

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю.М.ПОТЕБНИ
КАФЕДРА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА КІБЕРФІЗИЧНИХ
СИСТЕМ

Кваліфікаційна робота

другий магістерський

(рішенням вищої освіти)

на тему «Підвищення ефективності роботи комунальної котельної
шляхом утилізації відхідних газів»

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1442

Тарасенко Сергій Володимирович

спеціальності теплоенергетика

освітньої програми теплоенергетика

Керівник к.т.н., доц. Карпенко Г.В.

Рецензент Таратута К.В.

Запоріжжя

2023

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

Кафедра електричної інженерії та кіберфізичних систем

Рівень вищої освіти другий магістерський

Спеціальність 144 Теплоенергетика

Освітня програма Теплоенергетика

(код та назва)

Спеціалізація _____

(код та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____

« _____ » _____ 2023 року

**З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ**

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи (проекту) «Підвищення ефективності роботи комунальної котельної шляхом утилізації відхідних газів»

керівник роботи Карпенко Ганна Володимирівна, к.т.н., доц.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, пене звання)

затверджені наказом ЗНУ від «01» травня 2023 року № 639-с

Строк подання студентом роботи: 01 грудня 2023 р.

2 Вихідні дані до роботи: Площа поверхонь нагріву. Тиск пари. Температура пари. ККД (%) при спалюванні. Тип пального. Розрахункові витрати палива. Площа поверхонь нагріву.

3 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Класифікація джерел теплопостачання. Підвищення ефективності роботи комунальної котельної шляхом утилізації відхідних газів. Вибір основного і допоміжного устаткування котельні. Охорона праці. Розрахунок теплової схеми пароводогрійної котельні КП НВК «Іскра».

4 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): Принципова тепла схема парової котельні. Залежність температури відхідних газів за котлом від витрати газу. Залежність температури відхідних газів за економайзером від витрати газу. Залежність ККД котла від витрати газу.

5 Консультанти розділів роботи

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|--------|---|-----------------------|----------------------|
| | | завдання визначено | завдання пройдено |
| 1 | Карпенко Г.В. | | |
| 2 | Карпенко Г.В. | | |
| 3 | Карпенко Г.В. | | |

6 Дата видачі завдання 01 червня 2023 р

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів кваліфікаційної роботи | Сірж виконаних етапів роботи | Примітки |
|-------|---|------------------------------|----------|
| 1 | Огляд літературних джерел | | |
| 2 | Класифікація джерел теплопостачання | | |
| 3 | Розрахунок теплової схеми пароводогрійної котельні КП НВК «Іскра» | | |
| 4 | Охорона праці та технологічна безпека | | |
| 5 | Оформлення кваліфікаційної роботи згідно нормативним вимогам | | |

Студент
(підпис)

Тарасенко С.В.
(ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проекту)
(підпис)

Карпенко Г.В.
(ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер

В.В. Артемчук

АНОТАЦІЯ

Тарасенко С.В. Підвищення ефективності роботи комунальної котельної шляхом утилізації відхідних газів

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 144 – Теплоенергетика, науковий керівник Карпенко Г.В. Запорізький національний університет. Кафедра електричної інженерії та кіберфізичних систем, 2023.

В магістерській роботі вирішено актуальну науково - технічну задачу по підвищенню енергетичної ефективності комунальної котельні. У магістерській роботі вирішено актуальну технологічну задачу підвищення ефективності використання палива в міській котельні. Основними результатами магістерської роботи є: узагальнено та проаналізовано інформацію по паровим котлам ДКВР10/13 та водогрійним котлам КВГМ 20-150; зібрано технічну інформацію про роботу котельні; проведено дослідження залежностей основних робочих параметрів парового котла ДКВС 10/13 від витрати газу.

Ключові слова: КОМУНАЛЬНА КОТЕЛЬНЯ, ЕНЕРГІЯ, ТЕПЛО, ВТОРИННІ ЕНЕРГОРЕСУРСИ, ТЕМПЕРАТУРА

ANNOTATION

Tarasenko S.V. Increasing the efficiency of the communal boiler plant by utilizing waste gases

Qualifying graduation thesis for obtaining a master's degree in the specialty 144 - Thermal power engineering, scientific supervisor Karpenko G.V. Zaporizhzhia National University. Department of Electrical Engineering and Cyberphysical Systems, 2023.

The master's thesis solves the actual scientific and technical problem of increasing the energy efficiency of the communal boiler house. The master's thesis

solves the actual technological problem of increasing the efficiency of fuel use in the city boiler house. The main results of the master's thesis are: summarized and analyzed information on steam boilers DKVR10/13 and water heating boilers KVGM 20-150; collected technical information about the operation of the boiler house; the dependence of the main operating parameters of the DKVS 10/13 steam boiler on the gas consumption was studied.

Keywords: MUNICIPAL BOILER PLANT, ENERGY, HEAT, SECONDARY ENERGY RESOURCES, TEMPERATURE

ЗМІСТ

| | |
|---|--|
| ВСТУП..... | |
| 1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ..... | |
| 1.1 Класифікація джерел теплопостачання..... | |
| 1.2 Основні види енергії і джерела тепла, які використовуються для теплопостачання..... | |
| 1.3 Основні види енергії і джерела тепла, які використовуються для теплопостачання..... | |
| 1.4 Ознайомлення з котельнею КП НВК «Іскра»..... | |
| 2 ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ КОМУНАЛЬНОЇ КОТЕЛЬНОЇ ШЛЯХОМ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХІДНИХ ГАЗІВ... | |
| 2.1 Розрахунок теплової схеми пароводогрійної котельні КП НВК «Іскра»..... | |
| 2.1 Дослідження переводу пароводогрійної котельні по вул. К.Карого 21б на водогрійну..... | |
| 2.3 Вибір основного і допоміжного устаткування котельні..... | |
| 2.4 Розрахунок техніко - економічних показників водогрійної котельні..... | |
| 3 ОХОРОНА ПРАЦІ..... | |
| 3.1 Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів..... | |
| 3.2 Заходи з поліпшення умов праці..... | |
| 3.3 Виробнича санітарія..... | |
| 3.4 Електробезпека..... | |
| 3.5 Пожежна безпека..... | |
| 3.6 Засоби індивідуального захисту | |
| ВИСНОВОК..... | |
| ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ..... | |

ВСТУП

Актуальність теми. Теплопостачання – галузь народного господарства. Досить сказати, що щорічно на потреби теплопостачання витрачається 25% усього виробленого палива. В умовах обмеженості паливних ресурсів їх раціональне та економне використання є завданням загальнодержавного значення. Значна роль у вирішенні цієї проблеми відводиться централізованому теплопостачанню та теплопостачання, які тісно пов'язані з електрифікацією і теплоенергетикою.

Централізоване теплопостачання базується на використанні великих районних котелень, які характеризуються значно вищим ККД, ніж малі теплові установки. Централізоване теплопостачання, тобто централізоване теплопостачання на основі комбінованого виробництва теплової та електричної енергії, є вищою формою централізованого теплопостачання. Він дозволяє знизити витрату палива до 25%. При централізованому теплопостачанні ліквідовуються малі теплові установки, які є джерелами забруднення повітря; натомість використовуються великі джерела тепла, газові викиди яких містять мінімальні концентрації токсичних речовин. Таким чином, централізація теплопостачання сприяє охороні навколишнього середовища. В даний час у зв'язку з прогресом у використанні ядерного палива розвивається новий напрям - централізоване теплопостачання на базі атомних теплових електростанцій і атомних котелень. Використання ядерного палива для теплопостачання зменшує споживання дефіцитного органічного палива та сприяє вирішенню проблеми паливно-енергетичного балансу країни.

Мета роботи полягає в підвищенні ефективності використання палива при заміні парових котлів на водогрійні.

Об'єкт дослідження на КП НПК «Іскра» є пароводогрійна котельня, яка була спроектована як промислова теплоцентраль і задовольняла потреби в технологічному навантаженні пари, опалення та гарячого водопостачання.

Предмет дослідження:

- вплив типу використовуваного котла на параметр теплоносія;
- вплив режиму роботи водогрійного котла на параметри температури теплоносія.

Відповідно до поставленої мети в роботі сформульовано такі завдання:

- узагальнювати та аналізувати інформацію про парові та водогрійні котли;
- збір технічної інформації про роботу котельні.

Наукова новизна отриманих результатів. Встановлено залежності температури вихідних газів через економайзер і котел від витрати палива через котел.

Практична цінність роботи полягає в розробці ефективного режиму роботи котлоагрегату ДКВР 10/13.

Методи дослідження:

- метод фізичного моделювання для дослідження параметрів парового котла в залежності від зміни режиму його роботи;
- метод статистичної обробки експериментальних даних за допомогою програмного забезпечення

Особистий внесок. Наукові результати, викладені в дисертації, отримані особисто автором.

Структура та обсяг роботи. Магістерська робота містить вступ, три розділи, висновки та список використаної літератури. Загальний обсяг сторінок 94, включаючи ілюстрації та таблиці.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ

При централізованому теплопостачанні ліквідовуються малі теплові установки, які є джерелами забруднення повітря; натомість використовуються великі джерела тепла, газові викиди яких містять мінімальні концентрації токсичних речовин. Таким чином, централізація теплопостачання сприяє охороні навколишнього середовища. В даний час у зв'язку з прогресом у використанні ядерного палива розвивається новий напрям - централізоване теплопостачання на базі атомних теплових електростанцій і атомних котельнь. Використання ядерного палива для теплопостачання зменшує споживання дефіцитного органічного палива та сприяє вирішенню проблеми паливно-енергетичного балансу країни.

