

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

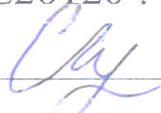
Управління енергетичними процесами

Інтелектуальні системи енергопостачання

Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи
бакалавра

Проект теплопостачання об'єктів депо Запоріжжя-ліве та прилеглого
до пункту. Розрахунок системи водопідготовки
програмою Теплоенергетика
альності: 144 Теплоенергетика

студент групи ТЕ20120 :




/ Єгор СПІВАК /

/ доцент Олександр ЖЕВЖИК /

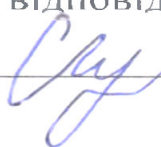
онтролер:



/ доцент Олександр ЖЕВЖИК /

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

Студент



Дніпро – 2023 рік

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Тема: Управління енергетичними процесами
Інтелектуальні системи енергопостачання
вищої освіти: Перший (бакалаврський)
Програма: Теплоенергетика
Кількість: 144 "Теплоенергетика"

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ICE
Дмитро БОСІЙ

Дата 06.02.23

ЗАВДАННЯ

Виконати роботу бакалавр з теплоенергетики
у Співаку Єгору Євгеновичу

Тема роботи: "Проект тепlopостачання об'єктів депо Запоріжжя-ліве та
сусіднього населеного пункту. Розрахунок системи водопідготовки"

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

Віддано наказом від "06" 02 2023 р. № 142ст

Термін подання студентом роботи: 12.06.2023 р.

Вхідні дані до роботи:

район будівництва м. Запоріжжя-ліве

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

Максимальні навантаження систем опалення та вентиляції промислових будів-
ель (до 150/70 °C), локомотивного депо 4 МВт, механічних майстерень 2 МВт, пун-
кту технічного огляду 0,9 МВт; адміністративного корпусу 0,7 МВт.

Максимальні навантаження гарячого водопостачання виробництва
до 2,3 МВт.

Потребовані теплових навантажень в житлово-комунальному секторі: 20 житло-
вих будівель 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 1000 м³.

Вимоги пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно опрацювати):

Вступна частина: Визначення теплових навантажень та вибір способу їх
обчислення. Побудова графіка теплового навантаження. Вибір схеми тепlopоста-

чової частини: Розрахунок теплової схеми котельні. Вибір основного та
допоміжного обладнання котельні.

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

Станти розділів роботи:

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
розрахунок теплових навантажень	11.04.2023	
вбір системи теплопостачання і розрахунок теплової схеми котельної	24.04.2023	
вбір теплопідготовчого обладнання	29.05.2023	
постачання системи теплопостачання розрахунок і вибір устаткування водоготовки	06.06.2023	
сновки і рекомендації.	12.06.2023	
дання кваліфікаційної роботи до кафедри		
вист кваліфікаційної роботи на засіданні спеціалізаційної комісії	27.06.2023	

Студент



Єгор СПІВАК

Сервісник роботи



Олександр ЖЕВЖИК

ЗМІСТ

.....	7
РАХУНОК ТЕПЛОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ.....	9
овальні навантаження промислових приміщень та житлово- ного сектору.....	9
та тепла на вентиляцію виробничих приміщень та житлово- ного сектору.....	11
ати тепла на технологічні потреби.....	12
ати тепла на гаряче водопостачання.....	12
на таблиця теплових навантажень.....	14
затрата теплоти.....	17
СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ І РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОЇ КОТЕЛЬНОЇ.....	20
о способу покриття теплового навантаження. Принципова схема	20
.....	
рахунок теплової схеми котельні.....	24
ТЕПЛОПІДГОТОВЧОГО ОБЛАДНАННЯ.....	40
ПОСТАЧАННЯ СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ, РОЗРАХУ- НІ ВІДБОРУ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	59
ПОСИЛАНЬ.....	60

			02.15.ТЕ20120.КРБ.2023-ПЗ						
Докум	Підпись	Дата	Проект теплопостачання об'єктів депо Запоріжжя-ліве та прилегло- го населеного пункту. Розрахунок системи водопідготовки	Лит.		Лист		Листів	
ЕК СС	<i>[Підпис]</i>	22.06				6		60	
ЕК ОВ	<i>[Підпис]</i>	22.06							
ЕК ОВ	<i>[Підпис]</i>	22.06							
ДО	<i>[Підпис]</i>	22.06							

Ministry of Education and Science of Ukraine
Ukrainian State University of Science and Technologies

Energy process management

Intellectual power supply systems

Explanatory Note
to Master's Thesis
of Bachelor

on the topic: The project of heat supply of Zaporizhzhia-live depot facilities and the adjacent settlement. Calculation of the water treatment system.

according to educational curriculum Heat energy

in the Speciality: 144 Heat energy

Done by the student of the group TE19120: / Yehor Spivak /

Scientific Supervisor: /Ass. Prof. Oleksandr Zhevzyk/

Normative controller : / Ass. Prof. Oleksandr Zhevzyk /

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи бакалавра:

60 с., 6 рис., 4 табл., 4 джерел.

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

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

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

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

Індивідуальним завданням до роботи є розрахунок водопідготовчої установки для готування живильної води, що йде на обрані в роботі котли. Для цього був виконаний розрахунок катіонітного фільтру, натрій-катіонітові фільтри I ступеню, освітлювального (механічного) фільтру та підібраний солерозчинник.

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

ВСТУП

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

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

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

Для котельних агрегатів важливим є правильна робота системи водопостачання і водопідготовки, які обумовлюють необхідний водний режим і багато в чому визначають питомі витрати енергії на одержання теплової енергії. Незадовільний стан системи водопідготовки призводить до утворення відкладень солей на елементах поверхні нагрівання (утворюється накип) і на стінках трубопроводів. Оскільки коефіцієнт теплопровідності накипи в 15...35 раз менше, ніж сталі, то накип фактично є теплоізолятором між металевий стінкою трубопровода, яка обігривається розжареними газами, і водою, яка при відсутності накипу дуже гарно відводить теплоту від цієї стінки. В наслідок погіршення теплопередачі продукти спалювання менше охолоджуються в котлі, тобто знижується тепловий ККД котла, а втопці може виникнути перепалення труб. При незадовільній роботі системи водопідготовки швидкість утворення відкладень складає декілька міліметрів на рік.

Товщина накипу визначає збільшення втрат палива і потужності котлів. Наприклад, відкладення товщиною в 1 мм призводять до підвищення витрати палива на 9 %.

					02.15.ТЕ20120.КРБ.2023-ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Підвищений вміст у живильній воді кисню (наприклад 0,05 мг/л) та наявність в ній вуглекислоти призводить до скорочення терміну експлуатації трубопроводів з 20...25 років до 4...5 років.

