+5	+8
Кількість годин опалювального періоду n , год	-	9	37	127	235	457	1152	1514	669

Визначимо витрати теплоти (Вт) при температурах $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ та $+8\text{ }^{\circ}\text{C}$:

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

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 $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

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

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

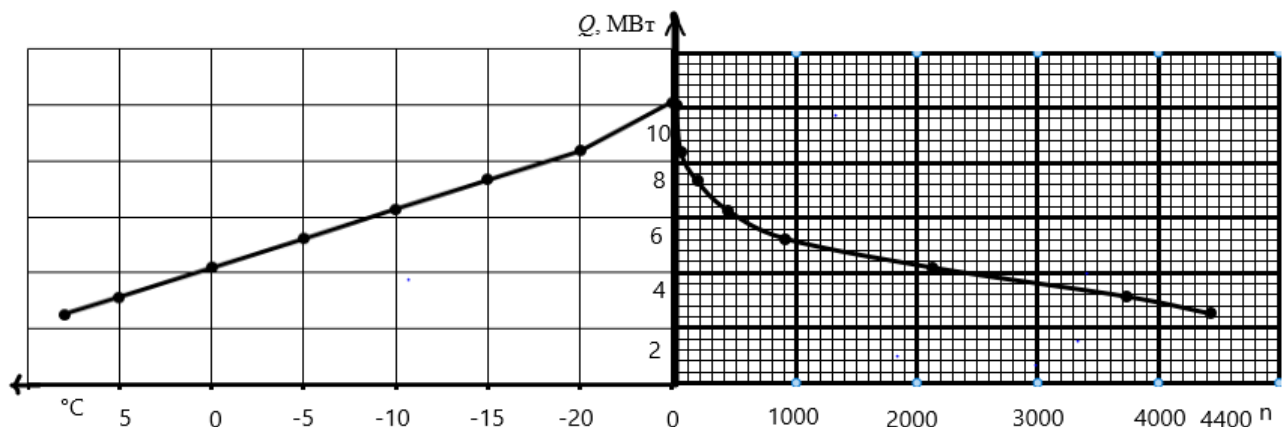


Рисунок 1.1 - Графік тривалості теплового навантаження

Річна витрата теплоти на опалення знаходиться за формулою:

$$Q_{\text{річ.}} = S_1 m,$$

де S_1 - площа обмежена кривою опалювального навантаження;

					02.15.ТЕ1911. КРБ.2023-ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$S_1 = 430 \text{ мм}^2;$$

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);

$$m_2 = 100 \text{ год/мм}.$$

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

Отже:

$$Q_{\text{річ.}} = 40 \cdot 430 = 17\,200 \text{ МВт} \cdot \text{год}.$$

					02.15.ТЕ1911. КРБ.2023-ПЗ	Арк.
						19
Зм.	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 сирої 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 сирої 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.

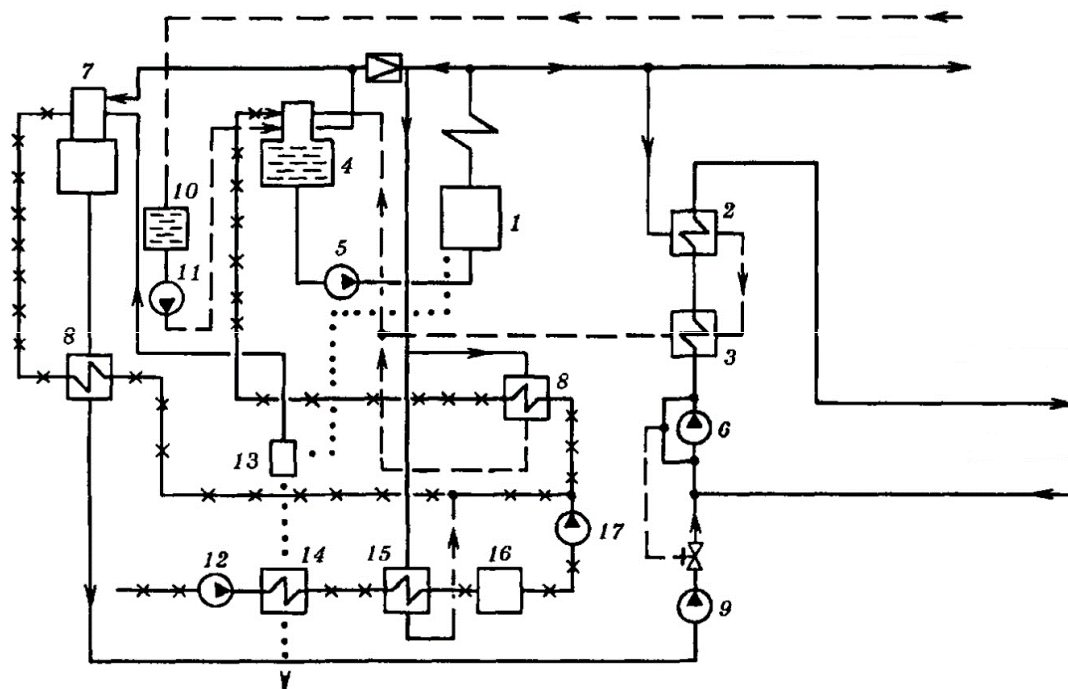
Підігрів води в деаераторах здійснюється парою з котлів і з сепаратора.