1.1 Класифікація джерел теплопостачання

Система централізованого теплопостачання складається з таких основних елементів: джерел тепла, теплових мереж і систем місцевого споживання - систем опалення, вентиляції та гарячого водопостачання. Для централізованого теплопостачання використовуються два типи джерел тепла: теплоелектростанції (ТЕЦ) і районні котельні (РБ). Комбіноване виробництво тепла та електроенергії здійснюється на теплоелектростанції, що забезпечує значне зниження питомих витрат палива при виробленні електроенергії. У цьому випадку спочатку тепло робочого тіла - водяної пари - використовується для отримання електроенергії при розширенні пари в турбінах, а потім решта теплоти відпрацьованої пари використовується для нагріву води в теплообмінниках, які є нагрівальним обладнанням теплової електростанції. Для опалення використовується гаряча вода. Так, на теплоелектростанції тепло високого потенціалу використовується для виробництва електроенергії, а тепло низького потенціалу — для теплопостачання. У цьому полягає енергетичний сенс комбінованого

виробництва тепла та електроенергії. При їх роздільній генерації електроенергію отримують на конденсаційних станціях (КЕС), а тепло — на котельнях. У конденсаторах парових турбін ІЕС підтримується глибокий вакуум, що відповідає низьким температурам (15...20) °С і не використовується охолоджуюча вода. В результаті на теплопостачання витрачається додаткове паливо. Отже, роздільне виробництво економічно менш вигідне, ніж комбіноване. Переваги опалення та централізованого теплопостачання яскравіше проявляються при концентрації теплових навантажень, характерних для сучасних міст, що розвиваються. Слід враховувати, що при централізованому теплозабезпеченні капіталовкладення в ТЕЦ і теплові мережі вищі, ніж в ТЕЦ і системи централізованого теплопостачання РК, тому економічно доцільно будувати ТЕЦ тільки в умовах високих теплових навантажень. Для європейської частини при існуючих значеннях централізоване теплопостачання є економічно доцільним при теплових навантаженнях понад 400 Гкал/год.

Ще одним джерелом теплопостачання є ЖК. Теплова потужність сучасних житлових комплексів становить (150...200) Гкал/год. Така концентрація теплових навантажень дозволяє використовувати великі агрегати, сучасне технічне оснащення котелень, забезпечує високу ефективність використання палива. Як теплоносій для опалення міст використовується гаряча вода, а для опалення промислових підприємств — водяна пара. Теплоносій від джерел тепла транспортується по теплопроводах. Гаряча вода надходить до споживачів по подаючих теплопроводах, віддає тепло в теплообмінниках і після охолодження повертається по зворотним теплопроводам до джерел тепла. Таким чином, теплоносій безперервно циркулює між джерелом тепла і споживачами. Циркуляція теплоносія забезпечується насосною станцією джерела тепла. Водяна пара під власним тиском надходить до промислових споживачів по паропровадах, конденсується в теплообмінниках і віддає тепло. Конденсат повертається до

джерела тепла під дією надлишкового тиску або за допомогою конденсатних насосів.

Сучасні теплові мережі систем теплопостачання міст передбачають складні інженерні споруди. Протяжність теплових мереж від джерела до крайніх споживачів становить десятки кілометрів, а діаметр магістралей досягає 1400 мм. До теплових мереж належать: теплопроводи; компенсатори, що сприймають температурні розширення; апаратура відключення, контролю та безпеки, встановлена в спеціальних камерах; насосні станції; районні теплові пункти (РТП) і теплові пункти (ТП). Теплопроводи прокладають під землею в непрохідних і напівпрохідних каналах, в колекторах і без каналів. Для зменшення тепловтрат при русі теплоносія по теплових трубах використовується їх теплоізоляція. Для управління гідравлічним і тепловим режимами системи теплопостачання автоматизовані, а кількість тепла, що подається, регулюється відповідно до вимог споживачів.

Найбільша кількість тепла витрачається на опалення будівель. Опалювальне навантаження змінюється залежно від зовнішньої температури. Щоб теплопостачання відповідало потребам у теплі, на джерелах тепла використовується центральне керування. Досягти якісного теплопостачання за допомогою лише централізованого керування неможливо, тому на теплових пунктах та у споживачів встановлюється додаткова автоматика. Витрата води на гаряче водопостачання постійно змінюється, і для підтримки стабільного теплопостачання автоматично регулюється гідравлічний режим теплових мереж, а температура гарячої води підтримується постійною і дорівнює 65°C.

Сучасні централізовані системи теплопостачання являють собою складний комплекс, що включає джерела тепла, теплові мережі з насосними станціями і тепловими пунктами, абонентські вводи, обладнані системами автоматичного регулювання. Для забезпечення надійного функціонування таких систем необхідно будувати їх ієрархічно, при якому вся система

ділиться на ряд рівнів, кожен з яких має своє завдання, що зменшується за важливістю від верхнього рівня до нижнього.

Верхній ієрархічний рівень складають джерела тепла, наступний рівень – магістральні теплові мережі з РТП, нижній – розподільні мережі з вводами споживачів. Теплоджерела подають гарячу воду заданої температури і тиску в теплові мережі, здійснюють циркуляцію води в системі і підтримують в ній належний гідродинамічний і статичний тиск. У них є спеціальні водоочисні споруди, де проводиться хімічне очищення та деаерація води. Основні потоки теплоносія транспортуються по магістральних теплових мережах до теплоспоживачів. У РТП теплоносій розподіляється по регіонах і підтримується автономний гідравлічний і тепловий режими в районних мережах. Індивідуальні споживачі не повинні підключатися до магістральних теплових мереж, щоб не порушувати ієрархічну структуру системи.

Для забезпечення надійного теплопостачання необхідно резервувати основні елементи верхнього ієрархічного рівня. Джерела тепла повинні мати резервні установки, а магістральні теплові мережі повинні бути закільцьовані для забезпечення необхідної пропускної здатності в аварійних ситуаціях. Розподільні теплові мережі, трансформаторні підстанції та вводи споживачів забезпечують розподіл теплоносія до окремих споживачів і складають нижчий ієрархічний рівень, який у більшості випадків не резервується. Ієрархічна побудова систем теплопостачання забезпечує їх керованість у процесі операції.

1.4 Основні види джерел енергії та теплоти, що використовуються для теплопостачання

Джерело тепла - це комплекс обладнання та пристроїв, за допомогою яких природні та штучні види енергії перетворюються в теплову енергію з необхідними для споживачів параметрами.

Для потреб теплопостачання найближчим часом практичне значення мають органічне та ядерне паливо, геотермальна та сонячна енергія. Штучні види енергії, які використовуються для отримання тепла для теплопостачання, включають «вторинні енергоносії» промислових підприємств та електричну енергію. В даний час широко застосовуються джерела тепла на органічному паливі - твердому, рідкому і газоподібному. Основними джерелами тепла є теплоелектроцентралі (ТЕЦ), що виробляють електричну енергію і тепло комбінованим способом, і котельні, що виробляють тепло.

Залежно від виду робочого тіла, що використовується в циклі станції, ТЕС бувають паротурбінними, газотурбінними і комбінованими. В даний час переважно використовуються паротурбінні ТЕС з високими техніко-економічними показниками.

Геотермальна енергія у вигляді гарячої води і пари використовується для теплопостачання і виробництва електроенергії на Камчатці, Північному Кавказі, в Казахстані, Середній Азії, Угорщині, Новій Зеландії, Ісландії, США та ін. Використання геотермальної енергії безпосередньо не впливають на навколишнє середовище. Труднощі зазвичай полягають в обмежених запасах, доступних для практичного використання, і неоднорідному (іноді агресивному) складі різних геотермальних джерел. Слід зазначити, що геотермальну енергію можна отримати практично всюди (в одних районах Землі геотермальні води і порожнини високого тиску розташовані відносно близько до поверхні, в інших – глибше). Крім того, низькопотенційне тепло у вигляді гарячої води або пари можна отримати шляхом закачування води в гарячі магматичні шари вулканів, тому геотермальна енергія класифікується як найбільш перспективний вид енергії для отримання низькопотенційного тепла.

Вторинні енергетичні ресурси (ВДЕ) в даний час використовуються на деяких промислових підприємствах для виробництва тепла для теплопостачання та електроенергії. На промислових підприємствах ОРВ

формується опосередковано – у процесі виробництва при випуску основних видів продукції. До них належать: фізичне тепло, надлишковий тиск відходів і продуктів, а також горючі відходи, потенціал яких не використовується в технологічних циклах. Виробництво тепла та електроенергії за рахунок цього потенціалу дає можливість економити паливо на змінних установках, внаслідок чого підвищується енергетична ефективність промислових підприємств.

Використання електроенергії для теплопостачання має ряд переваг: можливість використання енергії безпосередньо від споживачів, відносна простота постачання та використання, простота регулювання та вимірювання навантаження тощо, а також те, що витрати на виробництво електроенергії становлять оплачується споживачами тепла. Слід зазначити, що електроенергія є найбільш прогресивним видом енергії і її виробництво на сьогоднішній день здійснюється з високими витратами палива порівняно з витратами палива на виробництво тепла: ККД КЕС становить приблизно 40%; котельні - (70...90)%, тому пряме перетворення електроенергії в тепло в різних електростанціях і електронагрівачах енергетично недоцільно. Можливість використання електроенергії для теплопостачання може розглядатися в особливих, вкрай рідкісних випадках, пов'язаних з труднощами доставки палива або прокладання трубопроводів, при достатній потужності електростанцій і ліній електропередач, при крайній нерегулярності і короткочасності режимів роботи споживачів тепла, зі значними розривами в графіках споживання електроенергії. ізольовані станції та енергосистеми з важкоконтрольованими джерелами тощо.

Джерелами тепла на ядерному паливі є атомні теплові електростанції та котельні. Вони особливо перспективні для великих централізованих систем теплопостачання, оскільки економічно доцільні для великих одиничних потужностей.

Сонячна енергія як джерело енергії має низку переваг: чистота, нескінченність у часі, «безкоштовність» тощо. Однак її широке використання

стикається з технічними труднощами через низьку щільність (щільність потужності) та нерегулярну дію в часі, тому використання сонячна енергетика можлива лише в окремих районах: на півдні України, Середній Азії, Казахстані. Основний напрямок роботи, експериментально реалізований за останні роки, – децентралізоване теплопостачання окремих будинків.

