

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ  
ім. Ю.М. ПОТЕБНИ

Кафедра теплоенергетики та гідроенергетики

(повна назва кафедри)

**Кваліфікаційна робота/проект**

рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

на тему «Проект джерела теплопостачання житлового району у м. Мерефа»

Виконав: студент (ка) 5 курсу, групи ТЕ-17-1бз

Спеціальності 144 «Теплоенергетика»

(назва)

Освітньої програми «Теплоенергетика»

(назва)

спеціалізації \_\_\_\_\_

(код і назва спеціалізації)

Караванський Д.І.

(ініціали та прізвище)

Керівник доцент, к.т.н. Белоконь К.В.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент д.т.н., проф. Чейлитко А.О.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

м. Запоріжжя

2022

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ  
ім. Ю.М. ПОТЕБНІ**

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТГЕ  
\_\_\_\_\_ А.О. Чейлитко

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2022 року

**З А В Д А Н Н Я**

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ/ПРОЕКТ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Караванський Денис Ігорович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи (проєкту) «Проект джерела тепlopостачання житлового району у м. Мерефа»

керівник роботи Белоконь Каріна Володимирівна, канд. техн.наук, доцент

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від “17” 01 2022 року № 91-с \_\_\_\_\_

2. Строк подання студентом 30.05.2022

3. Вихідні дані до роботи паропродуктивність котла – 10 т/год; тиск пари в барабані – 1,4 МПа; температура насиченого пару – 194 °С; безперервна продувка – 10 %; паливо – вугілля-100 %; низка теплота згорання палива при нормальних умовах (t=0 °С, P=760 мм рт. ст. – 5458 ккал/кг); температура живильної води – 104 °С; температура повітря на вході в повітропідігрівач – 70 °С.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) вступ, основні проєктні рішення, проєкт котельні центральної збагачувальної фабрики, висновки, список використаних джерел

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) 9 слайдів: титульний лист, теплова схема, схема ХВО, загальний вид котла KE-10-14, результати розрахунку газового тракту котла, результати розрахунку пароводяного тракту, результати розрахунку повітряного тракту, розміщення обладнання, висновки.

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	доцент Белоконь К.В.		
2	доцент Белоконь К.В.		

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Збір матеріалу		
2	Аналіз зібраного матеріалу		
3	Виконання 1 розділу		
4	Виконання 2 розділу		
5	Розробка презентації		
6	Перевірка роботи консультантами		
7	Попередній захист роботи		
8	Захист роботи у ЕК		

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Караванський Д.І.  
(ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проекту) \_\_\_\_\_  
(підпис)

Белоконь К.В.  
(ініціали та прізвище)

## Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер \_\_\_\_\_  
(підпис)

С.Є. Чижов  
(ініціали та прізвище)

## РЕФЕРАТ

Розрахунково-пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи на тему «Проект джерела тепlopостачання житлового району у м. Мерефа» містить 66 сторінки, 12 таблиць, 20 джерел посилань.

Тепlopостачання, деаераційно-живильна установка, хімічне водоочищення, котельня, пожежна безпека, теплова схема, резервне джерело водопостачання, нижча теплота згоряння

У кваліфікаційній роботі виконано розрахунок та дані рекомендації по підборі обладнання для можливості роботи ХВО з шахтною водою в якості основної вихідної води. Запропоновано для котельні використовувати існуюче приміщення загальним розміром 30×21,5 метрів та висотою 10,2 м, також було запропоновано встановлення двох котлів КЕ-10/14 на існуючі фундаменти топок. Проведений тепловий розрахунок котла. За результатами теплового розрахунку роботи котла на вугіллі марки «Г», з нижчою теплотою згоряння 5458 ккал/кг витрата палива на опалення складає 1356,7 кг/год. При цьому найбільші втрати тепла є втрати з вихідними газами, які складають 10,233 %. Були проведені розрахунки для роботи ХВО з питною водою, та надані рекомендації для підбору обладнання ХВО для якісної роботи та досягнення потрібних норм ХО води. Була визнана можливість роботи проектного обладнання на резервному джерелі водопостачання (шахтною водою).

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	7
ВСТУП.....	8
1. ОСНОВНІ ПРОЕКТНІ РІШЕННЯ .....	10
1.1 Характеристика центральної збагачувальної фабрики.....	10
1.2 Основи для будівництва котельні.....	11
1.2.1 Існуюче положення .....	11
1.2.2 Характеристика топкового відділення та сушильної установки ..	12
1.3 Загальні технічні рішення проектування котельної.....	14
1.3.1 Технічна характеристика модернізованого котла KE 10/14 та допоміжного обладнання.....	15
1.3.2 Опалення .....	25
1.3.3 Вентиляція .....	27
1.3.4 Холодне водопостачання.....	28
1.3.5 Гаряче водопостачання.....	29
1.3.6 Архітектурно-будівельна частина .....	29
1.3.7 Електротехнічна частина .....	31
1.3.8 Організаційна структура .....	32
1.4 Охорона праці та техніка безпеки.....	33
1.5 Пожежна безпека.....	34
2. ПРОЕКТ КОТЕЛЬНОЇ ЦЕНТРАЛЬНОЇ ЗБАГАЧУВАЛЬНОЇ ФАБРИКИ	36
2.1 Теплова схема.....	36
2.2 Тепловий розрахунок котла.....	37
2.3 Розрахунок ХВО.....	42
2.4 Розрахунок ХВО котельні за умов вихідної води з міського водоканалу.....	43
2.5 Розрахунок ХВО котельні за умов вихідної зі ставка-мулонакопичувача .....	50
2.6 Характеристика проектного обладнання.....	60

2.7 Підбір обладнання для роботи ХВО на шахтній воді.....	61
ВИСНОВКИ.....	63
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	65

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АВР – автоматичне включення резерву

АПК – адміністративно-побутовий комбінат

ВТК – відділ технічного контролю

ДЖУ – деаераційно-живильна установка

ДУ – умовний діаметр

КВП та А – контрольно-вимірювальні прилади та автоматика

ТОВ – товариство з обмеженою відповідальністю

ХВО – хімічне водоочищення

ХСК – хімічне споживання кисню

ЦЗФ – центральна збагачувальна фабрика

## ВСТУП

До теперішнього часу єдиним джерелом теплопостачання житлового району була котельня шахти. Після закриття шахти все обладнання котельні було вивезене, а будівля зруйнована, житлові райони та виробничі приміщення залишились без теплопостачання. Для опалення виробничих приміщень використовували електричні калорифери, чого було недостатньо. Виникла необхідність будівництва власної котельні.

Раніше на фабриці існувало сушильне відділення, для сушки концентрату – зниження вологості мілкового концентрату та крупнозернового шламу до норми в трубах-сушарках за рахунок підведення тепла конвекційним шляхом, тобто омивання вугілля сушильним агентом – димовими газами від спалювання твердого палива. Кожна сушильна установка складається з сушильного апарату, топки, системи пиловловлювання, тягодуттєвого обладнання, живильників вугілля та сушонки, бункерів вугілля, бункера палива, системи КВП та А.

З часом робота сушильного відділення була припинена, через його нерентабельність.

Проект котельні ТОВ ЦЗФ «Селидівської» розроблений з мінімально можливими витратами. Завдання полягало в максимальному використанні існуючого обладнання, яке залишилось з часів роботи сушильного відділення.

Так як будівництво котельні планується на території підприємства вуглезбагачення, робота котельні планується на збагаченому вугіллі марки «Г» фракції (0...100) мм.

В результаті руйнувань та знеструмлення водонапірних систем, подача води припинялася від кількох днів до кількох місяців. У зв'язку з великою вартістю питної води з міського водопроводу, робота котельні планується з використанням шахтної води в якості резервного джерела водопостачання, з відстійника вод шахти, яку використовує ЦЗФ для процесів збагачення, та



для протипожежного водопостачання. В роботі визначена можливість роботи ХВО з питною водою з міського водопроводу.

Також виконано розрахунок та дані рекомендації по підбору обладнання для можливості роботи ХВО з шахтною водою в якості основної вихідної води.

## 1 ОСНОВНІ ПРОЕКТНІ РІШЕННЯ

### 1.1 Характеристика центральної збагачувальної фабрики

ЦЗФ є підприємство вуглезбагачення. Підприємство введено в експлуатацію в грудні 1961 року.

Основним видом діяльності підприємства є збагачення вугільної сировини, рядового вугілля марки «Г», «ДГ» для отримання вугільного концентрату: енергетичного та коксівного.

Згідно існуючої схеми основними технологічними операціями на ЦЗФ є:

- попередня підготовка рядового вугілля до збагачення;
- підготовка машинних класів вугілля мокрим способом;
- збагачення крупного вугілля машинного класу фракції (25...100) мм методом важкосередовищної сепарації;
- збагачення дрібного вугілля машинного класу фракції (0...25) мм методом відсадки;
- обробка вугілля фракції (0...1) мм за допомогою гідроциклонів різних діаметрів з виділенням крупнозернистого шламу в якості присадки до дрібного концентрату;
- збагачення вугілля фракції (0...0,5) мм методом флотації.

Підприємство має у своєму складі наступні підрозділи:

- цех основного виробництва;
- електроцех;
- мехцех;
- ВТК;
- хімічна лабораторія;
- ділянка погрузки;
- строй цех;
- АПК;

- породній відвал;
- ставок-мулонакопичувач.

Проектна потужність 1200 тис.тонн, встановлена потужність 2000 тис. тонн.

## **1.2 Основи для будівництва котельні**

Проект виконано згідно:

- технічного завдання;
- містобудівного обґрунтування;
- технічним вимогам щодо енергозбереження та енергоефективності для розробки проектної документації на будівництво, реконструкцію та розширення об'єктів;
- технічним умовам на розробку проектної документації на переобладнання існуючої будівлі топкового відділення під розміщення котельні на твердому паливі ЦЗФ;
- санітарно-гігієнічними умовами при переобладнанні будівлі, виданим міською санітарно-епідеміологічною станцією м. Мерефа;
- технічними умовами на приєднання котельні до централізованих систем водопостачання та водовідведення міста Мерефа.

### **1.2.1 Існуюче положення**

До теперішнього часу єдиним джерелом пари ЦЗФ м. Мерефа була котельня шахти.

У зв'язку із закриттям шахти фабрика залишилась без паропостачання. Так як всі процеси вуглезбагачення відбуваються переважно у воді, робота фабрики була дуже ускладнена в зимовий період. Виникла необхідність будівництва власної котельні.

Для зменшення затрат при будівництві нової котельні було прийняте рішення розмістити її в існуючій будівлі топкової та приміщенні відділення сушки, яка займала частину головного корпусу фабрики. Також буде використана частина обладнання сушильної установки.

### 1.2.2 Характеристика топкового відділення та сушильної установки

У будівлі топкової встановлено 4 сушильні печі, працюючі на твердому паливі. В якості топкового пристрою використовується цепна решітка типу БЦР-М прямого ходу. Кожна піч обладнана бункерами запасу палива. До бункерів паливо подається від загальної галереї. Золовидалення із-під решітки організовано централізовано за допомогою цепного конвеєра, розміщеного під топковою. Зола та незгоріле паливо транспортером завантажують на авто та відвозять на відвал.

Подача повітря на горіння організована індивідуальними вентиляторами на кожну піч.

Відведення димових газів здійснюється по газоходам прокладеним всередині головного корпусу. Димові гази послідовно проходять попереднє очищення в батарейних циклонах та димососами відводиться в існуючі металеві димові труби, встановлені на даху будівлі головного корпусу. Висота димових труб складає 45 м (9 м від козирка даху будівлі головного корпусу) Діаметр труб складає Ду 1300 мм. Існуючі димові труби після ремонту придатні до експлуатації.

Технічна характеристика обладнання сушильної установки, яке буде використано при будівництві котельні представлена в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика обладнання сушильної установки

Найменування	Позначення одиниці	Значення
<b>Топковий пристрій</b>		
Тип колосникової решітки	-	БЦР-М
Габарити решітки	мм	6500×2000
Об'єм топки	м <sup>3</sup>	65
Площа дзеркала горіння	м <sup>2</sup>	9,6
Розрахункова видима тепло напруга дзеркала горіння	ккал/(м <sup>2</sup> ·год)	1300
Тип редуктора	-	ТР-1
<b>Пилоловлювач</b>		
Тип	-	БЦ-5×7
Габарити	м	4,2×1,96
Кількість циклонних елементів	шт.	35
Опір	мм вод.ст.	60
Продуктивність	м <sup>3</sup> /год	75000
<b>Димосос</b>		
Тип	-	Д-15,5
Продуктивність при t=100°С	м <sup>3</sup> /год	85000
Повний натиск	кгс/м <sup>2</sup>	415
Частота обертання	об/хв	1000
<b>Дуттьовий вентилятор</b>		
Тип	-	ВД-12
Продуктивність при t=20°С	м <sup>3</sup> /год	28000
Повний натиск	кгс/м <sup>2</sup>	220
Частота обертання	об/хв	750

### 1.3 Загальні технічні рішення проектування котельної

Для забезпечення споживачів паром для опалення здійснюється переобладнання топкової під котельню з двома паровими котлами КЕ 10/14.

Проект виконано згідно технічного завдання.