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. Підживлюва-

					02.15.ТЕ1911. КРБ.2023-ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

льна вода для системи теплопостачання з деаератора підживлювальної води віддає свою теплоту в підігрівачі хімічно очищеної води, охолоджуючись до 70 °С перед підживлювальним насосом.



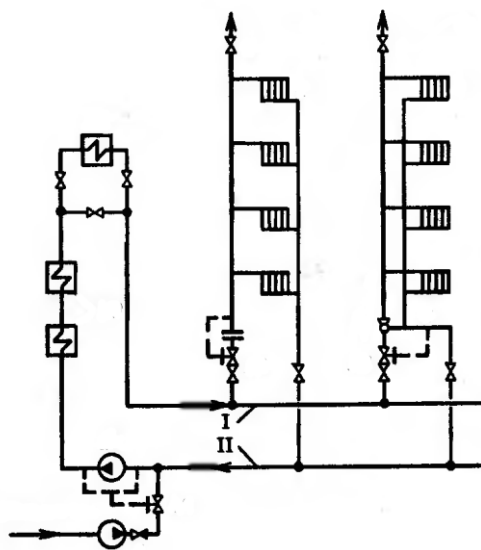
1 — паровий котел низького тиску; 2 — пароводяний підігрівач сітьової води; 3 — охолоджувач конденсату; 4 — деаератор живильної води котла; 5 — живильний насос; 6 — циркуляційний насос; 7 — деаератор підживлювальної води; 8 — підігрівачі хімічно очищеної води, 9 — підживлювальний насос; 10 — збірний 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 сис-

тем теплопостачання можливим є використання спільного деаератора для обох цілей.

На рисунку 2.2 наведено схему водяні системи теплопостачання, до якої входять: ХВО живлення, підживлюваний насос, регулятор підживлення, сіттовий 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 теплопостачання

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

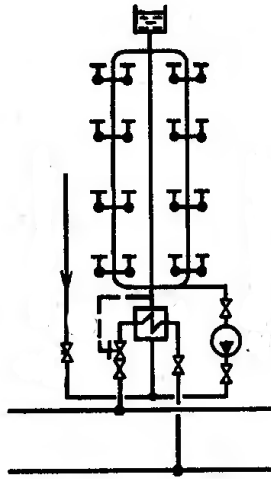


Рисунок 2.3 – Система гарячого водопостачання

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.

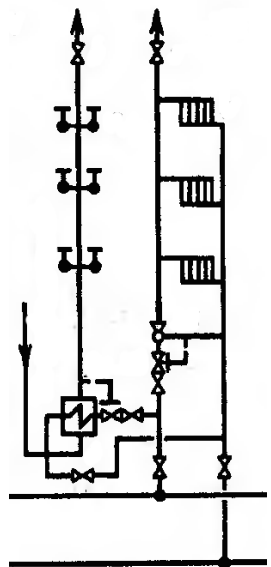


Рисунок 2.4 – Схема системи опалення та гарячого водопостачання

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

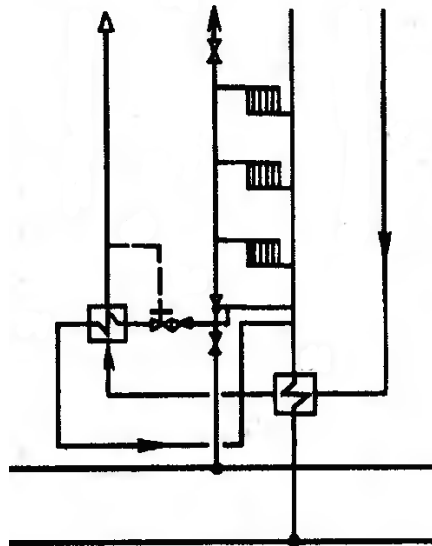


Рисунок 2.5 – Схема комбінованої системи опалення та вентиляції

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 дані

Фізична величина	Поз- на- чення	Одиниці вимірю- вання	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	110	90	-
	t_2	°C	70	48	36	
Коефіцієнт зниження ви- трати теплоти на опалення і вентиляцію	K	-	1	0,6	0,48	-

Закінчення таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6	7
Ентальпія редукованої пари перед сітовими підігрівачами сітрової води	$i_{\text{POY}}^{\text{``}}$	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	$i_{\text{сеп}}^{\text{``}}$	кДж/кг	2698	2698	2698	2698
Ентальпія води в сепараторі при $P_{\text{парі}}=0,17$ МПа	$i_{\text{сеп}}^{\text{`}}$	кДж/кг	479	479	479	479
Ентальпія води після охолоджувача неперервної продувки	$i_{\text{пр}}^{\text{`}}$	кДж/кг	210	210	210	210
Температура сирії води	$t_{\text{с.в.}}$	°C	5	5	5	15
Ентальпія сирії води після підігрівача (20 °C)	$i_{\text{х.о.в.}}^{\text{`}}$	кДж/кг	83,9	83,9	83,9	83,9
Ентальпія води перед підігрівачем (при 18 °C)	$i_{\text{х.о.в.}}^{\text{``}}$	кДж/кг	75,53	75,53	75,53	75,53
Ентальпія конденсату редукованої пари (при 80 °C)	$i_{\text{к}}^{\text{POY}}$	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:

Визначаємо витрату води на підігрівачі сітрової води (т/год):

					02.15.ТЕ1911. КРБ.2023-ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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.