Крім зазначених основних видів енергії, для теплопостачання за допомогою теплових насосів можна використовувати низькотемпературне тепло (природне і штучне) будь-яких середовищ (повітря, вода, ґрунт тощо). Останні збільшують низькотемпературний потенціал середовища до необхідного для теплопостачання рівня, витрачаючи при цьому певну кількість електричної, теплової чи іншої енергії.

1.5 Класифікація котелень

Котельні централізованого теплопостачання поділяються на районні, блочні, групові та котельні підприємств. Перші призначені для теплопостачання всіх споживачів житлової забудови чи промислового вузла і входять до складу підприємств об'єднаних котелень і теплових мереж, другі і треті – для теплопостачання одного або кількох блоків, групи житлових будинків або громадських будівель і призначені для низьких теплових навантажень, що входять до складу підприємств об'єднаних котелень і теплових мереж. Котельні - це котельні, що існують на промислових підприємствах і служать для теплопостачання цих підприємств, їх житлового фонду, а також інших промислових підприємств, передбачених схемою теплопостачання в спосіб співпраці.

Залежно від характеру теплових навантажень районні котельні та котельні підприємств поділяються на:

— промислові, що використовуються для технологічного постачання пари або гарячої води промислових підприємств;

— системи опалення, призначені для забезпечення опалення, вентиляції та гарячого водопостачання;

— промислові - опалювальні, використовуються для технологічного теплопостачання та постачання тепла системам опалення, вентиляції та гарячого водопостачання промислових підприємств, житлових і громадських будівель.

Квартальні та групові котельні зазвичай опалювальні. Котельні всіх типів класифікуються за такими критеріями:

— за типом використовуваних котлів (парові; водогрійні; пароводяні - з паровими та водогрійними котлами);

— за видом палива, що спалюється (котельні, що працюють на газоподібному, рідкому або твердому паливі);

— за типом теплоносія і схемою тепловиділення (котельні, що виробляють пару з поверненням конденсату або без нього; котельні, що виділяють теплоту гарячої води із закритою або відкритою системою теплопостачання; котельні, що виділяють пару і теплоту гарячої води за перераховані схеми в їх різних комбінаціях);

— за способом розміщення на генеральному плані (вбудовані, прибудовані, окремі);

— за технологічною структурою (блочні, неблочні);

— за компонованням обладнання (закриті, напіввідкриті та відкриті);

— за режимом роботи (базові регіональні; пікові, що працюють спільно з ТЕС).

1.4 Ознайомлення з котельнею КП НВК «Іскра».

Районна котельня призначена для опалення та гарячого водопостачання сільських споживачів. Димитрова, Північний район, мікрорайон Кузнецов, Шевченківський район, Запоріжжя. Котельня

оснащена двома водогрійними котлами типу КВГМ 20-150, графік роботи якого представлено в таблиці 1.1, та два парових котли типу ДКВС 10/13. Загальне теплове навантаження котельні становить 60 Гкал/год.

Гаряче водопостачання працює за такими схемами:

— центрально від котельні - мікрорайон Північний, вул. Магістральна, вул. Кузнецова;

— через теплообмінники, встановлені на абонентських вводах.

Водопостачання котельні здійснюється через два незалежних міських введення:

— 1 введення – надходить в котельню по трубопроводу Ø 100 мм з вулиці. К-Кари до водомірного вузла;

— 2 введення – надходить в котельню по трубопроводу Ø150 мм до вузла обліку води та по внутрішньому трубопроводу котельні до вузла гарячого водопостачання.

Паливом для котлів, встановлених в котельні, є газ з $Q_{нр}=8300$ ккал/Нм³. Газ високого тиску з міського газопроводу Ø500 мм надходить по трубопроводу Ø200 мм до ГРП-2, де проходить доочищення, тиск знижується в середньому до -1,5 кгс/см² і транспортується по трубопроводу Ø273 мм. , протяжністю 1000 м через вузол обліку до ГРП-1 - 1А по повітряному газопроводу. У ГРП-1 і ГРП-1А газ проходить доочищення і знижує тиск до робочого - 0,4 кгс/см². Газ від ГРП-1 і ГРП-1А надходить в котельню до водогрійних котлів КВГМ 20-150 по повітряному трубопроводу Ø273мм, а в котельню надходить по повітряному трубопроводу Ø159мм в котельню до парових котлів ДКВР 10/13. .

Електропостачання котельні здійснюється від двох незалежних введів 10 кВ через понижувальні трансформатори № 1 і № 2 по 1600 кВт кожен.

Електрообладнання котелень № 1, 2, 4, 5 живиться від РУ - 0,4 кВ ТП-18. В ТС-18 встановлено АТС 0,4 кВ.

Вихідною водою для заповнення та живлення теплових мереж, гарячого водопостачання, а також для технологічних потреб є вода міського водопроводу загальною жорсткістю 4,5 кг-екв/кг. Питна якісна вода

Вода використовується для відновлення втрат у теплових мережах і проходить спеціальну очистку на водоочисній установці. Для очищення води використовуються двоступеневі Na - катіонні фільтри і атмосферний деаератор. В котельні встановлено чотири Na – катіонних фільтри Ø2000 мм.

Вода розподіляється по системах:

- пожежні, господарсько-питні та виробничі потреби;
- хімічна очистка води (ХВО) для живлення теплових мереж;
- гаряче водопостачання.

На ділянці котельні встановлені такі мережі:

- господарсько-питне, промислове та протипожежне водопостачання;
- промислова каналізація;
- дощова каналізація.

Побутові стічні води та стічні води з очисних споруд скидаються в існуючу мережу промислової каналізації. У зливову каналізацію скидаються підйомні та дощові води, вода з дахів будівель, промислові стоки з акумуляторних баків.

Таблиця 1.1 - Графік роботи водогрійного котла типу КВ-ГМ-20-150М

| Назва параметра | Умови. позначення | Один. вимірювання | Навантаження котла в % від номінальної. | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------------|-------------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | 35.1 | 39 | 42.9 | 46.8 | 49.4 | 54.6 | 59.8 | 65 | 68.9 | 74.2 | 78.3 | 82.4 | 85.1 | 90,5 | 94.5 | 97,5 |
| Теплова потужність | Qk | Гкал/рік | 7.02 | 7.8 | 8.58 | 9.36 | 9,88 | 10.9 | 12 | 13 | 13.8 | 14.8 | 15.7 | 16.5 | 17 | 18.1 | 18.9 | 19.4 |
| Споживання газу по приладу | Gk | м3/год | 800 | 900 | 1000 | 1100 | 1200 | 1300 | 1400 | 1500 | 1600 | 1700 | 1800 | 1900 | 2000 | 2100 | 2200 | 2300 |
| Тиск газу перед пальником | | кгс/см2 | 0,03 | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,07 | 0,08 | 0,09 | 0,11 | 0,12 | 0,13 | 0,14 | 0,16 | 0,18 | 0,19 | 0,22 | 0,23 |
| Тиск повітря після вентилятора | Хор. | кгс/см2 | 20±5 | 25±5 | 30±5 | 35±5 | 40±5 | 45±5 | 50±5 | 55±5 | 60±5 | 65±5 | 70±5 | 75±5 | 80±5 | 85±5 | 95±5 | 105±5 |
| Гідравлічний опір котла | П | кгс/см2 | 2.4 | 2.4 | 2.4 | 2.4 | 2.4 | 2.4 | 2.4 | 2.4 | 2.4 | 2.4 | 2.4 | 2.4 | 2.4 | 2.4 | 2.4 | 2.4 |
| Протікання води через котел | Gk | т/рік | 260 | 260 | 260 | 260 | 260 | 260 | 260 | 260 | 265 | 265 | 270 | 270 | 270 | 270 | 270 | 270 |
| Температура води на вході в котел | t1 | °C | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 |
| Температура води, що виходить з котла | t2 | °C | 97 | 100 | 103 | 106 | 108 | 112 | 116 | 120 | 122 | 126 | 128 | 131 | 133 | 137 | 140 | 142 |
| Температура димових газів | tofrom.g | °C | 114 | 123 | 132 | 137 | 140 | 147 | 155 | 163 | 166 | 170 | 175 | 180 | 186 | 190 | 200 | 205 |
| Температура зовнішнього повітря | th.v. | °C | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| Розрідження в печі | ST | кгс/см2 | 2,5±1 | 2,5±1 | 2,5±1 | 2,5±1 | 2,5±1 | 2,5±1 | 2,5±1 | 2,5±1 | 2,5±1 | 2,5±1 | 2,5±1 | 2,5±1 | 2,5±1 | 2,5±1 | 2,5±1 | 2,5±1 |
| Концентрація вихідних газів: | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| вуглекислий газ | CO2 | близько.% | 8.1 | 8.1 | 8.1 | 8.1 | 8.2 | 8.4 | 8.7 | 9 | 9.1 | 9.3 | 9.4 | 9.7 | 10 | 10.2 | 10.3 | 10.3 |
| окис вуглецю | CO | близько.% | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| кисень | O2 | близько.% | 6.6 | 6.6 | 6.5 | 6.5 | 6.4 | 6.1 | 5.5 | 4.9 | 4.8 | 4.5 | 4.2 | 3.8 | 3.2 | 2.8 | 2.7 | 2.8 |
| діоксид азоту | ox | близько.% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Коефіцієнт надлишку повітря у витяжці. га | Л | | 1.41 | 1.41 | 1.4 | 1.4 | 1.39 | 1.36 | 1.32 | 1.27 | 1.26 | 1.24 | 1.22 | 1.2 | 1.16 | 1.14 | 1.1 | 1.13 |
| Втрати тепла з димовими газами | q2 | % | 6.24 | 6.73 | 7.19 | 7.46 | 7.59 | 7,84 | 8.01 | 8.17 | 8.29 | 8.36 | 8.49 | 8.57 | 8.63 | 8.66 | 9.05 | 9.28 |
| Втрата тепла навколо. середнє | q5 | % | 3.13 | 2.82 | 2.56 | 2.35 | 2.23 | 2.01 | 1.84 | 1.69 | 1.6 | 1.48 | 1.4 | 1.34 | 1.29 | 1.22 | 1.16 | 1.13 |
| Втрати тепла отхім. недостатня доза | q3 | % | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| ККД котла (валовий) | ККД обр | % | 90.6 | 90.4 | 90.2 | 90.2 | 90.2 | 90.1 | 90.1 | 90.1 | 90.1 | 90.1 | 90.1 | 90.1 | 90.1 | 90.1 | 89,8 | 89,6 |
| Концентрація приведена до L=1: | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| діоксид азоту | ox | мг/м3 | 86.8 | 89,8 | 95.2 | 104 | 112 | 133 | 150 | 161 | 178 | 186 | 193 | 201 | 201 | 206 | 209 | 216 |
| окис вуглецю | CO | мг/м3 | 82 | 82 | 81.5 | 81.5 | 81 | 79.3 | 76.2 | 73.4 | 72.9 | 71.6 | 70.3 | 70.2 | 67.8 | 66.3 | 65.6 | 65.6 |
| Специфічний. Витрати умовного палива на Гкал | за | кг.п./Гкал | 158 | 158 | 158 | 158 | 158 | 159 | 159 | 159 | 159 | 159 | 159 | 159 | 159 | 159 | 159 | 160 |
| Кількість працюючих конфорок | п | ПК | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Питомі викиди NOx | BNOx | г/Гкал | 95.8 | 99.3 | 106 | 115 | 125 | 148 | 167 | 178 | 198 | 206 | 214 | 223 | 223 | 229 | 232 | 241 |
| Питомі викиди CO | BCO | г/Гкал | 90,5 | 88,8 | 89.1 | 89,8 | 89,8 | 89,6 | 83.7 | 79.4 | 80.9 | 77 | 75.8 | 76 | 74.9 | 72.3 | 71.7 | 72.9 |

