

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

КАФЕДРА ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКИ ТА ГІДРОЕНЕРГЕТИКИ

Кваліфікаційна робота
перший бакалаврський
(рівень вищої освіти)

на тему Реконструкція котельної по вул. Зеленій
сел. Великий 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)

Є.Д. Виноградов

(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

_____ Виноградову Євгенію Дмитровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи (проекту) Реконструкція котельної по вул. Зеленій

сел. Великий Луг 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 – -21 °С;
початкова температура води зимового періоду – +5 °С; паливо - природний газ;
параметри теплоносія: на потреби опалювання – 95/70 °С; на потреби ГВП –
55 °С

3 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Характеристика існуючого положення та основні технологічні рішення. Теплова схема і характеристика устаткування. Розрахунок і вибір основного та 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 _____ Є.Д. Виноградов _____
(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 кваліфікаційної роботи на тему «Реконструкція котельної по вул. Зеленій сел. Великий Луг м. Запоріжжя» містить 73 сторінки, 15 таблиць, 20 джерел посилань.

КОТЕЛ, ВОДОПІДГОТОВКА, ГАЗОХІД, ГАЗОВИЙ ПАЛЬНИК, ДИМАР, ГАЗОПРОВІД, НАСОС, Na-КАТІОНІТНИЙ ФІЛЬТР, ДИМОСОС, ВОДОПІДГРІВАЧ

Об'єкт дослідження – котельна по вул. Зеленій сел. Великий Луг.

Мета проекту – реконструкція котельної з газоустаткуванням котлів.

Метод дослідження – розрахунково-графічний з використанням стандартних методик.

У котельній пропонується встановити 5 водогрійних котлів типу НІСТу-5М.

Для спалювання рідкого палива котли обладнані пальниковим блоком АР-90. Для видалення димових газів встановлені димососи типу ДН-11 і ВДН-10. Димові гази видаляються через два металевих димаря.

Реконструкція котельної передбачає заміну фізично зношених котлів, пальникових пристроїв, димаря № 1.

У котельній передбачається встановити 5 котлів на існуючі фундаменти з пальниковими блоками МДГГ-75 під час переходу роботи котельної на природний газ.

Встановлені котли підключаються до існуючих мережевих і дренажних трубопроводів котельної. Робота вузла водопідготовки, вузла ГВП, робота мережевих і підживлюючих насосів залишається без змін. Видалення димових газів передбачається через димар № 2.

Крім того, передбачається установка байпасу на загальному вході для роботи котлів на природній тязі при малому тепловому навантаженні на котельню, а також заміну газоходів від котлів до димососів і посиленню опорних конструкцій димаря.

Реконструкцією передбачається прокладення газопроводів усередині котельної, установка вузла комерційного обліку витрати газу котельної, вузла регулювання тиску газу, прокладення газопроводу середнього тиску від ГРП до будівлі котельної. Робота котлів автоматизується.

Реконструкція дозволить не лише підвищити ефективність роботи котлів, але й понизити витрати на обслуговування і експлуатацію.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ІСНУЮЧОГО ПОЛОЖЕННЯ.....	8
1.1 Основні технологічні рішення.....	9
1.2 Хім.водоочищення.....	10
1.2.1 Технічні удосконалення.....	11
1.2.2 Налагоджувальні роботи.....	12
1.2.3 Економічність виконаних заходів.....	14
1.2.4 Технологічна схема і коротка характеристика устаткування водопідготовки.....	18
1.2.5 Пуско-налагоджувальні роботи.....	20
1.2.6 Процес зм'якшування води на Na-катіонітних фільтрах.....	21
1.2.7 Обслуговування Na-катіонітної установки.....	23
1.3 Норми якості води.....	30
1.4 Газоустаткування котлів.....	31
1.5 Газопостачання котельної. Зовнішні газопроводи.....	31
2 РОЗРАХУНОК І ВИБІР ГАЗОВОГО УСТАТКУВАННЯ ТА СИСТЕМИ ГАЗОПОСТАЧАННЯ.....	33
2.1 Водопідготовка і водопостачання.....	33
2.2 Розрахунок Na-катіонітної установки.....	33
2.3 Теплова схема котельної.....	40
2.4 Котлоагрегат та його характеристики.....	41
2.5 Розрахунок коефіцієнта корисної дії котла НІСТу-5М.....	43
2.6 Устаткування і трубопроводи рідкого палива.....	45
2.7 Вибір устаткування котельної.....	47
2.7.1 Вибір мережевих насосів.....	47
2.7.2 Вибір підживлюючих насосів.....	48
2.7.3 Вибір рециркуляційних насосів.....	49
2.7.4 Вибір насосів холодної води.....	50

2.7.5 Вибір насосів ГВП.....	50
2.7.6 Вибір насосів робочої рідини.....	50
2.7.7 Вибір насосів сольового розчину.....	51
2.7.8 Вибір димососів.....	51
2.7.9 Допоміжне устаткування ХВО.....	52
2.7.10 Вибір деаераційної колонки ГВП.....	53
2.7.11 Розрахунок охолоджувача випару.....	55
2.7.12 Технологічна схема вузла ГВП.....	57
2.7.13 Розрахунок газоповітряного тракту і перевірочний розрахунок димаря.....	58
2.8 Тепловий, конструктивний і механічний розрахунки нестандартного устаткування котельної.....	62
2.8.1 Розрахунок газомазутного пальника МДГГ-75-Г.....	62
2.8.2 Газорозподільний пункт.....	66
2.8.3 Розрахунок діаметру газопроводу.....	67
ВИСНОВКИ.....	70
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	71

ВСТУП

Котельна установка - сукупність котла і допоміжного устаткування, що включає в собі: систему газопостачання, дуттєві вентилятори і повітроводи, димососи, збірні газоходи, димар, устаткування водопідготовки, насоси різного призначення, теплообмінні апарати, системи автоматичного регулювання і безпеки спалювання палива, пульт управління, трубопроводи і встановлена на них арматура.

У газифікованій котельні система газопостачання включає: зовнішні і внутрішні газопроводи, установки для зниження і регулювання тиску газу, вузол обліку витрати газу, газові пальники з паливневими пристроями, що відносяться до них, тягодуттєві машини і газоповітряні тракти.

При переведенні котлів на газове паливо вибираються типорозміри газових пальників, їх кількість, місце розташування. Газові пальники призначені для подачі до місця горіння окремо газу і повітря, забезпечення стійкого згорання газового палива та регулювання горіння.

Газове паливо має ряд переваг в порівнянні з твердим і рідким:

- доставляється безпосередньо споживачеві, що звільняє транспорт для перевезення інших вантажів;
- для зберігання газу не вимагається наявності складів;
- не потрібен транспорт для вивезення шлаку;
- відпадає необхідність пристрою золоуловлюючих установок;
- не вимагає підготовки перед спалюванням.

При використанні газового палива в котельних покращуються умови праці обслуговуючого персоналу, а також можна збільшити вироблення пари та гарячої води котельної установки і підвищити її ефективність.

Максимальне значення ККД відповідає певній продуктивності і певному режиму пальників. При зміні оптимального режиму ККД зменшується. Тому, якщо в котельній працює декілька котлів, бажано, щоб регулювання

продуктивності виконувалося на одном-двох котлах, а інші працювали в оптимальному режимі.

Витрати теплоти на власні потреби в газифікованих котельних приймаються рівними від 1 до 4 % від виробленої теплової енергії.

1 КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ІСНУЮЧОГО ПОЛОЖЕННЯ

Кваліфікаційна робота по темі «Реконструкція котельної по вул. Зеленій сел. Великий Луг м. Запоріжжя» виконувалась на підставі рішення сесії Запорізької міської ради.

Реконструкцією передбачається наступний об'єм робіт:

– установка п'яти водогрійних котлів типу НІСТу-5М в існуючій котельні;

– заміна димаря № 1;

– розрахунок газопроводів;

– розрахунок Na-катіонітної установки;

– заміна пальників в котлах на газові.

Котельня по вул. Зеленій розташована в санаторно-курортній зоні м. Запоріжжя в сел. Великий Луг. Котельня призначена для покриття теплових навантажень на потреби опалювання і гарячого водопостачання житлової забудови по вул. Зеленій і санаторію "Великий Луг".

Котельня побудована в 70-х рр. і працює на рідкому паливі. Димові гази видаляються двома металевими димарями діаметром – 800 мм і заввишки – 32 м. Зважаючи на повний фізичний знос котли і димар № 1 вимагають заміни.

Для приготування гарячої води на потреби гарячого водопостачання на котельній обладнаний централізований вузол ГВП з кожухотрубчастими підігрівачами для нагріву води, насосами ГВП і деаераційною установкою. На території котельної розташовано два баки-акумулятори ГВП, місткістю – 200 м³, і паливне господарство, обладнане місткостями для зберігання палива, підігрівачами підігрівання палива і насосами для подачі палива до пальників.

Підживлення мережі здійснюється хім.очищеною водою підживлюючим насосом. Для приготування підживлюючої води обладнана водопідготовча установка із зм'якшуванням води в Na-катіонітних фільтрах d=1500 мм за двоступінчастою схемою.

Водопостачання котельної передбачається від селищного водопроводу. На вводі встановлений водомір для обліку витрати холодної води типу СТВГ-65. Віддаленість котельної від мереж водоканалу – 250 м.

Стоки від котельної скидаються в каналізацію. Скидання стоків передбачається з температурою не вище 40 °С через барботажний колодязь.

Існуюче опалювання котельної забезпечує необхідну температуру. Зовнішні теплові мережі знаходяться в задовільному стані і їх реконструкція не передбачається. Встановлена теплопродуктивність котельної складає – 4,0 МВт.

Навантаження, що підключається:

- опалення – 2,51 Гкал/год.;
- гаряче водопостачання – 0,34 Гкал/год.;
- перспектива – 0,54 Гкал/год.

1.1 Основні технологічні рішення

Згідно з початковими даними реконструкція котельної передбачає виконання робіт по:

- реконструкції газоустаткування котлів;
- заміні зернистого завантаження Na-катіонітної установки.

Реконструкція котельної передбачає заміну фізично зношених приладів і пристроїв пальників.

У котельній передбачається встановити п'ять котлів НІСТу-5М на діючі фундаменти з блоками пальників АР-90 при роботі котлів на рідкому паливі. Під час переходу роботи котельної на природний газ – встановити пальники МДГГ-75-Г.

Встановлені котли підключаються до існуючих мережевих і дренажних трубопроводів котельної. Подача рідкого палива до пальників котлів передбачається по існуючій на котельній паливній схемі.

Робота вузла водопідготовки, вузла ГВП, робота мережєвих і підживлюючих насосів залишається без змін.

Видалення димових газів передбачається через димар № 2 діаметром – 800 мм, заввишки – 32,0 м.

В даній реконструкції передбачається зробити пристрій байпаса на загальному підході, для роботи котлів на природній тязі при малому питомому тепловому навантаженні, заміну газоходів від котлів до димососів і посилення опорних конструкцій димаря.

У роботу першої черги включено прокладення газопроводів усередині котельної, газоустаткування котлів, пристрій вузла комерційного обліку витрати газу котельної, вузла регулювання тиску газу, а також прокладення трубопроводу середнього тиску від ГРП до будівлі котельної. Робота котлів автоматизується.

1.2 Хім.водоочищення

Хім.водоочищення (ХВО) котельної продуктивністю 60 м³/год., яка складається з трьох Na-катіонітних фільтрів I ступеня типа ФП-1,0-0,6. ХВО потрібне для зм'якшування початкової водопровідної води і підживлення водогрійних котлів. ХВО обладнане необхідним допоміжним устаткуванням: насосами, сольовим господарством, баком розпушуючої води і так далі.

Усі три фільтри мають нижні дренажні системи з ковпачків типу К-500 і завантажені сульфовугіллям (СВ).

Середньостатистичні показники роботи фільтрів, при завантаженні їх СВ (див. таблицю 1), свідчать про низькі фільтроцикли (до 80 м/год.) і високих питомих витратах солі (до 267 г/г-екв.), що веде до інтенсифікації праці апаратників, перевитрати повареної солі, погіршення якості стоків і збільшення їх кількості.

1.2.1 Технічні удосконалення

В цілях поліпшення вказаних показників, сульфовугілля у фільтрах було замінене на катіоніт типу КВ-2-8, що має в порівнянні зі СВ деякі особливості в експлуатації, що і потребує виконання налагоджувальних робіт.

Технологічні властивості катіоніту КВ-2-8.

1. Розмір зерен – (0,3...1,25) мм.
2. Обмінна місткість – (950...1100) г-екв./м³.
3. Насипна маса набряклого продукту – 0,34 т/м³.
4. Коефіцієнт набрякання сухого продукту – 2,1.
5. Коефіцієнт перерахунку сухого продукту в товарний 1:3.

З метою уникнення виносу дорогого катіоніту КВ-2-8 через дренажні системи та надання їм більшій надійності, полімерні щілинні ковпачки К-500 будуть замінені на фільтруючі елементи (ФЕЛ), які виконані з нержавіючої сталі.

