

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

КАФЕДРА ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКИ ТА ГІДРОЕНЕРГЕТИКИ

Кваліфікаційна робота  
перший бакалаврський  
(рівень вищої освіти)

на тему Реконструкція промислово-опалювальної  
котельної підприємства ЦОС-1 м. Запоріжжя

Виконав: студент V курсу,  
групи ТЕ-17-1бз  
спеціальності 144 «Теплоенергетика»  
(і назва спеціальності)

освітньої програми

«Теплоенергетика»  
(код і назва освітньої програми)

спеціалізації

(код і назва спеціалізації)

М.В. Шабаль

(ініціали та прізвище)

Керівник ст. викладач С.Є. Чижов  
(посада, вчене звання, науковий ступінь, підпис, ініціали та прізвище)

Рецензент д.т.н., проф. Чейлитко А. О.  
(посада, вчене звання, науковий ступінь, підпис, ініціали та прізвище)

Запоріжжя  
2022

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра теплоенергетики та гідроенергетики  
Рівень вищої освіти перший бакалаврський  
Спеціальність 144 «Теплоенергетика»  
(код та назва)  
Освітня програма Теплоенергетика  
(код та назва)  
Спеціалізація \_\_\_\_\_  
(код та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри \_\_\_\_\_  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_\_ року

**З А В Д А Н Н Я**

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Шабалю Максиму Володимировичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи (проекту) Реконструкція промислово-опалювальної котельної підприємства ЦОС-1 м. Запоріжжя

керівник роботи ст. викладач Чижов Сергій Євгенович

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від « 17 » січня 2022 року № 91-с

1 Строк подання студентом роботи 15.05.2022 р.

2 Вихідні дані до роботи температура повітря зимового періоду – -22°C;  
витрата підживлюючої води – 1,6 м<sup>3</sup>/год.; жорсткість вихідної води – 4,2 мг-екв/л

3 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Аналіз схем і конструкцій основного і допоміжного устаткування котельні (на підставі аналізу вибрати теплову схему). Розрахунок теплової схеми котельної. Розрахунок і вибір устаткування водопідготовчої установки. Розрахунок і вибір основного да допоміжного устаткування котельної.

4 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Загальний обсяг графічного матеріалу за темою проекту 7 листів креслень формату А1

## 5 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Перший розділ	ст. викладач Чижов С.Є.	20.02.2022	10.04.2022
Другий розділ	ст. викладач Чижов С.Є.	12.04.2022	12.05.2022

6 Дата видачі завдання 15.02.2022 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка

Студент \_\_\_\_\_ М.В. Шабаль  
(підпис) (ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проекту) \_\_\_\_\_ С.Є. ЧИЖОВ  
(підпис) (ініціали та прізвище)

**Нормоконтроль пройдено**

Нормоконтролер \_\_\_\_\_ С.Є. ЧИЖОВ  
(підпис) (ініціали та прізвище)

## РЕФЕРАТ

Розрахунково-пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи на тему “Реконструкція промислово-опалювальної котельної підприємства ЦОС-1 м. Запоріжжя” містить 59 сторінок, 14 таблиць, 2 рисунки, 22 джерела посилань.

КОТЛОАГРЕГАТ, ПАЛИВО, ОПАЛЮВАННЯ, ТЕПЛООБМІННИК, НАСОС, ТЕПЛОВИЙ ОПР, БАК-АКУМУЛЯТОР, РЕЦИРКУЛЯЦІЯ, ФІЛЬТР, РЕГУЛЮВАННЯ, ДИМАР

У першому розділі кваліфікаційної роботи дана характеристика об'єкту проектування, приведені дані по теплових навантаженнях промислового майданчика підприємства та основні технічні та компоновочні рішення.

У другому розділі виконаний розрахунок теплової схеми котельної з метою визначення витрат води у вузлових точках теплової схеми при характерних режимах роботи котельної. Складений загальний матеріальний баланс по воді. Приведений розрахунок і вибір основного та допоміжного устаткування котельної.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 АНАЛІЗ ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	8
1.1 Характеристика об'єкта реконструкції.....	8
1.2 Вихідні дані.....	9
1.3 Теплові навантаження.....	9
1.4 Основні компоновочні рішення.....	10
1.5 Теплова схема котельної.....	11
1.6 Характеристика основного і допоміжного устаткування.....	12
1.6.1 Котел КСВ-2.0.....	12
1.6.2 Мережеві насоси.....	13
1.6.3 Рециркуляційні насоси.....	13
1.6.4 Водопідготовча установка.....	14
1.6.5 Деаераційно-підживлююча установка та установка гарячого водопостачання.....	14
1.6.6 Газоустаткування і газопостачання котельної.....	14
1.6.7 Димар.....	15
2 РОЗРАХУНОК І ВИБІР УСТАТКУВАННЯ КОТЕЛЬНОЇ.....	16
2.1 Розрахунок теплової схеми.....	16
2.2 Вибір допоміжного устаткування котельної.....	27
2.2.1 Мережеві насоси.....	27
2.2.2 Рециркуляційні насоси.....	27
2.3 Водопідготовча установка.....	28
2.3.1 Розрахунок і вибір устаткування водопідготовчої установки.....	28
2.3.2 Насос вихідної води.....	35
2.3.3 Підігрівач сирої води.....	36
2.3.4 Насос робочої рідини.....	40
2.3.5 Бак-мірник розчину солі.....	40
2.3.6 Резервуар мокрого зберігання солі.....	41

2.3.7 Робота Na-катіонітного фільтру.....	41
2.4 Деаераційно-підживлююча установка.....	42
2.4.1 Принцип роботи установки ВДПУ-3М.....	45
2.4.2 Розрахунок підігрівача хім.очищеної води.....	47
2.5 Установка гарячого водопостачання.....	51
ВИСНОВКИ.....	53
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	54
ДОДАТОК	

## ВСТУП

Одним з основних напрямків розвитку енергетики України, як і раніше, є централізоване виробництво теплової і електричної енергії для потреб народного господарства і соціальної сфери. На виробництво теплової енергії в даний час витрачається майже половина всього палива, що добувається.

Комплекс пристроїв, призначених для перетворень природних і штучних видів енергії в теплову, називається джерелом тепlopостачання. Для цілей тепlopостачання на найближчу перспективу матимуть практичне значення органічне і ядерне паливо, геотермальна і сонячна енергія. Велика частина тепlopостачання покривається за рахунок теплофікації від потужних теплоелектростанцій ТЕЦ. Комбіноване вироблення теплової і електричної енергії за рахунок значного зниження питомої витрати палива на виробництво є економічнішим в порівнянні з роздільним. Проте організацію тепlopостачання від ТЕЦ не завжди можливо здійснити. Промисловим об'єктом, наприклад, необхідна пара для технологічних процесів, а максимальний екологічно виправданий радіус транспортування пари дуже обмежений і складає (5...8) км. Економічні розрахунки показують, що будівництво ТЕЦ виправдане, коли тепла потужність її складає не менше 465 МВт (400 Гкал/год.). Інакше економічно вигіднішою стає схема роздільного енергопостачання споживачів: електроенергією - від теплової електростанції (ТЕС), а у вигляді пари і гарячої води - від котельних.

В умовах м. Запоріжжя основною схемою енергопостачання промислових підприємств і житлово-комунального сектора прийнята роздільна схема. Дві промислові ТЕЦ, які розташовані на Запорізькому алюмінієвому комбінаті і комбінаті «Запоріжсталь», практично забезпечують покриття опалювально-вентиляційного навантаження лише на власні потреби підприємства і можуть давати теплову енергію іншим споживачам лише в літній час.

У зв'язку з цим актуальним є забезпечення дрібних підприємств тепловою енергією власними невеликими котельнями.

У кваліфікаційній роботі представлені проектно-технологічні рішення по тепlopостачанню, вентиляції і гарячому водопостачанню існуючих будівель та побудов майданчика ЦОС-1 (центральні очисні споруди) м. Запоріжжя.

У розрахунково-пояснювальній записці розроблені технічні рішення по вибору типа котельної. Виконані розрахунки теплової схеми котельної для характерних режимів роботи в осінньо-зимовий і літній періоди. При розробці проекту використані типові рішення по компоновці устаткування.



# 1 АНАЛІЗ ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ

## 1.1 Характеристика об'єкта реконструкції

Територія ЦОС-1 знаходиться у південному районі м. Запоріжжя у нижній течії Дніпра. Центральні очисні споруди служать для очищення стоків, що надходять від населення й промислових підприємств лівобережної частини міста.

Центральні очисні споруди міста мають щільно забудовану територію, що склалася, зі своїми технологічно розмежованими зонами, гаражним господарством, підсобними й допоміжними зонами.

На майданчику ЦОС-1 є господарські зони, камери гасіння, станція дозування, пісколовки, відстійники і розподільні камери, а також котельня, призначена для забезпечення теплових навантажень опалення, вентиляції й гарячого водопостачання існуючих об'єктів.

Будівля котельної прямокутне в плані, розмірами 18x8 м.

За проектом будівля включає:

- котельний зал;
- побутові приміщення котельної;
- слюсарну;
- підсобне приміщення;
- операторську;
- димар.

Зовнішні, внутрішні стіни і перегородки цегельні. Віконні блоки - дерев'яні, дверні блоки - сталеві. Крівля - рулонна багатошарова. Підлоги: бетонні, з керамічної плитки і лінолеуму. Відмостка довкола будівлі асфальтова. Стани конструкцій задовільне, деформації немає, вивітрювання кладки не спостерігається.

Вказані конструкції знаходяться в задовільному стані і можуть бути використані для котельної. У зв'язку з тим, що на майданчику неможливо розмістити необхідне устаткування, проектом передбачена додаткова площа

для котельного залу, завширшки 9 м. У безпосередній близькості від будівлі знаходиться металевий димар. Діаметр труби 0,8 м, висота 32 м, конструкція у хорошому стані. Колишне призначення труби - відведення технологічних газів температурою до 200 °С. Представляється можливим її використання для відведення димових газів від котельної, що проектується.

## 1.2 Вихідні дані

Розрахункові параметри зовнішнього повітря прийняті:

- у теплий період – 27,1 °С (параметри А);
  - 31,2 °С (параметри Б);
- у холодний період – -22 °С;
- тривалість опалювального періоду – 174 днів;
- середній барометричний тиск – 1010 ГПа;
- середня температура найбільш холодного періоду – -8 °С;
- середня температура за опалювальний період – -0,4 °С;
- середня відносна вологість повітря:
  - у теплий період – 42 %;
  - у холодний період – 82 %.