2 ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ КОМУНАЛЬНОЇ КОТЕЛЬНОЇ ШЛЯХОМ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХІДНИХ ГАЗІВ

2.1 Розрахунок теплової схеми пароводяної котельні КП НВК «Іскра»

Розрахунок теплової схеми котельні проводиться з метою визначення витрат пари і води при характерних режимах роботи установки термообробки і складання загального матеріального балансу пари і води. Розрахунок визначає температуру різних потоків води (мережевої, підживлювальної, сирої, пом'якшеної) і конденсату. Розрахункова тепла діаграма вказує напрямки основних потоків теплоносія, їх витрати і параметри.

Результати розрахунків є вихідними для розрахунку та вибору обладнання окремих вузлів теплового контуру та магістральних трубопроводів котельні. Вибір кількості та одиничної потужності котлів також здійснюється за результатами розрахунку теплової схеми. При наявності двох і більше варіантів установки котлів вибір слід робити на підставі ТЕО.

Розрахунок теплової схеми комбінованої котельні - з водогрійним і паровим котлами - ділиться на дві частини: розрахунок водогрійної частини і розрахунок парової частини котельні.

Розрахунок теплової схеми водогрійної частини котельні проводиться для наступних режимів:

- максимальна зима при розрахунковій температурі зовнішнього повітря для проектування опалення та вентиляції;
- зимовий режим при температурі зовнішнього повітря в точці зламу графіка температури мережевої води;
- зимові режими при поточних температурах зовнішнього повітря з інтервалом 5 °С (від розрахункової температури зовнішнього повітря поточні значення температури кратні п'яти);
- літній режим.

На відміну від розрахунку теплової схеми котельні з паровими котлами, де розрахунки рекомендувалося проводити для чотирьох характерних режимів, тепла схема парової частини комбінованої котельні розраховується тільки для двох режимів: зимового і літнього.

Розрахунок теплової схеми парової частини котельні проводиться в такій послідовності:

— пароводяний баланс котельні розраховується без урахування продування котла, результати якого використовуються при розрахунку хімоводопідготовки для визначення обсягу продування, а також для уточнення кількості води на хімоводопідготовку власні потреби;

— виконано повний розрахунок парової частини, зокрема, пароводяний баланс, уточнено загальне парове навантаження на котельню, намічено варіанти вибору типорозміру та кількості котлів.

Остаточний вибір котлів здійснюється під час підготовки техніко-економічного обґрунтування.

Для визначення технічних характеристик котла ДКВС 10/13 був проведений експеримент. За допомогою показних і пишучих приладів і засобів контролю, а саме:

— для потоку газу – КСД2-076-01УХЛ4.2, клас точності приладу – 1,0; основна похибка приладів за показниками, виражена у відсотках від стандартного значення, не повинна перевищувати $\pm 1,0$; нормуюча величина виражається в одиницях вхідного сигналу (м³/год);

— для визначення температури - панельний логометр типу Ш69000 підвищеної механічної міцності класу 1,5, призначений для вимірювання температури в комплексі з термометром опору і відповідає вимогам ГОСТ 9736-68. Логометр призначений для роботи при температурі навколишнього середовища від 5 °С до 50 °С і відносній вологості повітря до 80%;

— для визначення тиску - тягомір мембранний НМ-П1, призначений для вимірювання надлишкового тиску, розрідження сухого

повітря при температурах від 5 до 60 °С. допустима похибка показників від верхньої межі вимірювання за односторонньою шкалою і суми абсолютних значень межі вимірювання за двосторонньою шкалою $\pm 2,5\%$.

Котел має шість режимів роботи в залежності від певної витрати газу. На панелі КВПіА котла ДКВР 10/13 встановлюємо мінімальну витрату газу 250 м³/год, регулюємо розрідження і тиск повітря відповідно до режимної карти котла. Через 15 хвилин, коли котел вийшов на свої параметри, ми зафіксували такі показники:

- температура вихлопних газів за котлом;
- температура вихлопних газів за даними економайзера;
- температура води після економайзера;
- вихід пари котла;
- ККД котла.

Аналогічно ми проводимо експеримент для інших навантажень ланцюга ДКВР 10/13, таких як: 300, 350, 400, 450, 500 м³/год. Отримавши всі дані, зводимо їх у таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 – Експериментальні дані

| Індикатори \ Витрата газу, м ³ /год | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Температура димових газів за котлом, °С | 191 | 193 | 195 | 200 | 220 | 235 |
| Температура вихлопних газів за даними економайзера, °С | 92 | 103 | 113 | 122 | 130 | 138 |
| Температура води після економайзера, °С | 92 | 95 | 99 | 102 | 107 | 112 |
| Паропродуктивність котла, т/год | 4.2 | 5.1 | 6.0 | 6.6 | 7.5 | 7.8 |
| ККД котла, % | 86,33 | 87,68 | 88,89 | 88,95 | 89,39 | 89,84 |

На основі отриманих експериментальних даних можна побудувати такі залежності:

— залежність температури відхідних газів за котлом від витрати газу (див. рис. 2.1);

— залежність температури димових газів в економайзері від витрати газу (див. рис. 2.2);

— залежність температури води після економайзера від витрати газу (див. рис. 2.3);

— залежність паропродукції від витрати газу (див. рис. 2.4);

— ККД котла по споживанню газу (див. рис. 2.5);