ФЕЛ уявляють собою жорстку конструкцію, що складається з верхньої сферичної голівки Ø76 мм, до якої приварено дві стрічки з нержавіючої сталі шириною 4 мм і завтовшки 0,2 мм. Одна з них має лінійний профіль, друга - прямокутно-зігнуту форму, що утворює рівномірно розподілені по площі щілини (0,2x2,3 мм).

Стрічки розташовані по спіралі з приварюванням на кінцях. Поверхня, що фільтрує, розташована під сферичною голівкою і звернена до днища фільтру.

ФЕЛ мають приєднувальні штуцера з різьбленням і накручуються на ніпелі перегородки "фіктивного" днища.

Технічна характеристика ФЕЛ:

- діаметр – 76 мм;
- "живий" переріз щілин – 1080 мм²;
- площа фільтрування (брутто) – 3500 мм²;
- розмір щілин – (0,2...0,3) мм;
- допустимий перепад тиску – до 0,6 МПа;

- гідравлічний опір – до 0,016 МПа;
- пропускна спроможність – до 4 м³/год.;
- робоча температура – до 120 °С;
- матеріал – сталь нержавіюча 1Х18Н9Т.

Завдяки великій площі фільтрування (в порівнянні з ковпачками К-500 вона вище в 7 разів) і розвиненому "живому" перерізу, на один фільтр монтується усього 13 шт. ФЕЛ, замість 60 ковпачків К-500, що підвищує ступень надійності дренажної системи, збільшуючи при цьому пропускну спроможність фільтру.

1.2.2 Налагоджувальні роботи

Налагоджувальні роботи на фільтрах, при завантаженні їх катіонітом КВ-2-8, зводяться до наступного:

- до підготовки катіоніту до роботи;
- до зняття технологічних характеристик;
- до встановлення оптимальної витрати повареної солі на регенерацію;
- до встановлення режиму розпушування катіоніту (щоб уникнути його винесення), що, зрештою, є основою до складання режимної карти.

В процесі виконання налагоджувальних робіт виявлені деякі недоліки в експлуатації існуючого устаткування.

Підготовка катіоніту до роботи полягає у відмиванні його від кислоти (постачання заводом – в Н-формі) і відмиванні від дрібниці. Відмивання катіоніту від кислоти займає (7...10) діб, закінчується при $\Sigma_{\text{від.в}} = \Sigma_{\text{точ.в}}$ і цілком залежить від інтенсивності відмивання.

Видалення дрібної фракції катіоніту (як правило це роздроблені його зерна, що не беруть участь в іонному обміні) виробляється при розпушуванні. Ефективність відмивання оцінюється візуально. Видалення або винесення цілих зерен катіоніту не допускається.

В результаті оптимізації витрати повареної солі на регенерацію тривалість фільтроциклів складала – (160...207) год., кількість пропущеної води за фільтроцикл – (500...600) м³, місткість поглинання складала – (1300...1550) г-екв/м³ при питомій витраті солі (130...140) г/г-екв.

З таблиці 1.1 і графіку (див. рис. 1), на якому представлена залежність обмінної здатності катіоніту від витрати повареної солі в г/г-екв. і кг/м³ видно, що оптимальною витратою солі є величина (160...170) кг/м³, що відповідає питомій витраті (130...140) г/г-екв. При завантаженні у фільтр 1,5 м³ катіоніту ця величина складе (260...270) кг.

При збільшенні питомої витрати більш (160...170) кг/м³ не відбувається значного зростання обмінної місткості катіоніту, а при її зниженні різко знижується ефективність використання.

Згідно з таблицею 1.1 регенерація катіоніту здійснювалася (2...3) порціями розчину NaCl, що пояснюється недостатністю об'єму бака розчину солі.

На ефективність проведення регенерації катіоніту істотний вплив чинить температура і концентрація регенераційного розчину. Встановлено, що оптимальними їх значеннями є: температура (35...50) °С і концентрація (8...11) %.

При концентрації розчину 8 % і витраті солі на регенерацію (260...270) кг, об'єм регенераційного розчину складе – 3,1 м³, а при концентрації 11 % – (1,1...2,2) м³. Отже, об'єм бака солі має бути рівним (8...10) м³, тобто вмещувати в себе (2...3)-кратну кількість розчину солі, необхідну для регенерації.

Оскільки катіоніт KB-2-8 має насипну масу приблизно в два рази меншу, ніж СВ, то ця обставина повинна враховуватися при виконанні операції "розпушування", щоб уникнути винесення катіоніту через верхній дренаж.

До того ж збільшення тривалості фільтроциклів в (3...4) рази веде до ущільнення шару катіоніту, що також накладає свої особливості на проведення розпушування.

У зв'язку з цим рекомендується робити розпушування з попереднім зливом води з фільтру. Це дозволить на початковій стадії розпушування підвести шари катіоніту, що злежалися, і перевести увесь його об'єм в зріджений стан. При цьому необхідно, щоб лінія повітряку була повністю відкрита, з метою уникнення забивання її катіонітом у момент виходу перших порцій розпушуючої води.

Якісне розпушування катіоніту – це гарантія якнайповнішої його регенерації.

Необхідно дуже уважно стежити за тим, щоб з першими порціями води через верхній дренаж не виносилися великі зерна катіоніту. Якщо винесення зерен все-таки є, необхідно плавно прикрити вентиль на вході розпушуючої води і відрегулювати її подачу так, щоб припинилося винесення великих зерен. При цьому не слід навіть на короткий час повністю закривати надходження води, тому вентиль на лінії верхнього дренажу має бути повністю відкритий.

1.2.3 Економічність виконаних заходів

Основні витрати при зм'якшуванні води складаються з разових (придбання катіоніту, ремонту устаткування і так далі) і постійних (сіль, вода, електроенергія, штрафи по екології і так далі).

Наведемо порівняльну характеристику лише деяких з цих складових для варіантів завантаження фільтрів СВ і КВ-2-8 (див. таблицю 1.1). Для розрахунку прийнята величина виробленої води – 15000 м³ на рік.

Як бачимо з приведених розрахункових даних, показники при переході з СВ на КВ-2-8 по витраті повареної солі, води на власні потреби, загальній кількості води, що скидається, і хлоридів покращуються в (1,5...3) рази.

До негативних моментів відноситься лише збільшення змісту хлоридів в стічних водах в 2 рази, що цілком зрозуміло. Проте, за рахунок зниження кількості стічних вод, загальне скидання хлоридів значно скоротиться.

Таблиця 1.1 – Порівняльна характеристика завантаження фільтрів

Показники	Катіоніт	
	СВ	КВ-2-8
Об'єм виробленої води, м ³ /рік	15000	15000
Кількість води за фільтроцикл, м ³	80	480
Кількість регенерацій	187	31
Витрата солі на 1 регенерацію, кг	90	260
Загальна витрата солі, кг/рік	16830	8060
Кількість води на 1 рег. м ³ , всього у тому числі:	7,2	12,4
- на приготування рег. розчину, м ³ ;	12	3,1
- на відмивання, м ³	6	9,3
Загальна витрата води на регенерацію, м ³ /рік	1346,4	384,4
Кількість хлоридів в рег. розчині, кг	56,4	161
Концентрація хлоридів в стоячій воді при регенерації (усереднена величина), г/л	7,58	13,4
Загальна кількість хлоридів, що скидаються, кг	1418	415,4

При експлуатації фільтрів слід керуватися складеною режимною картою (див. таблицю 1.2).

Таблиця 1.2 – Режимна карта Na-катіонітних фільтрів I ступеня ХВО котельної

Операції	Показники
1	2
РОЗПУШУВАННЯ	
- інтенсивність, м ³ /м ³	(3,5...4)
- тривалість, хв.	30 (до освітлення)
- витрата води, м ³	(5...6)

Продовження таблиці 1.2

1	2
РЕГЕНЕРАЦІЯ	
- витрата повареної солі, кг	(260...270)
- концентрація рег. розчину, %	(8...11)
- тривалість пропуску рег. розчину, хв.	(50...60)
- тривалість знаходження іоніту в статичному контакті з рег. розчином, хв.	(20...30)
- витрата води, м ³	(2,2...3,1)
ВІДМИВАННЯ ВІД ПРОДУКТІВ РЕГЕНЕРАЦІЇ	
- інтенсивність, м ³ /м ³	6
- тривалість, хв.	(40...60)
- жорсткість фільтрату у кінці відмивання, мг-екв/л	200
- вміст хлоридів, мг/л	на 39 мг/л більше, ніж в початковій воді
- витрата води, м ³	(9...10)
ЗМ'ЯКШУВАННЯ	
- кількість паралельно працюючих фільтрів, шт.	1
- жорсткість фільтрату протягом фільтроциклу, мг-екв/л	(10...20)
- жорсткість фільтрату у кінці фільтроциклу, мг-екв/л	200
- вироблення води за фільтроцикл, м ³	(480...500)
- продуктивність фільтру, м ³ /год.	16

При зміні показників необхідно з'ясувати і усунути причини. Температуру води, що поступає на зм'якшування регенераційного розчину, підтримувати в межах (35...40) °С, для чого необхідно підвести гарячу воду в сольовий осередок і бак регенераційного розчину солі.

Крім того, необхідно збільшити об'єм бака розчину солі (9...10) м³ за рахунок його нарощування і підйому в цілях усунення "мертвої" зони.

Результати випробувань Na-катионітних фільтрів наведені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Результати випробувань Na-катионітних фільтрів

Ж _{поч.в.} , мг-екв./л	Т _{ф.цкл.} , ч	Q _{води} , м ³	L, г-екв.	l, г-екв.	Регенерація						N, кг	n ₁ , кг/м ³	n ₂ , г/г- екв.
					1 порція		2 порція		3 порція				
					м ³	%	м ³	%	м ³	%			
Катіоніт KB-2-8													
4,4	69	206	906	585	1,3	11	1	6	-	-	220	142	243
4	152	445	1781	1149	1,3	10	1	10	-	-	251	162	141
4,1	160	495	2030	1309	1,3	8	1	14	-	-	264	170	130
4,0	189	573	2292	1479	1	10	1	10	1	10	321	207	140
4	207	595	2378	1534	1	10	1	10	1	10	321	207	135
4,4	130	527	2320	1497	1,1	9	1,1	9	1	11	329	212	142
4,2	192	567	2381	1536	1,1	12	1,3	12	-	-	338	218	142
Катіоніт СВ													
4,2	10	80	336	217	1,2	8	-	-	-	-	90	58	267

1.2.4 Технологічна схема і коротка характеристика устаткування водопідготовки

Для технологічних потреб котельної використовується вода з міського водопроводу, яка по магістральному трубопроводу подається на пароводяний теплообмінник, де нагрівається до температури 40 °С і далі поступає до Na-катіонітних фільтрів.

Хімічний склад початкової води наведений в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Хімічний склад початкової води

Показник	Одиниці виміру	Величина
HCO_3^-	мг/л	272
Ca^{2+}	мг-екв/л	2,5
Mg^{2+}	мг-екв/л	1,1
$\text{Na}^+ + \text{K}^+$	мг/л	126
Загальна жорсткість	мг-екв/л	4,0
Загальна лужність	мг-екв/л	2,8

ХВО прийнята за схемою двоступінчастого Na-катіонування, що забезпечує необхідну по нормах якість води.

На котельній встановлюються чотири Na-катіонітних фільтри типу ФП-2,0-0,6. Щілинний проміжок нижньої дренажної системи не перевищує 0,3 мм, що оберігає катіоніт робочої фракції від вимивання в дренаж. Фільтри завантажуються катіонітом марки KB-2-8KP. Висота завантаження катіоніту – 2 м.

Технологічні властивості і вимоги до якості катіоніту KB-2-8KP наведені в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – Технологічні властивості і якість KB-2-8KP

Найменування показників	Норма
Зовнішній вигляд	Зерна сферичної і неправильної форми від жовтого до темно-коричневого кольору. Допускається наявність поодиноких білих зерен і до 1 % чорного зерна
Гранулометричний склад:	
– розмір зерен, мм;	(0,315...2,0)
– об'ємна доля робочої фракції, мм	94
Масова доля води, %	(45...55)
Питомий об'єм в Н-формі см ³ /г, не більш	2,9
Динамічна обмінна місткість, моль/м ³ , не менше	1400
Насипна маса, т/м ³	0,77
Максимальна робоча температура, °С	120
Робочий діапазон рН	(1...14)
Швидкість фільтрації, м/год., у процесі:	
– катіонування;	(20...30)
– відмивання від регенерату;	(5...7)
– розпушування	-
Ступень регенерації катіоніту, %	(60...100)

У зв'язку з чутливістю катіоніту до температури робочого середовища на лінії початкової води встановлений пароводяний теплообмінник, що забезпечує підігрівання оброблюваної води до 40 °С.

Регенераційне господарство є сольовими ямами мокрого зберігання солі, що з'єднані між собою, і виконані з нержавіючої сталі. З сольових ям міцний розчин подається в бак-солерозчинник. Схемою ХВО передбачений бак розпушування фільтрів, який є і баком-збірником відмивної води. Приготований регенераційний розчин сольовим насосом подається на Na-катионітні фільтри.