## 1.3 Теплові навантаження

Проектована котельна призначена для тепlopостачання існуючих будівель і побудов підприємства.

Теплові навантаження по видах теплоспоживання і теплоносія наведені в таблиці 1.1.

Теплові навантаження вказані з врахуванням втрат в теплових мережах. Для покриття розрахункового теплового навантаження встановлено 3 котла КСВ-2,0 загальною продуктивністю 6 МВт (5,18 Гкал/год.).

Таблиця 1.1 - Теплові навантаження

Вид теплоспоживання	Теплоносій і його параметри	Одиниці виміру	Розрахункові витрати теплоти
Опалювання	перегріта вода 115/70 °С	МВт (Гкал/год.)	2,24 (1,93)
Вентиляція	перегріта вода 115/70 °С	МВт (Гкал/год.)	1,55 (1,33)
Гаряче водопостачання:	гаряча вода	МВт (Гкал/год.)	
- витрата середньогодинна	60 °С	МВт (Гкал/год.)	2,0 (1,72)
- витрата максимальна		МВт (Гкал/год.)	4,0 (3,45)
Технологічні потреби котельної (ВПУ-2,5 ПМ ВДПУ-3М)	перегріта вода 115/70 °С	МВт (Гкал/год.)	0,116 (0,1)
Власні потреби котельної (опалювання, вентиляція)	перегріта вода 115/70 °С	МВт (Гкал/год.)	0,111 (0,095)
Разом		МВт (Гкал/год.)	6,01 (5,18)

#### 1.4 Основні компоновочні рішення

Реконструкцією передбачається установка основного і допоміжного устаткування в існуючій частині будівлі котельні розміром 18x8 м. Котельня розширюється: в довжину на 12 м; у ширину – 9 м; у висоту – 3,960 м. У котельному залі в осях 4-6 встановлюються три котла КВС-2,0. На відкритому майданчику за будівлею котельної розташований існуючий димар діаметром – 0,8 м, заввишки – 32 м. Мережеві, рециркуляційні насоси і інше допоміжне устаткування розташовується в осях 2-4. Поза будівлею котельної розташовуються баки-акумулятори системи гарячого водопостачання, охолоджувальний колодязь продувальних вод і вихід підземної теплотраси. У котельній передбачені необхідні побутові і допоміжні приміщення для чергового персоналу котельної, які розташовані в осях 1-2.

#### 1.5 Теплова схема котельної

Тепловою схемою передбачена відпустка теплоти у вигляді:

- перегрітої води для потреб опалювання і вентиляції з температурою 115/70 °С;
- гарячої води для системи гарячого водопостачання з температурою 60 °С.

Приготування води для потреб опалювання, вентиляції і гарячого водопостачання ведеться в котлах КСВ-2,0. Циркуляція води через водогрійні котли здійснюється мережевими насосами.

Попередження корозії поверхонь нагріву котла забезпечується температурою води на вході котлів не нижче 60 °С за рахунок рециркуляції частини нагрітої води з колектора мережевої води після котлів в колектор мережевої води перед котлами. Рециркуляція забезпечується рециркуляційними

насосами. Підтримка температури води на вході в котли не нижче 60 °С здійснюється регулювальником температури.

Для підтримки постійної витрати води через котли здійснюється перепускання частини мережевої води із зворотного трубопроводу у вихідний колектор мережевої води.

Регулювальник палива залежно від температури зовнішнього повітря підтримує необхідну температуру мережевої води на виході з котельної. Регулювальник підживлення забезпечує підтримку заданого тиску в зворотній лінії мережевої води. Хім.очищена вода після блокової водозм'якшувальної установки ВПУ-2,5ПМ прямує у вакуумну деаераційну-підживлюючу установку ВДПУ-3М, хім.очищена вода підживлюючими насосами подається в трубопровід перед мережевими насосами.

Для потреб гарячого водопостачання вихідна вода через блок магнітних апаратів поступає в підігрівачі ГВП, де нагрівається до 60 °С. Потім гаряча вода подається в баки-акумулятори, звідки насосами прямує в систему гарячого водопостачання.

## 1.6 Характеристика основного і допоміжного устаткування

### 1.6.1 Котел КСВ-2,0

Сталевий водогрійний котел КСВ-2,0 призначений для отримання води з температурою 115 °С, яка використовується в системі опалювання, вентиляції та гарячого водопостачання.

Котел складається з циліндрового корпусу, передньої водоохолоджуваної кришки, задньої кришки з коробом для відведення димових газів, опорної рами, теплоізоляції і декоративного кожуха. На котлі встановлений автоматизований газовий пальник ГГС-БН-22 з вентилятором.

Необхідна витрата повітря на горіння – 2535 м<sup>3</sup>/год. Повітря в котел подається вентилятором пальника. Котел працює під наддувом.

Основні технічні характеристики котла наведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 - Технічна характеристика котла КСВ-2,0

Найменування	Одиниці виміру	Величина
Теплопродуктивність	МВт (Гкал/год.)	2 (1,72)
Робочий тиск води	МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	0,2...0,6 (2,0...6,0)
Максимальна температура води на виході з котла	°С	115
Мінімальна температура води на виході з котла	°С	60
Номінальна витрата води	м <sup>3</sup> /год.	40
Температура відходячих димових газів	°С	160
ККД котла	%	91
Витрата природного газу (при $Q_H^p=8000$ ккал/м <sup>3</sup> )	м <sup>3</sup> /год.	237
Гідравлічний опір	МПа	0,03
Тиск в топці	Па (мм вод. ст.)	600 (60)

### 1.6.2 Мережеві насоси

Мережеві насоси призначені для забезпечення циркуляції води в системі тепlopостачання і підтримки гідравлічного режиму в мережах.

### 1.6.3 Рециркуляційні насоси

Рециркуляційні насоси використовують для підтримки температури води перед котлом не нижче 60 °С.

#### 1.6.4 Водопідготовча установка

Водопідготовча установка призначена для обробки вихідної води, що йде на заповнення витоків в теплових мережах. Для котельної як вихідна вода використовується вода з питтєвого водопроводу.

Комплекс устаткування водопом'якшувальної установки забезпечує всі необхідні операції по хімічній обробці води (зм'якшування, розпушування, приготування і подачу сольового розчину, відмивання фільтрів).

#### 1.6.5 Деаераційно-підживлююча установка та установка гарячого водопостачання

Установки деаераційно-підпиточна і гарячого водопостачання призначені для приготування води, яка використовується для підживлення теплової мережі і води для потреб гарячого водопостачання.

#### 1.6.6 Газоустаткування і газопостачання котельної

Паливом для котельної є природний газ. Постачання котельної газом здійснюється від внутрішньомайданчикових мереж газопроводу з тиском 0,3 МПа, згідно [2].

Витрата газу на один котел КСВ-2,0 при номінальному навантаженні складає – 237 м<sup>3</sup>/год. Загальна витрата газу на котельну складає – 771 м<sup>3</sup>/год. Котли КСВ-2,0 обладнані автоматизованими блоковими газовими пальниками ГГС-БН-22.

Розрахунковий тиск газу перед пальниками складає 4,0 кПа (400 мм вод. ст.).

Для пониження тиску до 4,0 кПа в приміщенні котельної встановлена газорегуляторна шафова установка ШП-2 з регулювальником тиску РД-50. Реконструкцією передбачений загальний облік витрати газу на 3 котли і окремо

для кожного котла. Загальний облік витрати газу на котельню здійснюється приладами обліку, встановленими на газопроводі низького тиску безпосередньо в приміщенні котельної.

На газопроводі середнього тиску на вході в котельню і перед газорегуляторною установкою ШП-2 встановлені відключаючі засувки Ду-80. Для виміру тиску газу в газопроводі середнього тиску перед шафовою установкою встановлений манометр пружинний загального призначення з межами вимірів (0...0,25) МПа. Газопровід низького тиску виконаний з труб діаметром 159х3,5 мм. На виході з газорегулюючої шафової установки розташована засувка Ду-150. Тиск на виході з ГРП контролюється натискомером типа НМП-52.

Безпосередньо до котлів КСВ-2,0 газ підводиться від загальнокотельного газопроводу трубопроводом діаметром 108х3 мм. По ходу газу на кожному котлі встановлений ротаційний газовий лічильник РГ-100 з відключаючими засувками і байпасною лінією. Перед пристроєм пальника газопровід Ду-100 переходить на Ду-80.

Безпосередньо перед пристроєм пальника на газопроводі котла встановлений регулюючий вентиль Ду-80 і шаровий кран Ду-80. Перед вентилем є штуцер з пробковим краном Ду-15 для приєднання шланга запальника при ручному розпалі. Між вентилем і шаровим краном встановлюється штуцер з пробковим краном Ду-15 на продувальну свічку.

### 1.6.7 Димар

Для відведення димових газів від котлів і розсіювання шкідливих викидів у приземному шарі передбачається використання димаря діаметром – 0,8 м, заввишки – 32 м.

Швидкість димових газів на виході з димаря при роботі всіх котлів в розрахунковому режимі складе – 5,84 м/с.



## 2 РОЗРАХУНОК І ВИБІР УСТАТКУВАННЯ КОТЕЛЬНОЇ

### 2.1 Розрахунок теплової схеми

Метою розрахунку теплової схеми котельної є визначення витрат води у вузлових точках схеми при характерних режимах роботи котельної і складання загального матеріального балансу по воді. Розрахунком також визначається температура різних потоків води (мережевої, підживлюючої, зм'якшеної, сирої). Єдиним теплоносієм у водогрійній котельній є вода, яка використовується як для зовнішньої теплофікації, так і для технологічних потреб котельної (нагрів сирої, зм'якшеної води і води гарячого водопостачання). Розрахунок теплової схеми виконаний для температурного графіка мережевої води 115/70 °С.

Паливом для котельної визначений – природний газ.

Навантаження на опалювання і вентиляцію при різних режимах роботи котельної при розрахунку теплової схеми визначається виходячи з кліматичних даних для м. Запоріжжя:

- розрахункова максимально-зимова температура зовнішнього повітря для проектування опалювання – -22 °С;

- температура зовнішнього повітря в точці зламу температурного графіка мережевої води – 0 °С.