					02.15.ТЕ20120.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 тепла на опалення об'єкту визначається за спрощеною формулою:

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

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

V_0 – об'єм об'єкту, м³;

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

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

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

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

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

Отже:

1) 20 житлових будинків по 28 000 м³ кожен:

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

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

					02.15.ТЕ20120.КРБ.2023-ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2) поліклініка з об'ємом будівлі 7000 м³:

$$q_{\text{оп.}} = \frac{1,85}{\sqrt[6]{7000}} = 0,422,$$

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

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:

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

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

5) гуртожиток з об'ємом будівлі 10000 м³:

$$q_{\text{оп.}} = \frac{1,85}{\sqrt[6]{11\,000}} = 0,392 ,$$

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

Загальна витрата тепла на опалення житлово-комунального масиву:

					02.15.ТЕ20120.КРБ.2023-ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Отже:

1) поліклініка з об'ємом будівлі 7000 м^3 :

$$Q_{\text{в}}^{\text{р}} = 0,29 \cdot 7000 (21 - (-24)) = 91\,350 \text{ Вт};$$

					02.15.ТЕ20120.КРБ.2023-ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

3) школа з об'ємом будівлі 40 000 м³:

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

Тоді:

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

1.3 Витрати тепла на технологічні потреби

Навантаження підприємств по технологічній парі складають 6,8 МВт.

1.4 Витрати тепла на гаряче водопостачання

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

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

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

m - кількість одиниць споживання;

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

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

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

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

					02.15.ТЕ20120.КРБ.2023-ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Отже загальна середня витрата теплоти на гаряче водопостачання:

					02.15.ТЕ20120.КРБ.2023-ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

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

1.5 Зведена таблиця теплових навантажень

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

Технологічні потреби пари підприємства:

$$Q = \Delta i \frac{D_m}{3,6},$$

$$D_m = \frac{3,6Q}{\Delta i}, \quad (1.5)$$

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

$i_{\text{п}} = 2,7623 \text{ кДж/кг}$ для тиску пари $P = 0,6 \text{ МПа};$

$i_{\text{в}} = 0,021 \text{ кДж/кг}$ для тиску $P = 0,6 \text{ МПа}.$

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

Робимо перерахунок теплового навантаження для режимів II і III:

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

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

					02.15.ТЕ20120.КРБ.2023-ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

Опалення та вентиляція промислових будівель:

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

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

Опалення будівель ЖКС:

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

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

Вентиляція ЖКС:

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

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

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

Для IV режиму:

					02.15.ТЕ20120.КРБ.2023-ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

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

Гаряче водопостачання підприємства:

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

Гаряче водопостачання ЖКС:

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

Результати розрахунків наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Зведена таблиця теплових навантажень

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

					02.15.ТЕ20120.КРБ.2023-ПЗ	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Закінчення таблиці 1.1

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

1.6 Річна витрата теплоти

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

Таблиця 1.2 – Кліматичні характеристики міста Жмеринка

Температура зовнішнього повітря, t_3 , °С	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	+5	+8
Кількість годин опалювального періоду n , год	1	11	49	174	492	1130	2349	3856	4512

Визначимо витрати тепла при температурах -30 °С та +8 °С (Вт):

$$Q_{оп.} = Q_{оп.}^p \cdot \frac{t_B^p - t_3}{t_B^p - t_{3.p.}}, \quad (1.8)$$

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

					02.15.ТЕ20120.КРБ.2023-ПЗ				Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					17

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

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

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

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

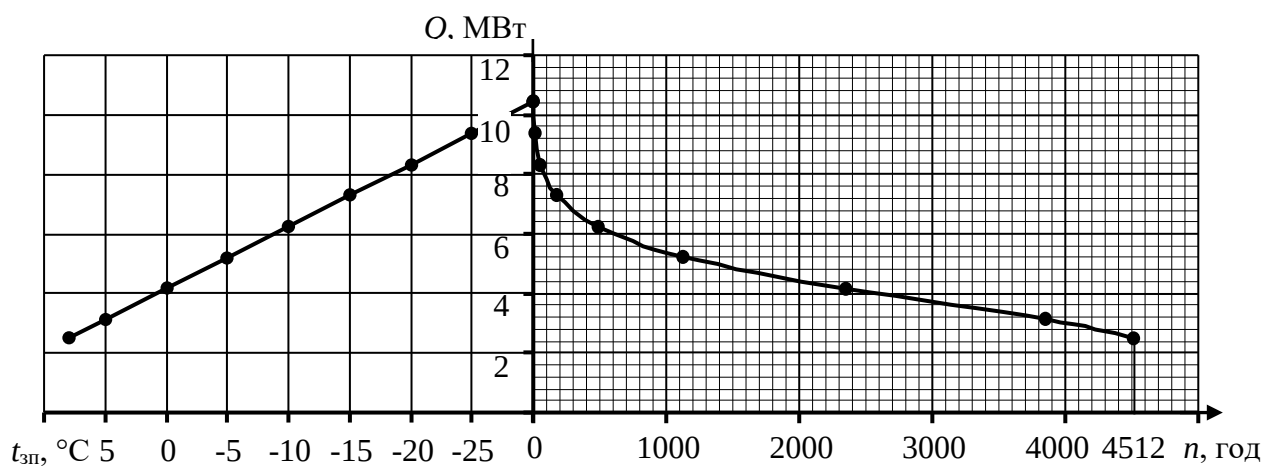


Рисунок 1.1 - Графік тривалості теплового навантаження

Річна витрата тепла на опалення знаходиться за формулою:

$$Q_{\text{річ.}} = S_1 m,$$

де S_1 - площа обмежена кривою опалювального навантаження;

$$S_1 = 502 \text{ мм}^2;$$

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

$$m = m_1 m_2;$$

m_1 – масштаб осі ординат (осі опалювального навантаження);

					02.15.ТЕ20120.КРБ.2023-ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

$$m_1 = 0,4 \text{ МВт/мм};$$

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

$$m_2 = 100 \text{ год/мм}.$$

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

Отже:

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

					02.15.ТЕ20120.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.

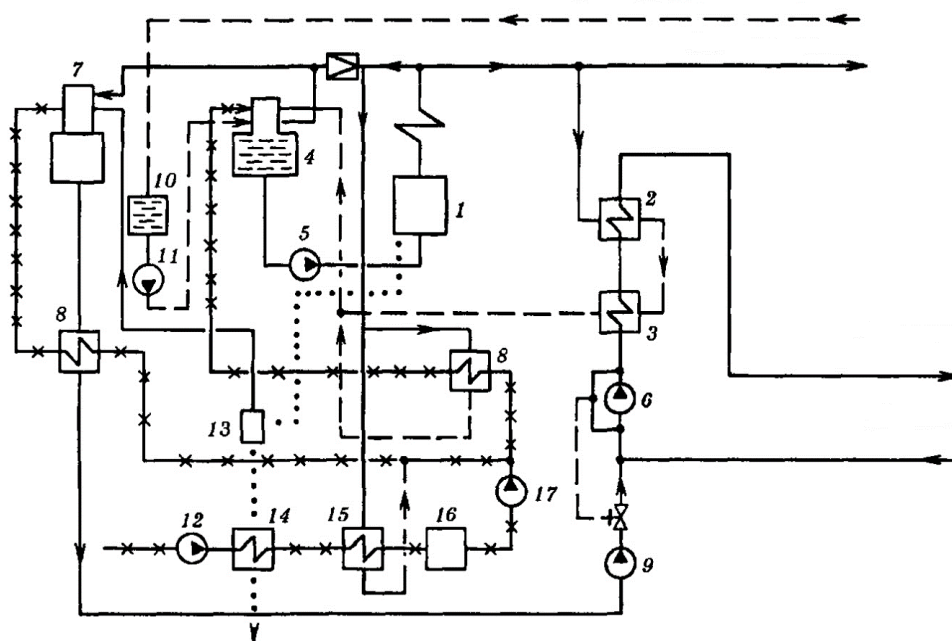
На рисунку 2.1 показана теплова схема котельні з паровими котлами з відпуском теплоти на потреби опалення, вентиляції та гарячого водопостачання. Насос сирієї води подає воду в охолоджувач продувальної води, де вона нагрівається за рахунок теплоти продувальної води. Після цього вода підігрівається до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