Характеристика Na-катионітних фільтрів наведена в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 - Характеристика Na-катионітних фільтрів

Кількість, шт.	Продуктивність кожного, т/год.	Зовнішній діаметр, мм	Висота, мм	Примітка
4	30	2000	3500	Наповнювач КВ-2-8КР

1.2.5 Пуско-налагоджувальні роботи

Перед завантаженням катіоніту була зроблена ревізія верхнього розподільного пристрою і вивантаження забрудненого верхнього шару катіоніту. Вивантаження і завантаження катіоніту робили через верхній оглядовий люк. Протягом доби відбувається набрякання катіоніту, а потім потоком початкової води зверху вниз робиться відмивання КВ-2-8КР від кислоти в дренаж. Закінчення відмивання визначається по реакції фільтрату на водний розчин метилоранжу. Після досягнення лужності фільтрату 2/3 величини початкової води і повторенні отриманих результатів після тригодинної зупинки процесу відмивання катіоніт вважається відмитим від кислоти і готовим до подальших операцій. Далі слідує розпушування катіоніту і відмивання його при цьому від дрібної фракції ($5 < 0,4$ мм). При проведенні лабораторних випробувань катіоніту отримана величина робочої обмінної місткості 917 г-екв/м³. В процесі лабораторного фільтроциклу глибина зм'якшування початкової води досягала (10...20) мкг-екв/л.

1.2.6 Процес зм'якшування води на Na-катіонітних фільтрах

Na-катіонітна установка призначена для зниження вмісту солей жорсткості до гранично допустимої величини. Видалення солей жорсткості робиться за допомогою іонообмінного матеріалу - катіоніту. На котельних широкого поширення набуло сульфовугілля марки СВ-1 і синтетична смола КВ-2-8 різних модифікацій. Основною характеристикою катіоніту є його динамічна обмінна місткість (для СВ – (280...320) г-екв/м³, для КВ-2-8 – (950...1400) г-екв/м³).

Жорсткість початкової води обумовлюється наявністю іонів Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , Sr^{2+} , Ba^{2+} і ін. Оскільки концентрація цих іонів у воді (за виключенням Ca і Mg) у край незначна, то загальна жорсткість природних вод характеризується сумою іонів Ca^{2+} і Mg^{2+} , жорсткість виражається в мг-екв/л.

В процесі фільтрування початкової води через шар катіоніту, насиченого іонами Na, відбувається обмін іонами: катіоніт віддає у воду іони Na, і насичується іонами Ca і Mg, що знаходяться в початковій воді. При повному насиченні радикалів катіоніту іонами Ca і Mg відбувається його виснаження, і далі він не здатний зм'якшувати воду. Для відновлення працездатності катіоніту у Na-катіонітних фільтрах використовують поварену сіль. При пропуску розчину солі через шар катіоніту відбувається зворотний процес: катіоніт насичується іонами Na, що знаходяться в достатній кількості в регенераційному розчині, і віддає іони Ca і Mg в навколишній розчин.

Необхідно мати на увазі, що два іони Na обмінюються тільки на один іон Ca або Mg, що пов'язано з величиною валентності катіонів.

В процесі зм'якшування води спостерігається наступне: початкова жорсткість зм'якшеної води на першому етапі фільтроциклу знижується до певної величини, і фільтр певний час видає зм'якшену воду з постійно низькою жорсткістю. Потім жорсткість фільтрату починає зростати, і через деякий час порівнюється з жорсткістю початкової води. Катіоніт повністю виснажений.

Залежно від якості початкової води і вимог, що пред'являються до обробленої води, використовується одноступінчате або багатоступінчате зм'якшування.

Іонообмінний процес (стадії зм'якшування води і регенерації) активніше протікає при підвищенні температури. Верхня температурна межа обмежена властивостями катіоніту (для сульфовугілля критичною є температура більш 60 °С, працездатність КВ-2-8 не змінюється до 120 °С), матеріалом, з якого виготовлена дренажна система (пластмасові ковпачки при поєднанні тиску (2...4) кгс/см² і температури робочого середовища більш 70 °С здатні деформуватися), умовами обслуговування устаткування (небезпека термічного опіку при відборі проб), а також необхідністю теплоізоляції устаткування і трубопроводів. Нижня межа температури обумовлена нездатністю катіоніту, особливо КВ-2-8, при температурі нижче 15 °С, давати глибоке зм'якшування води навіть при багатоступінчастому процесі, а також нераціональним використанням повареної солі на регенерацію катіоніту. Оптимальною є температура середовища (30...40) °С.

Велике значення при експлуатації Na-катіонітних фільтрів має дотримання норм швидкості фільтрування води. Вона не повинна перевищувати 25 м/год., тобто продуктивність фільтру діаметром 2000 мм не повинна перевищувати 78,5 м³/год. При швидкості руху води менш 5 м/год., тобто продуктивності фільтру 15,7 м³/год., порушується гідродинаміка і різко знижується обмінна місткість катіоніту. У разі зупинки фільтру в процесі його роботи відбувається, так звана, саморегенерація катіоніту. При тривалій зупинці руху води через шар катіоніту, що вже поглинув до цього моменту деяку кількість солей жорсткості, відбувається процес обміну солей жорсткості, що вже зайняли місце вільних радикалів в зернах катіоніту, на іони Na, що знаходяться у складі початкової води. Тому, після включення фільтру в роботу після вимушеної зупинки, перші порції фільтрату мають підвищену жорсткість, крім того фільтрат має жовте і навіть коричневе забарвлення – це продукти розкладання катіоніту, особливо це характерно для сульфовугілля. Фільтр І

ступеня зм'якшування потрібне довідмивати у дренаж до безбарвного фільтрату, не домагаючись значного зниження величини жорсткості обробленої води, і включити в роботу. Фільтр II ступеня потрібне довідмивати у дренаж до нормативної величини жорсткості фільтрату і лише після цього включити в роботу.

Включення фільтру II ступеня в роботу і зупинка його на регенерацію регламентується нормами, що пред'являються до обробленої води, тобто фільтр включається в роботу будучи відмитим після регенерації до жорсткості, вказаної в режимній карті. Зупинка фільтру на регенерацію робиться при перших проскакуваннях солей жорсткості, що перевищують нормативну величину не більш, ніж на 50 %.

Включення фільтру I ступеня в роботу, тобто величина початкової жорсткості, регламентується змістом хлоридів у фільтраті і зазвичай складає 0,5 жорсткостей початкової води. Жорсткість, при якій слід зупинити фільтр I ступеня на регенерацію, зазвичай приймається рівною J_n , при необхідності можна допрацьовувати фільтр і до жорсткості початкової води, при цьому необхідно вести ретельніший контроль над якістю оброблюваної води, щоб не допустити проскакувань жорсткості в оброблену воду. Чим довше фільтр пропрацював після регенерації до вимушеної зупинки, а значить, і більше поглинув солей жорсткості, тим вище жорсткість перших порцій фільтрату і тим довше його довідмивання.

1.2.7 Обслуговування Na-катіонітної установки

Розпушуюче промивання

Ця операція має метою розпушити катіоніт, що спресувався в процесі роботи, а так само винести з фільтру забруднення і катіоніт, що подрібнився, оскільки в процесі роботи відбувається механічне стирання зерен катіоніту.

Ця операція дуже важлива, оскільки після неякісного розпушування неможливо якісно виконати усі наступні операції. Основним підтвердженням того, що розпушуюче промивання виконане правильно, являється наявність забруднень в промивальній воді на виході з фільтру. Якщо усі операції по розпушуванню виконані, але промивальна вода на виході протягом усієї операції розпушування залишалася безбарвною, прозорою і без видимих механічних включень, процес розпушування не можна вважати виконаним. Це буде усього лише пропуск води через шар катіоніту потоком від низу до верху. Істинне ж призначення цієї операції полягає в тому, щоб як можна інтенсивніше підірвати шари катіоніту, що спресувалися, створити, так званий, "киплячий шар" і вимити водою з товщі катіоніту усі забруднення.

Для проведення розпушування необхідно відкрити засувку, що подає промивальну воду з бака у фільтр, а також трохи відкрити засувку на верхньому дренажі. Вода з верхнього дренажу з'явиться не відразу, оскільки спочатку вона заповнить об'єм фільтру над катіонітом, і тільки після цього піде з повітряника та верхнього дренажу. Перші порції води найбільш забруднені, колір може бути від брудно-коричневого до майже чорного залежно від того, як багато механічних домішок принесено у фільтр з сольовим розчином в процесі відмивання від солей жорсткості з початковою водою і з сольовим розчином в процесі регенерації та при зм'якшуванні води. У перші моменти після появи промивальної води з верхнього дренажу можуть проскакувати окремі крупинки катіоніту, це пояснюється тим, що при розпушуванні катіоніт піднімається досить високо і може виноситися через верхній розподільний пристрій в дренаж. Для усунення цих, хоч і незначних втрат, слідє дещо прикрити засувку на подачі води у фільтр, тим самим зменшивши потік через верхній дренаж і давши можливість зернам катіоніту повернутися та осісти усередині фільтру. Потім знову відкрити повністю засувку на подачі води. Протягом (10...20) хв. колірність промивальної води пропадає, але залишаються дрібні частки катіоніту, які теж необхідно вимити з фільтру. Операція розпушування не може регламентуватися за часом. Закінченням розпушуючого промивання

слід вважати момент, коли промивальна вода на виході з фільтру не має кольору, і при відстоюванні в скляному посуді на дні не видно дрібних часток катіоніту, що скупчилися.

Необхідно пам'ятати, що упродовж усієї операції розпушування вентиль повітряника має бути закритий, а засувка на верхньому дренажі відкрита.

Після закінчення розпушуючого промивання необхідно закрити замочну арматуру на лінії, що подає промивальну воду, на лінії верхнього дренажу.

Регенерація

Операція призначена для відновлення обмінної здатності катіоніту. Виробляється пропуском сольового розчину через шар катіоніту зверху вниз.

У якості реагенту використовується поварена сіль. Приготування сольового розчину відбувається в сольових ямах. Там же коригується концентрація міцного розчину солі. Для якісної регенерації катіоніту необхідно, щоб концентрація регенераційного розчину була не нижча (6...7) % і не вище (14...15) %. При нижчій концентрації іонообмінний процес відбувається в'яло, і іони Ca і Mg, що знаходяться в початковій воді, на якій готується сольовий розчин, чинять гнітючий вплив на реакційну здатність Na-іона. При використанні вищої концентрації виникає небезпека проскакування через шар катіоніту іонів Na, що не встигли вступити в іонообмінний процес, тобто відбувається не раціональне використання повареної солі.

Приготований регенераційний розчин сольовим насосом подається на солерозчинник і звідти, розчин заданої концентрації, подається на Na-катіонітний фільтр. Перед подачею регенераційного розчину перевіряється щільність закриття сольових засувок на усіх фільтрах.

Потім відкривається уся замочна арматура від сольової ями до входу на регенований фільтр і його нижній дренаж. Шляхом відкриття повітряника на Na-катіонітном фільтрі переконатися, що він не заповірений, і після цього його закрити. Мірою відкриття нижнього дренажу відрегулювати тиск на

регенерованому фільтрі (1,0...1,2) кгс/см². Вище піднімати тиск не доцільно, оскільки з'явиться небезпека перетискування сольового розчину в працюючі фільтри або у фільтри, що знаходяться в резерві. Крім того, процес пропуску регенераційного розчину невиправдано затягнеться в часі. Контроль за кількістю регенераційного розчину, що пропускається, і його концентрацією робиться по баку-мірнику та періодичному виміру щільності відібраних проб розчину. Пробу необхідно відбирати через кожен кубічний метр, що пройшов через фільтр. Відбір слід виробляти з пробовідбірника на сольовій лінії.

Процес безпосереднього пропуску сольового розчину через фільтр займає (40...60) хв. для I ступеня і більш 1 год. для фільтрів II ступеня. Регенерацію фільтрів II ступеня рекомендується виконувати в два етапи з проміжним відмиванням в дренаж. Спочатку пропускається половина кількості солі, вказаної в режимній карті, потім робиться відмивання в дренаж протягом (15...20) хв. Після чого пропускається частина сольового розчину, що залишилася.

Для зручності експлуатації фільтрів на робочому місці повинна знаходитися таблиця перерахунку щільності сольового розчину у відсоткову концентрацію NaCl в розчині. За отриманими даними і згідно з режимною картою, по таблиці витрати регенераційного розчину на регенерацію фільтрів визначається об'єм розчину, необхідний для цієї регенерації. Згідно пропуску розчину і постійному виміру його щільності коригується об'єм розчину, необхідний і достатній для якісної регенерації катіоніту. Якщо сольовий розчин однорідний, то його об'єм коригуванню не піддається.

Після закінчення пропуску сольового розчину через фільтр слід закрити засувку на виході Na-катіонітного фільтру, вимкнути сольовий насос і потім перекрити усю арматуру, якою користувалися при пропуску розчину. Для завершення іонообмінного процесу необхідно залишити фільтр з сольовим насосом на 15 хв. До цього часу практично усі зерна катіоніту будуть отрегенеровані і оточені водним розчином, насиченим іонами Na. У разі, якщо який-небудь радикал до цього моменту не обміняв іони Ca і Mg, що

знаходяться в ньому, на іони Na, те це станеться в період знаходження катіоніту у контакті з регенераційним розчином. Скорочувати або збільшувати час контакту не рекомендується, оскільки металева конструкція фільтру не має захисту від корозійної дії сольового розчину.