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

$$G_{II} = \frac{3600 \cdot 15,38}{4,19(110 - 48)} = 213 \text{ т/год.}$$

$$G_{III} = \frac{3600 \cdot 13,65}{4,19(90 - 36)} = 217 \text{ т/год.}$$

Визначаємо витрату пари на підігрівачі сітьової води (т/год):

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

де $i''_{\text{роу}}, i_k$ – 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).

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

					02.15.ТЕ1911. КРБ.2023-ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$D_{\text{п.с.в.II}} = \frac{4,19 \cdot 235(110 - 48)}{(2756 - 335)0,98} = 26 \text{ т/год.}$$

$$D_{\text{п.с.в.III}} = \frac{4,19 \cdot 227(90 - 36)}{(2756 - 335)0,98} = 22 \text{ т/год.}$$

Визначаємо витрату 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.

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

$$D_{\text{зов.II}} = 8,53 + 26 = 34,53 \text{ т/год.}$$

$$D_{\text{зов.III}} = 8,53 + 22 = 30,53 \text{ т/год.}$$

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

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

$$D_{\text{вл.}} = 0,01K_{\text{вл.}}D_{\text{зов.}}, \quad (2.4)$$

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

$$D_{\text{вл.I}} = 0,01 \cdot 5 \cdot 41,53 = 2,0765 \text{ т/год.}$$

					02.15.ТЕ1911. КРБ.2023-ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$D_{\text{вл.II}} = 0,01 \cdot 5 \cdot 34,53 = 1,7265 \text{ т/год.}$$

$$D_{\text{вл.III}} = 0,01 \cdot 5 \cdot 30,53 = 1,5265 \text{ т/год.}$$

$$D_{\text{вл.IV}} = 0,01 \cdot 5 \cdot 8,53 = 0,4265 \text{ т/год.}$$

При наявності мазутного господарства визначається витрата пари на нього (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 %).

$$D_{\text{мI}} = 0,01 \cdot 3 \cdot 41,53 = 1,2459 \text{ т/год.}$$

$$D_{\text{мII}} = 0,01 \cdot 3 \cdot 34,53 = 1,0359 \text{ т/год.}$$

$$D_{\text{мIII}} = 0,01 \cdot 3 \cdot 30,53 = 0,9159 \text{ т/год.}$$

$$D_{\text{мIV}} = 0,01 \cdot 3 \cdot 8,53 = 0,2559 \text{ т/год.}$$

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

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

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

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

					02.15.ТЕ1911. КРБ.2023-ПЗ	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$D_{\text{BTII}} = 0,01 \cdot 2 \cdot (34,53 + 1,0359) = 0,711 \text{ т/год.}$$

$$D_{\text{BTIII}} = 0,01 \cdot 2 \cdot (30,53 + 0,9159) = 0,628 \text{ т/год.}$$

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

Визначається сумарна паропродуктивність котельні, т/год:

$$D = D_{\text{ЗОВ}} + D_{\text{ВЛ}} + D_{\text{М}} + D_{\text{ВТ}}. \quad (2.7)$$

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

$$D_{II} = 34,53 + 1,7265 + 1,0359 + 0,711 = 38 \text{ т/год.}$$

$$D_{III} = 30,53 + 1,5265 + 0,9159 + 0,628 = 33,600 \text{ т/год.}$$

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

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

$$G_{\text{К}}^{\text{ВТ}} = 0,01(100 - \beta)D_m + 0,01K_{\text{К}}D, \quad (2.8)$$

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

$K_{\text{К}}$ – втрати конденсату в циклі котельної установки (рекомендується приймати рівними 3 %).

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

					02.15.ТЕ1911. КРБ.2023-ПЗ	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$G_{KII}^{BT} = 0,01(100 - 60) \cdot 8,53 + 0,01 \cdot 2 \cdot 38 = 4,172 \text{ т/год.}$$

$$G_{KIII}^{BT} = 0,01(100 - 60) \cdot 8,53 + 0,01 \cdot 2 \cdot 33,600 = 4,084 \text{ т/год.}$$

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

Визначається витрата хімічно очищеної води (т/год):

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

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).

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

$$G_{x.o.b.II} = 4,172 + 0,01 \cdot 2 \cdot 235 = 8,872 \text{ т/год.}$$

$$G_{x.o.b.III} = 4,084 + 0,01 \cdot 2 \cdot 227 = 8,624 \text{ т/год.}$$

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

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).

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

					02.15.ТЕ1911. КРБ.2023-ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$G_{c.v.II} = 1,25 \cdot 8,872 = 11,09 \text{ т/год.}$$

$$G_{c.v.III} = 1,25 \cdot 8,624 = 10,78 \text{ т/год.}$$

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

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 %).

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

$$G_{прII} = 0,03 \cdot 38 = 1,14 \text{ т/год.}$$

$$G_{прIII} = 0,03 \cdot 33,600 = 1,008 \text{ т/год.}$$

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

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

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

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

					02.15.ТЕ1911. КРБ.2023-ПЗ	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

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

$$D_{\text{сепII}} = \frac{1,14(667 - 479)}{0,98(2698 - 479)0,98} = 0,1 \text{ т/год.}$$

$$D_{\text{сепIII}} = \frac{1,008(667 - 479)}{0,98(2698 - 479)0,98} = 0,089 \text{ т/год.}$$

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

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

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

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

$$G_{\text{сепII}} = 1,14 - 0,1 = 1,04 \text{ т/год.}$$

$$G_{\text{сепIII}} = 1,008 - 0,089 = 0,919 \text{ т/год.}$$

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

					02.15.ТЕ1911. КРБ.2023-ПЗ	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

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.