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

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

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

					02.15.ТЕ20120.КРБ.2023-ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

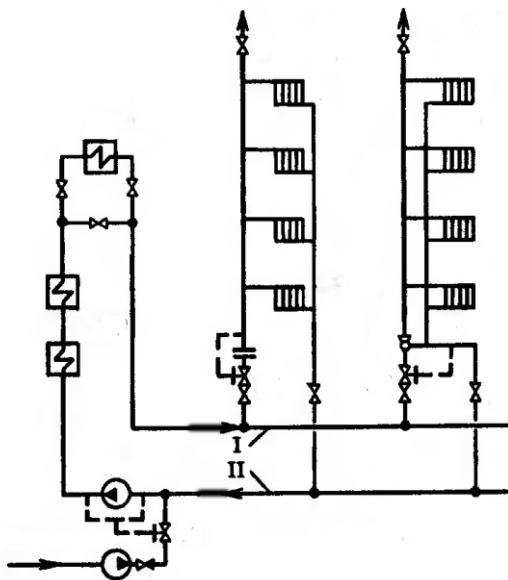


1 – паровий котел низького тиску; 2 – пароводяний підігрівач сітьової води; 3 — охолоджувач конденсату; 4 — деаератор живильної води котла; 5 — живильний насос; 6 — циркуляційний насос; 7 — деаератор підживлювальної води; 8 — підігрівачі хімічно очищеної води, 9 — підживлювальний насос; 10 — збірний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

Рисунок 2.1 – Принципова теплова схема котельні з паровими котлами

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

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



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

Рисунок 2.2 – Водяна система тепlopостачання

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

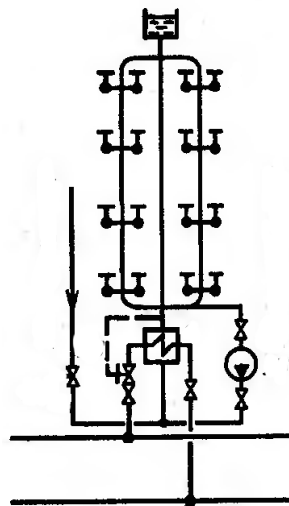


Рисунок 2.3 – Система гарячого водопостачання

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

					02.15.ТЕ20120.КРБ.2023-ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

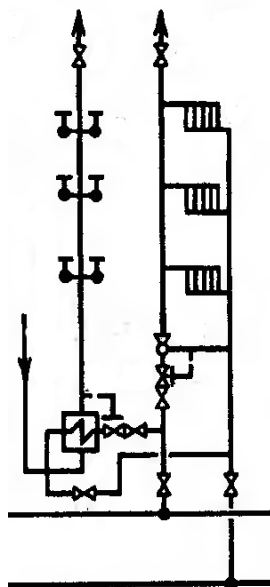


Рисунок 2.4 – Схема системи опалення та гарячого водопостачання

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

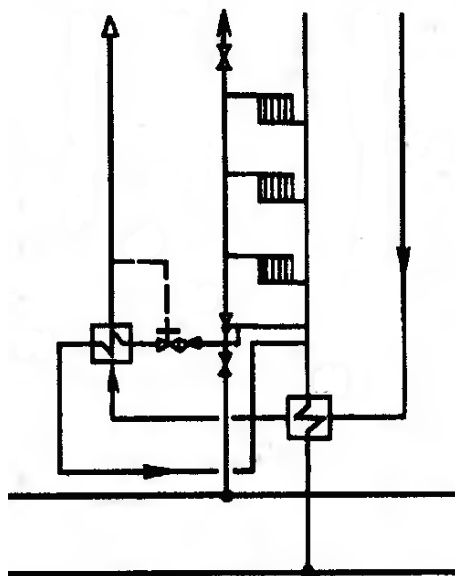


Рисунок 2.5 – Схема комбінованої системи опалення та вентиляції

2.2 Розрахунок теплової схеми котельні

Розрахунок теплової схеми виконується для чотирьох режимів роботи: максимально-зимового, найбільш холодного місяця, середньо-опалювального, літнього.

					02.15.ТЕ20120.КРБ.2023-ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вихідними даними для нього є: кліматологічна характеристика району, витрати пари на технологічні потреби, витрати теплоти на опалення, вентиляцію та гаряче водопостачання, відсоток повернення конденсату, теплофізичні властивості води та водяної пари. Перед початком розрахунку всі необхідні вихідні дані доцільно привести в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Вихідні данні

Фізична величина	Позначення	Одиниці вимірювання	Значення при характерних режимах роботи котельні			
			I	II	III	IV
1	2	3	4	5	6	7
Теплоємність води	C		4,19	4,19	4,19	4,19
Температура води перед сітьовими підігрівачами та за ними	t_1	°C	150	100	86	-
	t_2	°C	70	44	34,3	
Коефіцієнт зниження витрати теплоти на опалення і вентиляцію	K	-	1	0,6	0,48	-
Ентальпія редукованої пари перед сітьовими підігрівачами сітьової води	i_{POY}	кДж/кг	2756	2756	2756	2756
Ентальпія конденсату за підігрівачами (при 80 °C)	i_k	кДж/кг	335	335	335	335
Ентальпія котлової води при $P_{\text{парі}}=0,6$ МПа	$i_{\text{к.в.}}$	кДж/кг	667	667	667	667
Ентальпія пати в сепараторі при $P_{\text{парі}}=0,17$ МПа	$i_{\text{сеп}}$	кДж/кг	2698	2698	2698	2698
Ентальпія води в сепараторі при $P_{\text{парі}}=0,17$ МПа	$i_{\text{сеп}}$	кДж/кг	479	479	479	479
Ентальпія води після охолоджувача неперервної продувки	$i_{\text{пр}}$	кДж/кг	210	210	210	210
Температура сирої води	$t_{\text{с.в.}}$	°C	5	5	5	15
Ентальпія сирої води після підігрівача (20 °C)	$i_{\text{х.о.в.}}$	кДж/кг	83,9	83,9	83,9	83,9

Закінчення таблиці 2.1

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

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

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

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

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

c – теплоємність води, кДж/(кг·К);

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

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

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

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

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

$$D_{\text{п.с.в.}} = \frac{cG(t_1 - t_2)}{(i_{\text{роу}} - i_{\text{к}})\eta}$$

					02.15.ТЕ20120.КРБ.2023-ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

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

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

Визначається витрата пари зовнішніми споживачами (т/год):