Нижче наведена формула, по якій можна розрахувати об'єм регенераційного розчину, необхідний на одну регенерацію фільтру залежно від щільності приготованого розчину, м³

$$X_{p.p.} = Q \cdot 100 / C \cdot p ,$$

де Q – кількість сухої повареної солі, необхідної для регенерації фільтру (згідно режимної карти), кг;

C – концентрація сольового розчину, %;

p – щільність сольового розчину, кг/м³.

Відмивання

Операція призначена для витіснення продуктів регенерації з товщі катіоніту водою, потоком зверху вниз. У початковий період відмивання вода на виході з фільтру має дуже високу концентрацію солей жорсткості і тому її повторне використання в технологічному циклі неможливо. В процесі вимивання солей жорсткості з фільтру відмивальна вода стає усе більш м'якою.

Найбільш простий спосіб контролю за процесом відмивання катіоніту заснований на утворенні нерозчинних гіпсових з'єднань при реакції іона Ca з карбонатним іоном. У практиці використовується 10 % розчин кальцинованої соди (10 г Na₂CO₃ в 100 г водного розчину). При додаванні декількох крапель цього розчину до проби відмивальної води випадає білий пластівцевоподібний осад нерозчинного карбонату Ca (CaCO₃). Це спостерігається в початковий період відмивання. Поступово, у міру зниження концентрації іонів Ca і Mg в відмивальній воді, осад стає не таким щедрим і чітким. Відмивання слід

припинити при виникненні лише легкого помутніння проби після додавання розчину Na_2CO_3 . Цей момент відповідає жорсткості фільтрату рівною (12...16) мг-екв/л. У такому стані фільтр залишається в резерві, тобто закривається нижній дренаж, а потім і подача початкової води. На цьому закінчується перший етап відмивання, відмивальна вода викидається в дренаж.

Якщо фільтр не планується найближчим часом включати в роботу, він залишається в резерві в відрегенерірованому і частково відмитому стані. Це найбільш раціональний спосіб резервування катіоніту. Зберігання катіоніту в повністю відмитому стані не рекомендується, оскільки при цьому відбувається його розкладання. Катіоніт безболісно зберігається в "спрацьованому" стані або відрегенеріований під сіллю. Залишати фільтр в спрацьованому стані небезпечно, оскільки увесь комплекс операцій по відновленню обмінної здатності катіоніту займає досить тривалий час і при перших ознаках "спрацьовування" фільтру що знаходиться в роботі, можна не встигнути зробити регенерацію резервного фільтру.

Зберігання фільтру під сольовим розчином не рекомендується у зв'язку з активним корозійним процесом на внутрішніх стінках апарату. Тому більш раціональною є ситуація, коли фільтр знаходиться в резерві в частково відмитому стані.

Якщо фільтр виводиться з резерву і включається в роботу I ступеня, то безпосередньо перед включенням в роботу необхідно зробити довідмивання катіоніту початковою водою в бак-збірник відмивальної води. Відмивання припинити при жорсткості фільтрату (1500...2000) мкг-екв/л. Відмивальна вода другого етапу відмивання має незначну жорсткість і цілком придатна для наступного механічного розпушування фільтрів. Якщо фільтр включається в роботу II ступеня зм'якшування, довідмивання слід робити зм'якшеною водою I ступеня в бак-збірник. Відмивання слід припинити при жорсткості фільтрату (20...25) мкг-екв/л.

Цілком можлива ситуація, коли кількість відмивальної води, що поступає в бак-збірник недостатньо для наступного розпушування чергового фільтру. В

цьому випадку необхідно після кожного "спрацьовування" фільтру, при необхідності через нього ж, дозаповнити бак-збірник відмивальної води. При виконанні операції відмивання катіоніту необхідно підтримувати тиск на фільтрі (1,5...2,0) кг/см² при достатньому відкритті нижнього дренажу. При цьому тривалість першого етапу (відмивання в дренаж) займе (25...35) хв.

Зм'якшування

Основна операція в роботі Na-катіонітних фільтрів (зм'якшування) здійснюється пропуском початкової води через шар катіоніту потоком зверху вниз. Для цього необхідно відкрити засувку, що подає початкову воду у верхню частину фільтру і відкрити вихід з нижньої частини цього ж фільтру в колектор зм'якшеної води. Виключення фільтрів з робочого циклу робиться при досягненні жорсткості фільтрату (2000...3000) мкг-екв/л, для фільтрів II ступеня (20...25) мкг-екв/л. Досвідченим шляхом встановлено, що оптимальний час роботи фільтрів II ступеня не повинен перевищувати 15 днів.

Нормальна робота фільтрів забезпечується підтримкою робочого тиску в системі на рівні (2...4) кгс/см². На котельні тиск на фільтрах регламентується наступним технологічним процесом обробки води і регулюється мірою відкриття засувок на фільтрах, а також на лінії початкової води. Температура робочого середовища (30...40) °С.

1.3 Норми якості води

Початкова вода (повинна відповідати ДСТУ 2874-02 "Вода питна"):

- жорсткість загальна, мг-екв/л;
- лужність загальна, мг-екв/л;
- хлориди, мг/л.

Періодичність - 1 раз на добу.

Зм'якшена вода:

- жорсткість загальна – 200 мг-екв/л;
- хлориди – не більш 30 мг/л, ніж у вихідній воді.

Періодичність – кожну годину при запуску фільтра в роботу.

Підживлююча вода:

- жорсткість загальна – 200 мг-екв/л;
- лужність загальна, мг-екв/л (не нормується);
- хлориди, як в зм'якшеній воді;
- рН – (8,3...9,5);
- O₂ – 30 мг/л;
- вуглекислота, мг/л (відсутня).

Мережева вода:

- жорсткість загальна – 350 мг-екв/л;
- лужність загальна, мг-екв/л (не нормується);
- хлориди, як в зм'якшеній воді;
- рН – (8,3...9,5);
- O₂ – 30 мг/л;
- вуглекислота, мг/л (відсутня);
- залізо – 0,4 мг/л.

Вода ГВП:

- O₂ – 30 мг/л;
- вуглекислота, мг/л (відсутня);
- температура – (50...75) °С.

1.4 Газоустаткування котлів

Згідно із затвердженим завданням на реконструкцію газоустаткуванню підлягають п'ять водогрійних котлів типу НІСТу-5М. Продуктивність одного котла складає – 0,667 Гкал/год.

Котли обладнуються блоковим газовим мікродифузійним пальником типу МДГГ-75-Г. Пальник працює на газі низького тиску $P < 0,05$ кгс/см² і випускається заводом "Промгазпарат" м. Фастів. Він поставляється в комплекті з вузлом тиску, газопідводячими пристроями, дуттєвим вентилятором.

Номінальна витрата газу на один котел складає 87,5 нм³/год. Максимальна витрата газу котельної – 464 нм³/год. Річна витрата палива котельної – 1,083 тис. нм³/рік. Повітря для горіння подається індивідуальним вентилятором, що входить в комплект газопальникового блоку.

Відведення димових газів від котлів передбачається існуючими насосами в металевий димар діаметром – 800 мм, заввишки – 32 м. У верхній частині топки котла передбачена установка вибухового запобіжного клапану перерізом 600x250 мм.

1.5 Газопостачання котельної. Зовнішні газопроводи

Згідно з вимогами технічних умов ВАТ "Запоріжгаз" газопостачання котельної по вул. Зелений сел. Великий Луг можливо від газопроводу високого тиску $d=400$ мм по вул. Стадіонній сел. Володимирське.

Справжнім проектом передбачається прокладення газопроводу високого тиску діаметром 200 мм від точки врізання до котельної по вул. Зелений. Напрямок прокладення газопроводу прийнятий згідно з напрямом, виданим ПП «Градпроект».

Діаметр газопроводу $d_y=200$ мм прийнятий з урахуванням перспективного підключення котельної ДВС-2 і газифікації житлової забудови сел. Великий Луг.

На точці врізання проектного газопроводу в існуючий передбачений пристрій газового колодязя з відключаючою арматурою. Для зниження тиску газу з високого $P<6,0$ кг/см до низького $P<0,05$ кг/см² на території котельної передбачена установка шафового ГРП типа ШГРУ-1-50, з регулювальником тиску типу РДУК-2-50-35. Для комерційного обліку витрати газу котельної передбачена установка шафового вузла обліку типа ШПОГ-150-01 з газовим лічильником типа ЛГ-К-150-0,63-650 і коректором "Універсал 02".

На виході газопроводу із землі передбачено ізолююче фланцеве з'єднання. Для електрохімічного захисту підземного газопроводу у котельної передбачена установка катодних станцій типа ВОПЕ-1200. Підземний газопровід прокладений із сталевих труб електрозварюванням по ДСТУ 10704-01 діаметром 200 мм. По усій довжині газопроводу виконана гідроізоляція "поширеного" типу.

2 РОЗРАХУНОК І ВИБІР ГАЗОВОГО УСТАТКУВАННЯ ТА СИСТЕМИ ГАЗОПОСТАЧАННЯ

2.1 Водопідготовка і водопостачання

Для приготування хім.очищеної води на підживлення системи опалювання в котлі використовується існуюча двоступінчата Na-катіонітна установка з фільтрами діаметром 1500 мм.

Початкова вода з існуючого господарського питного водопроводу, після вузла на котельній, подається насосами холодної води на установку пом'якшувача, на побутові і протипожежні потреби котельної. Стоки – від 3,78 м³/год. до 8,56 м³/доб.

2.2 Розрахунок Na-катіонітної установки

Робоча обмінна місткість за результатами лабораторних досліджень, г-екв/м³

$$E_p = \frac{Ж_{и} \cdot V_B}{V_K \cdot 0,001},$$

де $Ж_{и}$ – жорсткість початкової води, мг-екв/л;

V_B – кількість пропущеної води від початку зм'якшування до моменту досягнення у фільтраті жорсткості, мкг-екв/л ($V_B=20\dots50$ мкг-екв/л);

V_K – об'єм катіоніту, см³ (мл)

$$E_p = \frac{3,7 \cdot 17,6}{71 \cdot 0,001} = 917$$

Розрахункова робоча обмінна здатність катіоніту, г-екв/м³

$$E_{pp} = \alpha_{\text{э}} \cdot \beta_{\text{Na}} \cdot E_{\text{п}} - 0,5 \cdot q \cdot Ж_{\text{и}} ,$$

де $\alpha_{\text{э}}$ – коефіцієнт ефективності регенерації (при питомій витраті солі 200 г/г-екв $\alpha_{\text{э}}=0,81$);

β_{Na} – коефіцієнт, що враховує зниження обмінної здатності катіоніту по Ca^{+2} и Mg^{+2} за рахунок часткового затримання катіонів Na, залежить від співвідношення концентрації Na і загальної жорсткості початкової води (при $\text{Na}/Ж_{\text{заг}}=2,7/3,7=0,73$ $\beta_{\text{Na}}=0,675$);

$E_{\text{п}}$ – повна обмінна здатність катіоніту, г-екв/м³ (для катіоніту KB-2-8KP $E_{\text{п}}=1540$);

q – питома витрата води на відмивання катіоніту, м³/м³ (при роботі на KB-2-8KP $q=8$ м³/м³)

$$E_{pp} = 0,81 \cdot 0,675 \cdot 1540 - 0,5 \cdot 8 \cdot 3,7 = 805,325$$

Число регенерацій фільтру на добу, рег./доб.

$$n = \frac{24 \cdot Ж_{\text{и}} \cdot Q_{\text{Na}}}{f_{\text{Na}} \cdot H_{\text{сл}} \cdot E_{\text{p}} \cdot a} ,$$

де $Ж_{\text{и}}$ – жорсткість початкової води, мг-екв/м³;

$H_{\text{сл}}$ – висота шару катіоніту у фільтрі, м;

Q_{Na} – продуктивність фільтру, м³/год.

$$n = \frac{24 \cdot 3,7 \cdot 30}{6,28 \cdot 917} = 0,46$$

Вироблення фільтру за фільтроцикл, м³

$$Q_{\text{ф.и.}} = \frac{E_p \cdot V_{\text{кат}}}{J_{\text{и}} - J_{\text{ум}}};$$

$$Q_{\text{ф.и.}} = \frac{917 \cdot 6,28}{3,7 - 0,02} = 1564,9$$

Витрата 100 % повареної солі на одну регенерацію, кг

$$Q_c = \frac{q_c \cdot V_{\text{кат}} \cdot E_p}{1000},$$

де q_c – питома витрата солі, г/г-екв

$$Q_c = \frac{200 \cdot 6,28 \cdot 917}{1000} = 1151,8$$

Витрата технічної повареної солі на одну регенерацію, кг

$$Q_{\text{ст}} = \frac{Q_c \cdot 100}{C},$$

де C – вміст NaCl в технічній солі, %

$$Q_{\text{ст}} = \frac{1151,8 \cdot 100}{96} = 1199,8$$

Витрата води на розпушуюче промивання фільтру, м³

$$Q_{\text{взр}} = \frac{i \cdot f_{\text{ф}} \cdot 60 \cdot t_{\text{взр}}}{1000},$$

де i – інтенсивність розпушуючого промивання фільтрів, л/(с · м²);

$t_{\text{взр}}$ – тривалість розпушуючого промивання, хв.

$$Q_{\text{взр}} = \frac{4 \cdot 3,14 \cdot 60 \cdot 30}{1000} = 23$$

Витрата води на приготування регенераційного розчину солі, м³

$$Q_{\text{рр}} = \frac{Q_{\text{с}} \cdot 100}{1000 \cdot B \cdot \rho},$$

де B – концентрація регенераційного розчину, %;

ρ – щільність регенераційного розчину, г/см³

$$Q_{\text{рр}} = \frac{1151,8 \cdot 100}{1000 \cdot 10 \cdot 1,071} = 10,75$$

Витрата води на відмивання катіоніту від продуктів регенерації, м³

$$Q_{\text{от}} = q_{\text{от}} \cdot V_{\text{кат}},$$

де $q_{\text{от}}$ – питома витрата води на відмивання катіоніту, м³/м³

$$Q_{от} = 8 \cdot 6,28 = 50,24$$

Витрата води на одну регенерацію Na-катіонітного фільтру складається з витрати води на розпушуюче промивання, на приготування регенераційного розчину і на відмивання катіоніту від продуктів регенерації.