Проектом передбачається будівництво наступних основних об'єктів:

- установка двох модернізованих котлів КЕ 10/14, працюючих на твердому паливі в існуючій будівлі топкової;
- установка водяного економайзера;
- установка повітропідігрівача;
- відновлення повітропроводів – подачі повітря на горіння;
- відновлення газоходів відведення газів від котла в димову трубу;
- відновлення газоочищення димових газів за котлами;
- хімводоочищення (ХВО) та деаераційно-живильна установка (ДЖУ) для підготовки води для живлення котлів.

Проектом передбачається установка двох модернізованих котлів КЕ 10/14 з параметрами:

- номінальна паропроductивність – 10 т/год;
- тиск пара – 1,3 МПа;
- температура насиченого пара – 194 °С.

В якості палива для котлів використовується кам'яне вугілля марки Г фракції (0...100) мм.

Сумарна паропроductивність котельні 20 т/год.

В якості топкового пристрою парових котлів передбачається використання існуючої решітки типу БЦР-М прямого ходу печей № 1 та №2.

Існуючі печі демонтуються, а на їх місце встановлюються котли.

Існуючі топки БЦР-М 1960 р. виготовлення мають розміри не відповідні розмірам типового котла КЕ-10/14 (у два рази довше). Враховуючи добрий експлуатаційний стан, велику вартість такого обладнання, витрати та великий обсяг робіт при зміні топки, був виконаний

нестандартний проект, який зв'язав типовий котел КЕ-10/14 та топку БЦР-М 2×6,5 за допомогою проміжного несучого каркасу котла (портал котла), використавши всю робочу поверхню, модифікував фронтний та задній екрани котла.

Система подачі повітря на горіння під решітку реконструюється з встановленням повітропідігрівача для підігріву повітря до 183 °С.

Система газоходів та золовидалення використовується існуюча з частковою реконструкцією з урахуванням зменшення об'ємів димових газів.

Спільно з котлами проектом передбачається встановлення наступного обладнання:

- хімводоочищення;
- деаераційно – живильної установки.

Обладнання ХВО та ДЖУ встановлюють в існуючій будівлі топкової головного корпусу.

#### 1.3.4 Технічна характеристика модернізованого котла КЕ 10/14 та допоміжного обладнання

Для забезпечення паром системи опалення виробничих приміщень ЦЗФ передбачено будівництво двох парових котлів типу КЕ 10/14.

Номінальна паропроductивність котла 10 т/год.

Паровий котел КЕ–10/14 вертикально-водотрубний двохбарабанний з природною циркуляцією з водяним економайзером та повітропідігрівачем. Котел призначений для вироблення пара тиском 1,4 МПа, температурою 194 °С.

Котел виконаний за конструктивною схемою «Г». По ходу газів послідовно розташовані: топкова камера, випарний пакет, водяний економайзер та повітропідігрівач.

Модернізація котла полягає у зміні циркуляційної схеми котла для забезпечення його роботи з живильною водою з високим солемістом та

винесенні сепараційних пристроїв з барабану котла, а також встановлення реконструйованих фронтального та заднього екранів. Сепарація пара здійснюється в чотирьох винесених циклонах. Подача живильної води також підведена до чотирьох винесених циклонів.

Система екранна складається з фронтального, заднього та двох бічних екранів. Екрани виконані з труб діаметром  $51 \times 2,5$  мм з кроком 110 мм. Труби фронтального та заднього екранів замкнуті верхнім барабаном та нижніми колекторами діаметром  $219 \times 8$  мм.

Бокові екрани виконані з труб діаметром  $51 \times 2,5$  мм з кроком 55 мм. Труби бічних екранів замкнуті в нижній частині колекторами діаметром  $219 \times 8$  мм, а у верхній – верхнім барабаном.

Система трубна складається з двох барабанів (верхній та нижній), конвекційного пучка.

Котельний пучок загальною площею поверхні нагріву  $130,2 \text{ м}^2$  виконаний з труб діаметром  $51 \times 2,5$  мм. Розміщення труб коридорне. Труби котельного пучка замкнуті верхнім та нижнім барабаном котла. Кріплення труб до барабану – вальцівка.

Барабани котла виготовлені зі сталі 16 ГС та мають внутрішній діаметр 1000 мм при товщині стінки 13 мм.

Для огляду барабанів та розміщених в них пристроїв на задніх та передніх днищах верхнього барабану є лази, а також лаз на задньому днищі нижнього барабану.

Котел працює за одноступеневою схемою випаровування. Сепарація пара здійснюється у чотирьох двоступневих винесених циклонах діаметром  $325 \times 10$  мм. Живлення винесених циклонів здійснюється з верхнього барабану, який є зрівняльною ємністю. Насичений пар від винесених циклонів поступає у збірний колектор а потім у фабричний паропровід.

Цепна решітка являє собою нескінченне колосникове полотно, яке рухається разом з лежачим на ньому паливом. Подача палива на решітку здійснюється з бункера по течці. Шар вугілля регулюється за допомогою



шибера шару з водяним охолодженням. Переміщуючись разом з решіткою, паливо поступово проходить усі стадії процесу горіння, починаючи з підігріву та закінчує утворенням шлаку. Досягнувши кінця решітки, шлак скидається у бункер. Таким чином, в топках з цепними решітками досягається механізація подачі палива, переміщення його та видалення шлаку. Решітка має охолоджуючі панелі, які не включені до циркуляції котла. В рух решітку приводить електродвигун з редуктором. Швидкість решітки регулюється за допомогою інвертора, за рахунок зміни частоти обертів двигуна.

Портал котла сприймає навантаження від елементів котла, працюючих під тиском, котлової води, ізоляції, обмурівки та площадок обслуговування.

Площадки та сходи котла розміщуються в тих місцях, де необхідно забезпечити постійний або тимчасовий доступ до пристроїв котла.

Котел комплектується двома пружинними запобіжними клапанами. Клапани встановлені на вихідному колекторі насиченого пара.

На котлі передбачені водомірні прилади прямої дії, які приєднуються до труб, що йдуть від парового та водяного об'ємів верхнього барабану, та водомірних приладів винесених циклонів.

Котел обладнаний наступними місцевими приладами для контролю наступних параметрів:

- тиск живильної води перед вузлом живлення;
- тиск живильної води після вузла живлення;
- тиск живильної води після водяного економайзера;
- тиск в барабані котла;
- тиск насиченого пара у вихідному колекторі;
- тиск повітря після вентилятора;
- тиск повітря після повітрянагрівача;
- тиск повітря у зоні дуття;
- розрідження у топці;
- розрідження після економайзера;

- розрідження після повітропідігрівача;
- розрідження перед батарейним циклоном;
- розрідження перед димососом;
- температура насиченого пара;
- температура живильної води перед економайзером;
- температура живильної води після економайзера;
- температура повітря перед повітропідігрівачем;
- температура повітря після повітропідігрівача;
- температура насиченого пара.

На щіті управління котла встановленні прилади для контролю наступних параметрів:

- тиск в барабані котла;
- тиск живильної води перед вузлом живлення;
- тиск повітря після вентилятора;
- розрідження в топці;
- температура насиченого пара;
- температура живильної води перед економайзером;
- температура живильної води після економайзера;
- температура димових газів до економайзера;
- температура димових газів після економайзера;
- температура димових газів перед димососом;
- витрата живильної води на котел;
- витрата води на безперервну продувку;
- витрата насиченого пара;
- витрата повітря;
- рівень води в барабані.

Системи автоматичного регулювання:

- регулятор рівня води в барабані;
- регулятор розрідження;
- регулятор співвідношення «паливо-повітря»;

- регулятор теплового навантаження.

Технологічні блокування:

- передбачена заборона пуску дуттвового вентилятора та димососу при відкритих направляючих апаратах;
- передбачена заборона пуску вентилятора при вимкненому димососі;
- передбачена зупинка вентилятора при вимкненні димососа;
- усі насосні групи обладнані автоматичним включенням резервного при зупинці робочого.

Попереджуюча сигналізація (світова та звукова) призначена для попередження обслуговуючого персоналу про відхилення окремих параметрів роботи котла від номінальних значень, та прийняття мір по їх відновленню.

Передбачена сигналізація для наступних параметрів:

- рівень води в барабані більш ніж +70мм;
- рівень води в барабані менше ніж – 70мм;

Аварійна сигналізація (світова та звукова) вмикається при відхиленні до аварійних значень наступних параметрів:

- тиск в барабані котла;
- рівень води в барабані котла;
- тиск повітря перед котлом;
- розрідження в топці;
- зупинці вентилятора;
- зупинці димососа.

На бічних стінах в нижній частині топки встановлені лази, для забезпечення доступу всередину топки. На задній стінці конвекційного пучка встановленні два лази, для доступу до труб конвекційного пучка. На стінах топки та конвекційного пучка встановленні люки для контролю горіння в топці.

Обмурування екранів котла виконана багатошаровою: легка поверх труб, мулітокремнеземісті виробы, мінераловатні мати. Обмурування неекранованих ділянок топки складається з двох шарів: шамотна цегла, діатомова або червона цегла.

Водяний економайзер ЕП-1-330 чавунний реконструйований має один вхід для газів, не відключається по воді та газу. Площа поверхні нагріву 165,2 м<sup>2</sup>. Водяний економайзер виконаний в блочному виконанні. Блок водяного економайзеру утворений ребристими чавунними трубами довжиною 2 м у кількості 56 шт.. Розміщення труб у блоці – коридорне з кроком  $S_1/S_2=150$  мм.

Повітропідігрівач трубчатий двоходовий за повітрям загальною площею поверхні нагріву 468 м<sup>2</sup> виконаний з труб діаметром 40×1,5 мм.

Для відведення димових газів з котла встановлений димосос типу Д-15,5. Відведення димових газів з котла здійснюється у димову трубу по системі газоходів.

Для подачі дуттьового повітря на горіння встановлений дуттьовий вентилятор ВД-12. Подача повітря на горіння здійснюється по системі повітропроводів.

Регулювання продуктивності димососа та вентилятора здійснюється направляючими апаратами.

Спалювання твердого палива з великим вмістом дрібноти розміром до 6 мм супроводжується значними втратами з виносом, деяка кількість якого осідає в газоходах котла.

Пристрій повернення виносу повертає в топку для опалювання осідаючий в газоходах винос, а струменя гострого дуття утворюють в топкових камерах газові вихрі у вертикальній площині, які сприяють сепарації та багаторазовій циркуляції виносу. Це призводить до зменшення хімічного недопалу та зменшення випалювання дрібноти в підвішеному стані.

Винос, осідаючий у зольниках котла, вертається в топку для допалювання за допомоги ежекторів та вводиться в топкову камеру на відстані 400 мм від решітки. Змішувальні труби повернення виносу виконані прямими без поворотів, що забезпечує надійну роботу систем. Доступ до ежекторів повернення виносу для огляду та ремонту є через лази розміщені на бічних стінах.

Для подачі палива до котлів використовується існуюча система паливоподачі печей, що складається з:

- існуючих послідовно розміщених стрічкових конвеєрів;
- існуючі паливні бункери перед кожним котлом  $V = 13 \text{ м}^3$ .

Для видалення продуктів механічного недопалу вугілля на котлі застосована існуюча система золошлаковидалення з під решітки. Під решіткою котла розташовані бункери для збору шлаку, кожен з якого обладнаний течкою для золовидалення в загальний транспортер видалення золи з котлів. Конвеєр золовидалення підлягає 100 % заміні з реконструкцією каналу, так як конвеєри типу СТР – 30 у теперішній час не виробляють.

Для видалення золи з димових газів застосовують існуючі батарейні циклони, зола з яких відводиться в загальний транспортер видалення золи з котлів.

Конструкція транспортера передбачає можливість завантаження золи в самоскид для відвезення на відвал.

Для забезпечення котлів живильною водою, проектом передбачено будівництво хімводоочищення в існуючому приміщенні головного корпусу на позначці +4,200 м.

Джерелом водопостачання проектованої ХВО є вода що надходить з міського водоканалу. В якості додаткового джерела водопостачання передбачено використання технічної шахтної води з заводського водопроводу, яку беруть з відстійника вод шахти. У зв'язку з періодичною подачею води від водоканалу, передбачено встановлення баків запасу

вихідної води в будівлі радіальних згущувачів. Продуктивність проектованої ХВО по хімоочищеній воді – 4 м<sup>3</sup>/год.

Якість хімоочищеної води повинна відповідати вимогам, які пред'являються до живильної води для парових котлів з тиском пара до 1,4 МПа.

Таблиця 1.2 – Коротка технічна характеристика котла та допоміжного обладнання

Найменування	Позначення одиниці	Значення	Примітка
Тип котла	-	КЕ-10-14	
Паропроductивність	т/год	10	
Тиск в барабані	МПа	1,4(14)	абсолютне
Температура насичення	°С	194	
Температура живильної води	°С	104	
Відсоток продувки	%	не більше 10	
Витрата твердого палива	кг/год	1375	$Q_p^H=5628$ ккал/кг
Площа радіаційної поверхні нагріву топки	м <sup>2</sup>	61	
Площа поверхні нагріву фестона	м <sup>2</sup>	2,4	
Площа поверхні нагріву котельного пучка	м <sup>2</sup>	137,5	
Площа поверхні нагріву водяного економайзера	м <sup>2</sup>	165,2	
Площа поверхні нагріву повітропідігрівача	м <sup>2</sup>	505,4	
Обсяг топкової камери	м <sup>3</sup>	25	

Норми якості живильної води для водотрубних котлів з робочим тиском пара 1,4 МПа:

- прозорість за шрифтом не менш за 40 см;
- загальна жорсткість 20 мкг-екв/кг;
- вміст розчиненого кисню 50 мкг/кг;
- значення рН при 25°С не менш за 8,5...10,5;
- вміст нафтопродуктів 3 мг/кг.