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

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

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

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

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

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

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

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

					02.15.ТЕ20120.КРБ.2023-ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$D_{\text{вл.I}} = 0,01 \cdot 5 \cdot 54,93 = 2,7465 \text{ т/год.}$$

$$D_{\text{вл.II}} = 0,01 \cdot 5 \cdot 35,13 = 1,7565 \text{ т/год.}$$

$$D_{\text{вл.III}} = 0,01 \cdot 5 \cdot 31,13 = 1,5565 \text{ т/год.}$$

$$D_{\text{вл.IV}} = 0,01 \cdot 5 \cdot 8,93 = 0,4465 \text{ т/год.}$$

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 %).

$$D_{\text{мI}} = 0,01 \cdot 3 \cdot 54,93 = 1,6479 \text{ т/год.}$$

$$D_{\text{мII}} = 0,01 \cdot 3 \cdot 35,13 = 1,0539 \text{ т/год.}$$

$$D_{\text{мIII}} = 0,01 \cdot 3 \cdot 31,13 = 0,9339 \text{ т/год.}$$

$$D_{\text{мIV}} = 0,01 \cdot 3 \cdot 8,93 = 0,2679 \text{ т/год.}$$

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

					02.15.ТЕ20120.КРБ.2023-ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$D_{\text{BT}} = 0,01K_{\text{BT}}(D_{\text{ЗОВ}} + D_{\text{М}}), \quad (2.6)$$

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

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

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

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

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

Визначається сумарна паропродуктивність котельні (т/год):

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

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

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

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

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

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

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

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

					02.15.ТЕ20120.КРБ.2023-ПЗ	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

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

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

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

Визначається витрата хімічно очищеної води (т/год):

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

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).

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

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

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

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

Визначається витрата сирої води (т/год):

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

					02.15.ТЕ20120.КРБ.2023-ПЗ	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

					02.15.ТЕ20120.КРБ.2023-ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

					02.15.ТЕ20120.КРБ.2023-ПЗ	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$i_{c.b.}^{\cdot} = \frac{G_{сеп}(i_{сеп}^{\cdot} - i_{пр}^{\cdot\cdot})}{c G_{c.b.}} + t_{c.b.}, \quad (2.14)$$

де $i_{пр}^{\cdot\cdot}$ – ентальпія води після охолоджувача неперервної продувки (приймається рівною 210 кДж/кг), кДж/кг;

$t_{c.b.}$ – температура сирії води на вході в котельню, °C.

$$i_{c.b.I}^{\cdot} = \frac{1,65(479 - 210)}{4,19 \cdot 14,12} + 5 = 12,6^{\circ}\text{C}.$$

$$i_{c.b.II}^{\cdot} = \frac{1,05(479 - 210)}{4,19 \cdot 12,05} + 5 = 10,6^{\circ}\text{C}.$$

$$i_{c.b.III}^{\cdot} = \frac{0,93(479 - 210)}{4,19 \cdot 11,42} + 5 = 10,2^{\circ}\text{C}.$$

$$i_{c.b.IV}^{\cdot} = \frac{0,26(479 - 210)}{4,19 \cdot 4,71} + 5 = 18,6^{\circ}\text{C}.$$

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

$$D_{c.b.} = G_{c.b.} \frac{i_{x.o.b.}^{\cdot} - i_{c.b.}^{\cdot}}{i_{поу}^{\cdot\cdot} - i_{к}^{\cdot}}, \quad (2.15)$$

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

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

					02.15.ТЕ20120.КРБ.2023-ПЗ	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$D_{x.o.b.I} = 4,78 \frac{335 - 75,53}{2756 - 335} = 0,512 \text{ т/год.}$$

$$D_{x.o.b.II} = 4,34 \frac{335 - 75,53}{2756 - 335} = 0,465 \text{ т/год.}$$

					02.15.ТЕ20120.КРБ.2023-ПЗ	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

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

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

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

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

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

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

Визначається середня температура води в деаераторах (°C):

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

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

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

					02.15.ТЕ20120.КРБ.2023-ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

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

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

Визначається витрата гріючої пари на деаератори, т/год:

$$D_d = \frac{G_d(i_{ж.в.} - 4,2t_d^{\cdot})}{(i_{\text{POY}} - i_{ж.в.})\eta}, \quad (2.19)$$

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

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

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

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

$$D_{dIV} = \frac{9,57 (437 - 4,2 \cdot 81,5)}{(2698 - 437)0,98} = 0,398 \frac{\text{т}}{\text{год.}}$$

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

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

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

					02.15.ТЕ20120.КРБ.2023-ПЗ	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

$$D_{\text{влIV}}^{\text{p}} = 0,398 + 0,403 + 0,019 = 0,82 \text{ т/год.}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

$$\Delta D_{\text{I}} = 100 \frac{59,48 - 60,45}{59,48} = 1,63 \text{ \%}.$$

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

					02.15.ТЕ20120.КРБ.2023-ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

Результати розрахунку по чотирьом режимам роботи заносимо до таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Результати розрахунку по чотирьом режимам роботи

№ п/п	Найменування ве- личини	Одиниці виміру	Позначення	Режими			
				I	II	III	IV
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Витрата води на підігрівання сітьової води	т/год	G	326	264	244	-
2	Витрата пари на підігрівання сітьової води	т/год	$D_{п.с.в.}$	46	26,2	22,2	-
3	Витрата пари зовнішніми споживачами	т/год	$D_{зов.}$	54,93	35,13	31,13	8,93
4	Витрата пари на власні потреби котельні	т/год	$D_{вл.}$	2,7465	1,7565	1,5565	0,4465
5	Витрата пари на мазутне господарство	т/год	D_m	1,6479	1,0539	0,9339	0,2679
6	Витрата пари на покриття її втрат в котельні	т/год	$D_{вт}$	1,131	0,7236	0,6412	0,1839
7	Сумарна паропроductивність котельні	т/год	D	60,45	38,66	34,26	9,82
8	Витрата конденсату в обладнанні споживачів	т/год	G_K^{BT}	4,78	4,34	4,25	3,76

					02.15.ТЕ20120.КРБ.2023-ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 2.2

9	Витрата хім.очищеної води	т/год	$G_{\text{х.о.в.}}$	11,3	9,64	9,13	3,76
10	Витрата сирої води	т/год	$G_{\text{с.в.}}$	14,12	12,05	11,42	4,72
11	Кількість води з неперервною продувкою в сепаратор	т/год	$G_{\text{пр}}$	1,81	1,15	1,02	0,29
12	Кількість пари, що утворюється в сепараторі неперервної продувки	т/год	$D_{\text{сеп}}$	0,159	0,102	0,09	0,026
13	Кількість пари на виході з розширювача неперервної продувки	т/год	$G_{\text{сеп}}$	1,65	1,05	0,93	0,26
14	Температура сирої води після охолоджувача неперервної продувки	°C	$i_{\text{с.в.}}$	12,6	10,6	10,2	18,6
15	Витрата пари на підігрівач сирої води	т/год	$D_{\text{с.в.}}$	0,212	0,204	0,1976	0,019
16	Витрата пари на підігрів хім.очищеної води	т/год	$D_{\text{х.о.в.}}$	0,512	0,465	0,456	0,403
17	Сумарна кількість води та пари, що поступають в деаератори, окрім гріючої пари деаератора	т/год	$G_{\text{д}}$	63,54	41,97	37,44	9,57