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

$$t_{\text{с.в.}II}' = \frac{1,14(479 - 210)}{4,19 \cdot 11,09} + 5 = 11,59 \text{ °C.}$$

$$t_{\text{с.в.}III}' = \frac{1,008(479 - 210)}{4,19 \cdot 10,78} + 5 = 11,003 \text{ °C.}$$

$$t_{\text{с.в.}IV}' = \frac{0,281(479 - 210)}{4,19 \cdot 4,4988} + 15 = 9,01 \text{ °C.}$$

Визначаємо витрату 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 °C, кДж/кг;

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

					02.15.ТЕ1911. КРБ.2023-ПЗ	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

$$D_{c.b.II} = 11,09 \frac{83,9 - 42,8}{2756 - 336} = 0,188 \text{ т/год.}$$

$$D_{c.b.III} = 10,78 \frac{83,9 - 42,04}{2756 - 336} = 0,186 \text{ т/год.}$$

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

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

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

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

$i_{x.o.b.}''$ – 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.

$$D_{x.o.b.I} = 4,326 \frac{335 - 75,53}{2756 - 335} = 0,463 \text{ т/год.}$$

$$D_{x.o.b.II} = 4,172 \frac{335 - 75,53}{2756 - 335} = 0,447 \text{ т/год.}$$

					02.15.ТЕ1911. КРБ.2023-ПЗ	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$D_{\text{X.O.B.III}} = 4,084 \frac{335 - 75,53}{2756 - 335} = 0,437 \text{ т/год.}$$

$$D_{\text{X.O.B.IV}} = 3,599 \frac{335 - 75,53}{2756 - 335} = 0,385 \text{ т/год.}$$

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

$$G_{\text{д}} = G_{\text{X.O.B.}} + \beta 0,01 D_{\text{т}} + D_{\text{X.O.B.}} + D_{\text{C.B.}} + D_{\text{п.с.в.}} + D_{\text{сеп.}} \quad (2.17)$$

$$\begin{aligned} G_{\text{дI}} &= 9,026 + 60 \cdot 0,01 \cdot 8,53 + 0,463 + 0,169 + 33 + 0,120 = \\ &= 47,896 \text{ т/год.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} G_{\text{дII}} &= 8,872 + 60 \cdot 0,01 \cdot 8,53 + 0,447 + 0,188 + 26 + 0,1 = \\ &= 40,725 \text{ т/год.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} G_{\text{дIII}} &= 8,624 + 60 \cdot 0,01 \cdot 8,53 + 0,437 + 0,186 + 22 + 0,089 = \\ &= 36,454 \text{ т/год.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} G_{\text{дIV}} &= 8,6398 + 60 \cdot 0,01 \cdot 8,53 + 0,385 + 0,0457 + 0,0248 = \\ &= 14,1887 \text{ т/год.} \end{aligned}$$

Визначається середня температура води в деаераторах (°C):

$$t_{\text{д}} = \frac{G_{\text{X.O.B.}} \cdot i_{\text{к}} + \beta D_{\text{т}} i_{\text{к}} + D_{\text{X.O.B.}} \cdot i_{\text{к}}^{\text{POY}} + D_{\text{п.с.в.}} \cdot i_{\text{к}}^{\text{POY}} + D_{\text{сеп.}} \cdot i_{\text{сеп.}} + D_{\text{п.с.в.}} \cdot i_{\text{к}}}{c G_{\text{д}}} \quad (2.18)$$

$$t_{\text{дI}} = \frac{9,026 \cdot 335 + 0,6 \cdot 8,53 \cdot 335 + 0,463 \cdot 335 + 0,169 \cdot 335 + 0,120 \cdot 2698 + 33 \cdot 335}{4,19 \cdot 47,896} = 81,37 \text{ °C}$$

					02.15.ТЕ1911. КРБ.2023-ПЗ	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$t_{дII}^{\cdot} = \frac{8,872 \cdot 335 + 0,6 \cdot 8,53 \cdot 335 + 0,447 \cdot 335 + 0,187 \cdot 335 + 0,1 \cdot 2698 + 26 \cdot 335}{4,19 \cdot 40,725} = 81,34^{\circ}\text{C}$$

$$t_{дIII}^{\cdot} = \frac{8,624 \cdot 335 + 0,6 \cdot 8,53 \cdot 335 + 0,437 \cdot 335 + 0,186 \cdot 335 + 0,089 \cdot 2698 + 22 \cdot 335}{4,19 \cdot 36,454} = 81,33^{\circ}\text{C}$$

$$t_{дIV}^{\cdot} = \frac{3,599 \cdot 335 + 0,6 \cdot 8,53 \cdot 335 + 0,385 \cdot 335 + 0,019 \cdot 335 + 0,025 \cdot 2698 + 0 \cdot 335}{4,19 \cdot 14,188} = 81,48^{\circ}\text{C}$$