Для забезпечення безперебійної роботи хімоводоочищення проектом передбачено АВР насосів вихідної води, та насосів хімоочищеної води.

Для видалення з живильної води корозійно активних газів проектом передбачена деаераційна установка атмосферного типу.

До складу установки входить наступне основне обладнання: два деаератора атмосферного типу ДА-15/4 з деаераційними колонками типу КДА-15 продуктивністю 15 м<sup>3</sup>/год та деаератор ними баками V=4 м<sup>3</sup>; два охолоджувача випару ОВА-2м та два запобіжних пристрої; три живильних насосів типу – ЦНСг 13-245 для живлення котлів; два пароводяних підігрівача хімоочищеної води типу ПП2-6-2-2.

Живильні насоси розміщуються в існуючому приміщенні головного корпусу фабрики на позначці 0.000 метрів. Для забезпечення стабільної роботи живильних насосів (виключення "запарювання") деаератор встановлюється на майданчик на позначці +12.600 метрів в приміщенні головного корпусу.

Продуктивність живильних насосів та деаераційної установки обрана з розрахунку 100 % резервування необхідної потужності.

Для забезпечення безперебійного живлення котлів проектом передбачено АВР живильних насосів, а також включення резервного насоса при падінні тиску у напірному трубопроводі. Для забезпечення надійної роботи установки передбачені наступні системи автоматичного регулювання: регулятор рівня води в деаераторі; регулятор тиску пара в деаераторі; регулятор тиску живильної води після живильних насосів.

Коротка технічна характеристика ДЖУ представлена в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Коротка технічна характеристика обладнання ДЖУ

Найменування	Позначення Одиниці	Значення	Примітка
<b>Деаераційна колонка</b>			
Тип	-	КДА-15	2шт.
Продуктивність	т/год	15	
Тиск	МПа	0,02	
Температура	°С	104	
<b>Охолоджувач випару</b>			
Тип	-	ОВА-2м	2шт.
Поверхня охолодження	м <sup>2</sup>	2	
<b>Насос живильний</b>			
Тип	-	ЦНСг 13-245	3шт.
Продуктивність	м <sup>3</sup> /год	13	
Натиск	м вод.ст.	245	
Потужність	кВт	30	
Робочі оберти	об/хв	2940	
Тип електродвигуна	-	АИР100L4	
<b>Підігрівач хімоочищеної води</b>			
Тип	-	ПП2-6-2-2	2шт.
Теплова потужність	Гкал/год	0,585	
Площа поверхні теплообміну	м <sup>2</sup>	6,3	
Середа що гріє	-	пар	
Середа що нагрівається	-	вода	
Температура пара на вході	°С	151	
Тиск пара на вході	МПа	1,4	
Температура води на вході	°С	40	
Температура води на виході	°С	70	



### 1.3.5 Опалення

Підключення котельні передбачається від парового колектора низького тиску.

Джерелом теплопостачання є пар від котельні.

Розрахункові температури зовнішнього та внутрішнього повітря прийняті відповідно до діючих норм та правил.

Система опалення приміщень, що проектується прийнята двотрубна, горизонтальна, тупикова.

В якості опалювальних приладів прийняті:

- для приміщення котельного залу – реєстри з гладких сталевих електрозварювальних труб за [1];
- для адміністративних приміщень – сталеві конвектори Махі Term.

На опалювальних приладах встановлюються автоматичні терморегулятори для регулювання температури в приміщенні.

Випуск повітря з системи опалення здійснюється автоматичними пристроями для відведення повітря, встановленими у верхніх точках системи. В нижніх точках системи опалення передбачені спускні крани для дренажу.

Трубопроводи підведення опалення котельні, а також елементи трубопроводів ізолюються пух-шнуром з мінеральної вати з покривним шаром склопластику марки РСТ-Х.

В місцях перетину огорожуючих конструкцій трубопроводи прокладають у гільзах, проміжок між гільзою та трубопроводом закривають негорючими матеріалами.

Опір теплопередачі огорожуючи конструкцій складає для:

- стін  $R_{ст}=2,0 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт};$
- покриттів  $R_{п}=2,10 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт};$
- вікон та дверей  $R_{в}=0,560 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт};$

- воріт  $R_B=0,20 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт};$
- для підлоги на ґрунті для І зони  $R_{\Pi}=2,10 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}.$

Вікна котельні з коефіцієнтом  $R_B=0,18 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ , так як надлишок тепла в котельні складає більш ніж  $23 \text{ Вт}/\text{м}^3$ .

Опалення будівель головного корпусу, погрузки, радіальних згущувачів, ДСВ передбачено від колектора низького тиску. Параметри теплоносія  $P=0,4 \text{ МПа}$ ,  $t=151 \text{ °C}$ .

Система опалення фабрики частково залишилась з часів роботи шахтної котельні та буде відновлена.

В якості опалювальних приладів прийняті реєстри з гладких сталевих електрозварювальних труб за [1].

Пар від котельні з тиском  $0,4 \text{ МПа}$  поступає в головну гребінку, звідки розподіляється по будівлям головного корпусу, погрузки, радіальних згущувачів, ДСВ. В будівлі головного корпусу та ДСВ пар від гребінки поступає до стояків, а потім до опалювальних пристроїв. В будівлі погрузки та радіальних згущувачів пар з головної гребінки поступає на індивідуальні гребінки в кожній будівлі, звідки пар розподіляється по стоякам, а потім йде до опалювальних пристроїв.

На конденсаційної магістралі на групу стояків встановлюють конденсатовідвідник.

В кожній будівлі встановлюється бак для збирання конденсату. Кожен бак обладнаний манометром, приладами для вимірювання рівня води прямої дії, запобіжним пристроєм та регулятором-сигналізатором рівня «ЭРСУ-3-1». З баків конденсат насосами Calpeda МХН 404/А (1-робочий, 1-резервний) перекачується в загальний бак збирання конденсату, який розташований в будівлі головного корпусу на поз.  $0,000$  метрів.

Основні теплові потоки на опалення представлені в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Основні теплові потоки на опалення

Розрахунковий режим	Теплопродуктивність котельні, МВт (Гкал/год)			
	Витрата теплоти на опалення	Витрата теплоти на гаряче водопостачання	Витрата теплоти на технологічні цілі	Загальна витрата теплоти
Головний корпус	2,251(1,936)	-	1,53(1,312)	3,781(3,248)
Приміщення дроблення та сортування (ДСВ)	0,376(0,323)	-	-	0,376(0,323)
Приміщення радіальних згущувачів	1,03(0,886)	-	-	1,03(0,886)
Приміщення погрузки	0,114(0,098)	-	-	0,114(0,098)
Приміщення мехмайстерні	0,302(0,26)	-	-	0,302(0,26)
Приміщення гаража	0,074(0,064)	-	-	0,074(0,064)
Приміщення мат. складу та ел. цеху	0,107(0,092)	-	-	0,107(0,092)
Приміщення стройцеху	0,014(0,012)	-	-	0,014(0,012)
Мости	0,248(0,213)	-	-	0,248(0,213)
Котельня та АПК	0,055(0,047)	0,075(0,046)	-	0,108(0,093)
Разом 12,793	4,471(3,931)	0,075(0,046)	1,53(1,312)	6,172(5,289)

### 1.3.6 Вентиляція

В котельні, що проектується передбачена система приточно-витяжної

вентиляції з природнім та механічним спонуканням.

Повітрообмін в приміщеннях прийнятий на підставі відповідних норм та правил та за технологічним завданням.

Самостійні системи приточної та витяжної вентиляції з механічним спонуканням приймаються для:

- котельні;
- операторської;
- гардеробів, санвузлів, душових;
- кімнати приймання їжі.

Витяжка з котельного залу передбачає 3-х кратний повітрообмін з встановленням дефлекторів на даху будівлі.

Повітропроводи систем вентиляції прийняті з оцинкованої сталі за [2], ділянки повітропроводів, які проходять по даху та фасаду будівлі ізолювані тепловою ізоляцією.

Проектом передбачено заходи щодо захисту приміщення від шуму : вентилятори та приточні установки підключаються до системи повітропроводів за допомогою гнучких з'єднань, на вентиляційних системах встановлюють поглиначі шуму, для зменшення надлишкового рівня шуму, вентиляційне обладнання ізолюється звукоізоляційним матеріалом.

В місцях перетину повітропроводами протипожежних перекриттів передбачається встановлення вогнезатримуючих клапанів з межею вогнестійкості 1 година.

#### 2.3.4 Холодне водопостачання

Джерелом водопостачання будівлі є водопровідна мережа будівлі головного корпусу.

Система водопостачання спроектована об'єднаною госп.-питною протипожежною.

Система холодного водопостачання спроектована з сталевих

водогазопровідних оцинкованих труб за [3], підведення до приладів з труб системи «ЕКОPLASTIK».

Трубопроводи системи «ЕКОPLASTIK» прокладаються відкрито та скрито в конструкції пола та стін згідно з технічними інструкціями фірми-виробника.

### 1.3.7 Гаряче водопостачання

Для забезпечення гарячого водопостачання адміністративно-побутових приміщень використовується вода, що нагрівається у бойлерах.

Трубопроводи гарячого водопостачання спроектовані з сталевих водогазопровідних оцинкованих труб за [3], підведення до приладів з труб системи «ЕКОPLASTIK».

Трубопроводи системи «ЕКОPLASTIK» прокладаються відкрито та скрито в конструкції пола та стін згідно з технічними інструкціями фірми-виробника.

Трубопроводи гарячого водопостачання кріпляться на підвісках до стелі. Відстань між кріпленням трубопроводів приймаються згідно [4] та складають 2.0 м при горизонтальному прокладанні та одне кріплення на поверх для стояків.

### 1.3.8 Архітектурно-будівельна частина

Архітектурно-будівельна частина по ремонту та відновленню будівельних конструкцій топкового відділення головного корпусу виконується на підставі висновку «Виявлення технічного стану та умов експлуатації будівлі топкового відділення ТОВ ЦЗФ Селидівської, пов'язаної з переобладнанням та реконструкцією»

В обсяг ремонтних робіт по будівлі топкової входять наступні роботи:

- утеплення покрівлі;

- заміна гідроізолюючого шару покрівлі;
- відновлення захисного шару бетону колон;
- відновлення штукатурки всередині будівлі;
- відновлення сходових маршів;
- скління котельного залу та зольного відділення з встановленням пластикових пакетів.

- заміна дверного полотна приміщення котельні та зольного відділення на протипожежні двері.

Проектом передбачається використання для розміщення двох котлів, обладнання хімводоочищення, деаераційно-живильної установки площ існуючих будівель топкової та головного корпусу фабрики.

Будівля топкової в результаті перепланування, буде складатися з 2-х блоків:

- котельного залу;
- адміністративно-побутових приміщень.

Котельний зал являє собою одноповерхову будівлю проліт якого складає 21,5 м, довжиною 25 м та висотою 9 м до низу ферм. Крок колон 6,5 м. Котельний зал розміщений на позначці +1,500 м. Будівля топкового відділення запроектована та виконана у вигляді монолітного залізобетонного каркасу з бетону марки М150 з заповненням рамного каркасу по стіновій огорожі червоною цеглою М100 на розчині М25 у 1,5 цегли (330 мм).

Під котельним залом знаходиться зольне відділення проліт якого складає 21,5 м, довжиною 25 м та висотою 3,9 м. Крок колон 6,5 м. Зольне відділення знаходиться на позначці -2,500 м.

Блок адміністративно-побутових приміщень являє собою двоповерхову будівлю розмірами за планом 6,5×21,5 м перший поверх та висотою 3,4 м. Другий поверх за планом 6,5×7 м та 3,5×7 м, висотою 3,5 м. Зовнішні стіни адміністративно-побутової частини, які виходять на вулицю є стінами топкового відділення та для забезпечення нормального значення коефіцієнту теплопередачі виконано їх утеплення матами мінераловатними будівельними

товщиною 100 мм. Стіни, які виходять в котельний зал запроектовані з цегли, товщиною 250 мм. В цих побутових приміщеннях розміщується кабінет начальника котельні, кімната приймання їжі, гардероб, операторська, санвузли та душові. Адміністративні приміщення запроектовані з природнім освітленням.

Також проектом передбачається будівництво приміщення лабораторії в будівлі головного корпусу фабрики на позначці +4,200 м. Приміщення лабораторії розмірами за планом 6,12×3 м, висотою 3,7 м.

### 1.3.9 Електротехнічна частина

Електропостачання електрообладнання котельні здійснюється від існуючої підстанції.

Облік електроенергії здійснюється існуючим лічильником електроенергії марки «Енергія», СТКЗ-05Q2ТМЗ.