Закінчення таблиці 2.2

18	Середня температура води в деаераторах	°C	t_d	81,36	81,13	81,31	81,5
19	Витрата гріючої пари на деаератори	т/год	D_d	2,664	1,777	1,573	0,398
20	Витрати редукованої пари на власні потреби котельні	т/год	$D_{вл}^p$	3,388	2,446	2,226	0,82
21	Дійсна паропроductивність котельні	т/год	D_k	59,48	38,32	34,02	9,94

Виходячи з отриманої паропроductивності котельні обираємо 3 котли типа Е-16-14 з паропроductивністю кожного 16 т/год та робочим тиском 1,4 МПа

					02.15.ТЕ20120.КРБ.2023-ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

З ВИБІР ТЕПЛОПІДГОТОВЧОГО ОБЛАДНАННЯ ТА РОЗРАХУНОК ТРУБОПРОВОДІВ

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

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

де N – теплова потужність теплообмінника, кВт;

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).

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

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

$$F = \frac{10^3 \cdot 22,369}{2000 \cdot 61,6 \cdot 0,98} = 185,358, \text{ м}^2.$$

Обираємо 3 теплообмінника типорозміру 06 з площею поверхні нагріву 76,8 м² кожен та площею живого перерізу 0,1728 м² [4]. Для обраного теплообмінника визначаємо швидкість води в трубах (м/с):

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

					02.15.ТЕ20120.КРБ.2023-ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де Q_v – об`ємна витрата води, що підігрівається м³/с;
 f – живий переріз для проходу води, м².

$$W = \frac{252 \cdot 1000}{3600 \cdot 971,8 \cdot 0,1728} = 0,417 \text{ м/с.}$$

					02.15.ТЕ20120.КРБ.2023-ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 ВОДОПОСТАЧАННЯ СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ, РОЗРАХУНОК І ВИБІР УСТАТКУВАННЯ ВОДОПІДГОТОВКИ

Організація раціонального водяного режиму та водопідготовки має важливе значення для забезпечення надійної й економічної експлуатації теплоенергетичного устаткування котелень.

Оцінка якості води природного джерела з погляду вимог споживачів дозволяє вирішити питання про можливість його використання для даного об'єкта, а також установити необхідність і характер обробки води на водопровідних спорудах. Оцінка якості води здійснюється відповідно до ДСТ 18963-73 «Вода питна. Методи санітарно-бактеріологічного аналізу».

Якість води визначається наявністю в ній різних речовин неорганічного й органічного походження, а також мікроорганізмів.

Річкові води звичайно характеризуються значним змістом зважених речовин, тобто мутністю, часто кольоровістю, малим змістом солей - відносно малою твердістю, наявністю великої кількості органічних речовин, відносно високим окисленням і значним змістом бактерій.

Характерною рисою річкової води є її здатність до самоочищення. Вона виражається в тому, що в результаті ряду природних біохімічних процесів, що протікають у річковій воді, концентрація забруднень від стоків, які надходять до неї, поступово зменшується.

Розраховуємо водопідготовчу установку для готування живильної води, що йде на живлення чотирьох котлів типу ДЕ-10-14-ГМ.

Витрати пару в котельні становлять 2 % від паропродуктивності, втрати в деаераторі питомої води - 3,5 т/ч, витрати з випаром у деаераторі - 0,4 т/ч.

Паливо котлів – газ.

Зважені речовини –300 мг/кг, окислення 25,3 мг/кг.

Джерело водопостачання – р. Дніпро. Зміст зважених речовин та її окислення зведені в таблицю 4.1.

					02.15.ТЕ20120.КРБ.2023-ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.1 – Аналіз вихідної води

Місце забору проби	Зміст іонів у воді, мг/кг								Сухий залишок мг/кг	Жорсткість мг. екв/кг	
	Ca^{2+}	Mg^{2+}	$Na^{+} + K^{+}$	HCO_3^{-}	SO_4^{2-}	Cl^{-}	NO_3^{-}	SiO_3^{2-}		$Ж_0$	$Ж_K$
Запо-ріжжя	51,9	15,0	61,6	127,5	105,7	35,1	76	-	410	3,82	1,95

Величина продувки котлів визначається по формулі:

$$P = \frac{S_{o.в.} \cdot \alpha_{n.к.} \cdot 100}{S_{к.в.} - S_{o.в.} \cdot \alpha_{n.к.}},$$

де $S_{o.в.}$ – сухий залишок відпрацьованої води, мг/кг;

Сухий залишок обробленої в результаті передочищення і катіонування води з обліком, що відбувається в парогенераторах, перетворення кремінної кислоти в Na_2SiO_3 і лужних сполук у NaOH визначається по формулі:

$$S_{o.в.} = 0,25 \cdot C_{орг} + 71,04 \frac{C_{SO_4^{2-}}^{ост}}{48,03} + 58,45 \frac{C_{Cl}^{ост}}{35,46} + 85 \frac{C_{NO_3^{-}}^{ост}}{62} + 61 \frac{C_{SiO_3^{2-}}^{ост}}{38,03} + 40 \cdot Щ_{o.в.},$$

де $C_{орг}$ – концентрація органічних речовин у вихідній воді, мг/кг;

$C_{SO_4^{2-}}^{ост}, C_{Cl}^{ост}, C_{NO_3^{-}}^{ост}, C_{SiO_3^{2-}}^{ост}$ – залишкові концентрації відповідних

аніонів після передочищення води, мг/кг;

$Щ_{o.в.}$ – залишкова нелетуча натрова лужність обробленої

води, мг·екв/кг;

$$Щ_{o.в.} = Щ_{к.в.} = Ж_K ;$$

					02.15.ТЕ20120.КРБ.2023-ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

$$S_{o.в.} = 71,04 \frac{105,7}{48,03} + 58,45 \frac{35,1}{35,46} + 85 \frac{76}{62} + 40 \cdot 1,95 = 396 \text{ мг/кг};$$

$\alpha_{n.к.}$ – сумарні втрати пари і конденсату в частках від

паропродуктивності котельні; $\alpha_{n.к.} = 0,3$;

$S_{к.в.}$ – сухий залишок котлової води, мг/кг, для нашого котла

$S_{к.в.} = 3000 \text{ мг/кг}$;

$$P = \frac{396 \cdot 0,3 \cdot 100}{3000 - 396 \cdot 0,3} = 4,2.$$

Відносна лужність обробленої води визначається по формулі:

$$\text{Щ}_{o.в.}^{\text{отн.}} = \frac{40 \cdot \text{Щ}_{o.в.} \cdot 100}{S_{o.в.}} = \frac{40 \cdot 1,95 \cdot 100}{396} = 19,7 \% < 20 \%.$$

Концентрація вуглекислоти в парі при деаерації хімічно обробленої води в термічному барботажному деаераторі, мг/кг:

$$\text{CO}_2 = 22 \cdot \text{Щ}_{o.в.} \cdot \alpha_{n.к.} \cdot (0,4 + 0,7) < 20 \text{ мг/кг}$$

де 22 – еквівалент CO_2 , мг;

0,4 – доля розкладання NaHCO_3 в котлі;

0,7 – доля розкладання Na_2CO_3 в котлі, що працює на тиску 1,4МПа.

$$\text{CO}_2 = 22 \cdot 1,95 \cdot 0,3 \cdot (0,4 + 0,7) = 14,2 \text{ мг/кг}.$$

При концентрації $\text{CO}_2 < 20 \text{ мг/кг}$ застосовуємо схему натрій – катіонування.