Тривалість опалювального періоду – 174 дні.

Теплова схема котельної наведена на рисунку 2.1.

Вихідні дані для розрахунку теплової схеми котельної представлені в таблиці 2.1. Розрахунок теплової схеми водогрійної котельної наводиться в таблиці 2.2. Розрахунок виконаний згідно [3] і [4], вибір устаткування виконаний згідно [5].

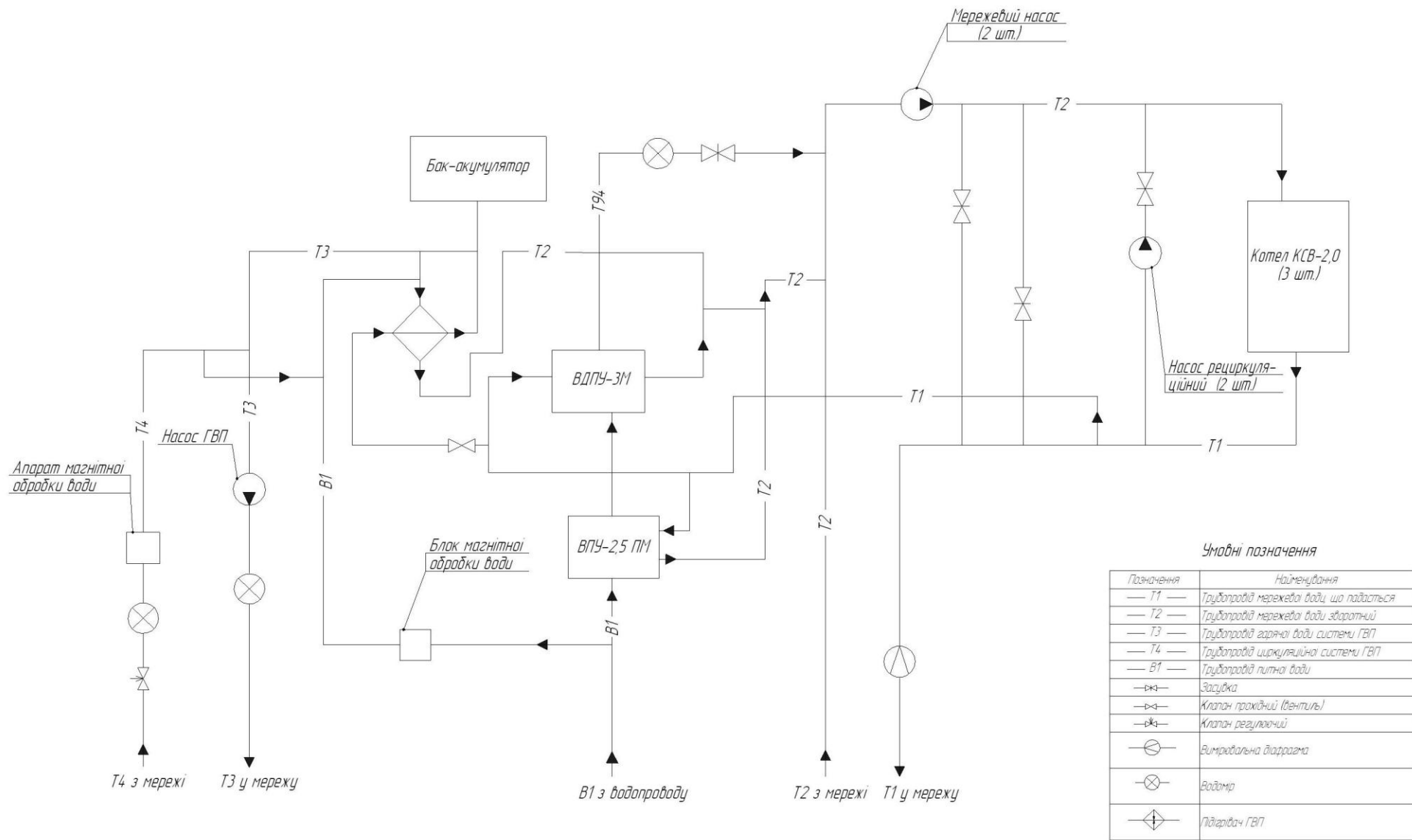


Рисунок 2.1 - Теплова схема котельної

Таблиця 2.1 - Вихідні дані для розрахунку теплової схеми водогрійної котельної

Найменування	Позначення	Одиниці виміру	Розрахункові режими			
			зимовий	при температурі зовнішнього повітря в точці зламу температурного графіка	зимовий при поточній температурі зовнішнього повітря з інтервалом 5°C	літній
1	2	3	4	5	6	7
Максимальна витрата теплоти котельної на опалювання і вентиляцію	$Q_{o.v.}$	МВт Гкал/год.	3,79 3,27	-	-	-
Середньогодинна витрата теплоти котельної на гаряче водопостачання	$Q_{г.в.}$	МВт Гкал/год.	2,0 1,72	2,0 1,72	2,0 1,72	2,0 1,72
Максимальна витрата теплоти на гаряче водопостачання споживачів	$Q_{г.в.}^{max}$	МВт Гкал/год.	4,0 3,45	4,0 3,45	4,0 3,45	4,0 3,45

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6	7
Максимальна температура мережевої води в зворотному трубопроводі	$t_2$	°C	70	-	-	-
Максимальна температура мережевої води в подаючому трубопроводі	$t_1$	°C	115	-	-	-
Температура води на входному колекторі котельної	$t_B$	°C	5	5	5	15
Температура підживлюючої води після підігрівача перед ХВО	T	°C	25	25	25	25

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6	7
Температура підживлюючої води після вакуумно-деаераційної установки	$T_3$	°C	70	60	70	70
Вид палива	Природний газ					
Питомий об'єм води в системі на 1 МВт підключеного навантаження на опалювання і вентиляцію промислових будівель	$D_{\text{сист}}$	м <sup>3</sup> /МВт т/(Гкал/год.)	30 35	30 35	30 35	30 35
Коефіцієнт зниження витоків в системі тепlopостачання	$K_{\text{ут}}$		1	1	1	1
Температура зворотної мережевої води на вході в котел	$t_{\text{BK 2}}$	°C	70	60	70	70

Таблиця 2.2 - Розрахунок теплової схеми водогрійної котельної

Найменування	Позначення	Одиниці виміру	Розрахункова формула	Макс. зим. -22 °С	При темп. в точці зламу	Зимовий при температурі, °С				Літній
						-20	-15	-10	-5	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Температура зовнішнього повітря в точці зламу температурного графіка мережевої води	$t_{3,зл}$	°С	$t_{вн}-0,46(t_{вн}-t_3^p)$	-	0	-	-	-	-	-
Коефіцієнт зниження витрати теплоти на опалювання і вентиляцію залежно від температури зовнішнього повітря	$K_{o.в.}$	-	$(t_{вн}- t_3)/( t_{вн}-t_3^p)$	1	0,45	0,95	0,825	0,7	0,575	-
Розрахункова відпустка теплоти на опалювання і вентиляцію	$Q_{o.в.}$	МВт (Гкал/год.)	$Q_{o.в.}-K_{o.в.}$	3,79 (3,26)	1,702 (1,467)	3,59 (3,097)	3,12 (2,689)	2,65 (2,282)	2,17 (1,874)	-
Значення коефіцієнту $K_{o.в.}$	$K_{o.в.}^{0,8}$	-		1	0,528	0,96	0,857	0,75	0,642	-



Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Витрата теплоти на підігрівання сирової води в теплообміннику ВПУ	$Q_{впу}$	МВт (Гкал/год.)	$G_{під.о.в} \cdot (t - t_b) \cdot 0,001$	0,034 0,03	0,034 0,03	0,034 0,03	0,034 0,03	0,034 0,03	0,034 0,03	-
Витрата теплоти на підігрівання зм'якшеної води в теплообміннику ВДПУ	$Q_{вдпу}$	МВт (Гкал/год.)	$G_{під.о.в} \cdot (t_3 - t) \cdot 0,001$	0,081 (0,07)	0,0812 (0,07)	0,0812 (0,07)	0,081 (0,07)	0,081 (0,07)	0,081 (0,07)	-
Витрата теплоти на технологічні потреби котельної	$Q_{т.н}$	МВт (Гкал/год.)	$Q_{впу} + Q_{вдпу}$	0,116 (0,1)	0,116 (0,1)	0,116 (0,1)	0,116 (0,1)	0,116 (0,1)	0,116 (0,1)	-
Сумарна відпустка теплоти на опалювання, вентиляцію, гаряче водопостачання і технологічні потреби котельної	$Q_{т}$	МВт (Гкал/год.)	$Q_{о.в} + Q_{ф.год. г.в.} + Q_{т.н}$	5,906 (5,09)	3,92 (3,38)	5,814 (5,012)	5,34 (4,6)	4,87 (4,2)	4,4 (3,79)	2,0 (1,72)





Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Кількість мережевої води на гаряче водопостачання і технологічні потреби	$G_{\text{сет.г.в.}}^{\text{т.к.}}$	кг/с (т/год.)	$Q_{\text{г.т.}} \cdot 10^3 / (t_{\text{вх1}} - t_{\text{вх2}})$	11,2 (40,4)	17,5 (63)	11,5 (41,4)	12,8 (46)	14,2 (51)	15,3 (55)	10,6 (38,2)
Кількість мережевої води на нагрів сирови в теплообміннику ВПУ	$G_{\text{ВПУ}}$	кг/с (т/год.)	$Q_{\text{ВПУ}} \cdot 10^3 / (t_{\text{вх1}} - t_{\text{вх2}})$	0,19 (0,7)	0,29 (1,03)	0,19 (0,7)	0,22 (0,8)	0,23 (0,83)	0,3 (0,9)	-
Кількість мережевої води на ВДПУ	$G_{\text{ВДПУ}}$	кг/с (т/год.)	$Q_{\text{ВДПУ}} \cdot 10^3 / (t_{\text{вх1}} - t_{\text{вх2}})$	0,42 1,5	0,67 2,4	0,44 1,6	0,5 1,8	0,54 1,94	0,58 2,1	-
Кількість мережевої води на підігрівачі гарячого водопостачання	$G_{\text{п.г.в.}}$	кг/с (т/год.)	$G_{\text{сет.г.в.}}^{\text{т.н.}}$ ( $G_{\text{ВПУ}} + G_{\text{ВДПУ}}$ )	10,6 (38,2)	16,55 (59,6)	10,86 (39,1)	12,05 (43,4)	13,39 (48,2)	14,4 (52)	-