Силовими споживачами електроенергії є електроприводи:

- насосної групи;
- тягодутьєвої установки;
- конвеєрів;
- запірної та регулюючої арматури котлів;
- обладнання КВП та А;
- електроосвітлення котельні.

Електропостачання котельної установки відносять до II категорії та здійснюється пристроєм автоматичного переведення живлення на резервний ввід (АВР).

Підживлюючі та розподільні мережі виконують кабелями з мідними (до електродвигунів) та алюмінієвими жилами (до силових щитів). Прокладання кабелів здійснюється у кабельних каналах в приміщеннях, та по кабельним конструкціям в котельному відділенні, в трубах та металевих рукавах по площадкам котлів.

У проєкті електроосвітлення передбачено робоче, аварійне та ремонтне (36 В, 12 В) освітлення, виконане світильниками з лампами накаливання та люмінесцентними лампами. Зовнішнє освітлення в автоматичному режимі за допомогою реле часу.

Живлення щитів робочого т аварійного освітлення передбачається від силового щита. Управління освітленням здійснюється автоматичними вимикачами.

Для захисту обслуговуючого персоналу від ураження електричним струмом передбачається занулення та захисне заземлення.

Основні технічні показники котельні приведені у зведеній таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – Технічні показники енерговантажень котельні

Найменування показників	Одиниці вимірювання	Числові значення
Напруга змінного струму	В	380
Встановлена потужність, в тому числі силове обладнання котельні	кВт	750
Споживана потужність, в тому числі силове обладнання котельні	кВт	670
Річне споживання електроенергії котельні	тис. кВт·год.	2950

### 1.3.10 Організаційна структура

Іб – процеси, викликаючи забруднення речовинами 3-та 4-го класів небезпеки тіла та одягу згідно [6]

Ів – процеси, викликаючи забруднення речовинами 3-та 4-го класів небезпеки тіла та спецодягу, яке видаляється за допомогою спеціальних миючих засобів згідно [6].

Іб – Процеси, які проходять при надлишках явного променевого тепла згідно [6]



Організаційна структура приведена в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 – Склад та кількість персоналу

Найменування посади та професії	Категорія	Кількість, чол.			Група виробничих процесів
		Зміна 1	Зміна 2	Усього	
Загальнокотельна ділянка					
Начальник котельні	ІТР	1	-	1	Пб
Змінний черговий слюсар	робочий	1	-	2	Ів
Прибиральник виробничих приміщень	робочий	1	-	1	Пб
Котельна ділянка					
Начальник ділянки – старший оператор	ІТР	1	1	5	Пб
Машиніст - обхідник по котлоагрегатам	робочий	1	1	5	Пб
Слюсар за обладнанням	робочий	1	1	5	Ів
Ділянка водопідготовки					
Оператор водопідготовки	робочий	1	1	5	Іб
Хімік-лаборант	робочий	1	1	5	Іб
Разом				29	

#### 1.4 Охорона праці та техніка безпеки

Проект котельні виконаний згідно вимогам нормативних документів. За пожежною та вибуховою небезпекою приміщення котельні відносять до категорії – «Г», ступінь вогнестійкості – II.

В проекті передбачені наступні заходи, які забезпечать безпечні умови праці для обслуговуючого персоналу:

- компоновка та обладнання котлів, допоміжного обладнання, трубопроводів та газоходів згідно з правилами;
- огороження частин обладнання, які обертаються;

- огороження сходів, майданчиків та прорізів перилами висотою не менше 1 м;
- робоче та аварійне освітлення обладнання, щитів КВП, майданчиків та проходів до обладнання згідно правил устрою електроустановок;
- оснащення електродвигунів обладнання пристроями для повного зняття напруги під час ремонту;
- заземлення електрообладнання;
- опалення та вентиляція приміщень установок.

Ділянки елементів котла та трубопроводи з підвищеною температурою, з якими можливе безпосереднє торкання обслуговуючого персоналу повинні бути ізольовані та забезпечувати температуру поверхні не більше за 45 °С.

Для зручного та безпечного обслуговування котлів, повинні бути встановленні постійні майданчики та сходи з перилами висотою не менш за 0,9 м з суцільною обшивкою по низу не менше 100 мм. Сходи повинні мати довжину не менше 600 мм. Висоту між сходинками не більше 200 мм, ширину не менше 80 мм. Сходи великої висоти повинні мати проміжні майданчики. Відстань між майданчиками повинна складати не більше 4 м.

### 1.5 Пожежна безпека

Для кожного приміщення інструкцією про міри пожежної безпеки та технологічним регламентом повинно бути визначено граничну кількість горючих речовин та матеріалів, місця їх розміщення.

Забороняється використання горищ, технологічних поверхів, вентиляційних камер та інших технічних приміщень для організації виробництва та зберігання обладнання.

Забороняється виконувати виробничі операції на обладнанні та устаткуванні з несправностями, які можуть призвести до пожежі.

Евакуаційні виходи з приміщень повинні відповідати вимогам норм та правил. На шляхах евакуації повинні підтримуватися в справному стані робоче та аварійне освітлення, встановленні покажчики виходу з будівель.

Сходові клітки, евакуаційні виходи, проходи, коридори, тамбури повинні постійно підтримуватися вільними від будь-яких предметів, які перешкоджають руху людей.

В будівлі повинен бути розроблений план евакуації та визначений порядок дій при виникненні пожежі. До пожежного обладнання повинен бути забезпечений вільний доступ.

Територія повинна бути забезпечена первинними засобами пожежогасіння, місцями для паління, звуковим сигналом тривоги, схемою руху транспорту по території.

В будівлях повинні бути переносні або пересувні вогнегасники, пожежні крани, а також обладнання до них, ящики з піском, вогнестійка тканина.

Первинні засоби пожежогасіння повинні розміщуватися в легкодоступних місцях та не повинні бути перешкодою при евакуації персоналу з приміщення.

## 2 ПРОЕКТ КОТЕЛЬНОЇ ЦЕНТРАЛЬНОЇ ЗБАГАЧУВАЛЬНОЇ ФАБРИКИ

### 2.1 Теплова схема

Вихідна вода в кількості 4 м<sup>3</sup>/год з баку запасу сирі води подається насосами вихідної води ЛМ50-12,5/50 по трубопроводу діаметром 76×3,5 мм у відділення ХВО котельні.

Вихідна вода поступово проходить водоводяний підігрівач вихідної води, освітлюючий механічний фільтр типу ФОВ-1,0-0,6 (для шахтної води). Освітлена вода проходить двоступеневе Na- катіонування в системі ХВО. При використанні води з міського водопроводу освітлення не потребується. Хімоочищена вода поступає в бак збору хімоочищеної води V=4 м<sup>3</sup>. З бака ХОВ вода подається насосами типу ЛМ32-6,3/32 через пароводяний підігрівач хімоочищеної води ПП2-6-2-2 з температурою 70 °С подається на деаератори.

Від деаераторів живильна вода з t=(104...110) °С насосами подається по двом трубопроводам діаметром 89×4 мм на економайзер котла.

Пар, що виробляє котел має наступні параметри: тиск 1,4 МПа та температуру 194 °С.

Для забезпечення ХВО та ДЖУ та системи опалення паром з параметрами P=0,4 МПа, t=151 °С проектом передбачена редукційна установка.

Пар від котлів по паропроводу діаметром 219×6 мм подається для зниження тиску на редукційну установку, після РУ пар по паропроводу діаметром 273×7 мм подається на паровий колектор діаметром 273×7 мм, з якого розподіляється по споживачам.

Для зменшення втрат тепла з безперервною продувкою проектом передбачено встановлення сепаратора безперервної продувки, випар з якого повертається на деаератори.

## 2.2 Тепловий розрахунок котла KE-10/14

Тепловий розрахунок котлоагрегату залежно від поставлених завдань може бути конструктивним або повірочним. Повірочний тепловий розрахунок виконують для реально існуючого котлоагрегату з метою виявлення його теплових характеристик при різних навантаженнях, а також при переведенні агрегату на інший вид палива.

Для перевірконого розрахунку котлоагрегату потрібно знати його паропродуктивність, тиск і температуру перегрітої пари і живильної води. При цьому відомі всі геометричні характеристики поверхонь нагріву і конструкція котлоагрегату в цілому. Особливість повірочного розрахунку в тому, що невідома температура відхідних газів та гарячого повітря, а отже, втрата тепла і ККД котлоагрегату. Тому доводиться попередньо задаватися величинами і, а по закінченні розрахунку визначити їх справжнє значення. Основним методом, повірочного розрахунку є метод послідовних наближень при розрахунку окремих поверхонь нагріву і метод паралельних розрахунків при значному розбіжності певної величини в порівнянні з прийнятим її значенням. Конструктивний теплової розрахунок виконується при проектуванні котлоагрегату нового типу. Однак при реконструкції котлоагрегату доводиться частина поверхонь нагріву вважати конструктивним способом, а решта - повірочним.

При конструктивному розрахунку котлоагрегату основним завданням розрахунку є визначення розмірів його поверхонь нагріву. При цьому відомі температура пара та робочого середовища на границях поверхонь нагріву, і їх теплосприйняття визначаються за рівнянням теплового балансу. Підраховують коефіцієнт теплопередачі і з рівняння теплообміну визначають величину поверхонь нагріву.

Для розрахунку котла використовувалась стандартна методика [13], [14]. Даний метод був запрограмований у табличному редакторі Excel Microsoft Office. Результати теплового розрахунку наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Результати теплового розрахунку

Найменування	Позначення	Одиниці позначення	Значення
1	2	3	4
Паливо			
Вуглець	C	%	55,61
Водень	H	%	4,77
Кисень	O	%	6,22
Азот	N	%	1,11
Сірка	S	%	0,9
Волога	W	%	12,0
Зола	A	%	20,2
Правильність розрахунку складу палива	$\Sigma$	%	100
Тепловий баланс та витрата палива			
Нижча теплота згорання палива	$Q_H^P$	ккал/кг	5458
Витрата палива	B	кг/год	1356,7
Втрати тепла з хімічним недопалом палива	$q_3$	%	0,5
Втрати тепла з механічним недопалом палива	$q_4$	%	10
Втрати тепла з газами що йдуть	$q_2$	%	10,233
Втрати тепла в навколишнє середовище	$q_5$	%	1,756
Втрати тепла з теплом шлаків	$q_6$	%	0,446
Усього втрат	$\Sigma q$	%	22,934
КПД котла за зворотнім балансом	$\eta_k$	%	77,066
Коефіцієнт збереження тепла	$\varphi$	-	0,978
Корисне тепло котла	$q_1$	ккал/год	5706679
Розрахункова витрата палива	$B_p$	кг/год	1221,046
Температура повітря в котельні	$t_{x.b.}$	°C	20

1	2	3	4
Тепло, яким розполагаємо	$Q_p^P$	ккал/кг	5458
Конструктивні характеристики та результати розрахунку топки			
Обсяг	$V_T$	м <sup>3</sup>	24,6
Сумарна поверхня стін	$F_{ст.}$	м <sup>2</sup>	65,2
Поверхня нагріву сприймаюча промені	$H_{л}$	м <sup>2</sup>	33,6
Середній коефіцієнт ефективності	$\Psi_{сер}$	-	0,310
Ефективна товщина випромінюючого шару	$s$	м	1,358
Адіабатична температура горіння	$T_a$	°C	1519,8
Поверхня вікна	$S_{в.}$	м <sup>2</sup>	1,6
Корисне тепловиділення	$Q$	ккал/кг	5899,7
Теплосприйняття топки	$Q_T$	ккал/кг	2144
Теплосприйняття вікна	$Q_{в.}$	ккал/кг	61,3
Ступінь чорноти топки	$\alpha_T$	-	0,632
Ступінь чорноти факела	$\alpha_{ф}$	-	0,245
Присос повітря	$\Delta\alpha$	-	0,1
Коефіцієнт надлишку повітря	$\alpha_T$	-	1,6

Початкові данні:

- паропродуктивність котла – 10 т/год;
- тиск пари в барабані – 1,4 МПа;
- температура насиченого пару – 194 °C;
- безперервна продувка – 10 %;
- паливо – вугілля-100 %;
- низка теплота згорання палива при нормальних умовах ( $t=0$  °C,  $P=760$  мм рт. ст. – 5458 ккал/кг);

- температура живильної води – 104 °С;
- температура повітря на вході в повітропідігрівач – 70 °С.

Результати розрахунку трактив котла наведено в таблиці 2.2, 2.3.