					02.15.ТЕ20120.КРБ.2023-ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Робимо розрахунок продуктивності ВПУ нето по формулі, м³/год:

$$Q_n = \kappa_z \cdot \alpha_{n.k.} \cdot D_n \cdot n,$$

де κ_z – коефіцієнт запасу, $\kappa_z = 1,1-1,2$;

D_n – паропроductивність котла, т/год;

n – кількість установлених котлів.

$$Q_n = 1,1 \cdot 0,3 \cdot 10 \cdot 4 = 10,6 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Продуктивність бруто ВПУ визначається по формулі, м³/год:

$$Q_{br} = Q_n + q_{c.n.},$$

де $q_{c.n.}$ – витрата води на власні потреби, м³/год;

Розрахунок катіонітного фільтру

Розрахунок устаткування робимо, починаючи з хвостової частини, тобто з натрій-катіонітних фільтрів другої ступені, тому що обладнання повинне пропустити додаткову кількість води, що йде на власні потреби фільтрів.

Для скорочення кількості встановлюваного обладнання і його уніфікації приймаються однотипні конструкції фільтрів для першої і другої ступені.

Необхідна площа фільтрування F_ϕ , м², Na-катіонітних фільтрів визначається по формулі:

$$F_\phi = \frac{Q_n}{W},$$

де W – швидкість фільтрування, м/год [5];

					02.15.ТЕ20120.КРБ.2023-ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F_{\phi} = \frac{10,6}{10} = 1,06 \text{ м}^2.$$

Число фільтрів розраховується по формулі:

$$n_{\phi} = \frac{F_{\phi}}{f},$$

де f – площа фільтрування фільтру м^2 [5].

$$n_{\phi} = \frac{1,06}{0,79} = 2 \text{ шт.}$$

Приймаємо до установки блок На-катіонітних фільтрів II ступені (для потоку додаткової живильної води II ступеня), у комплекті: фільтр На-катионітний, ФИПа1-0,7-0,6, 2 шт.

Тривалість фільтроциклу $T + t$, год розраховується по формулі:

$$T + t = \frac{f \cdot h \cdot n_{\phi} \cdot \varepsilon_p}{Ж_0 \cdot Q},$$

де T – час корисної роботи одного фільтру, год (рекомендується приймати $T = 10,5$ год);

t – тривалість регенерації, год (значення, що рекомендується $t = 1,5-2,0$ год);

n_{ϕ} – число фільтрів;

h – висота шарів іоніту у фільтрі, м;

ε_p – робоча ємність поглинання катіоніту, $\text{м} \cdot \text{екв}/\text{м}^3$, прийнята по [5] для На-катіонітних фільтрів;

					02.15.ТЕ20120.КРБ.2023-ПЗ	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\mathcal{K}_0$ – загальна жорсткість води, яка надходить на фільтри ступені, що розраховується, м·екв/м³ ;

Q – продуктивність даної групи фільтрів без обліку витрати води на власні потреби, м/год³;

$$10,5 + 1,5 = \frac{0,79 \cdot 2 \cdot 1,5 \cdot 370}{3,82 \cdot 10,6}.$$

Число регенерацій одного фільтру за добу розраховується по формулі:

$$n_p = \frac{24}{T + t} = \frac{24}{10,6} = 3 \text{ шт.}$$

Витрата води на власні потреби фільтру, м³ :

– на розпушення:

$$q_{\text{взр}} = \frac{f \cdot \omega_{\text{взр}} \cdot t_{\text{взр}} \cdot 60}{1000},$$

де $\omega_{\text{взр}}$ – інтенсивність розпушення, л/м² [5];

$t_{\text{взр}}$ – тривалість розпушення [5];

$$q_{\text{взр}} = \frac{0,79 \cdot 4 \cdot 30 \cdot 60}{1000} = 0,44 \text{ м}^3.$$

на відмивання продуктів регенерації:

$$q_{\text{отм}} = \frac{W_{\text{отм}} \cdot t_{\text{отм}} \cdot f}{60},$$

					02.15.ТЕ20120.КРБ.2023-ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $W_{отм}$ – швидкість пропуску відмивочної води, м/год [5];

$t_{отм}$ – тривалість відмивання, хв [5].

$$q_{отм} = \frac{7 \cdot 40 \cdot 0,79}{60} = 1,65 \text{ м}^3.$$

на готування регенераційного розчину:

$$q_{хим} = \frac{\varepsilon_p \cdot f \cdot h \cdot b_k}{k \cdot \rho \cdot 10000},$$

де b_k – питома витрата концентрованого реагенту для Na-катіонітного фільтру, витрата $NaCl$ [5];

k – концентрація регенераційного розчину, %;

ρ – щільність регенераційного розчину, г/мл;

$$q_{хим} = \frac{330 \cdot 0,79 \cdot 2 \cdot 120}{5 \cdot 1,01 \cdot 10000} = 1,18 \text{ м}^3.$$

Витрата води на власні потреби одного фільтру:

$$q_{сн.ф} = q_{взр} + q_{отм} + q_{хим} = 0,44 + 1,65 + 1,18 = 3,27 \text{ м}^3.$$

Добова витрата води на власні потреби:

$$q_{сн.сут} = q_{сн.ф} \cdot n_{ф} \cdot n_p = 3,27 \cdot 3 \cdot 3 = 19,62 \text{ м}^3.$$

Середньогодинна витрата води на власні потреби усіх фільтрів:

					02.15.ТЕ20120.КРБ.2023-ПЗ	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$q_{\text{сн.ч}} = \frac{q_{\text{сн.сут}}}{24} = \frac{19,62}{24} = 0,82 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Кількість води, що надходить на фільтри, з урахуванням витрати на власні потреби, м³/год:

$$Q_{\text{бр}} = Q_{\text{н}} + q_{\text{сн.ч}},$$

де $Q_{\text{н}}$ – витрата води через фільтр, м³/год, умовно приймаємо рівним

$$Q_{\text{н}} = Q_{\text{Н}};$$

$$Q_{\text{бр}} = 10,6 + 0,82 = 11,42 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Швидкість фільтрування при роботі усіх фільтрів $\omega_{\text{ф}}$:

$$\omega_{\text{ф}} = \frac{Q_{\text{БР}}}{f \cdot n_{\text{ф}}} = \frac{11,42}{0,79 \cdot 3} = 5,3 \text{ м/год.}$$

Швидкість фільтрування в період регенерації одного фільтру $\omega_{\text{ф}}''$:

$$\omega_{\text{ф}}'' = \frac{Q_{\text{БР}}}{f \cdot (n_{\text{ф}} - 1)} = \frac{11,42}{0,79 \cdot (3 - 1)} = 7,2 \text{ м/год.}$$

Натрій-катіонітові фільтри I ступеню.