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Кількість гарячої води, що нагрівається, для потреб гарячого водопостачання з водопроводу	$G_8$	кг/с (т/год.)	$Q_{г.в} \cdot 10^3 / (t_{г.в} - t_{в})$	8,7 (31,3)	8,7 (31,3)	8,7 (31,3)	8,7 (31,3)	8,7 (31,3)	8,7 (31,3)	10,61 (38,2)
Кількість води на підживлення і гаряче водопостачання з водопроводу	$G_9$	кг/с (т/год.)	$G_8 + G_{yt}$	9,14 (32,9)	9,14 (32,9)	9,14 (32,9)	9,14 (32,9)	9,14 (32,9)	9,14 (32,9)	10,61 (38,2)
Температура зворотної мережевої води перед мережевими насосами	$t_3$	$^{\circ}C$	$t_2 \cdot G_{сет.обр}^B + t_{вх2} \cdot G_{yt} + G_{г.в}^{т.н.} \cdot t_{вх2} / G_{сет.}$	70	53,2	69,1	65,43	62,89	59,8	-
Кількість води, що пропускається через перепускання	$G_{п}$	кг/с (т/год.)	$t_{вх1} - t_1 / t_{вх1} - t_3 \cdot G_{сет.о.в}$	0	12,86 (46,3)	1,43 (5,16)	4,5 (16,2)	7,9 (28,5)	11,6 (41,9)	-
Кількість води на рециркуляцію	$G_{р.ц}$	кг/с (т/год.)	$G_{вр} \Sigma (t_{вх1} - t_2) / (t_{вх1} - 70)$	0	9,03 (32,5)	1,6 (5,7)	3,5 (12,8)	6,6 (23,6)	8,7 (31,3)	-

## 2.2 Вибір допоміжного устаткування котельної

### 2.2.1 Мережеві насоси

Мережеві насоси призначені для забезпечення циркуляції води в системі тепlopостачання і підтримки гідравлічного режиму в мережах.

Витрата циркулюючої води в системі тепlopостачання – 106 м<sup>3</sup>/год. Необхідний наявний тиск води на виході з котельної – 25 м вод. ст. Гідравлічний опір котла –3 м вод. ст. Сумарні втрати тиску в трубопроводах котельної – 3 м вод. ст. Сумарні втрати тиску – 25+3+3=31 м вод. ст.

До установки прийнято два насоси типа К100-80-160, з наступними технічними характеристиками:

- продуктивність –  $Q=(70\dots130)$  м<sup>3</sup>/год.;
- натиск –  $H=(37\dots25)$  м вод. ст.;
- електродвигун 4АМ16052,  $N=15$  кВт,  $n=3000$  об./хв.

Один насос – робочий, другий – резервний.

### 2.2.2 Рециркуляційні насоси

Рециркуляційні насоси використовують для підтримки температури води перед котлом не нижче 60 °С. При цьому витрата води в середньозимовому режимі складе – 33 м<sup>3</sup>/год. Приймаємо до установки 2 рециркуляційні насоси типа К65-50-160 для перекачування рідини з температурою – 150 °С з наступними технічними характеристиками:

- продуктивність –  $Q=(17\dots35)$  м<sup>3</sup>/год.;
- натиск –  $H=(35\dots24)$  м вод. ст.;
- електродвигун 4АМ100L2У3;  $N=5,5$  кВт;  $n=3000$  об./хв.

Один насос – робочий, другий – резервний.

## 2.3 Водопідготовча установка

Водопідготовча установка призначена для обробки вихідної води, що йде на заповнення витоків в теплових мережах. Витрата підживлюючої води складає – 1,6 м<sup>3</sup>/год.

Для котельної як вихідна вода використовується вода з питного водопроводу. Загальна жорсткість вихідної води рівна карбонатній і складає – 4,2 мг-екв/л.

Відповідно до [6] норми якості підживлюючої води встановлені наступні:

- карбонатна жорсткість – 0,7 мг-екв/кг;
- вміст розчиненого кисню – 50 мг/кг;
- рН – 8,5;
- зважені речовини – 5 мг/кг.

Вибір системи приготування води виконаний згідно рекомендаціям [4]. У даному проекті передбачається одноступінчасте Na-катіонування води теплової мережі, що йде на підживлення.

### 2.3.1 Розрахунок і вибір устаткування водопідготовчої установки

Розрахунок і вибір водопідготовчої установки виконується згідно [3] і [7]. Жорсткість вихідної води складає – 4,2 мг-екв/л. Розрахунок Na-катіонітного фільтру починається з підбору діаметру фільтру за швидкістю фільтрування, яка визначається з формули для нормальної швидкості фільтрування, м/год.

$$W_H = \frac{Q_{Na}}{X_{Na}},$$

де  $W_H$  - нормальна швидкість фільтрування, м/год.;

$Q_{Na}$  - продуктивність Na-катіонітного фільтру м<sup>3</sup>/год.;

$X_{Na}$  - площа фільтрування Na-катіонітного фільтру (приймається по [7, таблиця 5.3]), м<sup>2</sup>

$$X_{Na} = \frac{1,6}{9} = 0,18$$

По витраті хім.очищеної води, рівній – 1,6 м<sup>3</sup>/год., і діаметру фільтру – 0,48 м вибираємо найближчу водозм'якшуючу установку ВПУ-2,5ПМ, що включає:

- Na-катіонітний фільтр діаметром – 520 мм (один – робочий, другий – резервний);
- бак-солерозчинник;
- підігрівач вихідної води;
- насос вихідної води.

Кількість солей жорсткості, що підлягають видаленню, г-екв/доб.

$$A = 24 \cdot \mathcal{J}_o \cdot Q_{na} = 24 \cdot 4,2 \cdot 1,6 = 161,28$$

Число регенерації фільтру на добу, рег./доб.

$$n = \frac{A}{X_{Na} \cdot H_{сл} \cdot E_p^{Na}},$$

де  $H_{сл}$  - висота шару катіоніту, м;

$E_p^{Na}$  - робоча змінна здатність катіоніту при Na-катіонуванні, г-екв/м<sup>3</sup>

$$n = \frac{161,28}{0,18 \cdot 1,1 \cdot 1245} = 0,65$$

При завантаженні фільтру катіонітом КВ-2, робоча змінна здатність катіоніту при Na-катіонуванні, г-екв/м<sup>3</sup>

$$E_p^{Na} = \alpha_3 \cdot E_n - 0,5 \cdot g \cdot Ж_0 ,$$

де  $\alpha_3$  - коефіцієнт ефективності регенерації (приймається по [7, таблиця 5.5]);

$E_n$  - повна змінна здатність катіоніту за заводськими даними, г-екв/м<sup>3</sup>;

$g$  - питома витрата води на відмивання катіоніту, м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup> (приймається по [7, таблиця 5.4]);

0,5 - доля зм'якшування відмивальної води.

Тоді

$$E_p^{na} = 0,74 \cdot 1700 - 0,5 \cdot 6 \cdot 4,2 = 1245$$

При завантаженні фільтру сульфовугіллям, робоча змінна здатність катіоніту при Na-катіонуванні, г-екв/кг

$$E_p^{na} = 0,74 \cdot 550 - 0,5 \cdot 4 \cdot 4,2 = 384$$

Тоді

$$n = \frac{161,28}{0,18 \cdot 1,1 \cdot 384} = 2$$

Витрата 100 % технічної солі на одну регенерацію фільтру.

При завантаженні катіонітом КВ-2, кг

$$Q_c^{na} = \frac{E_p^{na} \cdot X_{na} \cdot H_{сл} \cdot g_c}{1000},$$

де  $g_c$  - питома витрата солі на регенерацію об'ємної здатності катіоніту, г/г-екв (приймається по [7, рисунок 5.2]).

Отже

$$Q_c^{na} = \frac{1245 \cdot 0,18 \cdot 1,1 \cdot 107}{1000} = 26$$

При завантаженні фільтру сульфовугіллям, кг

$$Q_c^{na} = \frac{384 \cdot 0,18 \cdot 1,1 \cdot 107}{1000} = 8,14$$

Добова витрата технічної солі, кг

$$Q_{т.с} = \frac{Q_c^{na} \cdot n \cdot 100}{93}$$

При завантаженні катіонітом КВ-2, кг

$$Q_{т.с} = \frac{26 \cdot 0,65 \cdot 100}{93} = 18$$

При завантаженні сульфовугіллям, кг

$$Q_{т.с} = \frac{8,14 \cdot 2 \cdot 100}{93} = 18$$



Витрата технічної солі на регенерацію Na-катіонітного фільтру в місяць,  
кг

$$Q_c = Q_{T.C} \cdot 30 = 18 \cdot 30 = 540$$

Витрата води на промивання фільтру при розпушуванні, м<sup>3</sup>

$$Q_{\text{взр}} = \frac{i \cdot X_{\text{на}} \cdot 60 \cdot t_{\text{взр}}}{1000},$$

де  $Q_{\text{взр}}$  - кількість води на одне розпушуюче промивання фільтру, м<sup>3</sup>;  
 $i$  - інтенсивність промивання фільтру, л/(с·м<sup>2</sup>) (приймається по [7, таблиця 5.4]);

$t_{\text{взр}}$  - тривалість промивання (приймається по [7, таблиця 5.4]), хв.

$$Q_{\text{взр}} = \frac{3 \cdot 0,18 \cdot 60 \cdot 15}{1000} = 0,49$$

Витрата води на приготування регенеративного розчину солі, м<sup>3</sup>

$$Q_{\text{р.р.}} = \frac{Q_c^{\text{на}} \cdot 100}{1000 \cdot B \cdot \rho_{\text{р.р.}}},$$

де  $B$  - концентрація регенеративного розчину, %;

$\rho_{\text{р.р.}}$  - щільність регенеративного розчину, т/м<sup>3</sup>.