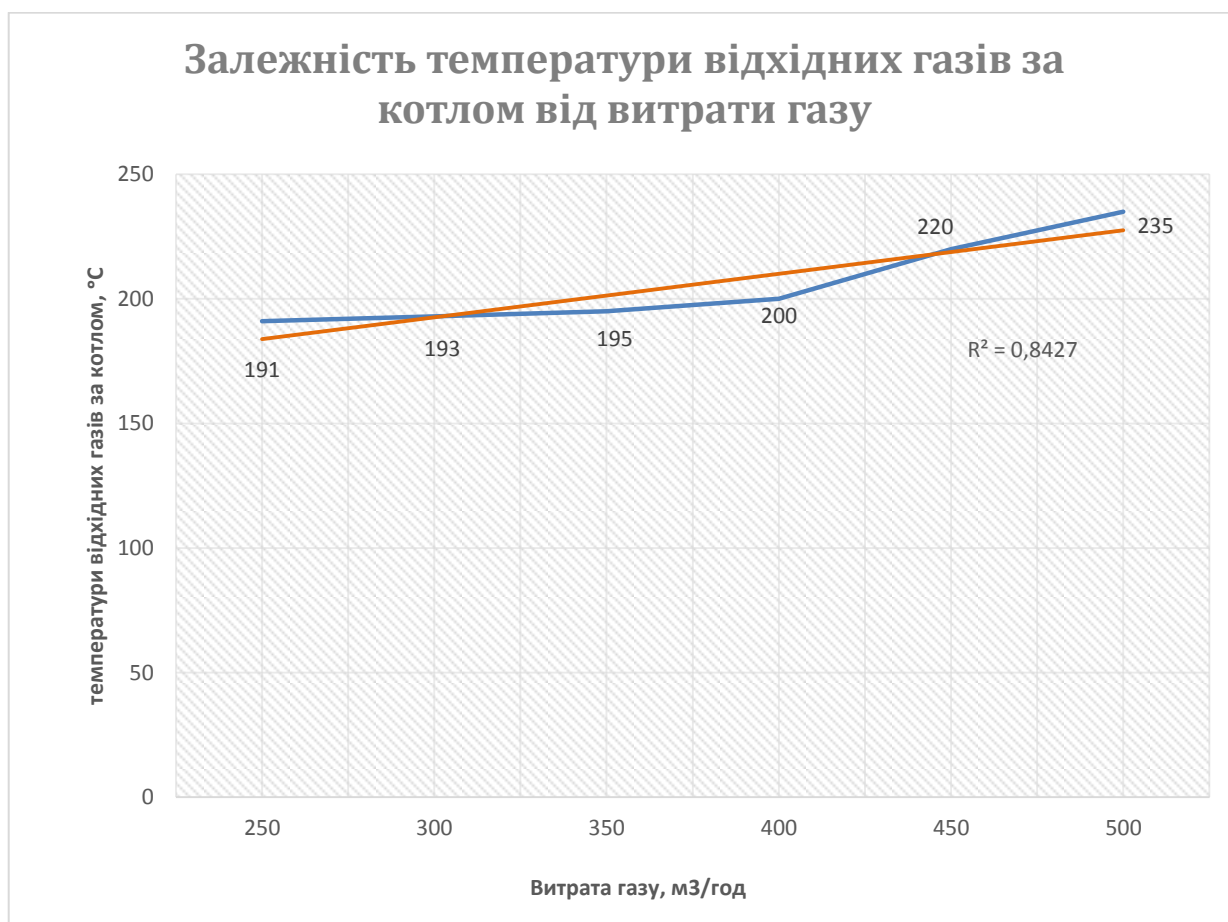


Рисунок 2.1 – Залежність температури відхідних газів за котлом від витрати газу

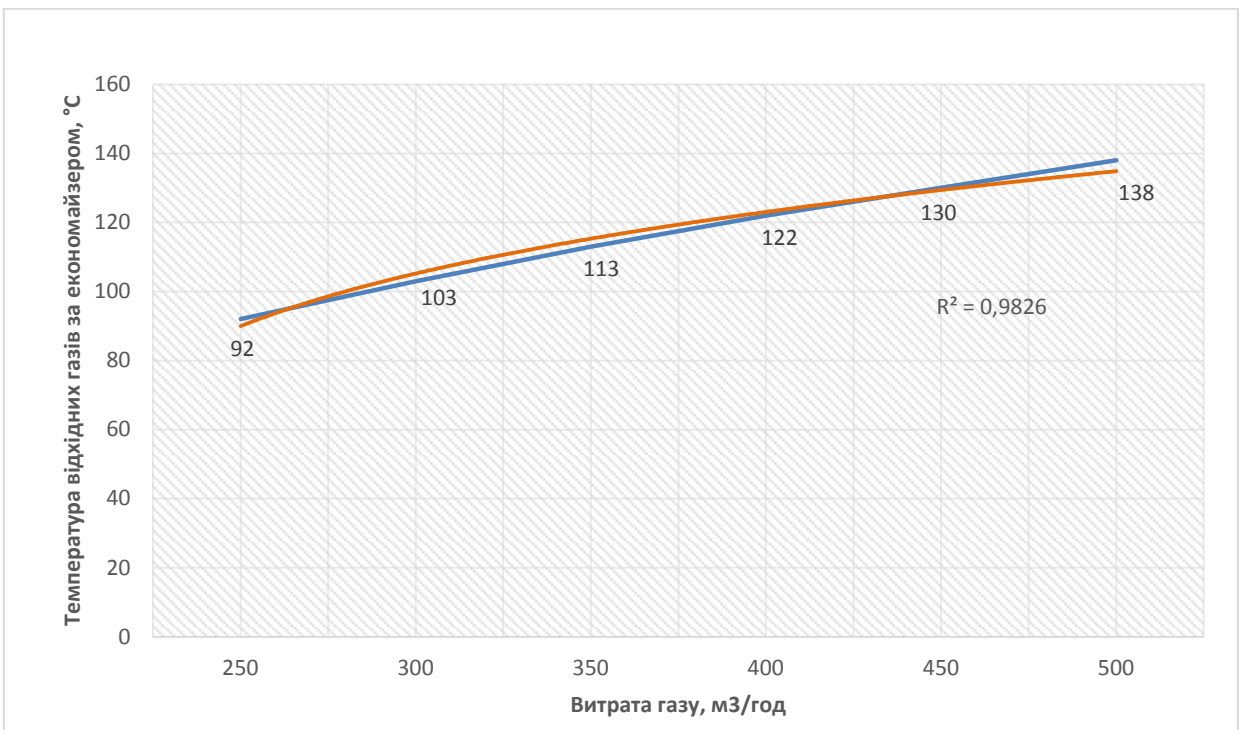


Рисунок 2.2 – Залежність температури димових газів через економайзер від витрати газу