Таблиця 2.2 – Результати розрахунку газового трактив котла

Найменування	Температура газів, °С		Ентальпія газів, ккал/кг		Коефіцієнт надлишку повітря	
	вхід	вихід	вхід	вихід	вхід	вихід
Фестон	998,7	988,9	3706,8	3666,7	1,600	1,600
Котельний пучок	988,9	763,7	3666,7	2840,3	1,600	1,650
Котельний пучок	763,7	597,9	2840,3	2127,0	1,650	1,650
Котельний пучок	597,9	486,9	2177,0	1847,3	1,650	1,750
Котельний пучок	486,9	443,6	1847,3	1674,4	1,750	1,750
Економайзер чав.	443,6	292,6	1674,4	1140,8	1,750	1,850
Повітропідігрівач II	292,6	200,6	1140,8	797,3	1,850	1,910
Повітропідігрівач I	200,6	170,3	797,3	695,3	1,910	1,970

Таблиця 2.3 – Результати розрахунку пароводяного тракту

Найменування	Витрата кг/год	Прирощ. тепловмісту, ккал/кг	Температура, °С		Тепловміст, ккал/кг		Тиск кгс/см <sup>2</sup>
			вхід	вихід	вхід	вих.	вхід
Економайзер чавунний	11000	58,3	104,0	161,1	104,4	162,7	14,5
Екрани	11000	231,2	194,1	194,1	-	-	14
Фестон	11000	9,8	194,1	194,1	-	-	14
Котельний пучок	11000	79,6	194,1	194,1	-	-	14
Котельний пучок	11000	11,6	194,1	194,1	-	-	14
Котельний пучок	11000	72,0	194,1	194,1	-	-	14
Котельний пучок	11000	36,2	194,1	194,1	-	-	14
Повітропідігрівач II	11000	18,8	194,1	194,1	-	-	14
Повітропідігрівач I	11000	-	194,1	194,1	665,7	665,7	14



Таблиця 2.4 – Результати розрахунку повітряного тракту

Найменування	Надл.повітря		Прирощ. тепловмісту, ккал/кг	Температура, °С		Тепловміст, ккал/кг	
	вхід	вих.		вхід	вих.	вхід	вих.
Рецирк.(збр.)	-	2,400	94,9	20	70	37,9	132,8
Повітропідігрівач I	2,400	2,340	45,9	70	94,2	132,8	178,7
Повітропідігрівач II	2,340	2,280	151,9	94	173,3	178,7	330,6
Рецирк. (відб.)	2,280	1,500	-	173,3	173,3	330,6	330,6

Конструктивні характеристики пакетів, що обігриваються та швидкості середнi наведені в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Конструктивні характеристики пакетів та швидкість середнi

Найменування	Тип пучка	Характ. току	Труби		Кроки труб	
			Діаметр, мм	Товщ. стілки, мм	Попереч., мм	Продол., мм
Фестон	кор.	прямо-ток	51	2,5	110	110
Котельний пучок	кор.	прот-ток	51	2,5	110	90
Котельний пучок	-	прот-ток	51	2,5	110	90
Котельний пучок	прод.	прот-ток	51	2,5	110	1,4
Котельний пучок	прод.	прямо-ток	51	2,5	110	0,9
Котельний пучок	кор.	прот-ток	51	2,5	110	90
Економайзер чав.	-	прот-ток	76	8	150	150
Повітропідігрівач II	шахм.	перехр.	40	1,5	81,1	30,5
Повітропідігрівач I	шахм.	перехр.	40	1,5	81,1	30,5

Подовження таблиці 2.5

Найменування	Кільк. рядів труб по ходу газів	Перетин проходу середі, м <sup>2</sup>		Поверх. Нагр., м <sup>2</sup>	Середня швидкість	
		гріючої	обігрів.		гріючої	обігрів.
Фестон	2	1,2	0,030	2,3	13,41	-
Котельний пучок	11	0,9	0,300	24,7	16,38	-
Котельний пучок	18	0,9	0,020	3,6	16,37	-
Котельний пучок	0,2	1,85	0,330	55,2	6,61	-
Котельний пучок	0,2	1,36	0,270	30,7	8,04	-
Котельний пучок	9	0,66	0,270	16,0	15,05	-
Економайзер чав.	8	0,84	0,006	165,2	10,80	0,59
Повітропідігрівач II	74	1,23	1,130	234,0	6,17	6,20
Повітропідігрівач I	74	1,23	1,130	234,0	5,67	5,56

### 2.3 Розрахунок ХВО

З метою підвищення ефективності пом'якшення вихідної води, частина конденсату подається на ХВО.

Максимально можлива витрата конденсату, який подається на ХВО, обмежується температурою води перед, максимальне значення приймається 65 °С згідно [10].

Проектом передбачається двохступенева схема натрій-катіонування, з завантаженням фільтрів I та II ступенів катіонітом сильнокислотним марки КУ-2-8 з обмінною здатністю 526 г-екв/м<sup>3</sup>. Та з урахуванням зважених речовин проектом передбачається застосування освітлюючих фільтрів з

завантаженням дробленим антрацитом.

Проектом приймається:

- розпушуюче промивання освітлюючих фільтрів вихідною водою зі швидкістю 4 м/с та скиданням першого фільтру в дренаж протягом 10 хв згідно [10];
- розпушуюче промивання натрій-катіонітних фільтрів вихідною водою зі швидкістю 4 м/с та скиданням першого фільтру в дренаж протягом 30 хв згідно [10];
- протиточна регенерація натрій-катіонітних фільтрів соленим розчином;
- відмивання після регенерації натрій-катіонітних фільтрів I ступені – освітленою водою, фільтрів II ступені – водою після I ступені катіонування.

Розрахунок виконувався виходячи з того, що втрати води з безперервною продувкою складає не більш ніж 10 % продуктивності котлів згідно з [7] або 2 т/год для двох котлів.

Розрахункова температура води +10 °С.

Розрахунок продуктивності ХВО складається з наступних витрат води:

- витрата води на поповнення втрат в котельні - 0,3 т/год;
- витрата води на поповнення втрат від випару деаератора – 0,1 т/год;
- втрати води з безперервною продувкою – 2 т/год;
- витрата води на поповнення втрат з теплових мереж – 0,7 т/год;
- втрати води в деаераційній установці – 0,3 т/год.

В подальших розрахунках продуктивність ХВО приймаємо рівною 4 т/год.

2.4 Розрахунок ХВО котельні ТОВ ЦЗФ «Селидівської», за умов вихідної води з міського водоканалу

Початкові дані наведені в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Початкові дані

Параметр	Позначення одиниці	Значення
1	2	3
Необхідна продуктивність (з умови, що сума втрат пара/конденсату та продувки складають 20% від продуктивності котла. В роботі 2 котла КЕ 10/14, продуктивністю 10 т/год.	м <sup>3</sup> /Год	Q <sub>необх.</sub> =4
Результати аналізів вихідної води		
Загальна жорсткість вихідної води	мг-екв/л	Ж <sub>вих</sub> =6,7
Вміси іонів натрію у вихідної води	мг-екв/л	Na=3,7
Технологічні дані для розрахунку Na-катіонітних фільтрів		
Загальна жорсткість води після першої ступені Na-катіонування	мг-екв/л	Ж <sub>1ст</sub> =0,1
Площа фільтрування освітлюючих фільтрів	м <sup>2</sup>	f <sub>осв</sub> =0,76
Площа фільтрування Na-катіонітних фільтрів 1ст	м <sup>2</sup>	f <sub>Na1</sub> =0,76
Площа фільтрування Na-катіонітних фільтрів 2ст	м <sup>2</sup>	f <sub>Na2</sub> =0,39
Висота шару катіоніту Na-катіонітних фільтрів 1ст	м	H <sub>Na1</sub> =2
Висота шару катіоніту Na-катіонітних фільтрів 2ст	м	H <sub>Na2</sub> =1,5
Кількість працюючих фільтрів (1-на ремонті, 1-в роботі, 1-на регенерації)	шт.	a=1
Концентрація регенераційного розчину Na-катіонітних фільтрів 1ст	%	b <sub>1</sub> =8
Концентрація регенераційного розчину Na-катіонітних фільтрів 2ст	%	b <sub>2</sub> =8
Питома витрата води на відмивання Na-катіонітних фільтрів 1ст	м <sup>3</sup> / м <sup>3</sup>	q <sub>води1</sub> =6
Питома витрата води на відмивання Na-катіонітних фільтрів 2ст	м <sup>3</sup> / м <sup>3</sup>	q <sub>води2</sub> =8
Питома витрата солі на регенерацію Na-катіонітних фільтрів 1ст	г/г-екв	q <sub>солі1</sub> =300
Питома витрата солі на регенерацію Na-катіонітних фільтрів 2ст	г/г-екв	q <sub>солі2</sub> =300
Робоча обмінна ємність Na-катіонітних фільтрів 2ст	г-екв/м <sup>3</sup>	E <sub>роб.Na2</sub> =250
Коефіцієнт ефективності регенерації Na-катіонітних фільтрів 1ст	-	α <sub>1</sub> =0,9
Повна об'ємна ємність катіоніту	г-екв/м <sup>3</sup>	E <sub>повн</sub> =1700

Продовження таблиці 2.6

1	2	3
Інтенсивність розпушуючого промивання Na-катіонітних фільтрів	л/(с·м <sup>2</sup> )	i <sub>Na</sub> =5
Тривалість розпушуючого промивання Na-катіонітних фільтрів	хв	t <sub>Na</sub> =20
Щільність регенераційного розчину Na-катіонітних фільтрів 1ст	кг/л	ρ <sub>1</sub> =1,0559
Щільність регенераційного розчину Na-катіонітних фільтрів 2ст	кг/л	ρ <sub>2</sub> =1,0559
Коефіцієнт, враховуючий зниження обмінної ємності катіоніту за Са та Mg внаслідок впливу іонів Na, які містяться у вихідній воді при C <sub>Na</sub> Ж <sub>0</sub> =Na <sup>2</sup> /Ж <sub>вих</sub> =2,043		β <sub>1</sub> =0.62
Технологічні дані для розрахунку освітлюючих фільтрів		
Інтенсивність розпушуючого промивання освітлюючих фільтрів	л/с·м <sup>2</sup>	i=12
Тривалість розпушуючого промивання освітлюючих фільтрів	хв	t=20
Кількість промивок освітлюючих фільтрів за добу	шт.	r=2

Розрахунок Na-катіонітного фільтру 2ст.

Кількість регенерацій за добу Na-катіонітного фільтру 2ст, шт.

$$n_2 = 24 \cdot Ж_{1ст} \cdot \frac{Q_{необх.}}{f_{Na2} \cdot H_{Na2} \cdot E_{роб.Na2} \cdot a} = 24 \cdot 0,1 \cdot \left[ \frac{4}{(0,39 \cdot 1,5 \cdot 2501)} \right] = 0,007.$$

Витрата води, яка проходить через Na-катіонітні фільтри 2 ступенів складається з необхідної продуктивності та води на власні потреби.

Витрата води на власні потреби складається з води на приготування регенераційного розчину для Na-катіонітних фільтрів 1 та 2 ступенів та води для відмивання 2 ступені. Так як розпушуюче промивання фільтрів виконується відмивною водою, її у розрахунку не враховуємо.

Витрата 100 % солі на регенерацію Na-катіонітних фільтрів 2 ступені, кг:

$$Q_{\text{сNa2ст}} = E_{\text{роб.Na2}} \cdot f_{\text{Na2}} \cdot H_{\text{Na2}} \cdot \frac{q_{\text{солі2}}}{1000} = 250 \cdot 0,39 \cdot 1,5 \cdot \left(\frac{300}{1000}\right) = 43,875.$$

Розрахунок кількості води, необхідної для приготування регенераційного розчину регенерацію Na-катіонітних фільтрів 2 ступені, м<sup>3</sup>

$$Q_{\text{р.р.2ст}} = Q_{\text{сNa2ст}} \frac{100}{1000 \cdot b_2 \cdot \rho_2} = 250 \cdot 0,39 \cdot 1,5 \cdot \left(\frac{300}{1000}\right) \cdot \left[\frac{100}{(1000 \cdot 8 \cdot 1,0559)}\right]$$

$$Q_{\text{р.р.2ст}} = 0,519.$$

Кількість води на відмивання Na-катіонітних фільтрів 2 ступені від продуктів регенерації, м<sup>3</sup>

$$Q_{\text{від2}} = q_{\text{вод2}} \cdot f_{\text{Na2}} \cdot H_{\text{Na2}} = 8 \cdot 0,39 \cdot 1,5 = 4,68.$$

Визначаємо кількість води на одну регенерацію Na-катіонітних фільтрів 2 ступені, м<sup>3</sup>

$$Q_{\text{си2}} = Q_{\text{від2}} + Q_{\text{р.р.2ст}} = 8 \cdot 0,39 \cdot 1,5 \cdot \left(\frac{300}{1000}\right) \cdot \left[\frac{100}{(1000 \cdot 8 \cdot 1,0559)}\right] = 2,426.$$

Визначаємо середню за годину витрату води на власні потреби Na-катіонітних фільтрів 2 ступені, м<sup>3</sup>/год

$$\begin{aligned} Q_{\text{с.год.2}} &= Q_{\text{си2}} \cdot a \cdot \frac{n_2}{24} = \\ &= \left[ 8 \cdot 0,39 \cdot 1,5 + 250 \cdot 0,39 \cdot 1,5 \left(\frac{300}{1000}\right) \cdot \left[\frac{100}{(1000 \cdot 8 \cdot 1,0559)}\right] \right] \cdot \\ &\cdot 1 \left[ \frac{24 \cdot 0,1 \cdot \left[\frac{4}{(0,39 \cdot 1,5 \cdot 250 \cdot 1)}\right]}{24} \right] = 0,001. \end{aligned}$$

Визначаємо необхідну продуктивність потреби Na-катіонітних фільтрів 1 ступені, м<sup>3</sup>/год

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{необх.1ст}} &= Q_{\text{необх.}} + Q_{\text{с.год.2}} = \\
 &= 4 \left[ 8 \cdot 0,39 \cdot 1,5 + 250 \cdot 0,39 \cdot 1,5 \cdot \left( \frac{300}{1000} \right) \cdot \left[ \frac{1000}{(1000 \cdot 8 \cdot 1,0559)} \right] \right] \\
 &\cdot 1 \cdot \left[ \frac{24 \cdot 0,1 \left[ \frac{4}{(0,39 \cdot 1,5 \cdot 250 \cdot 1)} \right]}{24} \right] = 4,001.
 \end{aligned}$$

Визначаємо швидкість фільтрування Na-катіонітних фільтрів 2 ступені, м/год

$$\begin{aligned}
 w_{\text{Нанорм.}} &= \frac{Q_{\text{необх.1ст}}}{f_{\text{Na2}} \cdot a} = \\
 &= \frac{\left[ 4 \left[ 8 \cdot 0,39 \cdot 1,5 + 250 \cdot 0,39 \cdot 1,5 \cdot \left( \frac{300}{1000} \right) \cdot \left[ \frac{1000}{(1000 \cdot 8 \cdot 1,0559)} \right] \right] \cdot 1 \cdot \left[ \frac{24 \cdot 0,1 \left[ \frac{4}{(0,39 \cdot 1,5 \cdot 250 \cdot 1)} \right]}{24} \right] \right]}{(0,39 \cdot 1)} \\
 &= 10,259.
 \end{aligned}$$

### Розрахунок Na-катіонітного фільтру 1ст

Витрата води, яка проходить через Na-катіонітні фільтрів 1 ступенів складається з необхідної продуктивності та води на власні потреби.