При завантаженні катіонітом КВ-2, м<sup>3</sup>

$$Q_{\text{р.р.}} = \frac{26 \cdot 100}{1000 \cdot 8 \cdot 1,056} = 0,31$$

При завантаженні сульфовугіллям, м<sup>3</sup>

$$Q_{p.p.} = \frac{8,14 \cdot 100}{1000 \cdot 8 \cdot 1,056} = 0,1$$

Витрата води на відмивання катіоніту, м<sup>3</sup>

$$Q_{от} = g_{от} \cdot X_{на} \cdot H_{сл},$$

де  $g_{от}$  - питома витрата води на відмивання катіоніту, м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup> (приймається по [7, таблиця 5.4]).

При завантаженні катіонітом КВ-2, м<sup>3</sup>

$$Q_{от} = 6 \cdot 0,18 \cdot 1,1 = 1,19$$

При завантаженні сульфовугіллям, м<sup>3</sup>

$$Q_{от} = 4 \cdot 0,18 \cdot 1,1 = 0,79$$

Витрата води на одну регенерацію Na-катіонітного фільтру без використання відмивальної води на розпушування, м<sup>3</sup>/рег.

$$Q_{с.н.} = Q_{взр} + Q_{p.p.} + Q_{от.}$$

При завантаженні катіонітом КВ-2, м<sup>3</sup>/рег.

$$Q_{с.н.} = 0,49 + 0,31 + 1,19 = 1,99$$

При завантаженні сульфовугіллям, м<sup>3</sup>/рег.

$$Q_{с.н.} = 0,49 + 0,1 + 0,79 = 1,38$$

Середньогодинна витрата води на власні потреби Na-катіонітного фільтру, м<sup>3</sup>/год.

$$Q_{с.н.}^y = \frac{Q_{с.н.} \cdot n}{24}$$

При завантаженні катіонітом КВ-2, м<sup>3</sup>/год.

$$Q_{с.н.}^y = \frac{1,99 \cdot 0,65}{24} = 0,05$$

При завантаженні сульфовугіллям, м<sup>3</sup>/год.

$$Q_{с.н.}^y = \frac{1,38 \cdot 2}{24} = 0,12$$

Міжрегенерацийний період роботи фільтру, год. (хв.)

$$T_{na} = \frac{24}{n} - t_{пер}^{na};$$

$$t_{пер}^{Na} = t_{взр} + t_{p.p.} + t_{от.};$$

$$t_{p.p.} = \frac{Q_{p.p.} \cdot 60}{\omega_{p.p.} \cdot X_{na}};$$

$$t_{от.} = \frac{Q_{от.} \cdot 60}{\omega_{от.} \cdot X_{na}},$$

де  $t_{рег}^{Na}$  - час регенерації фільтру, с;

$t_{взр}$  - час промивання фільтру при розпушуванні, с (приймаємо по [7, таблиця 5.4]);

$t_{р.р.}$  - час перепуску регенераційного розчину через фільтр, с (приймаємо по [7, таблиця 5.4]);

$Q_{р.р.}$  - кількість регенераційного розчину, м<sup>3</sup>;

$\omega_{р.р.}$  - швидкість перепуску регенераційного розчину, м/год. (приймаємо по [7, таблиця 5.4]);

$t_{от.}$  - час відмивання фільтру від продуктів регенерації, с;

$\omega_{от.}$  - швидкість відмивання, м/год. (приймаємо по [7, таблиця 5.4]).

При завантаженні фільтру катіонітом КВ-2, год. (хв.)

$$T_{na} = \frac{24}{0,65} - 1,92 = 35 ;$$

$$t_{пер}^{na} = 15 + 34 + 66 = 115 \text{ хв} = 1,92;$$

$$t_{р.р.} = \frac{0,31 \cdot 60}{3 \cdot 0,18} = 34 ;$$

$$t_{от.} = \frac{1,19 \cdot 60}{6 \cdot 0,18} = 66$$

При завантаженні сульфовугіллям, год. (хв.):

$$T_{\text{на}} = \frac{24}{2} - 1,08 = 10,92 ;$$

$$t_{\text{пер}}^{\text{на}} = 15 + 11 + 43,9 = 69,9 \text{ хв} = 1,17 ;$$

$$t_{\text{п.п.}} = \frac{0,1 \cdot 60}{3 \cdot 0,18} = 11 ;$$

$$t_{\text{от.}} = \frac{0,79 \cdot 60}{6 \cdot 0,18} = 43,9$$

### 2.3.2 Насос вихідної води

Насос вихідної води повинен забезпечувати перекачування максимальної витрати води, що поступає на водопідготовку, в кількості – 1,6 м<sup>3</sup>/год.

У комплект установки ВПУ-2,5ПМ входить насос вихідної води марки ВК-1/16 з наступними технічними характеристиками:

- продуктивність –  $Q=(1,1 \dots 3,7)$  м<sup>3</sup>/год.;
- тиск –  $H=(40 \dots 14)$  м вод. ст.;
- електродвигун АОЛ2-22-4,  $N=1,5$  кВт,  $n=1420$  об./хв.

### 2.3.3 Підігрівач сирі води

На підігрівання сирі води поступає вода, яка використовується для підживлення теплової мережі, витрата води складає – 1,6 м<sup>3</sup>/год. Температура води на вході – 5 °С, на виході – 25 °С. В якості теплоносія в підігрівачі використовується мережева вода після котла з температурою – 89 °С, яка відповідає режиму роботи в точці зламу температурного графіка. Після підігрівача мережева вода охолоджується до 60 °С. Згідно розрахунку

підбирається в комплект установки ВПУ-2,5ПМ двосекційний водо-водяний підігрівач з площею поверхні нагріву – 0,4 м<sup>2</sup> по [5].

Вихідні дані для розрахунку підігрівача приведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 - Вихідні дані для розрахунку підігрівача

Найменування	Величина
1	2
Розрахункова витрата теплоти, Вт (Гкал/год.)	$Q = 0,035 \cdot 10^6 (0,03)$
Розрахункова витрата гріючого теплоносія, т/год. (кг/с)	$G_{гр.в}^{мп} = 1,03(0,29)$
Температура гарячого теплоносія на вході, °С	$t_{мп}^1 = 89$
Температура гарячого теплоносія на виході, °С	$t_{мп}^2 = 60$
Температура нагрітої води на вході, °С	$t_1 = 5$
Температура нагрітої води на виході, °С	$t_2 = 25$
Середня температура гріючої води, °С	$t_{г.ср}^{мп} = 74$
Щільність води при $t_{г.ср}^{мп}$ , кг/м <sup>3</sup>	$\rho_{мп} = 977$
Середня температура води, що нагрівається, °С	$t_{н.ср}^{мп} = 15$
Щільність води при $t_{н.ср}^{мп}$ , кг/м <sup>3</sup>	$\rho_{нт} = 999$
Температурні множники для визначення коефіцієнта тепловіддачі для середньої температури води	$A_B^{мп} = 2911 \frac{Вт \cdot L^{0,8}}{(м^{2,6} \cdot К)}$ $A_B^{нт} = 2076 \frac{Вт \cdot L^{0,8}}{(м^{2,6} \cdot К)}$

Продовження таблиці 2.3

1	2
Швидкість води в трубах і міжтрубному просторі, м/с	$W = 1$
Трубки латунні (коефіцієнт теплопровідності стінки, Вт/(м·К))	$\lambda_{ст}=105$

Більша і менша різниця температур між грючою водою і тою, що нагрівається, визначається по формулам, °С:

$$\Delta t_m = t_{mp}^2 - t_1 ;$$

$$\Delta t_{\sigma} = t_{mp}^1 - t_2 ;$$

$$\Delta t_m = 60 - 5 = 55 ;$$

$$\Delta t_{\sigma} = 89 - 25 = 64 .$$

Температурний натиск, °С

$$\Delta t = \frac{\Delta t_{\sigma} - \Delta t_m}{\ln \frac{\Delta t_{\sigma}}{\Delta t_m}} = \frac{64 - 55}{\ln \frac{64}{55}} = 60$$

Максимальна годинна витрата води, що нагрівається, т/год. (т/с)

$$G_{н.в.}^{м.м.} = 1,6 (4,44 \cdot 10^{-4})$$

Об'ємна витрата води, що нагрівається, м<sup>3</sup>/с

$$V_{\text{н.т.}} = \frac{G_{\text{н.в.}}^{\text{м.т.}}}{\rho_{\text{м.т.}}} = \frac{4,44 \cdot 10^{-4}}{0,999} = 4,44 \cdot 10^{-4}$$

Об'ємна витрата гріючої води, м<sup>3</sup>/с

$$V_{\text{н.р.}} = \frac{G_{\text{т.р.в.}}^{\text{м.т.}}}{\rho_{\text{м.р.}}} = \frac{2,9 \cdot 10^{-4}}{0,977} = 2,9 \cdot 10^{-4}$$

Площа перетину трубок, м<sup>2</sup>

$$X_{\text{м.р.}} = \frac{V_{\text{м.р.}}}{W} = \frac{2,9 \cdot 10^{-4}}{1} = 0,00029$$

Площа перетину міжтрубного простору, м<sup>2</sup>

$$X_{\text{м.т.}} = \frac{V_{\text{м.т.}}}{W} = \frac{4,44 \cdot 10^{-4}}{1} = 0,00044$$

По [8] вибираємо водо-водяний підігрівач з наступними характеристиками:

- діаметр трубок –  $d_{\text{труб.вн.}} = 0,016$  м;
- площа перетину трубок –  $X_{\text{м.р.}} = 0,00062$  м<sup>2</sup>;
- площа перетину міжтрубного простору –  $X_{\text{м.т.}} = 0,00116$  м<sup>2</sup>;
- діаметр корпусу –  $D_{\text{вн.}} = 50$  мм = 0,05 м.