Загальна витрата води на одну регенерацію без використання відмивальної води на розпушування, м³

$$Q_{сн} = Q_{взр} + Q_{от} + Q_{рр};$$

$$Q_{сн} = 23 + 50,24 + 10,75 = 83,99$$

При використанні відмивальної води на розпушування фільтру загальна витрата води на власні потреби складе, м³

$$Q_{сн} = Q_{рр} + Q_{от};$$

$$Q_{сн} = 10,75 + 50,24 = 60,99$$

Середньодобова витрата на власні потреби, м³

$$Q_{сн} = 60,99 \cdot 0,69 = 42,08$$

Потрібна кількість води на розпушування, м³

$$V_{\text{взр}} = \frac{i \cdot S \cdot 60 \cdot t_{\text{взр}}}{1000},$$

де i – інтенсивність розпушування, л/(м² год.) (для КВ-2-8 $i=4$ л/(м² год.));

S – площа шару, що фільтрує, м²;

$t_{\text{взр}}$ – тривалість розпушування, хв.

$$V_{\text{взр}} = \frac{4 \cdot 0,785 \cdot 60 \cdot 30}{1000} = 5,6$$

Як правило, для розпушування використовується підсолена відмивальна вода після регенерації фільтрів. При цьому перша порція відмивальної води (близько 40 % об'єму), що містить основну долю солей, скидається в дренаж, а інша її частина (60 %) подається в бак розпушуючої води.

Таким чином, на відмивання використовуватиметься, м³

$$V_{\text{отм.в}} = q_{\text{отм}} \cdot V_{\text{кат}},$$

де q – кількість відмивальної води, м³/м³ (для КВ-2-8 $q=6$ м³/м³);

V – об'єм завантаженого катіоніту, м³

$$V_{\text{отм.в}} = 6 \cdot 1,55 = 9,3$$

Значить, на розпушування треба використовувати: $9,3 \cdot 0,6 = 5,6$ м³, тобто цієї кількості води вистачатиме для проведення операції "розпушування". У разі її недостатності, використовується початкова вода.

Кількість зм'якшеної води, що видається фільтром за фільтроцикл, залежить від кількості катіоніту і жорсткості початкової води, м³

$$Q = \frac{1 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot H_{\text{кат}}}{J_{\text{и.в.}} - J_{\text{у.в.}}},$$

де l – питома об'ємна здатність катіоніту, г-екв/м³;

D – діаметр фільтру, м;

$H_{\text{кат}}$ – висота шару катіоніту, м;

$J_{\text{и.в.}}$, $J_{\text{у.в.}}$ – загальна жорсткість початкової і зм'якшеної води відповідно, мг-екв/м³.

Таблиця 2.7 – Режимна карта експлуатації Na-катіонітних фільтрів

Операції і їх показники	Одиниці виміру	Величина
1	2	3
Розпушування		
Тиск води	кгс/см ²	(0,5...0,8)
Тривалість пропуску води	хв.	(30...50)
Витрата води на розпушування	м ³	23
Розпушування повітрям		
Тривалість скидання води з фільтру	хв.	(3...5)
Тиск повітря на виході з фільтру	кгс/см ²	(1,5...1,8)
Тривалість пропуску повітря	хв.	15
Регенерація		
Питома витрата повареної солі	кг/м ³	(120...150)
Витрата 100 % солі на регенерацію	кг	(625...750)
Витрата технічної солі на регенерацію	кг	865
Концентрація регенераційного розчину	%	(8...12)

Продовження таблиці 2.7

1	2	3
Тиск регенераційного розчину на виході з фільтру	кгс/см ²	(1,0...1,2)
Тривалість пропуску регенераційного розчину	хв.	(40...60)
Тривалість знаходження катіоніту в статичному контакті з регенераційним розчином	хв.	15
Відмивання від продуктів регенерації		
Тиск води	кгс/см ²	(1,6...2,0)
Тривалість відмивання	хв.	(30...50)
Продовжувати до жорсткості відмивальної води	мкг-екв/л	(200...300)
Витрата води на відмивання	м ³	45,2
Зм'якшування		
Тиск води	кгс/см ²	(2...4)
Жорсткість зм'якшеної води після фільтрів I ступеня при відключенні на регенерацію	мкг-екв/л	(1500...2500)
Жорсткість фільтрату у кінці фільтроциклу при роботі по II ступеня зм'якшування	мкг-екв/л	20
Продуктивність	т/год.	30

Примітка. Температуру робочого середовища на усіх етапах роботи підтримувати в межах (30...40) °С.

2.3 Теплова схема котельної

Тепловою схемою передбачена відпустка мережевої води на потреби опалювання по графіку 95/70 °С. Подача води на потреби гарячого водопостачання передбачається з температурою – 55 °С.

Розрахункова витрата мережевої води в системі опалювання складе – 115,6 м³/год. Розрахункова витрата на потреби гарячого водопостачання – 10 м³/год.

Циркуляція води в контурі котлів і системі опалювання – мережевими насосами 12К-18. У літній період – насосами типу 6К-12.

Приготування води на потреби ГВП централізоване, подача насосами водопостачання.

Підживлення мережі передбачається хім.очищеною водою з бака запасу очищеної води, підживлюючими насосами. Усі перераховані насоси – існуючі.

Теплова схема – замкнута. Витрата води через один котел – 40 м³/год.

Запуск води в мережу – через непрацюючі котли.

Скидання дренажів в систему каналізації через охолоджувальний колодязь.

Витрата підживлюючої води – 0,578 м³/год. Максимальне скидання стоків – від 3,78 м³/год. до 8,56 м³/доб. Для підвищення тиску холодної води на введенні водопроводу в котельню встановлені насоси холодної води типу К-20/32.1.10.

2.4 Котлоагрегат та його характеристики

У котельній встановлюється 5 водогрійних котлів типу НІСТу-5М.

Технічні характеристики котла:

- теплопродуктивність – 0,667 Гкал/год.;
- розрахункова температура:

 - на виході з котла – 115 °С;
 - на вході в котел (не регулюється);

- гідравлічний опір – 0,13 МПа;
- водяний об'єм – 0,418 м³;
- температура газів, що відходять – 160 °С;

- площа поверхні нагріву – 46,5 м²;
- кількість секцій – 7 шт.;
- габаритні розміри котла з обмуруванням:
- висота – 2810 мм;
- ширина – 2200 мм;
- довжина – 3810 мм.

Обмурування котла виконане з вогнетривкої цеглини на глиняному розчині.

Котел має прямоточну примусову циркуляцію води. Вода підводиться до двох нижніх задніх колекторів, піднімається до верхнього колектора і відводиться в мережу в передній частині верхнього колектора.

Арматура котла:

- засувки сталеві клинові на вході і виході з котла Ø80 (по 2 шт.);
- вентиля повітрянок на верхніх колекторах котла Ø20;
- спускові вентиля нижніх колекторів Ø32.

Гарнітура котлів складається з лазу в топку, оглядового люку для контролю над факелом, вибухового клапана над топкою. Котли складаються з передньої, задньої і середньої секцій, сполучених між собою зварюванням в пакети. Вода підводиться до двох нижніх задніх колекторів, а відводиться в мережу в передній частині верхнього колектора. Тильні сторони бічних та задніх торцевих екранів оребрені, і використані для утворення конвективних газоходів. Топкові гази, піднімаючись до стелі топки, проходять через проміжки між трубами екрану, опускаються по конвективних газоходах, омиваючи зовні оребрені поверхні труб, і по двох боровах з підйомними шиберами йдуть в загальна борова. Звідти вони потрапляють в два сталеві димарі діаметром – Ø800, заввишки – 32 м.

Таблиця 2.8 – Характеристики котлоагрегату

Найменування показників	Одиниці виміру	Кількість
Котел сталевий секційний НІСТу-5М	шт.	5
Номінальна витрата палива:		
– природний газ з $Q_{н.роб.}=8190$ ккал/нм ³ ;	нм ³ /год.	87,57
– рідке паливо з $Q_{роб.}=9590$ ккал/нм ³	кг/год.	105
Розрахункова потужність (продуктивність):		
– на опалювання;	Гкал/год.	10,51
–на ГВП	Гкал/год.	1,42
Річна відпустка теплоти споживачам	тис. Гкал	33,56
Розрахункова річна витрата природного газу	тис. м ³	1,083
	тис. т	1,076

2.5 Розрахунок коефіцієнта корисної дії котла НІСТу-5М

Коефіцієнт корисної дії котла, %

$$\eta_k = 100 - q_2 - q_3 - q_5 ,$$

де q_2 – втрати теплоти з газами, що відходять, %; q_3 – втрати теплоти у зв'язку з хімічною неповнотою згорання, %; q_5 – втрати теплоти в довкілля від обмурування котлів, %.

Втрати теплоти з газами, що відходять, Вт

$$q_2 = \frac{(K \cdot \alpha_{yx} + C) \cdot \left(I_{xy} - \frac{\alpha_{yx} \cdot t_{x.в.}}{\alpha_{yx} + B} \right) \cdot (0,982 + 0,00012 \cdot I_{yx}) \cdot K_q}{100} ,$$

де К, С, В – нормативні коефіцієнти (таблиця 41. Міжгалузеві норми втрат палива для роботи котлів, які експлуатуються в Україні. Затверджено указом Держкоенергозбереження № 46 від 07.05.2012 р.);

α_{yx} – коефіцієнт надлишку повітря в газах, що відходять;

$K_q=1$ – коефіцієнт, що враховує внесену до топки теплоту з підігрітим паливом і повітрям;

$I_{yx}=160$ °С – температура газів, що відходять;

$t_{x.в.}=30$ °С – температура холодного повітря.

Коефіцієнт надлишку повітря в газах, що відходять

$$\alpha_{yx} = \frac{21 - \rho \cdot O_2}{21 - O_2} = 1,25 \text{ ,}$$

де $\rho = 0,1$ – для природного газу

$$q_2 = \frac{(5,03 \cdot 1,25 + 0,3) \cdot \left(160 - \frac{1,25 \cdot 30}{1,25 + 0,18}\right) \cdot (0,92 + 0,00012 \cdot 160) \cdot 1,0}{100} = 8,81\%$$

Втрати теплоти на хімічну неповноту згорання для природного газу відсутні – $q_3=0$.

Втрати теплоти від зовнішнього охолодження згідно з інформаційним листом № 10-86 «Втрати теплоти в доквілля на газомазутних водогрійних котлах» при задовільному стані теплової ізоляції беруться $q_5=0,005$ % в усьому діапазоні продуктивності.

Коефіцієнт корисної дії котла, %

$$\eta_k = 100 - 8,81 - 0,005 = 91,2$$

2.6 Устаткування і трубопроводи рідкого палива

Для спалювання рідкого палива (мазуту) на котлах передбачена установка пального блоку AP-90.

Теплова потужність пального блоку складає від 0,4 до 1,0 Гкал/год.

Номінальна витрата палива – 1,05 кг/год.