Витрата води на власні потреби складається з води на приготування регенераційного розчину для Na-катіонітних фільтрів 1 ступені та води для відмивання 1 ступені. Так як розпушуюче промивання фільтрів виконується відмивною водою, її у розрахунку не враховуємо для визначення необхідної кількості 100 % солі на регенерацію 1 ступені Na-катіонування необхідно визначити робочу ємність Na-катіонітних фільтрів 1 ступені, г-екв/м<sup>3</sup>

$$E_{\text{роб. Na1}} = \alpha_1 \cdot \beta_1 \cdot E_{\text{повн}} - 0,5 \cdot Q_{\text{вод1}} \cdot Ж_{\text{вих}} = 0,9 \cdot 0,62 \cdot 1700 - 0,5 \cdot 6 \cdot 6,7 = 928,5.$$

Витрата 100 % солі на одну регенерацію Na-катіонітних фільтрів 1 ступені, кг

$$Q_{\text{сNa1ст}} = E_{\text{роб. Na1}} \cdot f_{\text{Na1}} \cdot H_{\text{Na1}} \cdot \frac{Q_{\text{солі2}}}{1000} = (0,9 \cdot 0,62 \cdot 1700 - 0,5 \cdot 6 \cdot 6,7) \cdot 0,76 \cdot 2 \cdot \frac{300}{1000} = 423,396.$$

Розрахунок кількості води, необхідної для приготування регенераційного розчину регенерацію Na-катіонітних фільтрів 1 ступені, м<sup>3</sup>

$$Q_{\text{р.р.1ст}} = Q_{\text{сNa1ст}} \frac{100}{1000 \cdot b_1 \cdot \rho_1} = (0,9 \cdot 0,62 \cdot 1700 - 0,5 \cdot 6 \cdot 6,7) \cdot 0,76 \cdot 2 \cdot \left( \frac{300}{1000} \right) \cdot \left[ \frac{100}{(1000 \cdot 8 \cdot 1,0559)} \right] = 5,012.$$

Кількість регенерацій за добу Na-катіонітних фільтрів 1 ступені, шт.

$$n_1 = 24 \cdot Ж_{\text{вих}} \cdot \frac{Q_{\text{необх}}}{f_{\text{Na1}} \cdot H_{\text{Na1}} \cdot E_{\text{роб. Na1}} \cdot a} = 24 \cdot 6,7 \cdot \left[ \frac{4}{[0,76 \cdot 2(0,9 \cdot 0,62 \cdot 1700 - 0,5 \cdot 6 \cdot 6,7) \cdot 1]} \right] = 0,005.$$

Кількість води на відмивання Na-катіонітних фільтрів 1 ступені від продуктів регенерації, м<sup>3</sup>

$$Q_{\text{від1}} = Q_{\text{вод1}} \cdot f_{\text{Na1}} \cdot H_{\text{Na1}} = 6 \cdot 0,76 \cdot 2 = 6,84.$$



Визначаємо кількість води на одну регенерацію Na-катіонітних фільтрів 1 ступені, м<sup>3</sup>

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{си1}} &= Q_{\text{від1}} + Q_{\text{р.1ст}} = \\
 &= 6 \cdot 0,76 \cdot 2 + (0,9 \cdot 0,62 \cdot 1700 - 0,5 \cdot 6 \cdot 6,7) \cdot 0,76 \cdot 2 \cdot \left(\frac{300}{1000}\right) \\
 &\cdot \left[\frac{100}{(1000 \cdot 8 \cdot 1,0559)}\right] = 14,132.
 \end{aligned}$$

Визначаємо середню за годину витрату води на власні потреби Na-катіонітних фільтрів 1 ступені, м<sup>3</sup>/год

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{с.год.1}} &= Q_{\text{си1}} \cdot a \cdot \frac{n_1}{24} = \\
 &= \left[ 6 \cdot 0,76 \cdot 2 + (0,9 \cdot 0,62 \cdot 1700 - 0,5 \cdot 6 \cdot 6,7) \cdot 0,76 \cdot 2 \cdot \left(\frac{300}{1000}\right) \right. \\
 &\cdot \left. \left[\frac{100}{(1000 \cdot 8 \cdot 1,0559)}\right] \right] \cdot 1 \\
 &\cdot \left[ \frac{24 \cdot 6,7 \cdot \left[\frac{4}{[0,76 \cdot 2(0,9 \cdot 0,62 \cdot 1700 - 0,5 \cdot 6 \cdot 6,7) \cdot 1]}\right]}{24} \right] = 0,003.
 \end{aligned}$$

Визначаємо необхідну продуктивність освітлюючих фільтрів, м<sup>3</sup>/год

$$Q_{\text{осв}} = Q_{\text{необх1ст}} + Q_{\text{с.год1}} = 4,004, \quad Q_{\text{необх1ст}} = 4,001, \quad Q_{\text{с.год1}} = 0,003.$$

Визначаємо швидкість фільтрування Na-катіонітних фільтрів 2 ступені, м/год

$$W_{\text{Na1норм.}} = \frac{Q_{\text{осв}}}{f_{\text{Na1}} \cdot a} = \frac{(Q_{\text{необх1ст}} + Q_{\text{с.год1}})}{(0,76 \cdot 1)} = 5,268.$$

### Розрахунок освітлюючих фільтрів

Кількість води на одне розпушуюче промивання освітлюючого фільтру, м<sup>3</sup>

$$d = 60 \cdot i \cdot t \cdot \frac{f_{\text{осв}}}{1000} = 60 \cdot 12 \cdot 20 \cdot \left(\frac{0,76}{1000}\right) = 10,944.$$

Середня за годину витрата води на власні потреби освітлюючих фільтрів, м<sup>3</sup>/год

$$q_{\text{осв}} = d \cdot r \cdot \frac{a}{24} = 60 \cdot 12 \cdot 20 \left(\frac{0,76}{1000}\right) \cdot 2 \cdot \left(\frac{1}{24}\right) = 0,912$$

Визначаємо швидкість фільтрування освітлюючих фільтрів, м/год

$$W_{\text{осв.норм.}} = \frac{Q_{\text{осв}} \cdot q_{\text{осв}}}{f_{\text{осв}}} = \frac{[Q_{\text{необх1ст}} + Q_{\text{с.год1}} + 60 \cdot 12 \cdot 20 \cdot \left(\frac{0,76}{1000}\right) \cdot 2 \cdot \left(\frac{1}{24}\right)]}{(0,76 \cdot 1)}$$

$$= 4,805.$$

Таким чином, при використанні питної води можлива робота на проектному обладнанні з проектними висотами загрузок.

Слід відзначити, що при існуючому графіку подачі питної води на котельню (8 годин за добу) для безперервної роботи ХВО необхідно встановити ємність вихідної води, обсягом 100 м<sup>3</sup>.

2.5 Розрахунок ХВО котельні, за умов вихідної зі ставка-мулонакопичувача

Схема подачі води на ХВО: вода зі ставка-накопичувача самопливом надходить до будівлі радіальних згущувачів на всмоктування насосу та

перекачується у радіальний згущувач ємністю 1328 м<sup>3</sup>.

З радіального згущувача вода по загальному колектору діаметром 100 мм надходить на всмоктування двох груп насосів різного призначення:

- двох насосів типу ЛМ50-12,5/50 (1-робочий, 1-резервний, продуктивність 12,5 м<sup>3</sup>/год, натиск 50 м вод.ст.) які подають воду на напірний колектор діаметром 80 мм та далі з напірного колектора по окремому трубопроводу діаметром 50 мм на підігрівач вихідної води та далі на механічні фільтри ФОВ.

- двох насосів типу ЛМ65-25/32 (1-робочий, 1-резервний, продуктивність 25 м<sup>3</sup>/год, натиск 32 м вод.ст.) які подають воду на напірний колектор діаметром 80 мм та далі з напірного колектора по окремому трубопроводу діаметром 80 мм на розпушуючу промивку Na- катіонітових фільтрів I та II ступенів.

Результат хімічного аналізу шахтної води з радіального згущувача показав, що вміст зважених речовин складає 116 мг/л. При такому вмісті зважених речовин згідно вимогам [7] необхідно додатковий вузол для очищення води або встановлення проміжного бака з конусним днищем, продув очним трубопроводом та плаваючим всмоктуванням. Призначення проміжного бака – відстій вихідної води з великим вмістом зважених речовин.

Подача води, призначеної для очищення з вмістом зважених речовин 116 мг/л, на розпушуюче промивання механічних та натрій-катіонітних фільтрів I та II ступенів неприпустима. Згідно [7] розпушуюче промивання механічних фільтрів та натрій-катіонітних фільтрів I та II ступенів проводиться освітленою водою з баків розпушення механічних та натрій-катіонітних фільтрів. Проектом передбачений додатковий резервний бак хімоочищеної води обсягом 6,35 м<sup>3</sup>, за [9]. Проектом передбачений спеціальний вузол змішування конденсату з вихідною водою обладнаний регулюючою арматурою та приладами КВП та А, яке забезпечить регулювання співвідношення конденсат/ХОВ.

Таблиця 2.7 – Початкові дані

Параметр	Позначення одиниці	Значення
1	2	3
Необхідна продуктивність (з умови, що сума втрат пара/конденсату та продукції складають 20% від продуктивності котла. В роботі 2 котла КЕ 10/14, продуктивністю 10 т/год.	м <sup>3</sup> /год	Q <sub>необх.</sub> =4
Результати аналізів вихідної води		
Загальна жорсткість вихідної води	мг-екв/л	Ж <sub>вих</sub> =28,4
Вміст іонів натрію у вихідної води	мг-екв/л	Na=21,3
Технологічні дані для розрахунку Na-катионітних фільтрів		
Загальна жорсткість води після першої ступені Na-катионування	мг-екв/л	Ж <sub>1ст</sub> =0,1
Площа фільтрування освітлюючих фільтрів	м <sup>2</sup>	f <sub>осв</sub> =0,76
Площа фільтрування Na-катионітних фільтрів 1ст	м <sup>2</sup>	f <sub>Na1</sub> =0,76
Площа фільтрування Na-катионітних фільтрів 2ст	м <sup>2</sup>	f <sub>Na2</sub> =0,39
Висота шару катіоніту Na-катионітних фільтрів 1ст	м	H <sub>Na1</sub> =2
Висота шару катіоніту Na-катионітних фільтрів 2ст	м	H <sub>Na2</sub> =1,5
Кількість працюючих фільтрів (1-на ремонті, 1-в роботі, 1-на регенерації)	шт.	a=1
Концентрація регенераційного розчину Na-катионітних фільтрів 1ст	%	b <sub>1</sub> =8
Концентрація регенераційного розчину Na-катионітних фільтрів 2ст	%	b <sub>2</sub> =8
Питома витрата води на відмивання Na-катионітних фільтрів 1ст	м <sup>3</sup> / м <sup>3</sup>	q <sub>води1</sub> =6
Питома витрата води на відмивання Na-катионітних фільтрів 2ст	м <sup>3</sup> / м <sup>3</sup>	q <sub>води2</sub> =8
Питома витрата солі на регенерацію Na-катионітних фільтрів 1ст	г/г-екв	q <sub>солі1</sub> =300
Питома витрата солі на регенерацію Na-катионітних фільтрів 2ст	г/г-екв	q <sub>солі2</sub> =300
Робоча обмінна ємність Na-катионітних фільтрів 2ст	г-екв/м <sup>3</sup>	E <sub>роб.Na2</sub> =250
Коефіцієнт ефективності регенерації Na-катионітних фільтрів 1ст	-	α <sub>1</sub> =0,9
Повна об'ємна ємність катіоніту	г-екв/м <sup>3</sup>	E <sub>повн</sub> =1700