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

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

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

$$D_{дI} = \frac{47,896 (437 - 4,2 \cdot 81,36523)}{(2698 - 437)0,98} = 2,059 \text{ т/год.}$$

$$D_{дII} = \frac{40,725 (437 - 4,2 \cdot 81,33511)}{(2698 - 437)0,98} = 1,753 \text{ т/год.}$$

$$D_{дIII} = \frac{36,454 (437 - 4,2 \cdot 81,32914)}{(2698 - 437)0,98} = 1,569 \text{ т/год.}$$

$$D_{дIV} = \frac{14,1887 (437 - 4,2 \cdot 81,4788)}{(2698 - 437)0,98} = 0,606 \text{ т/год.}$$

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

					02.15.ТЕ1911. КРБ.2023-ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$D_{\text{влI}}^{\text{p}} = 2,059 + 0,463 + 0,169 = 2,691 \text{ т/год.}$$

$$D_{\text{влII}}^{\text{p}} = 1,753 + 0,447 + 0,188 = 2,388 \text{ т/год.}$$

$$D_{\text{влIII}}^{\text{p}} = 1,569 + 0,437 + 0,186 = 2,192 \text{ т/год.}$$

$$D_{\text{влIV}}^{\text{p}} = 0,606 + 0,385 + 0,019 = 1,01 \text{ т/год.}$$

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

$$D_{\text{к}} = (D_{\text{зов}} + D_{\text{вл}}^{\text{p}}) + 0,01 \cdot 2(D_{\text{зов}} + D_{\text{вл}}^{\text{p}}). \quad (2.21)$$

$$D_{\text{кI}} = (41,53 + 2,691) + 0,01 \cdot 2(41,53 + 2,691) = 45,105 \text{ т/год.}$$

$$D_{\text{кII}} = (34,53 + 2,388) + 0,01 \cdot 2(34,53 + 2,388) = 37,656 \text{ т/год.}$$

$$D_{\text{кIII}} = (30,53 + 2,192) + 0,01 \cdot 2(30,53 + 2,192) = 33,376 \text{ т/год.}$$

$$D_{\text{кIV}} = (8,53 + 1,01) + 0,01 \cdot 2(8,53 + 1,01) = 9,7308 \text{ т/год.}$$

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

$$\Delta D = 100 \frac{D_{\text{к}} - D}{D_{\text{к}}}. \quad (2.22)$$

					02.15.ТЕ1911. КРБ.2023-ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta D_I = 100 \frac{45,707 - 45,105}{45,105} = 1,33 \text{ \%}.$$

$$\Delta D_{II} = 100 \frac{38 - 37,656}{37,656} = 0,91 \text{ \%}.$$

$$\Delta D_{III} = 100 \frac{33,600 - 33,376}{33,376} = 0,67 \text{ \%}.$$

$$\Delta D_{IV} = 100 \frac{9,7308 - 9,387}{9,7308} = 3,53 \text{ \%}.$$

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	Позна- чення	Режими			
				I	II	III	IV
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Витрата води на підігрівання сітрової води	т/год	G	235	213	217	0
2	Витрата пари на підігрівання сітрової води	т/год	$D_{п.с.в.}$	33	26	22	-
3	Витрата пари зовнішніми споживачами	т/год	$D_{зов.}$	41,53	34,53	30,53	8,53
4	Витрата пари на власні потреби котельні	т/год	$D_{вл.}$	2,0765	1,7265	1,5265	0,4265
5	Витрата пари на мазутне господарство	т/год	$D_{м}$	1,2459	1,0359	0,9159	0,2559
6	Витрата пари на покриття її втрат в котельні	т/год	$D_{вт}$	0,855	0,711	0,628	0,175
7	Сумарна паропроодуктивність котельні	т/год	D	45,707	38	33,600	9,387
8	Витрата конденсату в обладнанні споживачів	т/год	$G_{к}^{вт}$	4,326	4,172	4,084	3,599
9	Витрата хім.очищеної води	т/год	$G_{х.о.в.}$	9,026	8,872	8,624	3,599
10	Витрата сирої води	т/год	$G_{с.в.}$	11,2825	11,09	10,78	4,4988
11	Кількість води з неперервною продувкою в сепаратор	т/год	$G_{пр}$	1,371	1,14	1,008	0,281
12	Кількість пари, що утворюється в сепараторі неперервної продувки	т/год	$D_{сеп}$	0,120	0,1	0,089	0,025
13	Кількість пари на виході з розширювача неперервної продувки	т/год	$G_{сеп}$	1,251	1,04	0,919	0,256

Закінчення таблиці 2.2 – Результати розрахунку по чотирьом режимам роботи

14	Температура сирі води після охолоджувача неперервної про- дувки	°C	$i_{с.в.}$	12,80	11,07	10,82	9,01
15	Витрата пари на підігрівач сирі води	т/год	$D_{с.в.}$	0,169	0,188	0,186	0,019
16	Витрата пари на підігрів хім.очищеної води	т/год	$D_{х.о.в.}$	0,463	0,447	0,437	0,385
17	Сумарна кількість води та пари, що поступають в деаератори, окрім гріючої пари деаератора	т/год	G_d	47,896	40,725	36,454	14,18
18	Середня температура води в де- аераторах	°C	t_d	81,365	81,335	81,329	81,478
19	Витрата гріючої пари на деаера- тори	т/год	D_d	2,059	1,753	1,569	0,606
20	Витрати редукованої пари на власні потреби котельні	т/год	$D_{вл}^p$	2,691	2,388	2,192	1,01
21	Дійсна паропроодуктивність коте- льні	т/год	D_k	45,105	37,656	33,376	9,7308
22	Нев'язка з попередньо прийня- тою паропроодуктивністю	%	ΔD	1,33	0,91	0,67	3,53

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

					02.15.ТЕ1911. КРБ.2023-ПЗ	Арк.
						39
Зм.	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; (1 розділ 7 рядок).