Баки для зберігання рідкого палива, паливні насоси, підігрівач палива, паливопроводи підведення палива в межах паливного господарства і котельного залу використовуються існуючі. Введення в експлуатацію котлів після реконструкції котельної передбачається на рідкому паливі виробництва Запорізького коксохімзаводу. Температура нагріву палива складає – 55 °С. Мазут в котельню подається з мазутосховища, де розігрівається гріючою водою до температури, узгодженої в сертифікаційному листі якості палива. Мазутне сховище являє собою три місткості циліндричної форми $L=8,7$ м, $D=2700$ мм, $V=50$ м³ кожна. Усередині кожної місткості знаходиться 12 труб діаметром $\varnothing 108$ мм, по яких циркулює гріюча вода. Місткості і мазутопроводи знаходяться в землі. Мазут з сховища порціями подається в котельню по трубопроводу, розташованому в підземному каналі разом з трубопроводами гріючої води. Паливо перед подачею його в паливник проходить через теплообмінник для додаткового розігрівання до 80 °С. Тиск мазуту перед паливником не має бути вище 0,5 атм. Тиск підтримується регулювальником, встановленим на паливнику. Надлишок палива за системою зворотних мазутопроводів повертається в сховище. Від регулювальника паливо поступає у вал форсунки, звідти мазут прямує в склянку, що розпиляє. Під дією відцентрової сили склянки, що обертається, паливо розподіляється по його внутрішній поверхні, переміщається до його кромки, стоншується, і сходить з краю у вигляді тонкої плівки. Паливна плівка розпилюється в повітрі, що поступає через кільцеве сопло, утворене зовнішньою поверхнею склянки з поверхнею конфузора.

Під час переходу котельної на природний газ, пальникові блоки типу АР-90 на 5 котлах демонтуються і, після очищення поверхонь нагріву котлів та газового тракту, замінюються на пальникові блоки МДГГ-75-Г.

Таблиця 2.9 - Характеристика пальникових пристроїв

Найменування установки	Кількість	Витрата палива однією установкою	Тип і кількість пальників на одну установку	Загальна витрата палива	ККД котла
Котел сталевий НІСТу-5М	5	газ: 87,6 нм ³ /год.	газовий блок МДГГ-75-Г (5 шт.)	464 нм ³ /год.	91 %
		мазут: 105 кг/год.	пальник рідиннопаливний АР-90 (5шт.)	521 кг/год.	89 %

Мазутний пальник АР-90:

- номінальна теплова потужність – 1,0 МВт;
- номінальний тиск палива перед пальником – 5,0 кПа;
- кінематична в'язкість мазуту перед пальником – 0,5 кгс/см²;
- коефіцієнт роботи регулювання пальником – 3;
- мінімальний коефіцієнт надлишку повітря – 1,15;
- споживач потужності електричної енергії – 1,1 кВт.

Насоси підігрівання мазуту:

- тип – 2К6-20-25;
- продуктивність – 20 м³/год.;
- натиск – 25 м вод. ст.;
- число обертів в хвилину – 2880;
- потужність двигуна – 4,0 кВт.

Для кращої циркуляції гріючої води через теплообмінник, вода з теплообмінника мазутних місткостей та теплообмінника розігрівання мазуту подається у всмоктуючий патрубок насоса, а потім під тиском поступає в загальний колектор перед котлами.

Мазутні насоси:

- тип – НМШ-5-25;
- продуктивність – $4 \text{ м}^3/\text{год.}$;
- натиск – 100 м вод. ст.
- число обертів в хвилину – 1410;
- потужність двигуна – 3,0 кВт.

Насоси використовуються для забирання розігрітого мазуту з місткості і подачі його в пальники котлів.

2.7 Вибір устаткування котельної

2.7.1 Вибір мережевих насосів

Мережеві насоси вибираються по максимальній витраті мережевої води ($G_{\text{мер}}=699,99 \text{ кг/с}$).

Згідно з правилами Держміськтехнагляду в котельних з водогрійними або паровими котлами та підігрівачами має бути встановлено не менше двох мережевих насосів. Сумарна подача мережевих насосів в котельній має бути такою, щоб при виході з ладу будь-якого насосу ті, що залишилися, забезпечували подачу максимальної витрати мережевої води.

Натиск мережевих насосів вибирається з умов подолання гідравлічного опору мережі при розрахунковій максимальній витраті води і опору котлів, бойлерів та сполучних трубопроводів $h=0,55 \text{ МПа}$.

Кількість встановлюваних насосів та їх одинична подача визначаються виходячи з умов забезпечення найбільш економічної їх роботи впродовж року.

Для роботи проєктованих і існуючих котлів, з урахуванням вищевикладеного, передбачається загальна група мережевих насосів.

Мережеві насоси:

- тип – 12К18;
- продуктивність – 360 м³/год.;
- натиск – 40 м вод. ст.;
- число обертів в хвилину – 1000;
- потужність двигуна – 40 кВт.

Мережева вода із зворотної магістралі через брудник і засувки поступає у всмоктуючий колектор мережевих насосів. Після насосів з тиском 65 кгс/см² вода поступає в загальний колектор перед котлами, потім в котли для нагріву. Нагріта вода йде у падаючий колектор після котлів. З колектора більша частина води йде на опалювання житлового масиву та санаторію, а решта - на підігрівання холодної води для потреб гарячого водопостачання, розігрівання мазуту і підігрів ХВО.

2.7.2 Вибір підживлюючих насосів

Згідно з розрахунком підживлюючі насоси повинні мати наступні витрати води:

- витрата води на підживлення – 0,578 м³/год.
- витрата води на підживлення при аварійному режимі – 2,3 м³/год.

Підживлюючі насоси (тип ЗК-9) підлягають заміні на насоси з великим натиском (тип АК-50-160 і К-25Р324), на підставі побудованих п'єзометричних графіків теплових мереж та підігрівачів хім.очищеної і сирої води.

Підживлюючі насоси типу АК-50-160 мають наступні характеристики:

- продуктивність – 25 м³/год.;
- натиск – 32 м вод. ст.;
- число обертів за хвилину – 2880;

– потужність двигуна – 5,5 кВт.

Для заповнення втрат води в теплових мережах і підтримки необхідного тиску (2...3) кгс/см² у зворотній магістралі, передбачається підживлення насосами хім.очищеною і деаерованою водою. Підживлення здійснюється в зворотну магістраль перед мережевими насосами.

2.7.3 Вибір рециркуляційних насосів

Максимальна розрахункова подача рециркуляційних насосів (при загальностанційній схемі) має бути такою, щоб при виході з ладу будь-якого насоса ті, що залишилися, забезпечували подачу максимальної витрати рециркуляційної води.

Необхідний натиск насоса визначається гідравлічним опором водогрійного котла і з'єднуючих насоси і котел трубопроводів.

Практично опір контуру рециркуляції, включаючи водогрійний котел, лежить в межах від 0,2 МПа до 0,3 МПа. У котельній, що реконструюється, встановлюються два рециркуляційних насоси типу КМ-8К12, які можуть забезпечити потреби котлів ПТВМ-30М.

Характеристика рециркуляційних насосів:

- тип – КМ-8К12;
- продуктивність – 120 м³/год.;
- натиск – 45 м вод. ст.;
- число обертів за хвилину – 2880;
- потужність двигуна – 10 кВт.

Насоси служать для підтримки температури води перед котлами не нижче 70 °С. Гріюча вода з магістралі, що падає, поступає на всмоктування циркуляційних насосів, і насосами подається в колектор перед котлами.

2.7.4 Вибір насосів холодної води

Витрата холодної води на котельню – $10,3 \text{ м}^3/\text{год}$. З огляду на те, що тиск холодної води у водопроводі на введенні в котельню не постійний, то з метою підвищення тиску встановлюються два насоси, що підвищують.

Характеристика насосів, що підвищують:

- тип – 2К6-20-25;
- продуктивність – $20 \text{ м}^3/\text{год}$.;
- натиск – 25 м вод. ст.;
- число обертів за хвилину – 2880;
- потужність двигуна – 4,0 кВт.

2.7.5 Вибір насосів ГВП

Витрата холодної води на потреби ГВП – $10 \text{ м}^3/\text{год}$. Для водопостачання гарячою водою споживачів встановлюються три насоси ГВП. Вода через акумуляторний бак потрапляє на всмоктування насосів, а потім подається в мережу ГВП.

Характеристика насосів ГВП:

- тип – КМ-65-50-160;
- продуктивність – $25 \text{ м}^3/\text{год}$.;
- натиск – 32 м вод. ст.;
- число обертів за хвилину – 2850;
- потужність двигуна – 5,2 кВт.

2.7.6 Вибір насосів робочої рідини

Для створення розрядки в деаераційній колонці підживлюючої води встановлюються два насоси робочої рідини. З бака робочої рідини вода потрапляє у всмоктуючий патрубок НРЖ і, піднімаючи тиск, пройшовши

охолоджувач робочої рідини, поступає в ежектор, де створюється вакуум. Внаслідок цього відбувається відведення O_2 і CO_2 з випаром з деаераційної колонки.

Характеристика насосів робочої рідини:

- тип – АК-50-160;
- продуктивність – $25 \text{ м}^3/\text{год.}$;
- натиск – 32 м вод. ст.;
- число обертів за хвилину – 2880;
- потужність двигуна – 5,5 кВт.

2.7.7 Вибір насосів сольового розчину

Для подачі сольового розчину на Na-катіонітний фільтр, а також для розпушування сульфовугілля при регенерації фільтру, встановлюються насоси сольового розчину.

Характеристика насосів сольового розчину:

- тип – К-50-32-125;
- продуктивність – $12,5 \text{ м}^3/\text{год.}$;
- натиск – 20 м вод. ст.;
- число обертів за хвилину – 2840;
- потужність двигуна – 2,2 кВт.

2.7.8 Вибір димососів

Для видалення димових газів у котельні встановлені димососи ВДН-10. Направляючий апарат на вході повітря в робоче колесо служить для регулювання продуктивності і натиску димососу. Видалення газів, що йдуть, робиться по металевих газоходах, що переходять в димарі $\varnothing 0,8 \text{ м}$.

Характеристика димососів:

- тип – ВДН-10;

- продуктивність – 2800 м³/год.;
- натиск – 105 кгс/см²;
- число обертів за хвилину – 1000;
- потужність двигуна – 18,5 кВт (2 шт.) та – 10 кВт (2 шт.).

2.7.9 Допоміжне устаткування ХВО

1) Бак розпушування, прямокутний, об'єм – $V=5,4 \text{ м}^3$.

2) Водоводяний підігрівач, двоступінчатий:

I ступінь:

- водоводяний підігрівач П 120х2-1-РГ-2 (2 секції);
- труби Ø90 мм і L=2 м (12 труб у кожній секції).

II ступінь:

- водоводяний підігрівач П 120х2-1-РГ-2 (4 секції);
- труби Ø90 мм і L=2 м (12 труб у кожній секції).

3) Солерозчинник, прямокутний, об'єм - $V=5,4 \text{ м}^3$.

4) Деаераційна колонка, продуктивність – 10 м³/год.

5) Бак деаераторний, об'єм – $V=8 \text{ м}^3$.

6) Охолоджувач випару, Ø300 мм, L=1,4 м (1 секція).

7) Ежектор (1 шт.).

8) Бак-газовіддільник, об'єм – $V=83,4 \text{ м}^3$.

9) Перекачуючі насоси (2 шт.).

10) Ями мокрого зберігання солі, об'єм – $V=6,8 \text{ м}^3$ (2 шт.).

11) Водопідігрівач холодної води, двоступінчатий, по 3 ходи холодної води, довжина кожної секції – 4 м, Ø219 мм, площа нагріву – 72 м².

ХВО робиться за схемою одноступінчатого Na-катіонування. Це забезпечує необхідну по нормах якість підживлюючої води. Для видалення газів з підживлюючої води встановлюється деаераційна колонка.

Сира вода з міського водопроводу проходить через водопідігрівач I ступеня, нагріваючись до температури більш 40 °С, далі йде на Na-катіонітний фільтр, звільняється від солей жорсткості (Ca і Mg), після цього через водопідігрівач II ступеню нагрівається до температури (70...75) °С. Потім вода подається в деаераційну колонку підживлюючої води, де вона, падаючи з дірчастих тарілок у вакуумі, скипає, виділяючи O₂ і CO₂, і зливається в акумуляторний бак. З бака вода йде на підживлення теплових мереж.

2.7.10 Вибір деаераційної колонки ГВП

Для забезпечення споживачів гарячою водою по 4-х трубній системі, в котельній знаходиться установка централізованого гарячого водопостачання, продуктивністю – 57 кг/с. Виходячи з необхідної продуктивності, встановлюємо одну деаераційну колонку типу ДСВ-200. Насосом робочої рідини з бака через охолоджувач вода подається на ежектор. Робоча рідина, пройшовши через сопло Лавалю з великою швидкістю на виході, створює розрідження (0,7...0,8) кгс/см² у камері змішення, захоплює з собою пароповітряну суміш з деаератора, проходить через охолоджувач випару, де знижується температура і покращується вакуум.

Характеристика деаераційної колонки типу ДСВ-200:

- продуктивність – 55,5 кг/с (200 т/год.);
 - надлишковий тиск – (7,5...50) кПа (0,075...0,5) кгс/см²);
 - температура – (40...80) °С;
 - пробний гідравлічний тиск – 0,2 МПа (2,0 кгс/см²);
 - допустиме підвищення тиску при роботі захисного пристрою – 0,07 МПа (0,7 кгс/см²);
 - загальна висота колонки – 2670 мм.
- Зовнішній діаметр і товщина стінки:

- корпуси деаератора – 1620x10 мм;
- верхньої тарілки – 1500 мм;
- горловини для проходу пари – 1000 мм;
- труби, що підводить воду – 219x8,0 мм;
- труби, що відводить воду – 325x8,0 мм;
- труби відсмоктування суміші – 377x8,0 мм;
- перепускної труби – 219x8,0 мм;
- труби підведення пари – 325x8,0 мм;
- труби підведення конденсату – 159x6,0 мм;
- труби підведення хім.очищеної води від охолоджувача випару – 133x4,5 мм.