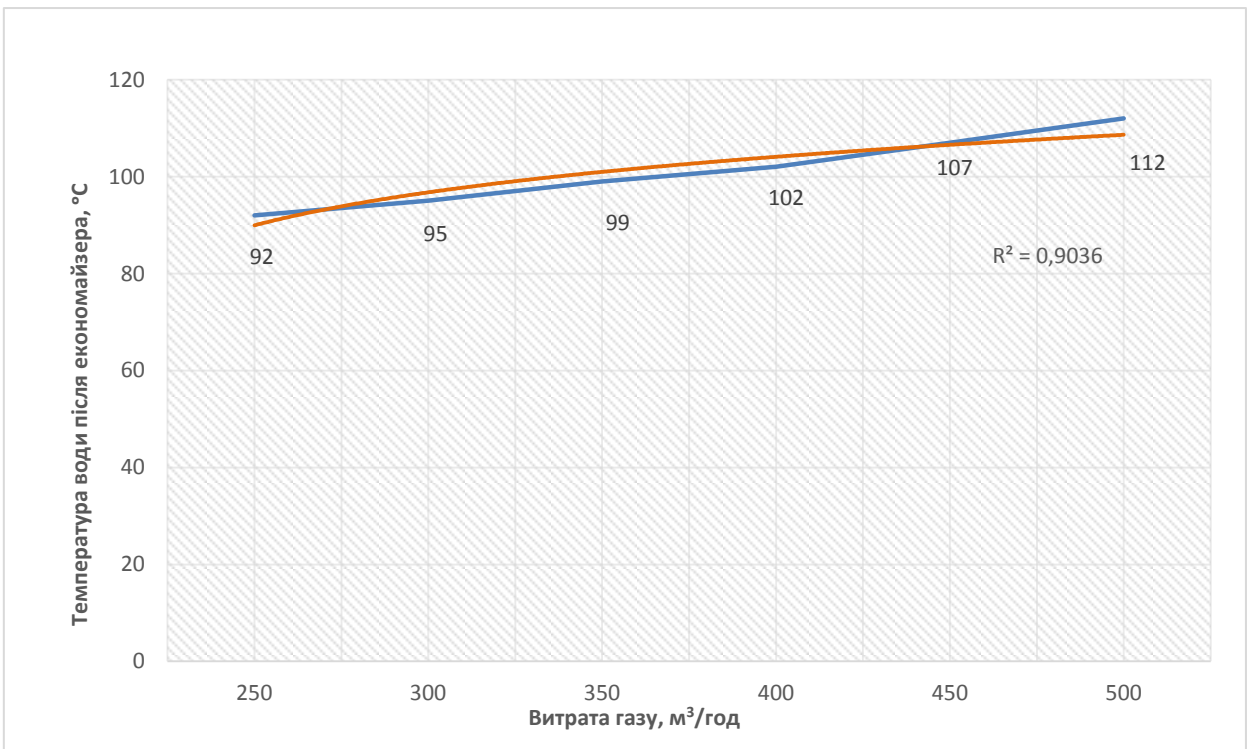


Рисунок 2.3 – Залежність температури води після економайзера від витрати газу

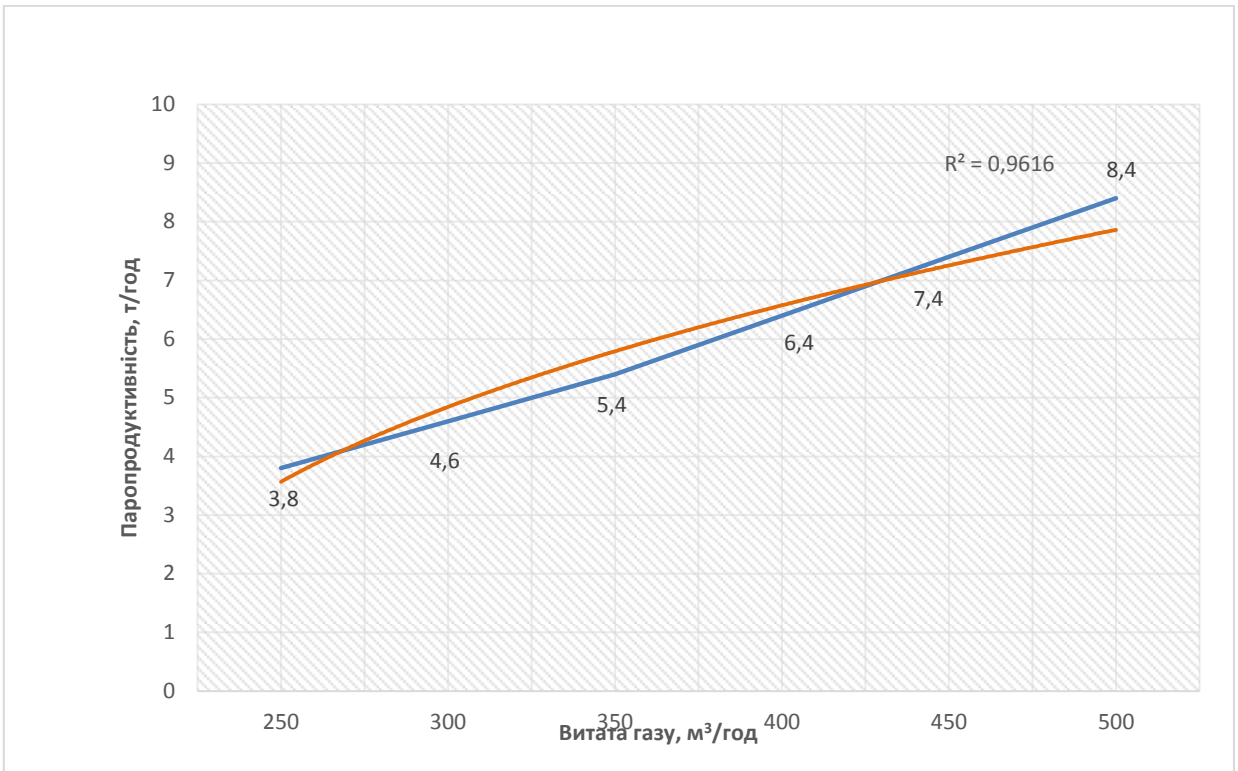


Рисунок 2.4 – Залежність вироблення пари від витрати газу

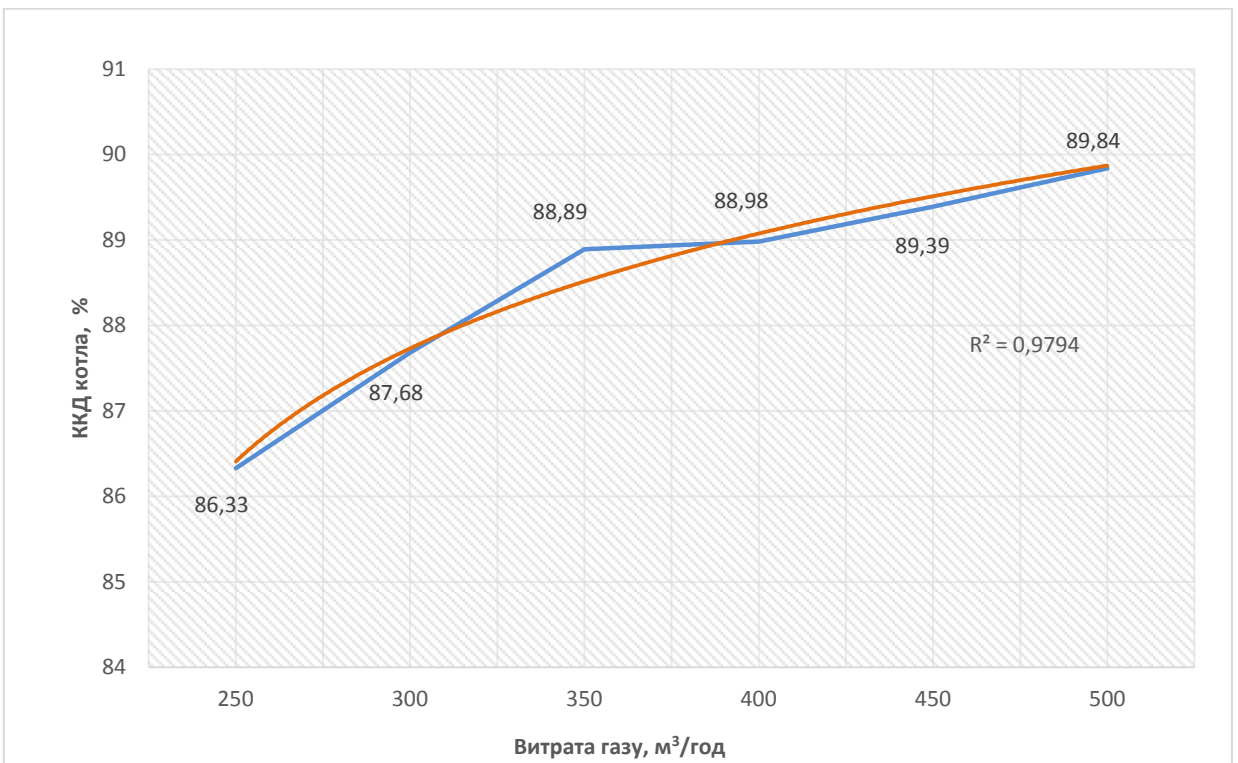


Рисунок 2.5 – Залежність ККД котла від витрати газу

Розрахунок теплової схеми котельні для максимальних зимових умов (-21° С)

Загальні положення:

— вихідні дані для розрахунку теплової схеми комбінованої котельні замкнутої системи тепlopостачання наведені в таблиці 2.1;

— Гаряче водopостачання влітку здійснюється від спеціальної пароводяної установки, оскільки навантаження на гаряче водopостачання невелике.

Коефіцієнт зниження витрат тепла на опалення та вентиляцію в залежності від температури зовнішнього повітря

$$K_{\text{ов}} = \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{н.изл}}}{t_{\text{вн}} - t_{\text{нр}}},$$

$t_{\text{де}} = 20$ – температура всередині опалювального приміщення, °С; $t_{\text{вн}}$

$t_{\text{н.изл}}$ – температура в точці зламу температурного графіка, °С;

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

$$K_{\text{ов}} = \frac{20 - (-21)}{20 - (-21)} = 1.$$

Розрахункове тепlopостачання для опалення та вентиляції, МДж/с

$$Q_{\text{ов}} = (Q_{\text{ов.макс}}^{\text{ж}} - Q_{\text{ов.макс}}^{\text{н}}) \cdot 1,$$

де максимальна подача тепла від котельні на опалення та вентиляцію для міст і житлових масивів; $Q_{\text{ов.макс}}^{\text{ж}}$ МДж/с

$Q_{\text{ов.макс}}^{\text{н}}$ – максимальне виділення тепла з котельні для промислового опалення та вентиляції підприємства; МДж/с

$$Q_{\text{ОВ}} = (27,11 + 0) \cdot 1 = 27,11.$$

Температура прямої мережевої води на виході з котельні, $^{\circ}\text{C}$

$$t_1 = 18 + 54,5 \cdot K_{\text{ОВ}}^{0,8} + 57,5 \cdot K_{\text{ОВ}};$$
$$t_1 = 18 + 54,5 \cdot 1 + 57,5 \cdot 1 = 130.$$

Температура зворотної мережевої води на вході в котельню, $^{\circ}\text{C}$

$$t_2 = t_1 - 60 \cdot K_{\text{ОВ}};$$
$$t_2 = 130 - 60 \cdot 1 = 70.$$

Загальне теплопостачання для опалення, вентиляції та гарячого водопостачання, $\frac{\text{МДж}}{\text{с}}$

$$Q_{\text{T}} = Q_{\text{ОВ}} + (Q_{\text{Г.В.}}^{\text{ср.ж}} + Q_{\text{Г.В.}}^{\text{ср.п}}),$$

де – середня кількість теплоти, відпущеної на гаряче водопостачання (за добу найбільшого водоспоживання) у містах і населених пунктах; $Q_{\text{Г.В.}}^{\text{ср.ж}}$ – МДж/с

$Q_{\text{Г.В.}}^{\text{ср.п}}$ – середній обсяг відпуску тепла для гарячого водопостачання промислових підприємств. МДж/с

$$Q_{\text{T}} = 27,11 + (2,71 + 0) = 29,82.$$

Розрахункове споживання мережевої води, кг/с

$$G_{\text{сет}} = \frac{Q_{\text{T}} \cdot 10^3}{(t_1 - t_2) \cdot c'}$$

де – теплоємність води, к с – Дж/(кг·°С).

$$G_{\text{сет}} = \frac{29,82 \cdot 10^3}{(130 - 70) \cdot 4,19} = 118,62 .$$

Розрахунок підживлювальної води для поповнення втрат в тепломережі, кг/с

$$G_{\text{ут}} = \frac{0,5}{100} \cdot [(Q_{\text{ов.макс}}^{\text{ж}} + Q_{\text{гв}}^{\text{ср.ж}}) \cdot q_{\text{сист}}^{\text{ж}} + (Q_{\text{ов.макс}}^{\text{н}} + Q_{\text{гв}}^{\text{ср.н}}) \cdot q_{\text{сист}}^{\text{н}}] \cdot \frac{K_{\text{ут}}}{3600},$$

де – питомий об'єм води в системі тепlopостачання на 1 МВт загального тепlopостачання для опалення, вентиляції та гарячого водопостачання міст і населених пунктів, т/МВт; $q_{\text{сист}}^{\text{ж}}$ –

$q_{\text{сист}}^{\text{н}}$ – питомий об'єм води в системі тепlopостачання на 1 МВт сумарного тепlopостачання для опалення, вентиляції та гарячого водопостачання промислових підприємств, т/МВт; –

$K_{\text{ут}}$ – коефіцієнт зменшення витоків в системі тепlopостачання. –

$$G_{\text{ут}} = \frac{0,5}{100} \cdot [(27,11 + 2,71) \cdot 42900 + (0 + 0) \cdot 30000] \cdot \frac{1}{3600} = 1,78 .$$

Кількість зворотної мережевої води, кг/с

$$G_{\text{сет.обр}} = G_{\text{сет}} - G_{\text{ут}};$$

$$G_{\text{сет.обр}} = 118,62 - 1,78 = 116,84.$$

Кількість працюючих водогрійних котлів (з округленням до цілого), шт.

$$N_{к.р}^{\epsilon} = \frac{Q_T}{Q_k^{ном}}$$

де $Q_k^{ном}$ номінальна теплова потужність одного водогрійного котла, МВт. —

$$N_{к.р}^B = \frac{29,82}{23,26} = 1,28 \approx 2.$$

Відсоток навантаження працюючих водогрійних котлів, %

$$K_{загр}^{\epsilon} = \frac{Q_T \cdot 100}{N_{к.р}^{\epsilon} \cdot Q_k^{ном}}$$

$$K_{загр}^B = \frac{29,82 \cdot 100}{2 \cdot 23,26} = 64,1.$$

Кількість відключених водогрійних котлів, шт.

$$N_{к.о.}^{\epsilon} = N_{к.р(режим1)}^{\epsilon} - N_{к.р.}^{\epsilon}$$

де — кількість вимкнених водогрійних котлів на максимальному зимовому режимі роботи котельні, шт. $N_{к.р(режим1)}^{\epsilon}$ —

$$N_{к.о.}^{\epsilon} = 2 - 2 = 0.$$

Кількість води, що пройшла через один водогрійний котел, кг/с

$$G_{в.к.} = \frac{Q_{т.мах} \cdot 10^3}{(t_{мах} - t_{2мах}) \cdot N_{к.р.}^B \cdot C}$$