Δt – середньологарифмічний перепад температур, °С;

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

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

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

$$\Delta t = \frac{(180 - 70) - (180 - 150)}{\ln \frac{180 - 70}{180 - 150}} = 61,6 \text{ °С.}$$

$$F = \frac{10^3 \cdot 21,886}{1950 \cdot 6,6 \cdot 0,98} = 185,92 \text{ м}^2.$$

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):

					02.15.ТЕ1911. КРБ.2023-ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

f – живий переріз для проходу води, м².

$$W = \frac{235 \cdot 1000}{3600 \cdot 971,8 \cdot 0,1728} = 0,388 \text{ м/с.}$$

					02.15.ТЕ1911. КРБ.2023-ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 РОЗРАХУНОК ВОДОСТРУМЕНЕВОГО ЕЛЕВАТОРА ДЛЯ АДМІНІСТРАТИВНОГО КОРПУСА

Розрахунок проводимо, використовуючи теорію змішання потоків.

Вихідні дані для розрахунку:

- теплові втрати будівлі $Q = 80000$ Вт;
- температура води в магістралі, що подає системи опалення $t_r = 95$ °С;
- температура води в зворотній магістралі $t_0 = 70$ °С
- температура води, що надходить із насадки $T_1 = 130$ °С;
- щільність води:

$$\rho_1 = 935 \text{ кг/м}^3 \text{ при } 130 \text{ °С};$$

$$\rho_0 = 977,81 \text{ кг/м}^3 \text{ при } 70 \text{ °С};$$

$$\rho_r = 961,9 \text{ кг/м}^3 \text{ при } 95 \text{ °С};$$

- втрати тиску в системі опалення $\Delta P_c = 10000$ Па (визначаються з гідрравлічного розрахунку системи опалення).

Примітка: при $T_1 = 150$ °С, густина води $\rho_r = 916,9$ кг/м³.

Розрахунок

Розрахункова схема елеватора зображена на рис. 4.1.

Питома витрата води, що проходить через горловину при температурі води $t_r = 95$ °С :

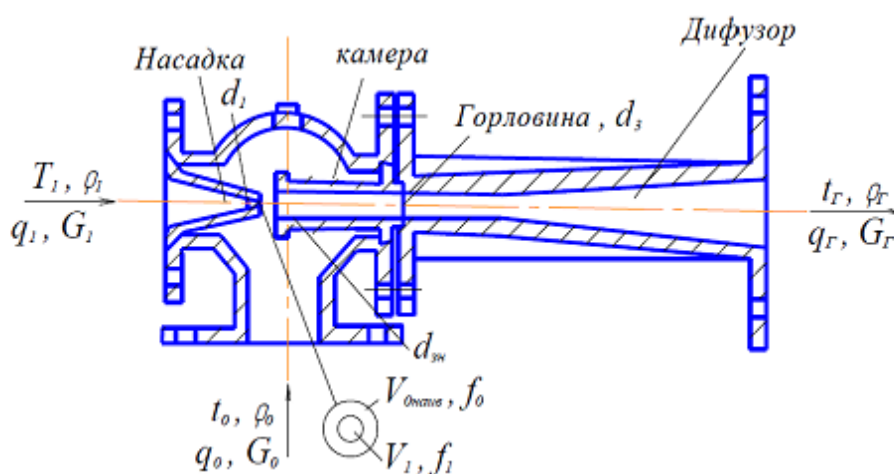


Рисунок 4.1 - Розрахункова схема елеватора

					02.15.ТЕ1911. КРБ.2023-ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$q_{\Gamma} = \frac{Q}{(t_{\Gamma} - t_{\Gamma}) \rho_{\Gamma} c_{\text{в}}},$$

де $c_{\text{в}}=1,163 \text{ Вт}\cdot\text{год}/(\text{кг}\cdot\text{К})$ - питома теплоємність води.

$$q_{\Gamma} = \frac{80000}{(95 - 70) \cdot 961,9 \cdot 1,163} = 2,86 \text{ м}^3/\text{год} = 0,000794 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Масова її витрата:

$$G_{\Gamma} = q_{\Gamma} \cdot \rho_{\Gamma} = 0,000794 \cdot 961,9 = 0,764 \text{ кг/с}.$$

Масова витрата води, що нагнітається з насадки:

$$G_1 = \frac{Q}{(T_1 - t_0) c_{\text{в}}} = \frac{80000}{(130 - 70) \cdot 1,163} = 1046 \text{ кг/год} = 0,318 \text{ кг/с}.$$

Питома витрата цієї води при температурі $T_1=130 \text{ }^{\circ}\text{C}$:

$$q_1 = \frac{G_1}{\rho_1} = \frac{0,318}{935} = 0,00034 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Масова витрата води, яка висмоктується елеватором:

$$G_0 = G_{\Gamma} - G_1 = 0,764 - 0,318 = 0,446 \text{ кг/с}$$

Питома витрата її при температурі в зворотній магістралі

$t_{\Gamma} = 70 \text{ }^{\circ}\text{C}$:

					02.15.ТЕ1911. КРБ.2023-ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$q_0 = \frac{G_0}{\rho_0} = \frac{0,446}{977,81} = 0,000456 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Коефіцієнт змішування складає:

$$u = \frac{G_0}{G_1} = \frac{0,446}{0,318} = 1,4.$$

Цей ж коефіцієнт змішування отримаємо з теплового балансу елеватора:

$$f_3 = 1 \cdot 130 + u \cdot 70 = (1 + u) \cdot 95,$$

звідки $u = 1,4$.