Необхідна площа фільтрування $F_{\text{ф}}$ (м²) Na-катіонітних фільтрів I ступені визначається по формулі:

$$F_{\text{ф}} = \frac{Q_{\text{н}}}{W},$$

					02.15.ТЕ20120.КРБ.2023-ПЗ	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де W – швидкість фільтрування, м/год [5];

$$F_{\phi} = \frac{11,42}{10} = 1,14 \text{ м}^2.$$

Число фільтрів розраховується по формулі:

$$n_{\phi} = \frac{F_{\phi}}{f},$$

де f – площа фільтрування фільтру м^2 [5].

$$n_{\phi} = \frac{1,14}{0,28} = 5 \text{ шт.}$$

Приймаємо до установки блок На-катіонітних фільтрів I ступеню (для потоку додаткової живильної води I ступеню і гідроперевантаження) ВП-4, у комплекті: фільтр На-катіонітний ФИПа-0,7-0,6 На-2, 3 шт.

Приймаємо до установки блок На-катіонітних фільтрів I ступеню (для питої води) ВП-6, у комплекті: фільтр На-катіонітний ФИПа1-0,7-0,6 На-2, 2 шт.

Тривалість фільтроциклу $T + t$, год розраховується по формулі:

$$T + t = \frac{f \cdot h \cdot n_{\phi} \cdot \varepsilon_p}{\mathcal{J}_0 \cdot Q},$$

де T – час корисної роботи одного фільтра, год; приймається рівним $T = 22,5$ год;

t – тривалість регенерації, год (значення, що рекомендується $t = 1,5$ год);

n_{ϕ} – число фільтрів;

					02.15.ТЕ20120.КРБ.2023-ПЗ	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

h – висота шарів іоніту у фільтрі, м;

ε_p – робоча ємність поглинання катіоніту, м·екв/м³, прийнята по [5] для На-катіонітних фільтрів;

$\mathcal{K}_0$ – загальна жорсткість води, яка надходить на фільтри ступені, що розраховується, м·екв/м³;

Q – продуктивність даної групи фільтрів без обліку витрати води на власні нестатки, м³/год;

$$22,5 + 1,5 = \frac{0,28 \cdot 2,5 \cdot 5 \cdot 370}{3,82 \cdot 11,42}.$$

Число регенерацій одного фільтру за добу розраховується по формулі:

$$n_p = \frac{24}{T + t} = \frac{24}{26} = 1 \text{ шт.}$$

Витрата води на власні потреби фільтру, м³:

– на розпушення:

$$q_{\text{взр}} = \frac{f \cdot \omega_{\text{взр}} \cdot t_{\text{взр}} \cdot 60}{1000},$$

де $\omega_{\text{взр}}$ – інтенсивність розпушення, л/м² з [5];

$t_{\text{взр}}$ – тривалість розпушення [5];

$$q_{\text{взр}} = \frac{0,28 \cdot 3 \cdot 15 \cdot 60}{1000} = 0,76 \text{ м}^3.$$

на відмивання продуктів регенерації:

					02.15.ТЕ20120.КРБ.2023-ПЗ	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$q_{omm} = \frac{W_{omm} \cdot t_{omm} \cdot f}{60},$$

де W_{omm} – швидкість пропуску відмивної води, м/год [5];

t_{omm} – тривалість відмивання, хв [5].

$$q_{omm} = \frac{8 \cdot 40 \cdot 0,28}{60} = 1,49 \text{ м}^3.$$

на підготовку регенераційного розчину:

$$q_{хим} = \frac{\varepsilon_p \cdot f \cdot h \cdot b_k}{k \cdot \rho \cdot 10000},$$

де b_k – питома витрата концентрованого реагенту для Na-катіонітного фільтру витрата $NaCl$ [5];

k – концентрація регенераційного розчину, %;

ρ – щільність регенераційного розчину, г/мл;

$$q_{хим} = \frac{330 \cdot 0,28 \cdot 2 \cdot 120}{8 \cdot 1,005 \cdot 10000} = 1,18 \text{ м}^3.$$

Витрата води на власні потреби одного фільтру:

$$q_{сн.ф} = q_{взр} + q_{omm} + q_{хим} = 0,76 + 1,49 + 1,18 = 3,43 \text{ м}^3.$$

Добова витрата води на власні потреби:

$$q_{сн.сут} = q_{сн.ф} \cdot n_{ф} \cdot n_p = 3,43 \cdot 5 \cdot 1 = 17,15 \text{ м}^3.$$

					02.15.ТЕ20120.КРБ.2023-ПЗ	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Середньогодинна витрата води на власні потреби усіх фільтрів:

$$q_{\text{сн.ч}} = \frac{q_{\text{сн.сут}}}{24} = \frac{17,15}{24} = 0,72 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Кількість води, яка надходить до фільтру, з урахуванням витрати на власні потреби, м/год³:

$$Q_{\text{бр}} = Q_{\text{н}} + q_{\text{сн.ч}},$$

де $Q_{\text{н}}$ – витрата води через фільтр, м/год³, умовно приймаємо рівною $\omega_{\text{ф}}^{\cdot}$:

$$\omega_{\text{ф}}^{\cdot} = \frac{Q_{\text{БР}}}{f \cdot n_{\text{ф}}} = \frac{12,14}{0,28 \cdot 5} = 8,67 \text{ м/год.}$$

Швидкість фільтрування в період регенерації одного фільтру $\omega_{\text{ф}}^{\cdot\cdot}$:

$$\omega_{\text{ф}}^{\cdot\cdot} = \frac{Q_{\text{БР}}}{f \cdot (n_{\text{ф}} - 1)} = \frac{12,14}{0,28 \cdot (5 - 1)} = 10,8 \text{ м/год.}$$

Розрахунок освітлювального (механічного) фільтру

Попереднє очищення води здійснюється в механічних фільтрах. Необхідна площа фільтрування визначається по формулі:

$$F = \frac{Q}{W}, \text{ м}^2,$$

де Q – продуктивність фільтрів по проясненій воді без обліку витрати води на власні потреби освітлювальних фільтрів, м³/год;

					02.15.ТЕ20120.КРБ.2023-ПЗ	Арк.
						53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q = Q_{\text{бр}};$$

$Q_{\text{бр}}$ – продуктивність бруто ВПУ, рівна продуктивності бруто після включеного фільтру;

W – швидкість фільтрування при нормальному режимі роботи фільтрів, м/год³ [5];

$$F = \frac{12,14}{10} = 1,21 \text{ м}^2.$$

Число фільтрів з урахуванням даних табл. 8 [5] розраховується по формулі:

$$n_{\phi} = \frac{F_{\phi}}{f},$$

де f – площа фільтрування фільтру, м²;

$$n_{\phi} = \frac{1,21}{0,56} = 3 \text{ шт.}$$

Число фільтрів у даному випадку повинне бути не менше трьох (два одночасно працюючих).