Кількість отворів – Ø6 мм:

- на верхній тарілці – 2560 шт.;
- на внутрішньому секторі верхньої тарілки – 750 шт.;
- на барботажному листі – 2760 шт.

Розмір отворів в перепускних трубах:

- вгорі – 160x200 мм;
- внизу – 240x200 мм;
- центральний кут вирізу в перепускній тарілці – 27 °;
- ширина порогу на барботажному листі – 755 мм;
- межа отворів у внутрішньому секторі верхньої тарілки – 1100 мм.

Площа:

- отворів на барботажному листі – 0,0779 м²;
- між верхньою тарілкою і корпусом – 0,247 м²;
- барботажного листа – 1,623 м²;
- перепускних труб – 0,097 м².

Маса:

- загальна – 2275 кг;
- колонки, заповненою водою – 6672 кг.

Комплектність постачання:

- охолоджувач випару – ОВВ-16;
- водяний ежектор – ЕВ-100;
- регулюючий клапан на введенні – 6С-1-1, Ду 150, Ру 64.

Характеристика охолоджувача випару ОВВ-16:

- поверхня охолодження – 16 м^2 .

Надлишковий тиск:

- у паровому просторі – $(10 \dots 70) \text{ кПа} / (0,1 \dots 0,2) \text{ кгс/см}^2$;
- у водяному просторі – $0,4 \text{ кПа} / (4,0 \text{ кгс/см}^2)$.

Температура:

- у корпусі – $(40 \dots 104) \text{ }^\circ\text{C}$;
- у трубному просторі – $(10 \dots 80) \text{ }^\circ\text{C}$.

Пробний гідравлічний тиск в корпусі і трубній системі – $0,6 \text{ МПа} / (6,0 \text{ кгс/см}^2)$.

Зовнішній діаметр і товщина стінки патрубків:

- для входу і виходу води – $108 \times 4,5 \text{ мм}$;
- для входу пароповітряної суміші – $377 \times 9,0 \text{ мм}$;
- до відсмоктуючого пристрою – $159 \times 6,0 \text{ мм}$.

Габаритні розміри:

- довжина – 2700 мм ;
- висота – 4000 мм ;
- зовнішній діаметр і товщина стінки корпусу – $426 \times 8,0 \text{ мм}$.

Маса:

- загальна – 676 кг ;
- колонки, заповненою водою – 1150 кг .

2.7.11 Розрахунок охолоджувача випару

Визначимо теплове навантаження, Вт

$$Q = \frac{m \cdot \Delta t \cdot 4,19 + r \cdot m}{3600},$$

де m – витрата пароводяної суміші, яка видаляється ($m=800$ кг/год.);

Δt – різниця температур між пароводяною сумішшю, що входить в охолоджувач, і конденсатом, що виходить ($\Delta t=(70-30)$ °C);

r – теплота пароутворення води при температурі насичення 70 °C ($r=2333,8$ кДж/кг)

$$Q = \frac{800 \cdot (70 - 30) \cdot 4,19 + 2333,8 \cdot 800}{3600} = 555,86$$

Визначимо температурний натиск між водою, що охолоджує, і охолоджуваною пароводяною сумішшю, °C

$$\Delta t_n = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_m}{\ln\left(\frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_m}\right)},$$

де Δt_{δ} , Δt_m – більша і менша різниця температур теплоносіїв на вході та виході з теплообмінника, °C

$$\Delta t_n = \frac{45 - 25}{\ln\left(\frac{45}{25}\right)} = 34$$

Поверхню нагріву теплообмінника знаходимо з рівняння теплопередачі,
м²

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t \cdot n},$$

де K – коефіцієнт теплопередачі між теплоносіями ($K=1800 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$);

n – коефіцієнт, що враховує тепловтрати в довкілля ($n=0,98$)

$$F = \frac{555860}{1800 \cdot 34 \cdot 0,98} = 9,268$$

Вибираємо в якості охолоджувача випару горизонтальний пароводяний кожухотрубчастий односекційний теплообмінник, що має наступні характеристики:

- поверхня нагріву секції – 10 м^2 ;
- зовнішній діаметр і товщина стінки секції – $273 \times 7,0 \text{ мм}$;
- довжина латунних трубок – 2000 мм ;
- кількість трубок в секції – 109 шт. ;

Площа перерізу:

- трубок – $0,01679 \text{ м}^2$;
- між трубного простору – $0,03077 \text{ м}^2$.

Зовнішній діаметр приєднувальних патрубків для входу і виходу води (пароповітряної суміші):

- що нагрівається – $219 \times 6,0 \text{ мм}$;
- що гріє – $219 \times 6,0 \text{ мм}$;
- довжина однієї секції підігрівача – 2356 мм ;
- маса однієї секції – 241 кг .

2.7.12 Технологічна схема вузла ГВП

Вузол ГВП призначений для нагріву холодної води до температури $70 \text{ }^\circ\text{C}$ і подачі її споживачам. Холодна вода з міського водопроводу $\text{Ø}100 \text{ мм}$ через

байпас подається на підігрівання для ГВП. Після нагріву, вода з температурою (70...72) °С поступає до баків-акумуляторів ГВП, об'ємом $V=75 \text{ м}^3$ кожен.

2.7.13 Розрахунок газоповітряного тракту і перевірочний розрахунок димаря

Розрахунок виконуємо для п'яти котлів НІСТу-5М, що працюють на природному газі з теплотворною здатністю $Q_H^P=8190 \text{ ккал/нм}^3$.

Витрата палива на один котел НІСТу-5М складе, $\text{м}^3/\text{год}$.

$$B_p = \frac{Q_k \cdot 10^6}{Q_H^P \cdot \eta_k},$$

де Q_k – номінальна теплопродуктивність котла ($Q_k=0,667 \text{ Гкал/год.}$);

η_k – розрахунковий ККД котла ($\eta_k=0,912$)

$$B_p = \frac{0,667 \cdot 10^6}{8190 \cdot 0,912} = 87,57$$

Питомий об'єм димових газів за нормальних умов, $\text{нм}^3/\text{нм}^3$

$$V_R^O = V_{\text{RO}_2} + V_{\text{N}_2} + V_{\text{H}_2\text{o}}^O + \Delta V_B = 1,07 + 7,5 + 2,167 + 1,63 = 12,37$$

Годинна витрата димових газів за нормальних умов, $\text{нм}^3/\text{год}$.

$$V_R = V_R^O \cdot B_p = 12,37 \cdot 87,57 = 1095,02$$

Витрата димових газів від котлів при їх температурі за котлами
 $t_{yx}=160\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\text{м}^3/\text{год}$.

$$V^1_R = V_R \cdot \frac{273 + t_{yx}}{273} = 1095,02 \cdot \frac{273 + 160}{273} = 1736,8$$

$$V^5_R = 5 \cdot V^1_R = 5 \cdot 1736,8 = 8683,95$$

Температура димових газів в збірному боріві, $^{\circ}\text{C}$

$$t_R = \frac{\alpha_{yx} \cdot t_{yx} + \alpha_{\text{бор.}} \cdot t_{\text{хв}}}{\alpha_{yx} + \alpha_{\text{бор.}}} = \frac{1,25 \cdot 160 + 0,05 \cdot 20}{1,25 + 0,05} = 154,6$$

Охолодження газів в трубі на 1 п.м. висоти для сталевого димаря, $^{\circ}\text{C}/\text{м}$

$$\Delta t = \frac{0,8}{\sqrt{D}} = \frac{0,8}{\sqrt{0,663}} = 0,8$$

Площа перерізу борова від одного котла при швидкості димових газів в
цегляному боріві $W_R=2\text{ м/с}$, м^2

$$F_1 = \frac{V^1_R}{3600 \cdot W_R} = \frac{1736,8}{3600 \cdot 2} = 0,242$$

Приймаємо газохід збірний цегляний від одного котла $400 \times 650\text{ мм}$ з
площею перерізу $F_1=0,26\text{ м}^2$.

Площа перерізу збірної сталевий газохід від п'яти котлів при швидкості димових газів $W_R=8$ м/с, m^2

$$F_5 = \frac{V_R^5}{3600 \cdot W_R} = \frac{8683,95}{3600 \cdot 8} = 0,301$$

Приймаємо газохід збірний сталевий від п'яти котлів 500x600h мм з площею перерізу $F_5=0,30$ m^2 .

Швидкість руху димових газів на виході з димаря заввишки $H=32$ м, діаметром $D=800$ мм, $m^3/год$.

$$W_{тр} = \frac{V_R \cdot \left(273 + t_R - \frac{\Delta V \cdot H}{2} \right)}{3600 \cdot 273 \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4}} = \frac{1095,02 \cdot \left(273 + 154,6 - \frac{0,8 \cdot 32}{2} \right)}{3600 \cdot 273 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,8^2}{4}} = 4,59$$

Щільність газів на початку димаря, $кг/м^3$:

– при їх температурі $t_R=154,6$ $^{\circ}C$

$$\rho_R = \rho_R^0 \cdot \frac{273}{273 + t_R},$$

де ρ_R^0 – щільність димових газів при нормальних умовах ($\rho_R^0=1,3$ $кг/м^3$)

$$\rho_R = 1,3 \cdot \frac{273}{273 + 154,6} = 0,83$$

– при їх температурі $t_{НВ}=8$ $^{\circ}C$

$$\rho_{\text{BH}} = \rho_{\text{R}}^{\circ} \cdot \frac{273}{273 + t_{\text{BH}}} = 1,3 \cdot \frac{273}{273 + 8} = 1,263$$

Втрата натиску на місцеві опори димаря, мм вод. ст.

$$\Delta h_{\text{тр}} = \xi \cdot \frac{W_{\text{тр}}^2}{2 \cdot g} \cdot \rho_{\text{R}} \quad ,$$

де ξ – коефіцієнт місцевого опору елементів димаря ($\xi=1,5$);

g – прискорення вільного падіння у вакуумі ($g=9,81 \text{ м/с}^2$)

$$\Delta h_{\text{тр}} = 1,5 \cdot \frac{4,59^2}{2 \cdot 9,81} \cdot 0,83 = 1,337$$

Сумарне падіння натиску на місцевих опорах газового тракту котельної із запасом 20 %, мм вод. ст.

$$\Sigma \Delta h = (\Delta h_{\text{бор.}} + \Delta h_{\text{тр}} + \Delta h_{\text{к}} + \Delta h_{\text{ш}} + \Delta h_{\text{т}}) \cdot 1,2 \quad ,$$

де $\Delta h_{\text{бор.}}$ – опір борова ($\Delta h_{\text{бор.}}=2$ мм вод. ст.);

$\Delta h_{\text{ш}}$ – опір шибера ($\Delta h_{\text{ш}}=1,5$ мм вод. ст.);

$\Delta h_{\text{к}}$ – опір котла (з паспорту котла) ($\Delta h_{\text{к}}=2,5$ мм вод. ст.);

$\Delta h_{\text{т}}$ – опір (розрідження) в топці ($\Delta h_{\text{т}}=2$ мм вод. ст.)

$$\Sigma \Delta h = (2 + 1,337 + 2,5 + 1,5 + 2) \cdot 1,2 = 11,204$$

Необхідна висота димаря, м

$$H_{\text{треб.}} = 2,15 \cdot \frac{\Sigma \Delta h}{\left(\frac{1}{273 + t_{\text{НВ}}} - \frac{1}{273 + t_{\text{R}}} \right) \cdot 760},$$

де $t_{\text{НВ}}$ – розрахункова температура зовнішнього повітря ($t_{\text{НВ}}=8\text{ }^{\circ}\text{C}$)

$$H_{\text{треб.}} = 2,15 \cdot \frac{11,204}{\left(\frac{1}{273 + 8} - \frac{1}{273 + 154,6} \right) \cdot 760} = 25,98 = 26\text{м} < 32\text{м} = H_{\text{действ.}}$$

Необхідний діаметр димаря, м

$$D_{\text{треб.}} = 0,0188 \cdot \frac{\sqrt{V_{\text{R}}^5}}{W_{\text{R}}} = 0,0188 \cdot \frac{\sqrt{8683,95}}{4,59} = 0,818\text{м} \approx 0,8\text{м} = D_{\text{действ.}}$$

Тяга, що створюється димарем, мм вод. ст.

$$\Delta P = H_{\text{действ.}} \cdot (\rho_{\text{НВ}} - \rho_{\text{R}}) = 32 \cdot (1,263 - 0,83) = 13,86\text{г}$$

2.8 Тепловий, конструктивний і механічний розрахунки нестандартного устаткування котельної

2.8.1 Розрахунок газомазутного пальника МДГГ-75-Б

Котли продуктивністю 34,8 МВт обладнані газомазутними турбулентними пальниками. Повітря до пальників подається від вентилятора А або Б, і закручується в них регістром лопатки, який встановлюється після центрування рами пальника на котлі. Периферійна подача газу з двох рядів

отворів на 90° до осі пальника в закручений потік повітря забезпечує хорошу підготовку газоповітряної суміші, горіння якої починається і надійно стабілізується в циліндричному тунелі.