Щоб уникнути засмічення елеватора візьмемо беремо велику відстань від насадки до початку змішувальної камери. У такому випадку, умовний коефіцієнт корисної дії дифузора

$$\eta_{\text{д.у.}} = 1 - \Sigma \xi_3;$$

де $\Sigma \xi_3$ – коефіцієнт місцевого опору змішувальної камери і дифузору;

ξ_0 - коефіцієнт місцевого опору при вході потоку, що висмоктується в змішувальну камеру.

Маючи $\eta_{\text{д.у.}}$ та u , приймаємо найвигідніше відношення швидкості потоку, що присмоктується, в кільцевому просторі на початку камери до швидкості в горловині $n_{\text{найв}} = 0,5045$.

Визначаємо середню швидкість потоків, що змішуються, на початку змішувальної камери V'_3 :

$$V'_3 = \sqrt{\frac{2\Delta\rho_c(1 + \sum \xi_3)}{\rho_\Gamma - (1 + \xi_0)\rho_0(1 + \sum \xi_3)n_{\text{найв}}^2}}$$

					02.15.ТЕ1911. КРБ.2023-ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V_3' = \sqrt{\frac{2 \cdot 10000 \cdot (1 + 0,35)}{961,9 - (1 + 0) \cdot 977,81 \cdot (1 + 0,35) \cdot 0,35^2}} = 6,51 \text{ м/с}$$

Швидкість в горловині елеватора :

$$V_3 = \frac{V_3'}{(1 + \sum \xi_3)}$$

$$V_3 = \frac{6,51}{1 + 0,35} = 4,822 \text{ м/с.}$$

Найвигідніша швидкість підмішувального потоку на початку змішувальної камери:

$$V_{0\text{найв}} = n_{\text{найв}} V_3'$$

$$V_{0\text{найв}} = 0,5045 \cdot 6,51 = 3,284 \text{ м/с.}$$

Перевіряємо основні правила роботи елеватора з високим ККД.

Підвищення тиску при раптовому розширенні потоку від площі перерізу f_3 до $f_{зк}$ в змішувальній камері:

$$\Delta p_k = 4,822 (6,51 - 4,822) \cdot 961,9 = 7970 \text{ Па.}$$

Підвищення тиску в дифузорі:

$$\Delta p_d = \frac{(1 - 0,35) \cdot 4,822^2 \cdot 961,9}{2} = 7422 \text{ Па}$$

					02.15.ТЕ1911. КРБ.2023-ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Динамічний тиск потоку, що висмоктується, на початку змішувальної камери (не втрата):

$$\Delta p_{д.0} = \frac{V_{0\text{найв}}^2 \rho}{2}$$

$$\Delta p_{д.0} = \frac{3,284^2 \cdot 977,81}{2} = 5372 \text{ Па.}$$

Зазначимо основне рівняння для визначення повного тиску, що розвивається елеватором:

$$\sum \Delta p_{д.0} = \Delta p_c = V_3 (V_3' - V_3) \rho_{\Gamma} + \eta_{д.у.} \frac{V_3^2}{2} \rho_{\Gamma} - (1 + \xi_0) \frac{V_0^2}{2} \rho_0.$$

або

$$10000 = 7970 + 7422 - 5372 \text{ Па.}$$

Отримуємо: $10000 \approx 10020 \text{ Па.}$

Перевіримо закон збереження енергії при сталій роботі елеватора. Необхідна швидкість у вихідному перерізі насадки визначається з рівняння:

$$V_1 = (1 + u - n_{\text{найв}} u \cos \alpha_0) V_3'$$

де α_0 - кут між векторами швидкостей V_1 та $V_{0\text{найв.}}$ на початку змішувальної камери, температура.

Рахуємо $\alpha_0 = 0^\circ$, маємо

					02.15.ТЕ1911. КРБ.2023-ПЗ	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V_1 = (1 + 1,4 - 0,5045 \cdot 1,4 \cdot 1) \cdot 6,51 = 11,02 \text{ м/с.}$$

Тиск, який витрачається у вихідному перерізі насадки (без втрат в самій насадці), дорівнює динамічному тиску у вихідному перерізі насадки мінус динамічний тиск підмішувального потоку на початку змішувальної камери:

$$\Delta p_n = \frac{11,02^2}{2} \cdot 935 - 5372 = 52465 \text{ Па.}$$

Визначаємо основні розміри елеватора.