Продовження таблиці 2.6

1	2	3
Інтенсивність розпушуючого промивання Na-катионітних фільтрів	л/(с·м <sup>2</sup> )	i <sub>Na</sub> =5
Тривалість розпушуючого промивання Na-катионітних фільтрів	хв	t <sub>Na</sub> =20
Щільність регенераційного розчину Na-катионітних фільтрів 1ст	кг/л	ρ <sub>1</sub> =1,0559
Щільність регенераційного розчину Na-катионітних фільтрів 2ст	кг/л	ρ <sub>2</sub> =1,0559
Коефіцієнт, враховуючий зниження обмінної ємності катионіту за Ca та Mg внаслідок впливу іонів Na, які містяться у вихідній воді при C <sub>Na</sub> Ж <sub>0</sub> =Na <sup>2</sup> /Ж <sub>вих</sub> =2,043		β <sub>1</sub> =0.62
Технологічні дані для розрахунку освітлюючих фільтрів		
Інтенсивність розпушуючого промивання освітлюючих фільтрів	л/с·м <sup>2</sup>	i=12
Тривалість розпушуючого промивання освітлюючих фільтрів	хв	t=20
Кількість промивок освітлюючих фільтрів за добу	шт.	r=2

Розрахунок Na-катионітного фільтру 2ст за умов вихідної зі ставка-мулонакопичувача

Кількість регенерацій за добу Na-катионітного фільтру 2ст

$$n_2 = 24 \cdot Ж_{1ст} \cdot \frac{Q_{необх.}}{f_{Na2} \cdot H_{Na2} \cdot E_{роб.Na2} \cdot a} = 24 \cdot 0,1 \cdot \left[ \frac{4}{(0,39 \cdot 1,5 \cdot 250 \cdot 1)} \right] = 0,066.$$

Витрата води, яка проходить через Na-катионітні фільтрів 2 ступенів складається з необхідної продуктивності та води на власні потреби.

Витрата води на власні потреби складається з води на приготування регенераційного розчину для Na-катионітних фільтрів 1 та 2 ступенів та води для відмивання 2 ступені. Так як розпушуюче промивання фільтрів виконується відмивною водою, її у розрахунку не враховуємо.

Витрата 100% солі на регенерацію Na-катіонітних фільтрів 2ступені, кг

$$Q_{cNa2ст} = E_{роб.Na2} \cdot f_{Na2} \cdot H_{Na2} \cdot \frac{Q_{соли2}}{1000} = 250 \cdot 0,39 \cdot 1,5 \cdot \left(\frac{300}{1000}\right) = 43,875.$$

Розрахунок кількості води, необхідної для приготування регенераційного розчину регенерацію Na-катіонітних фільтрів 2 ступені, м<sup>3</sup>

$$Q_{р.р.2ст} = Q_{cNa2ст} \frac{100}{1000 \cdot b_2 \cdot \rho_2} = 250 \cdot 0,39 \cdot 1,5 \cdot \left(\frac{300}{1000}\right) \cdot \left[\frac{100}{(1000 \cdot 8 \cdot 1,0559)}\right]$$

$$Q_{р.р.2ст} = 0,519.$$

Кількість води на відмивання Na-катіонітних фільтрів 2 ступені від продуктів регенерації, м<sup>3</sup>

$$Q_{від2} = q_{вод2} \cdot f_{Na2} \cdot H_{Na2} = 8 \cdot 0,39 \cdot 1,5 = 4,68.$$

Визначаємо кількість води на одну регенерацію Na-катіонітних фільтрів 2 ступені, м<sup>3</sup>

$$Q_{си2} = Q_{від2} + Q_{р.р.2ст} =$$

$$= 8 \cdot 0,39 \cdot 1,5 + 250 \cdot 0,39 \cdot 1,5 \cdot \left(\frac{300}{1000}\right) \cdot \left[\frac{100}{(1000 \cdot 8 \cdot 1,0559)}\right] =$$

$$= 5,199.$$

Визначаємо середню за годину витрату води на власні потреби Na-катіонітних фільтрів 2 ступені, м<sup>3</sup>/год

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{с.год.2}} &= Q_{\text{си2}} \cdot a \cdot \frac{n_2}{24} = \\
 &= \left[ 8 \cdot 0,39 \cdot 1,5 + 250 \cdot 0,39 \cdot 1,5 \cdot \left( \frac{300}{1000} \right) \cdot \left[ \frac{100}{(1000 \cdot 8 \cdot 1,0559)} \right] \right] \cdot \\
 &\cdot 1 \cdot \left[ \frac{24 \cdot 0,1 \cdot \left[ \frac{4}{(0,39 \cdot 1,5 \cdot 250 \cdot 1)} \right]}{24} \right] = 0,014.
 \end{aligned}$$

Визначаємо необхідну продуктивність потреби Na-катіонітних фільтрів 1 ступені, м<sup>3</sup>/год

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{необх.1ст}} &= Q_{\text{необх.}} + Q_{\text{с.год.2}} = \\
 &= 4 \left[ 8 \cdot 0,39 \cdot 1,5 + 250 \cdot 0,39 \cdot 1,5 \cdot \left( \frac{300}{1000} \right) \cdot \left[ \frac{1000}{(1000 \cdot 8 \cdot 1,0559)} \right] \right] \\
 &\cdot 1 \cdot \left[ \frac{24 \cdot 0,1 \cdot \left[ \frac{4}{(0,39 \cdot 1,5 \cdot 250 \cdot 1)} \right]}{24} \right] = 4,014.
 \end{aligned}$$

Визначаємо швидкість фільтрування Na-катіонітних фільтрів 1 ступені, м/год

$$\begin{aligned}
 w_{\text{Нанорм}} &= \frac{Q_{\text{необх.1ст}}}{f_{\text{Na2}} \cdot a} \\
 &= \frac{\left[ 4 \left[ 8 \cdot 0,39 \cdot 1,5 + 250 \cdot 0,39 \cdot 1,5 \cdot \left( \frac{300}{1000} \right) \cdot \left[ \frac{1000}{(1000 \cdot 8 \cdot 1,0559)} \right] \right] \cdot 1 \cdot \left[ \frac{24 \cdot 0,1 \cdot \left[ \frac{4}{(0,39 \cdot 1,5 \cdot 250 \cdot 1)} \right]}{24} \right] \right]}{(0,39 \cdot 1)} \\
 &= 10,923.
 \end{aligned}$$

Розрахунок Na-катіонітного фільтру 1ст

Витрата води, яка проходить через Na-катіонітні фільтрів 1 ступенів

складається з необхідної продуктивності та води на власні потреби.

Витрата води на власні потреби складається з води на приготування регенераційного розчину для Na-катіонітних фільтрів 1 ступені та води для відмивання 1 ступені. Так як розпушуюче промивання фільтрів виконується відмивною водою, її у розрахунку не враховуємо для визначення необхідної кількості 100 % солі на регенерацію 1 ступені Na-катіонування необхідно визначити робочу ємність Na-катіонітних фільтрів 1 ступені, г-екв/м<sup>3</sup>.

$$E_{\text{роб.Na1}} = \alpha_1 \cdot \beta_1 \cdot E_{\text{повн}} - 0,5 \cdot Q_{\text{вод1}} \cdot Ж_{\text{вих}} = 0,9 \cdot 0,5 \cdot 1700 - 0,5 \cdot 6 \cdot 28,4 = 679,8.$$

Витрата 100% солі на одну регенерацію Na-катіонітних фільтрів 1 ступені, кг

$$Q_{\text{сNa1ст}} = E_{\text{роб.Na1}} \cdot f_{\text{Na1}} \cdot H_{\text{Na1}} \cdot \frac{Q_{\text{солі2}}}{1000} = (0,9 \cdot 0,5 \cdot 1700 - 0,5 \cdot 6 \cdot 28,4) \cdot 0,76 \cdot 1,5 \cdot \frac{300}{1000} = 309,989.$$

Розрахунок кількості води, необхідної для приготування регенераційного розчину регенерацію Na-катіонітних фільтрів 1 ступені, м<sup>3</sup>

$$Q_{\text{р.р.1ст}} = Q_{\text{сNa1ст}} \frac{100}{1000 \cdot b_1 \cdot \rho_1} = (0,9 \cdot 0,62 \cdot 1700 - 0,5 \cdot 6 \cdot 6,7) \cdot 0,76 \cdot 2 \cdot \left( \frac{300}{1000} \right) \cdot \left[ \frac{100}{(1000 \cdot 8 \cdot 1,0559)} \right] = 3,67.$$

Кількість регенерацій за добу Na-катіонітних фільтрів 1 ступені



$$n_1 = 24 \cdot Ж_{\text{вих}} \cdot \frac{Q_{\text{необх}}}{f_{\text{Na1}} \cdot H_{\text{Na1}} \cdot E_{\text{роб.Na1}} \cdot a} =$$

$$= 24 \cdot 28,4 \cdot \left[ \frac{4}{[0,76 \cdot 2(0,9 \cdot 0,5 \cdot 1700 - 0,5 \cdot 6 \cdot 28,4) \cdot 1]} \right] = 2,639.$$

Кількість води на відмивання Na-катионітних фільтрів 1 ступені від продуктів регенерації, м<sup>3</sup>

$$Q_{\text{від1}} = q_{\text{вод1}} \cdot f_{\text{Na1}} \cdot H_{\text{Na1}} = 6 \cdot 0,76 \cdot 2 = 9,12.$$

Визначаємо кількість води на одну регенерацію Na-катионітних фільтрів 1 ступені, м<sup>3</sup>

$$Q_{\text{си1}} = Q_{\text{від1}} + Q_{\text{р.р.1ст}} =$$

$$= 6 \cdot 0,76 \cdot 2 + (0,9 \cdot 0,5 \cdot 1700 - 0,5 \cdot 6 \cdot 28,4) \cdot 0,76 \cdot 2 \cdot \left( \frac{300}{1000} \right)$$

$$\cdot \left[ \frac{100}{(1000 \cdot 8 \cdot 1,0559)} \right] = 12,79.$$

Визначаємо середню за годину витрату води на власні потреби Na-катионітних фільтрів 1 ступені, м<sup>3</sup>/год

$$Q_{\text{с.год.1}} = Q_{\text{си1}} \cdot a \cdot \frac{n_1}{24} =$$

$$= \left[ 6 \cdot 0,76 \cdot 2 + (0,9 \cdot 0,5 \cdot 1700 - 0,5 \cdot 6 \cdot 28,4) \cdot 0,76 \cdot 2 \cdot \left( \frac{300}{1000} \right) \right.$$

$$\cdot \left. \left[ \frac{100}{(1000 \cdot 8 \cdot 1,0559)} \right] \right] \cdot 1$$

$$\cdot \left[ \frac{24 \cdot 28,4 \cdot \left[ \frac{4}{[0,76 \cdot 2(0,9 \cdot 0,5 \cdot 1700 - 0,5 \cdot 6 \cdot 28,4) \cdot 1]} \right]}{24} \right] = 1,406.$$

Визначаємо необхідну продуктивність освітлюючих фільтрів, м<sup>3</sup>/год

$$Q_{\text{осв}} = Q_{\text{необх1ст}} + Q_{\text{с.год1}} = 5,42, \quad Q_{\text{необх1ст}} = 4,014, \quad Q_{\text{с.год1}} = 1,406$$

Визначаємо швидкість фільтрування Na-катіонітних фільтрів 1 ступені, м/год

$$W_{\text{Na1норм.}} = \frac{Q_{\text{осв}}}{f_{\text{Na1}} \cdot a} = \frac{(Q_{\text{необх1ст}} + Q_{\text{с.год1}})}{(0,76 \cdot 1)} = 7,132.$$

#### Розрахунок освітлюючих фільтрів

Кількість води на одне розпушуюче промивання освітлюючого фільтру, м<sup>3</sup>

$$d = 60 \cdot i \cdot t \cdot \frac{f_{\text{осв}}}{1000} = 60 \cdot 12 \cdot 20 \cdot \left(\frac{0,76}{1000}\right) = 10,944.$$

Середня за годину витрата води на власні потреби освітлюючих фільтрів, м<sup>3</sup>/год

$$q_{\text{осв}} = d \cdot r \cdot \frac{a}{24} = 60 \cdot 12 \cdot 20 \cdot \left(\frac{0,76}{1000}\right) \cdot 2 \cdot \left(\frac{1}{24}\right) = 0,912.$$

Необхідний обсяг ємності вихідної води, м<sup>3</sup>

$$\begin{aligned} V_{\text{вих}} &= 1,3(Q_{\text{осв}} + q_{\text{осв}}) = \left[ Q_{\text{необх1ст}} + Q_{\text{с.год1}} + 60 \cdot 12 \cdot 20 \cdot \left(\frac{0,76}{1000}\right) \cdot 2 \cdot \left(\frac{1}{24}\right) \right] \\ &= 8,232. \end{aligned}$$