Приймаємо до установки блок фільтрів очищення конденсату ВП 7 у комплекті: фільтр На- катіонітний, ФИПа-0,7-0,6 На-2, 3 шт.

Витрата води на власні потреби (промивання, яке розпушується) кожного фільтру, м³:

$$q_{\text{взр}} = \frac{f \cdot i \cdot t_{\text{взр}} \cdot 60}{1000},$$

де i – інтенсивність розпушення фільтру, завантаженого антрацитом

					02.15.ТЕ20120.КРБ.2023-ПЗ	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$i = 13 \div 15 \text{ л/(с}\cdot\text{м}^2\text{)};$$

$t_{\text{взр}}$ – тривалість промивання фільтру, що спушує, завантаженим антрацитом і кварцовим піском 6-7 хв.

$$q_{\text{взр}} = \frac{0,56 \cdot 13 \cdot 6 \cdot 60}{1000} = 2,62 \text{ м}^3.$$

Витрата води на відмивання освітлювальних фільтрів, м³:

$$q_{\text{отм}} = \frac{f \cdot W_{\text{отм}} \cdot t_{\text{отм}}}{60},$$

де $W_{\text{отм}}$ – швидкість спуску в дренаж першого мутного фільтру,
 $W_{\text{отм}} = 4 \text{ м/год};$

$t_{\text{отм}}$ – час відмивання, $t_{\text{отм}} = 10 \text{ хв};$

$$q_{\text{отм}} = \frac{0,56 \cdot 4 \cdot 10}{60} = 1,5 \text{ м}^3.$$

Годинна витрата води на власні нестатки усіх фільтрів, м/год³:

$$q_{\text{ч}} = \frac{(q_{\text{взр}} + q_{\text{отм}})m \cdot n}{24},$$

де m – число відмивань кожного фільтру в добу $m = 1-3$, приймаємо $m = 2$.

$$q_{\text{ч}} = \frac{(2,62 + 1,5) \cdot 2 \cdot 3}{24} = 1,08 \text{ м}^3/\text{год}.$$

					02.15.ТЕ20120.КРБ.2023-ПЗ	Арк.
						55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продуктивність освітлювальних фільтрів брутто:

$$Q_{\text{бp}} = Q + q_{\text{ч}} = 12,14 + 1,08 = 13,22 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Дійсна швидкість фільтрування:

$$W_{\text{д}} = \frac{Q_{\text{бp}}}{n \cdot f} = \frac{13,22}{3 \cdot 0,56} = 7,9 \text{ м/год.}$$

Дійсна швидкість фільтрування при відключенні одного з фільтрів на промивання:

$$W_{\text{д-1}} = \frac{Q_{\text{бp}}}{(n-1) \cdot f} = \frac{13,22}{(3-1) \cdot 0,56} = 11,4 \text{ м/год.}$$

Так як швидкість фільтрування при відключенні одного з фільтрів не більше максимально припустимої, то перерахунок не потрібно, $W_{\text{д-1}}^{\text{max}} = 12 \text{ м/год.}$

Тривалість корисної роботи фільтру T між промиваннями визначається по формулі, год:

$$G \cdot f \cdot h = \frac{G_{\text{с}} \cdot Q_{\text{бp}}}{1000 \cdot n} (T + t),$$

де G – питома грязеемкість фільтруючого матеріалу, кг/м^3 ;

h – висота шаруючи фільтруючого матеріалу, м [5];

$G_{\text{с}}$ – концентрація зважених речовин у воді, що надходить на освітлювальні фільтри, г/м^3 ; $G_{\text{с}} = 10 \text{ г/м}^3$.

t – тривалість операцій, зв'язаних із промиванням фільтру, $t = 0,5 \text{ год}$;

					02.15.ТЕ20120.КРБ.2023-ПЗ	Арк.
						56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T = \frac{G \cdot f \cdot h \cdot 1000 \cdot n}{G_{\text{с}} \cdot Q_{\text{ср}}} - t = \frac{1,5 \cdot 0,56 \cdot 1 \cdot 1000 \cdot 3}{10 \cdot 13,22} - 0,5 = 19,2 \text{ год.}$$

Добове число відмивань кожного фільтру:

$$m = \frac{24}{T + t} = \frac{24}{19,2} = 2.$$

Розраховане число відмивань збігається з раніше прийнятим значенням, розрахунок вважаємо кінченим.

Розрахунок і підбір солерозчинника

Повна витрата солі на регенерацію складе, кг:

$$M_{\text{с}} = \frac{\alpha_{\text{р}} \cdot E_{\text{РАБ}} \cdot V_{\text{КАТ}}}{1000},$$

де $\alpha_{\text{р}}$ – питома витрата солі на регенерацію, г/екв;

$E_{\text{РАБ}}$ – робоча обмінна здатність сульфовугілля, г-екв/м³;

$$E_{\text{РАБ}} = \alpha \cdot E_{\text{ПОЛ}} - 0,5 \cdot q_{\text{О}} \cdot \mathcal{K}_{\text{О}},$$

тут α – поправочний коефіцієнт; приймається 0,7;

$E_{\text{ПОЛ}}$ – повна обмінна здатність сульфовугілля, г-екв/м³;

$$E_{\text{РАБ}} = 0,87 \cdot 500 - 0,5 \cdot 5 \cdot 3,82 = 425 \text{ г-екв/м}^3;$$

$$M_{\text{с}} = \frac{200 \cdot 425 \cdot 0,78}{1000} = 66,4 \text{ кг.}$$

Необхідна площа солерозчинника, м²:

					02.15.ТЕ20120.КРБ.2023-ПЗ	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F_C = \frac{M_C}{1000 \cdot h_C},$$

де h_C – висота завантаження солі у солерозчинника (каталожні дані), м;

$$F_C = \frac{66,4}{1000 \cdot 0,8} = 0,183 \text{ м}^2;$$

Діаметр солерозчинника, м:

$$d_C = \sqrt{\frac{4 \cdot F_C}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,183}{3,14}} = 0,48 \text{ м.}$$

Приймаємо до установки солерозчинник С-0, 2-4, 8 діаметром $d = 0,48$ м,
 $V=0,2 \text{ м}^3$, 1 шт.

					02.15.ТЕ20120.КРБ.2023-ПЗ	Арк.
						58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

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

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

Індивідуальним завданням до роботи є розрахунок водопідготовчої установи для готування живильної води, що йде на обрані в роботі котли. Для цього був виконаний розрахунок катіонітного фільтру, натрій-катіонітові фільтри I ступеню, освітлювального (механічного) фільтру та підібраний солерозчинник.

					02.15.ТЕ20120.КРБ.2023-ПЗ	Арк.
						59
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. Тебеніхін, Е. Ф. Розрахунок установок для хімічного знесолення води іонами в теплоенергетиці. Методичні вказівки до дипломного проектування. [Текст] / Е. Ф. Тебеніхін М., ВЗИИТ, 1974. – 34 с.

					02.15.ТЕ20120.КРБ.2023-ПЗ	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		