Внутрішній діаметр тунелю дорівнює внутрішньому діаметру газороздавального кільця пальника (346 мм), а довжина тунелю – 380 мм (потрібно щоб від дещо виступав в топку за межі екранних труб, і унеможлиблювалося їх підігрівання). Внутрішнє футерування рами захищає пальник від перегрівання за рахунок випромінювання з топки. Якщо, незважаючи на футерування рами, ці пальники в експлуатаційних умовах сильно нагріваються, то через них для охолодження пропускають повітря.

Газомазутні пальники встановлюють на бічних стінках топки в два яруси з кожного боку котла; вони мають запалюючий пристрій, що розташований над пальником і включається з щита.

Стійкість полум'я визначається рядом чинників, у тому числі швидкістю його розповсюдження, швидкістю виходу газоповітряної суміші, формою гирла (отворів) пальника, наявністю пристроїв для охолодження гирла та його захищеності від нагріву і так далі.

Для прийнятої конструкції пристрою газопальника і його розташування в топці, а також при використанні газу певного складу, стійкість полум'я залежить від відповідності швидкості виходу газоповітряної суміші швидкості поширення полум'я. Якщо ці швидкості відповідають один одному, то кожна нова порція суміші газу з повітрям, що поступає в топку, устигатиме підпалюватися від часток газу, що вже горять. При збільшенні теплової потужності пальника понад задану межу, швидкість виходу газоповітряної суміші може значно перевищити швидкість поширення полум'я. Станеться відрив полум'я, що загрожує заповненням топки та газоходів котла незгорілим газом і можливим вибухом газоповітряної суміші, що утворилася. Відрив полум'я від гирла відбувається не відразу: спочатку починається пульсація полум'я на периферії його основи, яка із зростанням швидкості виходу суміші

збільшується і частішає, поки не станеться відрив. Наявність навіть невеликого руху повітря навколо пальника прискорює процес відриву полум'я.

Також неприпустимо і зменшення теплової потужності нижче певного значення, оскільки при цьому швидкість поширення полум'я виявиться вище за швидкість виходу газоповітряної суміші, тобто горіння перейде всередину пальника - станеться проскакування полум'я. При цьому пальник може швидко вийти з ладу із-за сильного перегрівання, а потім станеться заповнення газоходів.

У пальниках, що мають пристрої для закручування повітря, спостерігається деяке відхилення факела і потоків продуктів горіння убік, відповідну напрямку закручування. Тому при установці в топках невеликих котлів в одному горизонтальному ряду двох таких пальників, закручування в кожному з них має бути спрямоване до осі топки або пальника і, крім того, вони мають бути розгорнуті так, щоб факели не могли торкатися бічних стінок топки.

На малих навантаженнях температура газів, що відходять, близька до температури води на виході з котла. У разі роботи котла з низькими температурами води на вході відбувається рясне виділення вологи на внутрішніх стінках димаря і на трубах конвективного пучка котла, що призводить до їх швидкої корозії. При спалюванні мазуту, ця волога насичується сірчистими з'єднаннями, різко прискорюючими корозійний процес. Тому, як правило, димарі встановлюють не над котлами, а окремо.

Визначимо середню щільність природного газу в інтервалі температур $(0...20)^{\circ}\text{C}$, $\text{кг}/\text{м}^3$

$$\rho_{\text{cp}} = \rho \cdot \frac{0,5 \cdot \Delta p + 10329}{10329} ,$$

де ρ – щільність газу за нормальних умов ($\rho=0,883 \text{ кг}/\text{м}^3$);

Δp – різниця абсолютних значень газу перед соплом і середовища, в яке відбувається витікання газу; на практиці тиск середовища рівний або дуже близький до атмосферного, тому зазвичай приймають $\Delta p = p_1 = 2500 \text{ кгс/м}^2$

$$\rho_{\text{ср.}} = 0,883 \cdot \frac{0,5 \cdot 2500 + 10329}{10329} = 0,9898$$

Середня швидкість витікання газу з отворів (сопел) при тиску його до 1 кг/см^2 з точністю (2...3) %, м/с

$$W_{\text{ср.}} = \varphi \cdot \frac{\sqrt{19,62 \cdot \Delta p}}{\rho_{\text{ср.}}},$$

де φ – коефіцієнт, залежний від форми отвору (сопла) і визначуваний досвідченим шляхом; з достатньою для практичних розрахунків точністю для отворів, просвердлених у газових трубах $\varphi = (0,6 \dots 0,65)$; для сопел промислових пальників $\varphi = (0,6 \dots 0,65)$ залежно від їх конфігурації

$$W_{\text{ср.}} = 0,8 \cdot \frac{\sqrt{19,62 \cdot 2500}}{0,9898} = 178$$

Годинна витрата газу через пальник виражається добутком середньої швидкості витікання газу з отворів на сумарну площу цих отворів; для круглих отворів, $\text{м}^3/\text{год}$.

$$V_{\text{г}} = \frac{3600 \cdot \pi \cdot W_{\text{ср.}} \cdot \sum d^2}{4} = \frac{3600 \cdot 3,14 \cdot (69 \cdot 9 + 9 \cdot 100 + 3 \cdot 324) \cdot 10^{-6}}{4} = 1254 \text{ м}^3$$

2.8.2 Газорозподільний пункт

Газопостачання існуючої котельної здійснюється від газорозподільного пункту, що стоїть окремо, спорудженого за типовим проектом, для варіанту з двома нитками редукування: одна нитка з регулювальником РДУК-2-100, яка змонтована до дії; друга нитка з регулювальником РДУК-2-200, яка не змонтована.

Тиск газу на вході в газорозподільний пункт 0,4 МПа (з урахуванням втрат тиску від точки врізання до газорозподільного пункту).

Необхідний тиск на виході з газорозподільного пункту – 0,1 МПа (1 кгс/см²). Витрата газу на існуючу котельню – 3285 нм³/год. Максимальна продуктивність газорозподільного пункту при вказаних параметрах – 2880 нм³/год.

У котельній, що реконструюється, максимальна витрата газу – 464 нм³/год. Необхідно в приміщенні газорозподільного пункту прокласти ще одну нитку газопроводу з регулювальником тиску РДУК-2-200 з діаметром клапана 140 мм. Продуктивність газорозподільного пункту при цьому буде 21700+2880=24580 нм³/год., що забезпечить потребу котельної при максимальному навантаженні 168 МПа з витратою – 19183 нм³/год.

Діаметр газопроводу на вході в газорозподільний пункт – 200 мм, на виході – 400 мм.

Випробування газопроводів проводилися відповідно до вимог "Норм тиску при випробуваннях на міцність і щільність підземних, надземних і внутрішніх газопроводів та газопроводів ГРП", розрахункові формули допустимих втрат тиску при випробуваннях вказані далі.

Справжнім проектом передбачається підземне прокладення газопроводу середнього тиску Ø200 мм від точки врізання в існуючий газопровід Ø400 мм до котельної по вул. Зеленій. Напрямок прокладення газопроводу прийнятий згідно ПП «Градопроект».

Діаметр газопроводу прийнятий з урахуванням перспективного підключення котельної ДСВ-2 і газифікації житлової забудови сел. Великий Луг.

У точці врізання проектного газопроводу в існуючий передбачений пристрій газового колодязя з відключаючою арматурою. Для зниження тиску газу з середнього $P < 1,0$ кгс/см² до низького $P < 0,05$ кгс/см² на території котельної передбачена установка шафового ГРП типу ШГРУ-1-50 з регулювальником тиску типу РДУК-2-50-35; для комерційного обліку витрати газу котельної передбачена установка шафового вузла обліку типу ШПОГ-150-01 з газовим лічильником типу ЛГ-К-150-0,63-650 і коректором «Універсал 02».

На виході газопроводу із землі передбачено ізолююче фланцеве з'єднання. Для захисту від електрохімічної корозії підземного газопроводу, у котельної передбачена установка катодних станцій типу ВОПЕ-1200.

Підземний газопровід виконаний із сталевих труб електрозварюванням по ДСТУ 10704-01 Ø200 мм. По усій довжині газопроводу виконана гідроізоляція "посиленого" типу. Глибина прокладення газопроводу, установка КВП і арматури - згідно з вказівками в графічній частині проекту.

Сучасне промислове газифіковане підприємство повинне мати газову службу.

2.8.3 Розрахунок діаметру газопроводу

Згідно з технічними умовами і розрахунком, витрата газу на котельну складе – $V_p = 464$ нм³/год. Годинна витрата газу на один котел НІСТу-5М при його теплопродуктивності – $Q = 0,667$ Гкал/год., складе – $V_p = 87,57$ нм³/год.

Абсолютний тиск газу перед пальниками, МПа

$$P_a = P_1 + 0,1 \text{ ,}$$

де P_1 – надлишковий тиск газу перед пальником ($P_1=0,0045$ МПа або $P_1=0,045$ кгс/см²)

$$P_a = 0,0045 + 0,1 = 0,1045$$

Діаметр загального газопроводу на п'ять котлів НІСТу-5М при швидкості газу $W_r=7$ м/с для низького тиску, мм

$$D = 0,036238 \cdot \frac{\sqrt{B_p} \cdot (273 + t_r)}{P_a \cdot W_r},$$

де t_r – температура природного газу перед пальниками ($t_r=22$ °С)

$$D = 0,036238 \cdot \frac{\sqrt{464} \cdot (273 + 22)}{0,1045 \cdot 7} = 16,6 \text{ см} = 166$$

Приймаємо діаметр загального газопроводу $\varnothing 200$ мм.

Діаметр газопроводу до кожного котла, см (мм)

$$d = 0,036238 \cdot \frac{\sqrt{87,57} \cdot (273 + 22)}{0,1045 \cdot 7} = 6,816 \text{ см} = 68$$

Приймаємо діаметр газопроводів $\varnothing 80$ мм.

ВИСНОВКИ

Запропонована в кваліфікаційній роботі реконструкція поліпшить умови роботи обслуговуючого персоналу котельної і стан повітряного басейну санітарно-оздоровчої зони м. Запоріжжя сел. Великий Луг.

При реконструкції розглядається один варіант, оскільки основне і допоміжне устаткування котельної істотно не змінюється.

Основним показником економічності роботи котельної є витрата газу на виробництво 1 ГДж теплоти. Вартість 1 ГДж теплоти очевидно зменшується за рахунок виключення витрат на підігрівання мазуту, його спалювання, зберігання і доставку. Також знижуються витрати на транспортні витрати. Приведені розрахунки технічних показників котельної, що реконструюється, для теплопостачання житлової забудови дають основу зробити висновок про доцільність реалізації цього проекту реконструкції.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Столпнер Є. Б., Панюшева З. Ф. Справочний посібник для персоналу газифікованих котельнь. - К. : Техніка, 1990. 397 с.
2. Белан Е. М. Водопідготовка. - Х. : Недра, 1995. 415 с.
3. Інструкція по експлуатації теплових мереж. – К. : Енергія, 2002.
4. ДБНВ.2.5-20-2001 «Газопостачання».
5. СНІП-П-35-06 «Котельні установки».
6. СНІП 2.04.08-07. «Теплові мережі».
7. Технічний опис на котел, палинковий пристрій і блок водопідготовки, 2012.
8. СНІП 3.05.02-08 «Газопостачання».
9. РТМ 204 УССР 056-93. Оборудование унифицированное для капитального строительства объектов жилищно-коммунального хозяйства, 1993.
10. Правила технічної експлуатації станцій і мереж. - К. : Енергія, 2007.
11. Правила технічної експлуатації тепловикористовуючих установок і теплових мереж. - Дніпропетровськ : Промінь, 2003.
12. Водяные тепловые сети : Справочное пособие по проектированию / И. О. Беляйкина, В. П. Витальев, Н. К. Громов и др. Под редакцией Н. К. Громова, Е. П. Шубина. - М. : Энергоатомиздат, 1988.
13. Соколов Е. Я. Теплофикация и тепловые сети. Изд.5-е. - М. : Энергоиздат, 1982.
14. Правила безопасности систем газоснабжения Украины, 2012.
15. Правила відпуску і реалізації теплової енергії тепlopостачаючими організаціями ЖКГ, 2012.
16. Шафрановский В. А. Справочник наладчика автоматики котельных установок. - М. : Энергоатомиздат, 1987. 176 с.
17. Баранов П. А. Эксплуатация паровых и водогрейных котлов. - М. : Энергоатомиздат, 1996. 264 с.

18. Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей: Справочник. / Под редакцией В. И. Манюка. - М. : Стройиздат, 1988.

19. ДНАОП 0.00-1.26-06. «Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых котлов с давлением не более $0,7 \text{ кгс/см}^2$, водогрейных котлов и водоподогревателей с температурой нагрева воды не выше $115 \text{ }^\circ\text{C}$ ».

20. Переверзев В. А., Шумов В. В. Справочник мастера тепловых сетей. - Л. : Энергия. Лен. отд., 2008.