де максимальна сумарна віддача тепла на опалення, вентиляцію та гаряче водопостачання, МДж/с; $Q_{т.мах}$ —

t_{max} – максимальна температура прямої води в мережі, °С;
 t_{2max} – максимальна температура зворотної мережевої води, °С.

$$G_{в.к.} = \frac{29,82 \cdot 10^3}{(130 - 70) \cdot 2 \cdot 4,19} = 59,31.$$

Кількість води, яка проходить через діючі водогрійні котли становить кг/с

$$G_{в.к.Σ} = N_{к.р}^6 \cdot G_{в.к.};$$

$$G_{в.к.Σ} = 2 \cdot 59,31 = 118,62.$$

Додаткова кількість мережевої води для гарячого водопостачання (відносно витрати мережевої води в максимально зимовому режимі), кг/с

$$\Delta G_{з.в.} = G_{сет} - G_{сет(режим1)},$$

де $G_{сет(режим1)}$ – розрахункова витрата мережевої води при максимальному зимовому режимі роботи котельні, кг/с.

$$\Delta G_{з.в.} = 118,62 - 118,62 = 0.$$

Кількість води, що пройшла через нерегульований байпас, кг/с

$$G_{н.п} = N_{к.о}^6 \cdot G_{в.к.} + \Delta G_{з.в.};$$

$$G_{н.п} = 0 \cdot 59,31 + 0 = 0.$$

Температура мережевої води на виході з водогрійних котлів, °С

$$t_{вк1} = t_{в.кв} + \frac{Q_T \cdot 10^3}{G_{в.к.Σ} \cdot C_p};$$

$$t_{вк1} = 70 + \frac{29,82 \cdot 10^3}{118,62 \cdot 4,19} = 130.$$

Температура зворотної мережевої води перед мережевими насосами, ° С

$$t_3 = \frac{t_2 \cdot G_{сет.обр} + T' \cdot G_{ум}}{G_{сет}},$$

де T' –температура підживлювальної води, ° С.

$$t_3 = \frac{70 \cdot 116,84 + 70 \cdot 1,78}{118,62} = 70.$$

Кількість води для рециркуляції, кг/с

$$G_{рц} = G_{в.к.Σ} \cdot \frac{t_{в.кв} - t_3}{t_{в.к1} - t_3};$$

$$G_{рц} = 118,62 \cdot \frac{70 - 70}{130 - 70} = 0.$$

Годинна подача пари промисловим споживачам, кг/с

$$D_{нотр} = D_{техн} + D_{з.в},$$

де $D_{техн}$ подача пари на технологічні потреби, кг/с; –

$D_{з.в}$ –постачання пари промисловим споживачам, у тому числі витрати пари на гаряче водопостачання, кг/с

$$D_{нотр} = 10.$$

Витрата пари на деаератор підживлювальної води, кг/с

$$D'_{\partial} = G_{ym} \cdot \left(\frac{T' - T_3}{(i_2 - T_3 \cdot C_p)} - \frac{T}{(i_2 - T_3 \cdot C_p)} \right),$$

де T_3 температура сирієї води перед хімічною обробкою, °С;—

i_2 — ентальпія пари, що виробляється котлами, кДж/кг;

температура деаерованої води після деаераторів, °С. —

$$D'_{\partial} = 1,78 \cdot \left(\frac{70 - 25}{2690,97 - 25 \cdot 4,19} - \frac{104,2}{2690,97 - 25 \cdot 4,19} \right) = 0,63.$$

Випаровування з деаератора підживлювальної води, кг/с

$$D'_{\text{вып}} = d_{\text{вып}} \cdot G_{ym},$$

де $d_{\text{вып}}$ питомі втрати пари на випаровування з деаераторів, кг на 1 т деаерованої води, кг/т.—

$$D'_{\text{вып}} = 0,002 \cdot 1,78 = 0,0036.$$

Кількість пом'якшеної води, що надходить в деаератор підживлювальної води, кг/с

$$G'_{\text{хво}} = G_{ym} + D'_{\text{вып}} - D'_{\partial};$$

$$G'_{\text{хво}} = 1,78 + 0,0036 - 0,63 = 1,15.$$

Температура пом'якшеної води в охолоджувачі деаерованої води, °С

$$T'_4 = T_3 + \frac{G_{ym}}{G'_{x60}} \cdot (T - T');$$

$$T'_4 = 25 + \frac{1,78}{1,15} \cdot (104,2 - 70) = 77,94.$$

Температура пом'якшеної води, що надходить в деаератор підживлювальної води, °С

$$T'_5 = T'_4 - \frac{D'_{6ын}}{G'_{x60} \cdot C_p} \cdot (i_4 - i_5),$$

де i_4 ентальпія пари, що надходить у випарний охолоджувач з деаератора, кДж/кг;—

i_5 — ентальпія конденсату після випарного охолодження, кДж/кг.

$$T'_5 = 77,94 - \frac{0,0036}{1,15 \cdot 4,19} \cdot (2683,8 - 439,36) = 48,80.$$

Кількість сирі води, що відповідає кількості пом'якшеної води, кг/с

$$C'_{c.в.} = K_{x60}^{CH} \cdot G'_{x60},$$

де — коефіцієнт власних потреб хімводопідготовки. K_{x60}^{CH} —

$$C'_{c.в.} = 1,2 \cdot 1,15 = 1,38.$$

Витрати пари на підігрів сирі води в кількості, кг/с

$$D'_{c.в.} = G'_{c.в.} \cdot \frac{(T_3 - T_1) \cdot C_p}{(i_2 - i_6)},$$

де – температура сирій води на вході в котельню, ° С; T_1 – т
 i_6 – ентальпія конденсату після пароводяного підігрівача сирій
води, кДж/кг.

$$D'_{c.v} = 1,38 \cdot \frac{(25 - 5) \cdot 4,19}{(2690,97 - 187,96)} = 0,046.$$

Парове навантаження на котельню за мінусом витрат пари на
деаерацію живильної води, а також без урахування внутрішньокотлових
втрат, кг/с.

$$D = D_{номр} + D'_{\partial} + D'_{c.v} + D_{\delta}^{лем};$$
$$D = 10 + 0,63 + 0,046 + 0 = 10,68.$$

Внутрішньокотлові втрати пари, кг/с

$$D_{ном} = K_{ном} \cdot D,$$

де $K_{ном}$ внутрішньокотловий коефіцієнт втрат пари. –

$$D_{ном} = 0,02 \cdot 10,68 = 0,214.$$

Кількість продувної води, що надходить у сепаратор безперервної
продувки, кг/с

$$G_{пр} = \frac{\Pi}{100} \cdot D,$$

де Π – величина тривалого видування, %.

$$G_{np} = \frac{5}{100} \cdot 10,68 = 0,534.$$

Кількість пари на виході з сепаратора безперервного продування, кг/с

$$D_{np} = \frac{i_7 - i_8}{i_3 - i_8} G_{np},$$

де i_7 – ентальпія продування води на вході в сепаратор безперервного продування, кДж/кг;

i_8 – ентальпія продувної води на виході з сепаратора безперервної продувки, кДж/кг;

i_3 – ентальпія пари, що утворюється в сепараторі безперервного продування, кДж/кг.

$$D_{np} = \frac{(758,9 - 483,2) \cdot 0,534}{(2699,5 - 483,22)} = 0,066.$$

Кількість продувної води на виході з сепаратора безперервної продувки, кг/с

$$G'_{np} = G_{np} - D_{np},$$

$$G'_{np} = 0,534 - 0,066 = 0,467.$$

Кількість води для живлення котлів (на виході з деаератора живильної води), кг/с

$$G_{num} = D + G_{np},$$

$$G_{num} = 10,68 + 0,534 = 11,21.$$

Випаровування живильної води з деаератора, кг/с

$$D_{\text{вып}} = d_{\text{вып}} \cdot G_{\text{пит}},$$
$$D_{\text{вып}} = 0,002 \cdot 11,21 = 0,022.$$

Кількість пом'якшеної води, що надходить в деаератор живильної води,
кг/с

$$G_{\text{хво}} = (D_{\text{нотр}} - G_{\text{нотр}}) + G'_{\text{пр}} + D_{\text{нот}} + D_{\text{вып}} + D'_{\text{д}};$$
$$G_{\text{хво}} = (10 - 0) + 0,467 + 0,214 + 0,022 + 0,63 = 11,335.$$

Кількість сирої води, що відповідає кількості пом'якшеної води, кг/с

$$G_{\text{с.в}} = K_{\text{хво}}^{\text{сн}} \cdot G_{\text{хво}};$$
$$G_{\text{с.в}} = 1,2 \cdot 11,335 = 13,602.$$

Загальна кількість сирої води, що подається на хімводопідготовку,
кг/с

$$G_{\text{с.в}\Sigma} = G'_{\text{с.в}} + G_{\text{с.в}};$$
$$G_{\text{с.в}\Sigma} = 1,38 + 13,602 = 14,981.$$

Витрати пари на підігрів сирої води в кількості, кг/с

$$D_c = G_{\text{с.в}} \cdot \frac{(T_3 - T_1) \cdot C_p}{i_2 - i_6};$$
$$D_c = 13,602 \cdot \frac{(25 - 5) \cdot 4,19}{2690,97 - 187,96} = 0,455.$$