Дійсна швидкість води в трубних і міжтрубних просторах, м/с

$$W_{\text{м.р.}}^{\text{д}} = \frac{V_{\text{м.т.}}}{X_{\text{м.р.}}} = \frac{2,9 \cdot 10^{-4}}{0,00062} = 0,47 ;$$



$$W_{\text{м.т.}}^{\partial} = \frac{V_{\text{м.т.}}}{X_{\text{м.м.}}} = \frac{4,44 \cdot 10^{-4}}{0,00116} = 0,4$$

Коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої поверхні стінки трубки до води, що нагрівається, Вт/(м<sup>2</sup>·К)

$$\alpha_{\text{м.т.}} = A_5^{\text{м.м.}} \cdot \frac{W_{\text{м.т.}}^{0,8}}{d_{\text{э.м.м.}}^{0,2}} = 2076 \cdot \frac{0,4^{0,8}}{0,013^{0,2}} = 2377$$

Коефіцієнт тепловіддачі від гріючої води до стінки трубки, Вт/(м<sup>2</sup>·К)

$$\alpha_{\text{м.р.}} = A_5^{\text{м.р.}} \cdot \frac{W_{\text{м.р.}}^{0,8}}{d_{\text{вн.}}^{0,2}} = 2911 \cdot \frac{0,47^{0,8}}{0,016^{0,2}} = 3638$$

Еквівалентний діаметр для міжтрубного простору, м

$$d_{\text{э}} = \frac{4 \cdot X_{\text{мт.}}}{\pi \cdot (d_{\text{н.}} \cdot n + D_{\text{вн.}})} = \frac{4 \cdot 0,00116}{3,14 \cdot (0,016 \cdot 4 + 0,05)} = 0,013$$

Коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м<sup>2</sup>·К)

$$k = \frac{0,9}{\frac{1}{\alpha_{\text{ід.}}} + \frac{\delta_{\text{н.д.}}}{\lambda_{\text{н.д.}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{ід.}}}} = \frac{0,9}{\frac{1}{3638} + \frac{0,001}{105} + \frac{1}{2377}} = 1277$$

Площа поверхні нагріву підігрівача, м<sup>2</sup>

$$F = \frac{Q}{k \cdot \Delta t} = \frac{0,035 \cdot 10^6}{1277 \cdot 60} = 0,4$$

Довжина ходу води по трубах, м

$$L_{\text{мп.}} = l_{\text{мп.}} \cdot Z = \frac{F}{\pi \cdot d_{\text{ср.}} \cdot n} = \frac{0,4}{3,14 \cdot 0,016 \cdot 4} = 1,99$$

Число секцій, шт.

$$Z = \frac{L_{\text{мп.}}}{l_{\text{мп.}}} = \frac{2}{2} = 1$$

Опір однієї секції в трубних і міжтрубних просторах, ( $\text{м} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^6$ )

$$S_{\text{мп.}} = 1380000; S_{\text{мг.}} = 820000$$

Втрати натиску в трубах, м

$$\Delta H_{\text{тр.}} = S_{\text{мп.}} \cdot Z \cdot V_{\text{мп.}}^2 = 1380000 \cdot 1 \cdot (2,9 \cdot 10^{-4})^2 = 0,12$$

Втрати натиску в міжтрубному просторі, м

$$\Delta H_{\text{мт.}} = S_{\text{мг.}} \cdot Z \cdot V_{\text{мг.}}^2 = 820000 \cdot 1 \cdot (4,4 \cdot 10^{-4})^2 = 0,16$$

### 2.3.4 Насос робочої рідини

Для приготування розчину солі і промивання Na-катіонітного фільтру цим розчином в комплекті установки ВПУ-2,5 ПМ передбачений насос робочої рідини з наступними технічними характеристиками:

- марка – ВК-1/16;
- продуктивність –  $Q=(1,1\dots3,7) \text{ м}^3/\text{год.};$
- натиск –  $H=(40\dots14) \text{ м вод. ст.};$
- електродвигун АОЛ 2-22-4,  $N=1,5 \text{ кВт}, n=1420 \text{ об./хв.}$

### 2.3.5 Бак-мірник розчину солі

Ємність бака-мірника розчину солі повинна забезпечувати витрату насиченого розчину солі на одну регенерацію для Na-катионітного фільтру. У комплект установки ВПУ-2,5 ПМ входить бак-мірник об'ємом –  $0,24 \text{ м}^3$ .

### 2.3.6 Резервуар мокрого зберігання солі

Витрата технічної солі на регенерацію Na-катионітного фільтру в місяць складає –  $540 \text{ кг}=0,54 \text{ т}$ .

Ємність резервуару для зберігання солі при доставці її автотранспортом приймаємо рівною 30 денному запасу,  $\text{м}^3$

$$V = \frac{K_3 \cdot B}{\rho} = \frac{1,5 \cdot 0,54}{1,3} = 0,62 \text{ ,}$$

де  $K_3=1,5$  - коефіцієнт запасу ємності (згідно [6, п. 9.41]);

$B$  - витрата технічної солі в місяць, тн;

$\rho$  - щільність солі, приймаємо рівною –  $1,3 \text{ т/м}^3$ .

Для «морого» зберігання солі приймаємо залізобетонний резервуар ємністю  $1,2 \text{ м}^3$ .

### 2.3.7 Робота Na-катионітного фільтру

В процесі роботи хім.водоочищення відбувається зниження іонообмінної здатності Na-катионітних фільтрів, так як катионітна маса ущільнюється і забруднюється. Тому в процесі експлуатації фільтрів необхідно періодично виконувати операції по розпушуванню, відмиванню і регенерації фільтру.

Розпушування і очищення катионіту проводиться для запобігання злежуванню сульфовугілля і відмиванню від зважених часток, що створюють опір проходженню води через фільтр.

Розпушування фільтру робиться водою від низу до верху через вентиль протягом (10...15) хв. При розпушуванні необхідно стежити, аби з фільтру не було виносу крупних часток сульфовугілля.

Регенерацію фільтру роблять шляхом перепуску розчину солі через шар сульфовугілля від низу до верху протягом (10...15) хв.

Концентрований розчин солі готується в спеціальній ємності і подається в бак-мірник, де розбавляється водою до (7...10) % концентрації. З бака-мірника готовий розчин подається на фільтр, при цьому на фільтрі має бути підпір не менше (0,15...0,2) МПа.

Для глибшого насичення сульфовугілля катіонами Na фільтр впродовж 10 хв. повинен знаходитися у відключеному стані (операція контакт).

Після періоду контакту робиться відмивання фільтру перепуском сирої води зверху вниз. Остання прямує в дренаж. Відмивання вважається закінченим, якщо жорсткість води після фільтру менш – 200 мкг-екв/кг.

Після регенерації і відмивання фільтру він включається в роботу.

### 2.4 Деаераційно-підживлююча установка

Автоматизована деаераційно-підживлююча установка ВДПУ-3М призначена для обробки підживлюючої води в пересувних і стаціонарних водогрійних опалювальних котельнях продуктивністю до 10 МВт.

Обробка води дозволяє запобігти корозії металу на поверхнях нагріву котлів. Основні параметри і розміри установки представлені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 - Основні параметри і розміри установки ВПУ-3М

Найменування параметра	Од. виміру	Величина
1	2	3
Продуктивність	кг/с т/год.	(0,25...0,83) (0,9...3,0)
Вміст кисню у вихідній воді, не більш	мг/кг	9,0
Вміст розчинених газів в деаерованій воді, не більш: - кисню; - вільної вуглекислоти	мг/кг	50 не допускається
Жорсткість вихідної води	(мг-екв)/кг	По таблиці 2.5
Абсолютний тиск в колонці	МПа	(0,012...0,048)
Температура деаерованої води: - гріючої води, не менше; - вихідної води, не більш	°С	80 60
Надлишковий тиск: - робочої води перед ежектором; - робочої води перед елеватором; - при максимальній продуктивності, не більш	МПа	(0,2...0,25) (0,12...0,2) 0,25
Потужність встановлених двигунів	кВт	7,0
Габаритні розміри: - довжина; - ширина; - висота	мм	2000 1200 3000

Продовження таблиці 2.4

1	2	3
Маса	кг	1000
Габаритні розміри шафи управління	мм	600×330×1000

Вміст оксіетілідендифосфорної кислоти (ОЕДФ) в обробленій воді залежно від жорсткості вихідної води представлений в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 - Вміст ОЕДФ у воді

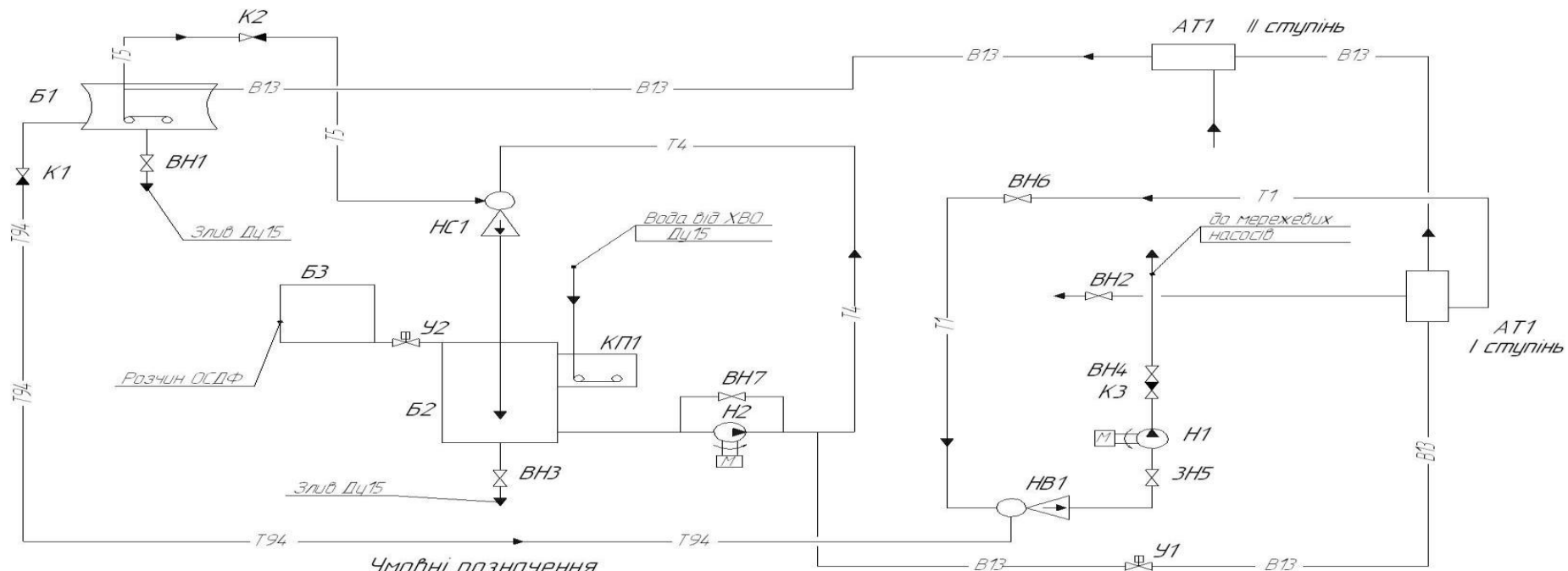
Найменування параметра	Одиниці виміру	Норма						
		3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10
Жорсткість вихідної води	(мг-екв)/кг							
Вміст ОЕДФ у воді	мг/кг	0,5	0,8	1,0	2,0	3,0	4,0	6,0

Схема водопідготовчої установки наведена на рисунку 2.2.