Площа вихідного перерізу насадки:

$$f_1 = \frac{q_1}{V_1}.$$

Площа кільцевого перерізу для потоку, що підсасується на початку змішувальної камери

$$f_0 = \frac{0,000456}{3,284} = 0,00014 \text{ м}^2 = 1,4 \text{ см}^2$$

Загальна площа перерізу на початку змішувальної камери:

$$f_{\text{зн}} = f_1 + f_0,$$

$$f_{\text{зн}} = 0,31 + 1,4 = 1,71 \text{ см}^2 \text{ звідки } d_{\text{зн}} = 1,476 \text{ см} = 14,76 \text{ мм.}$$

Площа перерізу горловини:

					02.15.ТЕ1911. КРБ.2023-ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$f_3 = \frac{0,0000794}{4,822} = 0,00016 \text{ м}^2 = 1,6 \text{ см}^2.$$

Звідки $d_{3н} = 1,43 \text{ см} = 14,3 \text{ мм}$

Приймаємо

$$d_3 = \frac{14,76 + 14,3}{2} = 14,53 \text{ мм}.$$

Водоструменевий елеватор Госсантехстроя № 1 має $d_{3р} = 14,8 \text{ мм}$.

Якщо прийняти цей елеватор, то при заданій витраті $q_{\Gamma} = 0,007219 \text{ м}^3/\text{с}$ будемо мати швидкість в змішувальній камері

$$V_{3р} = 4,822 \left(\frac{14,53}{14,8} \right)^2 = 4,64 < 4,822 \text{ м/с}.$$

Залишаючи в якості приближення ту ж площу вихідного перерізу насадки $f_1 = 0,31 \text{ см}^2$ отримаємо площу для потоку, що підсмоктується на початку змішувальної камери:

$$f_0 = \frac{\pi d_{3р}^2}{4} - f_1 = \frac{3,14 \cdot 1,5^2}{4} - 0,31 = 1,46 \text{ см}^2.$$

Швидкість потоку, що відсмоктується на початку змішувальної камери:

$$V_0 = \frac{q_0}{f_0} = \frac{0,000456 \cdot 10^4}{1,46} = 3,12 \text{ м/с}.$$

					02.15.ТЕ1911. КРБ.2023-ПЗ	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Повний тиск, що створюється елеватором, визначається при заміні швидкостей води в змішувальній камері потоку, що підсмоктується, на дійсні у вибраному елеваторі. У зв'язку з різницею дійсної швидкості потоку, що відсмоктується V_0 від найвигіднішої $V_{0\text{найв.}}$. Коефіцієнт місцевого опору при вході потоку, що відсмоктується, в змішувальну камеру приймаємо рівним $\xi_0 = 0,1$.

Отримуємо:

$$V_{\text{зр}}(V'_{\text{зр}} - V_{\text{зр}})\rho_{\Gamma} + \eta_{\text{д.у.}} \frac{V_{\text{зр}}^2}{2} \rho_{\Gamma} - (1 + \xi_0) \frac{V_0^2}{2} \rho_0 = \Delta p_{\text{с}}$$

або

$$4,67 \cdot (V'_{\text{зр}} - 4,67) \cdot 961,9 + 0,65 \frac{4,67^2}{2} \cdot 961,9 - (1 + 0,1) \cdot \frac{3,12^2}{2} \cdot 977,81 = 10000 \text{ Па.}$$

Звідки $V_{\text{зр}} = 6,292 \text{ м/с.}$

Необхідну швидкість у вихідному перерізі насадки отримаємо з рівняння:

$$V_1 + V_0 u = (1 + u) V_{\text{зр}}$$

$$V_1 = (1 + u) V_{\text{зр}} - V_0 u = (1 + 1,4) \cdot 6,54 - 3,12 \cdot 1,4 = 11,332 > 11,02 \text{ м/с.}$$

Площа вихідного перерізу насадки:

$$f_1 = \frac{q_1}{V_1} = \frac{0,00034}{11,332} = 0,00003 \text{ м}^2 = 0,3 \text{ см}^2 < 0,31 \text{ см}^2$$

					02.15.ТЕ1911. КРБ.2023-ПЗ	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

звідки $d_1 = 6,2$ мм.

Уточнена величина тиску, що витрачається у вихідному перерізі насадки:

$$p_H = \frac{V_1^2}{2} \rho_1 - \frac{V_0^2}{2} \rho_0,$$

$$p_H = \frac{11,332^2}{2} \cdot 935 - \frac{3,12^2}{2} \cdot 977,81 = 55273 \text{ Па} > 52467 \text{ Па}.$$

Приймаючи коефіцієнт місцевого опору насадки $\xi_1 = 0,06$, отримаємо необхідний мінімальний тиск в зовнішній тепловій мережі перед елеватором:

$$p_{\text{наг}} = (1 + \xi_1) p_H = (1 + 0,06) \cdot 55273 = 58590 \text{ Па}.$$

					02.15.ТЕ1911. КРБ.2023-ПЗ	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

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

Визначено опалювальні навантаження промислових приміщень, витрати теплоти на вентиляцію виробничих приміщень, витрати теплоти на технологічні потреби, витрати теплоти 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.

Особливістю роботи було проведення розрахунку водоструменевого елеватора, призначеного для зменшення температури перегрітої води шляхом змішування її зі зворотного водою і для створення напору для її циркуляції. Визначено потрібні геометричні розміри водоструменевого елеватора та режими його роботи.

					02.15.ТЕ1911. КРБ.2023-ПЗ	Арк.
						51
Зм.	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.ТЕ1911. КРБ.2023-ПЗ	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		