Визначаємо швидкість фільтрування освітлюючих фільтрів, м/год

$$W_{\text{осв.норм.}} = \frac{Q_{\text{осв}} \cdot q_{\text{осв}}}{f_{\text{осв}}} = \frac{\left[ Q_{\text{необх1ст}} + Q_{\text{с.год1}} + 60 \cdot 12 \cdot 20 \cdot \left( \frac{0,76}{1000} \right) \cdot 2 \cdot \left( \frac{1}{24} \right) \right]}{(0,76 \cdot 1)}$$

$$= 7,132.$$

Розрахунок необхідної ємності баків розпушуючого промивання фільтрів

Корисна ємність баку повинна визначатися з розрахунку кількості води, необхідної для однієї розпушуючого промивання

Для розпушуючого промивання Na-катионітних фільтрів:

а) Na-катионітні фільтри 1ст, м<sup>3</sup>

$$Q_{\text{розп.Na1}} = i_{\text{Na}} \cdot f_{\text{Na1}} \cdot 60 \cdot \frac{t_{\text{Na}}}{1000} = 5 \cdot 0,76 \cdot 60 \cdot \left( \frac{20}{1000} \right) = 4,56;$$

б) Na-катионітні фільтри 1ст, м<sup>3</sup>

$$Q_{\text{розп.Na2}} = i_{\text{Na}} \cdot f_{\text{Na2}} \cdot 60 \cdot \frac{t_{\text{Na}}}{1000} = 5 \cdot 0,39 \cdot 60 \cdot \left( \frac{20}{1000} \right) = 2,34;$$

$$V_{\text{мNa}} = Q_{\text{розп.Na1}} + Q_{\text{розп.Na2}} = 4,56 + 2,34 = 6,3 \text{ м}^3.$$

Приймаємо обсяг баку розпушуючого промивання освітлюю чого фільтру приймаємо рівним кількості води для одного розпушуючого промивання (розрахунок див. вище), м<sup>3</sup>.

$$V_{\text{м.осв}} = 10,944 \text{ (приймаємо } 12 \text{ м}^3 \text{)}.$$

На підставі даних розрахунку, ХВО забезпечить очищення води зі ставка-мулонакопичувача до потрібних норм за умов роботи на рекомендованому обладнанні.

## 2.6 Характеристика проектного обладнання

Згідно з проектом ХВО повинна бути оснащена наступним обладнанням:

- два насоси вихідної води типу ЛМ50-12,5/50 (1-робочий, 1-резервний, продуктивність 12,5 м<sup>3</sup>/год, натиск 50 м вод.ст.);
- два насоси розпушення механічних та натрій-катіонітних фільтрів типу ЛМ65-25/32 (1-робочий, 1-резервний, продуктивність 25 м<sup>3</sup>/год, натиск 32 м вод.ст.);
- підігрівач водяний для вихідної води ТУ 400-28-429-82Е, площею нагріву -5,85 м<sup>2</sup>;
- три механічних фільтри ФОВ-1,0-0,6. Характеристика фільтру: однопотоковий, внутрішній діаметр – 1000 мм, висота корпусу 3015 мм, продуктивність – 10 м<sup>3</sup>/год, висота загрузки фільтруючого матеріалу - 1м, фільтруючий матеріал – термоантрацит;
- три натрій-катіонітних фільтра I ступені ФИПа1-1,0-0,6. Характеристика фільтр: внутрішній діаметр – 1000 мм, висота корпусу – 3015 мм, продуктивність – 24 м<sup>3</sup>/год, висота загрузки фільтруючого матеріалу – 2 м, фільтруючий матеріал – КУ-2-8;
- три натрій-катіонітних фільтра II ступені ФИПа1-0,7-0,6. Характеристика фільтру : внутрішній діаметр - 700 мм, висота корпусу – 3268 мм, продуктивність – 12 м<sup>3</sup>/год, висота загрузки фільтруючого матеріалу – 1,5 м, фільтруючий матеріал – КУ-2-8;
- бак збирання хімоочищеної води – діаметром 1670 мм, висотою 2055 мм, обсягом 6,35 м<sup>3</sup>;
- два насоси хімоочищеної води ЛМ32-6,3/32, продуктивністю 6,3 м<sup>3</sup>/год напір 32 м вод.ст.;
- резервуар мокрого зберігання солі, обсягом 8 м<sup>3</sup>;
- два насоси міцного розчину солі Х-50-32-125, продуктивністю 12,5 м<sup>3</sup>/год, напір 20 м вод.ст.;

- два солерозчинника типу С-1,0-1,0. Характеристика солерозчинника – діаметр - 700 мм, обсяг - 1 м<sup>3</sup>, загальна висота фільтруючого матеріалу – 0,5 м: кварц, розмір фракції від 2,5 мм до 5 мм – 0,1 м, кварц, розмір фракції від 1,0 мм до 2,5 мм – 0,2 м, кварц, розмір фракції від 5,0 мм до 10 мм – 0,2 м.
- два баки регенераційного розчину солі, обсягом 6,3 м<sup>3</sup> кожен;
- два насоси регенераційного розчину солі Х50-32-125, продуктивністю 12,5 м<sup>3</sup>/год напір 20 м вод.ст.

## 2.7 Підбір обладнання для роботи ХВО на шахтній воді

За результатами хімічного аналізу шахтної води з радіального згущувача №1 вміст зважених речовин складає 116 мг/л, хімічне споживання кисню (ХСК) – 45,32 мг/дм<sup>3</sup>. Згідно [7] при використанні води з поверхневих джерел при кількості зважених речовин більш ніж 100 мг/дм<sup>3</sup> та ХСК більше 15 мг/дм<sup>3</sup> необхідно передбачати перед очищення вихідної води коагуляцією в освітлювачах.

У ставку-мулонакопичувачі вміст зважених речовин складає 21,2 мг/дм<sup>3</sup> та ХСК – 45,32 мг/дм<sup>3</sup>, що дозволяє, при заборі води безпосередньо з нього, обмежитись встановленням баку вихідної води.

Для зниження ХСК використовують прямоточну коагуляцію з подачею коагулянту – сірчаноокислого алюмінію або його аналогів – у напірний трубопровід насосів подачі вихідної води на фільтри ФОВ.

Для роботи хімводоочищення з шахтною водою в якості основної вихідної води рекомендуую виконати наступне:

- побудувати прямокутник для приймання води зі ставка-мулонакопичувача;
- біля прямокутника змонтувати два насоси та трубопровід подачі води з прямокутника до баку вихідної води;
- змонтувати бак вихідної води;

- змонтувати два насоси подачі вихідної води з баку вихідної води на ХВО;
- змонтувати трубопровід подачі конденсату з баку збирання конденсату в бак вихідної води;
- встановити бак збирання конденсату з насосами подачі конденсату. Для охолодження конденсату перед його подачею до баку передбачити теплообмінник;
- встановити бак розпушення натрій-катионітних фільтрів з насосами розпушуючого промивання фільтрів;
- встановити бак розпушення освітлюючих фільтрів з насосами розпушуючого промивання фільтрів;
- встановити два баки хімоочищеної води обсягом 6,3 м<sup>3</sup>.

Висота шару загрузки катионіту натрій-катионітних фільтрів, згідно вимогам галузевого каталогу, повинні відповідати рекомендованим величинам (I ступінь – 2 м, II ступінь – 1,5 м).

Відповідно до [7] виконати захист обладнання від корозії.

Реалізація рекомендацій дозволить, на підставі розрахунку забезпечити очищення води зі ставка-мулонакопичувача до потрібних норм та роботу ХВО в цілому.

Передбачити вузол очищення конденсату та встановити резервний бак збору конденсату ємністю 3 м<sup>3</sup>.

## ВИСНОВКИ

1. Будівництво котельні на ЦЗФ м. Мерефа вирішить проблему теплопостачання району міста.

2. Запропоновано для котельні використовувати існуюче приміщення загальним розміром 30×21,5 метрів та висотою 10,2 м.

3. Було запропоновано встановлення двох котлів КЕ-10/14 на існуючі фундаменти топок. Також був проведений тепловий розрахунок котла.

4. За результатами теплового розрахунку роботи котла на вугіллі марки «Г», з нижчою теплотою згорання 5458 ккал/кг витрата палива на опалення складає 1356,7 кг/год. При цьому найбільші втрати тепла є втрати з вихідними газами, які складають 10,233 %.

5. У зв'язку з сучасною тепловою ізоляцією котельної установки втрати тепла в навколишнє середовище складають 1,756 %.

6. Корисно використане тепло котла складає 5706676 ккал/кг.

7. Температура газів складає: на виході з фестону – 998,7 °С; на виході з котельного пучка – 486,9 °С; на виході з економайзеру – 443,6 °С; на виході з повітропідігрівача – 200,6 °С.

8. Були проведені розрахунки для роботи ХВО з питною водою, та надані рекомендації для підбору обладнання ХВО для якісної роботи та досягнення потрібних норм ХО води. Була визнана можливість роботи проектного обладнання на резервному джерелі водопостачання (шахтною водою).

9. За результатами проведеної роботи можна зробити наступні висновки:

- стабільна робота ХВО на проектному обладнанні можлива при використанні води з міського водопроводу.

- використовуючи рекомендоване обладнання та рекомендовані висоти загрузок фільтрів можлива робота ХВО з шахтною водою та досягнення потрібних норм ХО води.

10. Використовуючи рекомендоване обладнання можливо використовувати шахтну воду як основну вихідну води для ХВО, а питну воду з міського водопроводу зробити резервним джерелом водопостачання. Використання шахтної води дозволить суттєво зменшити витрати на роботу котельні.



## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. ДСТУ Б В.2.6-189. Методи вибору теплоізоляційного матеріалу. [Чинний від 2014-01-01]. Київ, 2014. (Інформація та документація)
2. ДБН В.2.5-39: 2008. Теплові мережі. [Чинний від 2009-01-07] - Київ, Мінрегіонбуд України, 2009. 56 с.
3. Маляренко С. А. "Теплотехническая теплофизика ограждающих конструкций зданий и сооружений", Харьков, 2001.
4. Варламов Р. Б., Любчик Р. М., Маляренко С. А. Теплоенергетичні установки та екологічні аспекти виробництва енергії: Підручник. – К : ІВЦ "Політехніка", 2003. 232 с.
5. ДБН В.2.5-77:2014. Котельні. [Чинний від 01.01.2015]. Київ, 2014. Доступно: [http://nmcprz.ho.ua/document/biblio\\_01/DBN\\_V\\_25\\_77\\_14.pdf](http://nmcprz.ho.ua/document/biblio_01/DBN_V_25_77_14.pdf) [Дата звернення 4 квітня 2022].
6. ДБН В.2.2-24-2009. Проектування висотних житлових і громадських будинків. [Чинний від 2009-09-01]. Київ, 2009. (Інформація та документація).
7. Енергозбереження в теплопостачанні: текст лекцій для студентів спеціальності «Теплоенергетика» [Електронний ресурс] / Уклад. М. Ф. Боженко. Вид. 2-е, перероб. і доп. – Київ : НТУУ «КПІ», ТЕФ, 2015. 225 с.
8. Anatoliy Pavlenko, Valeriy Ivanovich Deshko, Andrii O. Cheilytko, Iryna Sukhodub. Efficiency of using energy in the housing sector. Monografie. Kielce: Kielce University of Technology. 2020. P.147 ISBN 978-83-65719-97-3.
9. Назарова В. І. Сучасні системи опалення. - Рівне : Вид-во РІПОЛ класик, 2011. 320 с. Доступно:<https://www.labyrinth.ru/books/761839/>
10. Кравченко В. С., Саблій Л. А. Гаряче водопостачання будівель: навч. посібник. – Рівне : Рівненський державний технічний університет, 1999. 74 с.
11. Тепловий розрахунок промислових котлів: Навч. посібник для вузів. Під ред. В.І. Частухіна. Київ : Вища школа. Головне видавництво, 1980. 184 с.
12. ДБН В.2.2-28:2010 Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення 2011.

13. ДБН В.2.5-77:2014 Котельні 2014.
14. НАПБ А.01.001-2004 Правила пожежної безпеки в Україні.
15. Левцев А. П., Ванін А. Г. Проектування теплопостачання підприємств (курсове проектування): Навчальний посібник. - Саранськ: Вид-во Мордов. ун-ту, 2000. 160 с.
16. Ткаченко С. Й. Розрахунки теплових схем і основи проектування джерел теплопостачання / С. Й. Ткаченко, М. М. Чепурний, Д. В. Степанов. – Вінниця : ВНТУ, 2005. 137 с.
17. Ільїн С. В. Чейлітко А. О. Кушнір С. М. Черненко Т. В. Енергетична ефективність будівель та інженерних систем: монографія. Запоріжжя : Видавничий дім "Гельветика", 2021. 180 с.
18. Elliott, R. N., Vendors as Industrial Energy Service Providers, American Council for an Energy-Efficient Economy, Washington, D.C., July 2002.
19. Норми та вказівки по нормуванню витрат палива та теплової енергії на опалення житлових та громадських споруд, а також на господарсько-побутові потреби на Україні. – Київ : КТМ 204 України 244-94, 1996. 636 с.
20. Рекомендації з проектування теплових мереж з попередньо теплогідрозольованих труб. Видав. ВАТ “Енергоресурс”. – Львів, 2001.