Установка складається з деаераційної колонки Б1, підігрівача АТ1, газодляного ежектора НС1, гідроелеватора НВ1, приймальної ємності Б2, циркуляційного Н2 і підживлюючого насоса Н1 з електродвигунами, бака розчину ОЕДФ з дозатором Б3.

У комплект постачання входить:

- установка водопідготовча автоматизована ВДПУ-3М – 1 шт.;
- шафа управління – 1 шт.;
- контрольно-вимірювальний прилад – 1 шт.;
- паспорт і інструкція з експлуатації – 1шт.



Умовні позначення

Позначення	Найменування
Б1	Деаераційна колонка
Б2	Приймальна смікість
Б3	Бак розчину
АТ1	Підігрівач
НС1	Газо-водяний ежектор
НВ1	Гідравлізатор
Н1	Підживлюючий насос
Н2	Циркуляційний насос
К1, К2	Клапани зворотні
ВН1, ВН7	Клапан прохідний (вентиль)
КП1	Поплавковий клапан
У1, У2	Електромагнітні вентилі

Позначення	Найменування
— Т1 —	Трубопровід мережевої води, що подається
— Т4 —	Трубопровід циркуляційної системи ГВП
— Т94 —	Трубопровід живильної води
— В13 —	Трубопровід хімочищеної води

Рисунок 2.2 - Схема водопідготовчої установки ВДПУ 3М

#### 2.4.1 Принцип роботи установки ВДПУ-3М

Підживлююча вода через поплавковий клапан КП1 (див. рис. 2.2) поступає в приймальну ємність Б2, потім насосом Н2 подається у водопідігрівач АТ1, де підігрівається мережевою водою. Підігріта вода поступає на деаераційну колонку Б1. Видалення розчинених газів відбувається за рахунок скипання гарячої води.

У якості гріючої води використовується пряма мережева вода, яка поступає на II ступінь підігрівача АТ1 і відводиться після проходження 3 секцій в зворотну лінію тепломережі.

У I ступені водопідігрівача АТ1 у якості гріючої використовується вода із зворотної лінії тепломережі після підживлюючого насоса Н1. Охолоджена в I секції зворотна мережева вода поступає на сопло гідроелеватора НВ1, встановленого перед всмоктуючим патрубком підживлюючого насоса Н1. При включенні насоса в гідроелеваторі створюється тиск менше, ніж тиск в деаераційній колонці Б1, внаслідок чого відбувається відкачування води з неї в тепломережу.

Заданий тиск в деаераційній колонці створюється газоводяним ежектором НС1. Вода до сопла ежектора подається циркуляційним насосом Н2. Водоповітряна суміш з ежектора поступає в приймальну ємність Б2, де газ видаляється в атмосферу, а вода знов поступає на насос. Постійний рівень води в ємності Б2 підтримується поплавковими регулювальниками рівня КП1. Для запобігання попаданню води в колонку при зупинці насосів встановлені зворотні клапани К1 і К2.

Для обробки підживлюючої води оксіетілідендифосфорної кислотою (ОЕДФ) з метою запобігання накиптворення в котлах є бак для розчину ОЕДФ-Б3. Відбір розчину ОЕДФ з бака Б3 здійснюється через електромагнітний вентиль У2.



Деаераційна колонка складається з циліндрового корпусу заввишки – 2,1 м з внутрішнім діаметром – 480 мм і кришки. У кришці колонки закріплений водорозподільник з перфорованих трубок. У корпусі колонки встановлені опорні грати, на які укладаються циліндрові насадки. Висота шару кілець – 1100 мм. Кришка і корпус колонки сполучені фланцевим роз'ємом.

Для регулювання рівня води в нижній частині деаераційної колонки розміщений поплавковий штюк. Штюк від поплавка проходить через насадку деаераційної колонки на направляючій трубі. Штюк закінчується конусною насадкою, яка входить в трубу, що подає воду у водорозподільник. При підвищенні рівня води в нижній частині деаераційної колонки поплавок піднімається, і конусна насадка перекриває перетин труби та зменшує витрату води. Люк діаметром – 350 мм в нижній частині колонки призначений для огляду і ремонту поплавкового регулювальника рівня.

Приймальна ємність складається з двох сталевих концентричних циліндрових корпусів, які у верхній частині переходять в прямокутний бак розміром 430x460 мм, плоских днищ, штуцерів для підведення, відведення і зливу робочої води ежектора. У прямокутному баку приймальної ємності розміщено 4 поплавкові клапани.

Гідроелеватор і газоводяний ежектор мають однотипну конструкцію і складаються з робочого сопла, приймальної камери, камери змішування і дифузора.

Бак розчину ОЕДФ є циліндровою ємністю діаметром – 350 мм і заввишки – 500 мм.

Автоматизована водопідготовча установка ВДПУ-3М до монтажу повинна зберігатися в приміщенні, захищеному від атмосферних опадів.

Установка, яка виведена з роботи, повинна зберігатися в приміщенні, що має температуру не менше – 5 °С.

При виведенні установки з роботи на довгий час необхідно повністю злити воду з деаераційної колонки, приймальної ємності, насосів, трубопроводу і арматури. При необхідності - роз'єднати трубопроводи, дренажі тримати

відкритими. Зробити консервацію насосів, а арматуру змастити густим мастилом.

#### 2.4.2 Розрахунок підігрівача хім.очищеної води

Розрахункова кількість хім.очищеної води, що поступає на підігрівач, відповідає кількості підживлюючої води і дорівнює – 1,6 м<sup>3</sup>/год. Вихідна вода поступає в підігрівач з температурою – 25 °С і нагрівається до 60 °С. В якості теплоносія в підігрівачі використовується мережева вода після котла з температурою – 89 °С (гірший режим настає при температурі зовнішнього повітря в точці зламу температурного графіка).

Згідно [8] в комплект установки ВДПУ-3М підбирається двосекційний водоводяний підігрівач з площею поверхні нагріву – 1,5 м<sup>2</sup>. Нижче приведений тепловий розрахунок водоводяного підігрівача.

Розрахункова витрата теплоти на підігрівання хім.очищеної води, Гкал/год. (Вт)

$$Q = 0,07 = 0,081 \cdot 10^6$$

Розрахункова витрата гріючого теплоносія, т/год. (т/с)

$$G_{гр.в}^{мп} = 2,4 = 6,67 \cdot 10^{-4}$$

Температура гарячого теплоносія на вході –  $t_{мп}^1 = 89$  °С.

Температура гарячого теплоносія на виході –  $t_{мп}^2 = 60$  °С.

Температура води, що нагрівається, на вході –  $t_1 = 25$  °С.

Температура води, що нагрівається, на виході –  $t_2 = 60$  °С.

Середня температура гріючої води –  $t_{гр.ср}^{мп} = 74$  °С.

Щільність води при  $t_{г.ср}^{мр} - \rho_{мр} = 997 \text{ кг/м}^3$ .

Середня температура води, що нагрівається –  $t_{н.ср}^{мм} = 41,5 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Щільність води при  $t_{н.ср}^{мт} - \rho_{мт} = 992 \text{ кг/м}^3$ .

Температурні множники для визначення коефіцієнта тепловіддачі для середньої температури води,  $(\text{Вт}\cdot\text{с}^{0,8})/(\text{м}^{2,6}\cdot\text{К})$

$$A_5^{мр} = 2911; \quad A_5^{мм} = 2417$$

Швидкість води в трубах і міжтрубному просторі  $W = 1 \text{ м/с}$ .

Більша і менша різниця температур між грючою водою і водою, що нагрівається,  $^\circ\text{C}$

$$\Delta t_m = t_{мр}^1 - t_2 = 89 - 60 = 29;$$

$$\Delta t_6 = t_{мр}^2 - t_1 = 60 - 25 = 35$$

Температурний натиск,  $^\circ\text{C}$

$$\Delta t = \frac{\Delta t_6 - \Delta t_m}{\ln \frac{\Delta t_6}{\Delta t_m}} = \frac{35 - 29}{\ln \frac{35}{29}} = 32$$

Максимальна годинна витрата води, що нагрівається, т/год. (т/с)

$$G_{н.в}^{мм} = 1,6 = 4,44 \cdot 10^{-4}$$

Об'ємна витрата води, що нагрівається,  $\text{м}^3/\text{с}$

$$V = \frac{G_{н.в}^{мт}}{\rho_{мт}} = \frac{4,44 \cdot 10^{-4}}{0,992} = 4,48 \cdot 10^{-4}$$

Об'ємна витрата гріючої води, м<sup>3</sup>/с

$$V = \frac{G_{\text{гр.в}}^{\text{мп}}}{\rho_{\text{мп}}} = \frac{6,67 \cdot 10^{-4}}{0,977} = 7 \cdot 10^{-4}$$

Площа перетину трубок, м<sup>2</sup>

$$F_{\text{мп}} = \frac{V_{\text{мп.}}}{W} = \frac{7 \cdot 10^{-4}}{1} = 0,0007$$

Площа перетину міжтрубного простору, м<sup>2</sup>

$$F_{\text{мт}} = \frac{V_{\text{мт.}}}{W} = \frac{4,48 \cdot 10^{-4}}{1} = 0,000448$$

З [6] вибираємо водоводяний підігрівач з наступними даними:

$$d_{\text{тр.вн}} = 0,016 \text{ м};$$

$$F_{\text{мп}} = 0,00062 \text{ м}^2;$$

$$F_{\text{мт}} = 0,00116 \text{ м}^2;$$

$$D_{\text{вн}} = 50 \text{ мм}$$

Дійсна швидкість води в трубах і міжтрубному просторі, м/с

$$W_{\text{мп}}^{\text{д}} = \frac{V_{\text{мп.}}}{F_{\text{мп}}} = \frac{7 \cdot 10^{-4}}{0,00062} = 1,13;$$

$$W_{\text{MT.}}^{\text{d}} = \frac{V_{\text{MT.}}}{F_{\text{MT.}}} = \frac{4,48 \cdot 10^{-4}}{0,00116} = 0,39$$

Коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої поверхні стінки труби до води, що нагрівається, Вт/(м<sup>2</sup>·К)

$$\alpha_{\text{MT.}} = A_5^{\text{mm}} \frac{W_{\text{MT.}}^{0,8}}{d_{\text{э.мм}}^{0,2}} = 2417 \cdot \frac{0,39^{0,8}}{0,013^{0,2}} = 2712$$

Коефіцієнт тепловіддачі від гріючої води до стінок труби, Вт/(м<sup>2</sup>·К)

$$\alpha_{\text{M.P.}} = A_5^{\text{MP}} \frac{W_{\text{MP}}^{0,8}}{d_{\text{BH}}^{0,2}} = 2911 \frac{1,13^{0,8}}{0,016^{0,2}} = 7340$$

Еквівалентний діаметр для міжтрубного простору, м

$$d_{\text{э}} = \frac{4 \cdot F_{\text{MT}}}{\pi \cdot (d_{\text{BH}} \cdot n + D_{\text{BH}})} = \frac{4 \cdot 0,00116}{3,14 \cdot (0,016 \cdot 4 + 0,05)} = 0,0013$$

Коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м<sup>2</sup>·К)

$$d_{\text{э}} = \frac{0,9}{\frac{1}{\alpha_{\text{MP}}} + \frac{\delta_{\text{cm}}}{\lambda_{\text{cm}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{MT}}}} = \frac{0,9}{\frac{1}{7340} + \frac{0,001}{105} + \frac{1}{2712}} = 1749$$

Площа поверхні нагріву підігрівача, м<sup>2</sup>

$$F = \frac{Q}{k \cdot \Delta t} = \frac{0,081 \cdot 10^6}{1749 \cdot 32} = 1,5$$

Довжина ходу води по трубах, м

$$L_{\text{мп}} = l_{\text{мп}} \cdot Z = \frac{F}{\pi \cdot d_{\text{сп}} \cdot n} = \frac{1,5}{3,14 \cdot 0,016 \cdot 4} = 7,5$$

Число секцій, шт.

$$Z = \frac{L_{\text{мп}}}{l_{\text{мп}}} = \frac{8}{4} = 2$$

Опір однієї секції трубного і міжтрубного простору,  $(\text{м}^2)/\text{м}^6$

$$S_{\text{мп}} = 1380000 ; S_{\text{мт}} = 820000$$

Втрата тиску в трубах, м вод. ст.

$$\delta H = S_{\text{мп}} \cdot Z \cdot v_{\text{мп}}^2 = 1380000 \cdot 2 \cdot (7 \cdot 10^{-4})^2 = 1,4$$

Втрата тиску в міжтрубному просторі, м вод. ст.

$$\delta \dot{H} = 820000 \cdot 2 \cdot (4,48 \cdot 10^{-4})^2 = 0,33$$

Подача підживлюючої води з приймальної ємності здійснюється підживлюючим насосом. Витрата води на підживлення складає – 1,6 м<sup>3</sup>/год. Тиск підживлюючого насоса повинен визначатися з умови підтримки в теплових мережах статичного тиску. Установка ВДПУ-3М укомплектована насосом типа ВК-2/26, з наступними технічними характеристиками:

- продуктивність – Q=(2,7...8) м<sup>3</sup>/год.;

- натиск – (60...20) м вод. ст.;
- електродвигун – АО2-41-4, N=2,8 кВт, n=1420 об/хв.

## 2.5 Установа гарячого водопостачання

Установа гарячого водопостачання призначена для приготування гарячої води на побутові потреби з температурою – 60 °С. Середня витрата води на гаряче водопостачання складає – 31,3 м<sup>3</sup>/год. Для гарячого водопостачання використовується вода з питного водопроводу. Для запобігання накипування в трубах, по яких транспортують гарячу воду, використовується магнітна обробка сирі води.

Для обробки вода проходить через 2 апарати магнітної обробки води КМ-100 продуктивністю – (11,5...45) м<sup>3</sup>/год.

Для нагріву води до 60 °С до установки приймаються 2 двосекційні водяні підігрівачі типа ТТАІР-150/2000-2, діаметр – 150 мм. Для вирівнювання добової нерівномірності вжитку гарячої води проектом передбачена установка 2 баків-акумуляторів ємністю – 80 м<sup>3</sup> кожен. До споживача гаряча вода подається насосами типа К-65-50-160 (які входять в комплект ВДПУ-3М) з наступною технічною характеристикою:

- продуктивність – Q=(17...35) м<sup>3</sup>/год.;
- натиск – Н=(35...24) м вод. ст.;
- електродвигун 4АМ100L2 У3, N=5,5 кВт, n=3000 об/хв.

## ВИСНОВКИ

В даній кваліфікаційній роботі передбачається будівництво котельної тепловою потужністю 6 МВт з трьома водогрійними котлами типа КСВ-2,0 замість існуючої. Реконструйована котельна призначена для тепlopостачання існуючих будівель підприємства. Паливом для котельної визначений природний газ.

По надійності відпустки теплоти споживачам котельна відноситься до II категорії.

У першому розділі кваліфікаційної роботи розкриті основні характеристики об'єкту проектування.

У другому розділі виконаний розрахунок теплової схеми, метою якого є визначення витрат води для окремих вузлів при характерних режимах роботи котельної і складання загального балансу по воді, а також проведений розрахунок і вибір допоміжного устаткування.

Розроблений проект реконструкції відповідає сучасним вимогам енергозбереження і захисту довкілля.



## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Бузников Є. Ф. та ін. Виробничі і опалювальні котельні. - М.: Енергоатоміздат, 1984. 248 с.
2. Дубовик В. С., Бродский Л. М. Экономия топливно-энергетических ресурсов жилищно-коммунальными предприятиями. - Киев : Будівельник, 2001. 518 с.
3. Соколов Е. Я. Теплофикация и тепловые сети. Учебник для вузов, 5-е изд. перераб. - М. : Энергоиздат, 1982. 360 с.
4. Вукалович М. П., Ривкин С. Л., Александров А. А. Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара. - М.: издат. стандартов, 1969.
5. СНіП II 35-06. Котельні установки.
6. Юренов В. Н., Лебедев П. Д. Теплотехнічний довідник В 2-х томах, Том 2. Видання перероблене - К. : Енергія, 2006.
7. Правила пристрою і безпеки експлуатації парових котлів з тиском пари не більше 0,07 МПа (0,7 кгс/см<sup>2</sup>), водогрейнних котлів і водонагрівачів з температурою нагріву води не вище 1150 °С.
8. Ліфілец О. В. Довідник по водопідготовці котельних установок. - М. : Енергія, 2006. 288 с.
9. Справочник проектировщика. / Под ред. А. Н. Николаева. - М. : Энергия, 1980.
10. Щеголев М. М., Гусев Ю. П., Иванова М. С. Котельные установки. - М. : Стройиздат, 1972. 384 с.
11. СНіП II 35-06. Котельні установки.
12. СНіП 2.01.01-02. Будівельна кліматологія і геофізика.
13. СНіП 2.04.08-07. Газопостачання.
14. ДСТУ 34-588-08.
15. ТУ 21-26.3-112-01. Технічні умови.
16. Б00.033.04.04.00.000. Комплект конструкторської документації.

17. Промислові прилади і засоби автоматизації. / Під ред. Черенкова В. В. - Л : Машинобудування, 1987. 496 с.
18. Кисельов Н. А. Котельні установки. - М. : Вища школа, 1975. 277 с.
19. Тіхоміров К. В. Теплотехніка, теплопостачання і вентиляція. - Х. : Стройиздат, 2014. 314 с.
20. Богун В. А., Корнеев Ф. Г. Особенности проектирования тепловых пунктов. Промышленное строительство и инженерные сооружения, 2006, № 1, с 36-37.
21. Рекомендации по расчету и выбору основного и вспомогательного оборудования котельных установок. ч. 1. Рекомендации по расчету тепловых схем котельных с паровыми котлами ДКВР. - К. : Сантехпроект, 1970, с. 74.
22. СНіП II-33-05 Норми проектування. Опалювання, вентиляція і кондиціонування повітря - К. : Будіздат, 2006.

## ДОДАТОК

## Специфікація котла КСВ-2.0

Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	При- мітка					
1		Котел сталевий водогрійний автоматизований Q=2 МВт (1,72 Гкал/год. КСВ-2,0"ВК-21"-М2 з пальником, газовим блокуванням Q=2,2 МВт, ГГС-БН-2,2	3						
2		Бак-акумулятор ГВП V=80 м <sup>3</sup>	2						
3		Насос мережевої води Q=110 м <sup>3</sup> /год, Н=32 м вод. ст. з електродвигуном N=15 кВт, n=3000 об./хв. К100-80-160	2						
4		Насос рециркуляційний Q=35 м <sup>3</sup> /год, Н=32 м вод. ст. з електродвигуном N=5,5 кВт, n=3000 об./хв. К65-50-160	2						
5		Установка водопом'якшуюча ВПУ-2,5 ПМ із електронасосом G=0,69 кг/с	1						
6		Вакуумна деаераційно-підживлююча установка ВДПУ-3М G=0,83 кг/с	1						
7		Насос мережевий лінійний Q=35 м <sup>3</sup> /год., Н=32 м вод. ст. з електродвигуном N=5,5 кВт, n=3000 об./хв. К65-50-160	2						
8		Насос гарячого водопостачання Q=35 м <sup>3</sup> /год., Н=32 м вод. ст. з електро-двигуном N=5,5 кВт, n=3000 об./хв. К65-50-160	2						
9		Підігрівач гарячого водопостачання ТТАІР 150/2000-2 d=150 мм, L=2000 мм (2 секції)	2						
10		Апарат протинакипної обробки води Q=45 м <sup>3</sup> /год. КМ-100	2						
11		Підігрівач сирої води S <sub>наг</sub> =0,4 м <sup>2</sup> , d=50 мм (2 секції)	1						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	ІННІ ТГЕ КРБ 042. 054 01 01. 001				
Розроб.	Шабаль				Реконструкція промислово-опалювальної котельної підприємства ЦОС-1 м. Запоріжжя		Літ.	Маса	Мас шт.
Перев.	Чижов						Д		
Н. конт	Чижов						ЗНУ		
Затв.	Чейлитко						ТЕ-17-16з		