Загальна витрата пари на підігрів сирої води, кг/с

$$D_{c\Sigma} = D'_c + D_c;$$

$$D_{c\Sigma} = 0,046 + 0,455 = 0,502.$$

Кількість конденсату з підігрівачів сирієї води, що надходить в деаератор живильної води, кг/с

$$G_{c\Sigma} = D_{c\Sigma};$$

$$G_{c\Sigma} = D_{c\Sigma} = 0,502.$$

Кількість конденсату мережевих водонагрівачів (літній режим) і вироблення, кг/с

$$G_k = G_{\bar{\delta}}^{лет} + G_{номр},$$

де $G_{\bar{\delta}}^{лет}$ – кількість конденсату з нагрівачів ГВП, кг/с.

$$G_k = 6,341 + 0 = 6,341.$$

Загальна маса потоків, що надходять в деаератор живильної води (крім гріючої пари), кг/с

$$G_{\Sigma} = G_k + G_{хво} + G_{c\Sigma} + D_{нр} - D_{вып};$$

$$G_{\Sigma} = 6,341 + 11,335 + 0,502 + 0,066 - 0,022 = 18,222.$$

Температура пом'якшеної води на виході з охолоджувача продувної води, °С

$$T_4 = T_3 + \frac{G'_{np}}{G_{xво}} \cdot \left(\frac{i_8}{C_p} - t_{np} \right),$$

де t_{np} температура продувної води після охолоджувача продувної води, $^{\circ}\text{C}$.—

$$T_4 = 25 + \frac{0,467}{11,335} \cdot \left(\frac{483,22}{4,19} - 40 \right) = 28,106.$$

Температура пом'якшеної води на виході з випарного охолоджувача, $^{\circ}\text{C}$

$$T_5 = T_4 + \frac{D_{вып}}{G_{xво} \cdot C_p} \cdot (i_4 - i_5);$$

$$T_5 = 28,106 + \frac{0,022}{11,335 \cdot 4,19} \cdot (2683,8 - 439,36) = 29,166.$$

Середньозважена температура потоків живильної води, що надходить в деаератор (крім грюючої пари), $^{\circ}\text{C}$.

$$\begin{aligned} t_{cp.в.з} &= \frac{G_{номр}}{G_{\Sigma}} \cdot t_{к.н} + \frac{G_{\delta}^{лет}}{G_{\Sigma}} \cdot t_{к.б} + \frac{G_{с. \Sigma}}{G_{\Sigma}} \cdot t_{к.е} + \\ &+ \frac{G_{xво}}{G_{\Sigma}} \cdot T_5 + \frac{D_{np}}{G_{\Sigma} \cdot C_p} \cdot i_3 - \frac{D_{вып}}{G_{\Sigma} \cdot C_p} \cdot i_4; \\ t_{cp.в.з} &= 0 + \frac{6,341}{18,222} \cdot 80 + \frac{0,502}{18,222} \cdot 86,09 + \frac{11,335}{18,22} \cdot 29,166 + \\ &+ \frac{0,066}{18,222 \cdot 4,19} \cdot 2699,5 - \frac{0,022}{18,222 \cdot 4,19} \cdot 2683,8 = 75,735. \end{aligned}$$

Витрата пари на деаерацію живильної води, кг/с

$$D_{\delta} = G_{\Sigma} \cdot \frac{\bar{T} - t_{cp.вз} \cdot C_p}{i_2 - \bar{T}};$$

$$D_{\delta} = 18,222 \cdot \frac{437,44 - 75,735 \cdot 4,19}{2690,97 - 437,44} = 0,971.$$

Витрата пари на деаерацію живильної води для підігріву сирі води, пом'якшеної для живильних котлів, кг/с.

$$D_{\delta} + D_c,$$

$$D_{\delta} + D_c = 0,971 + 0,455 = 1,427.$$

Парове навантаження на котельню без урахування внутрішньокотлових втрат, кг/с

$$D' = D + (D_{\delta} + D_c);$$

$$D' = 10,68 + 1,427 = 12,104.$$

Внутрішньокотлові втрати пари, кг/с

$$D_{nom} = D' \cdot \frac{k_{nom}}{1 - k_{nom}};$$

$$D_{nom} = 12,104 \cdot \frac{0,02}{1 - 0,02} = 0,247.$$

Загальне парове навантаження на котельню, кг/с

$$D_{сум} = D' + D_{nom};$$

$$D_{сум} = 12,104 + 0,247 = 12,351.$$

Внутрішньокотлові втрати пари, кг/с

$$D_{nom} = 0,02 \cdot 12,351 = 0,247.$$

Кількість продувної води, що надходить у сепаратор безперервної продувки, кг/с

$$G_{np} = \frac{5}{100} \cdot 12,351 = 0,618.$$

Кількість пари на виході з сепаратора безперервного продування, кг/с

$$D_{np} = \frac{(758,9 - 483,2) \cdot 0,618}{(2699,5 - 483,22)} = 0,091.$$

Кількість продувної води на виході з сепаратора безперервної продувки, кг/с

$$G'_{np} = 0,618 - 0,091 = 0,526.$$

Кількість води для живлення котлів (на виході з деаератора живильної води), кг/с

$$G_{num} = 12,351 + 0,618 = 12,969.$$

Випаровування живильної води з деаератора, кг/с

$$D_{вып} = 0,002 \cdot 12,969 = 0,026.$$

Кількість пом'якшеної води, що надходить в деаератор живильної води, кг/с

$$G_{x\theta o} = (10 - 0) + 0,526 + 0,247 + 0,026 + 0,63 = 11,430.$$

Кількість сирій води, що відповідає кількості пом'якшеної води, кг/с

$$G_{c.6} = 1,2 \cdot 11,430 = 13,716.$$

Загальна кількість сирій води, що подається на хімводопідготовку,
кг/с

$$G_{c.6\Sigma} = 1,38 + 13,716 = 15,095.$$

Витрати пари на підігрів сирій води в кількості, кг/с

$$D_c = 15,716 \cdot \frac{(25 - 5) \cdot 4,19}{2690,97 - 187,96} = 0,459.$$

Загальна витрата пари на підігрів сирій води, кг/с

$$D_{c\Sigma} = 0,046 + 0,459 = 0,505.$$

Кількість конденсату з підігрівачів сирій води, що надходить в
деаератор живильної води, кг/с

$$G_{c\Sigma} = D_{c\Sigma} = 0,505.$$

Кількість конденсату мережевих водонагрівачів (літній режим) і
вироблення, кг/с

$$G_k = 6,341 + 0 = 6,341.$$

Загальна маса потоків, що надходять в деаератор живильної води (крім гарячої пари), кг/с

$$G_{\Sigma} = 6,341 + 11,430 + 0,505 + 0,091 - 0,026 = 18,343.$$

Температура пом'якшеної води на виході з охолоджувача продувної води, $^{\circ}\text{C}$

$$T_4 = 25 + \frac{0,526}{11,430} \cdot \left(\frac{483,22}{4,19} - 40 \right) = 28,467.$$

Температура пом'якшеної води на виході з випарного охолоджувача, $^{\circ}\text{C}$

$$T_5 = 28,467 + \frac{0,026}{11,430 \cdot 4,19} \cdot (2683,8 - 439,36) = 29,683.$$

Середньозважена температура потоків, що надходять в деаератор живильної води (крім гріючої пари), $^{\circ}\text{C}$.

$$t_{cp.вз} = 0 + \frac{6,341}{18,343} \cdot 80 + \frac{0,505}{18,343} \cdot 86 + \frac{11,430}{18,343} \cdot 29,683 + \frac{0,091}{18,343 \cdot 4,19} \cdot 2699,5 - \frac{0,026}{18,343 \cdot 4,19} \cdot 2683,8 = 50,829.$$

Витрата пари на деаерацію живильної води, кг/с

$$D_0 = 18,343 \cdot \frac{437,44 - 50,829 \cdot 4,19}{2690,97 - 437,44} = 1,827.$$

Витрата пари на деаерацію живильної води для підігріву сирієї води, пом'якшеної для живильних котлів, кг/с.

$$D_o + D_c = 1,827 + 0,459 = 2,286.$$

Парове навантаження на котельню без урахування внутрішньокотлових втрат, кг/с

$$D' = 10,68 + 2,286 = 12,964.$$

Внутрішньокотлові втрати пари, кг/с

$$D_{nom} = 12,964 \cdot \frac{0,02}{1 - 0,02} = 0,265.$$

Загальне парове навантаження на котельню, кг/с

$$D_{sum} = 12,964 + 0,265 = 13,228.$$

Відсоток навантаження працюючих парових котлів, %

$$K_{загр}^n = \frac{D_{sum}}{D_{к.расч}^{max} \cdot N_{к.раб}^n} \cdot 100,$$

де $D_{к.расч}^{max}$ — максимальна паропроодуктивність одного парового котла; кг/с

$N_{к.раб}^n$ — кількість працюючих парових котлів, шт. —

$$K_{загр}^n = \frac{13,228}{10,35 \cdot 2} \cdot 100 = 63,9.$$

2.1.3 Розрахунок і вибір обладнання станція очищення води

Хімводопідготовка призначена для підготовки води, що використовується для живлення парових котлів, компенсації втрат пари і конденсату, живлення теплових мереж замкнутої системи тепlopостачання (температура в тепломережі 130/70 ° С).

Котельня обладнана чотирма котлами ДКВС 10-13, що працюють на газі. Для деаерації живильної води в котельні встановлюють атмосферний деаератор.

Пароводяний баланс котельні наведено в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Пароводяний баланс котельні

| Ім'я | Розмір | Максимум зимовий режим | Літній режим |
|--|--------|---------------------------|-----------------|
| Вихід пари з котельні | т/рік | 20 | 20 |
| Споживання пари для приготування гарячої води (технологічні потреби без повернення конденсату) | -//- | 1,99 | 1,99 |
| Втрати пари у виробництві | -//- | 0 | 0 |
| Втрати пари в теплових мережах (кількість конденсату в підживлювальній) | -//- | 0 | 0 |
| Втрати на випаровування в деаераторі | -//- | 0,0021 | 0,0021 |
| Втрати в котельні (2% виходу пари) | -//- | 0,04 | 0,04 |
| Загальні втрати пари та конденсату | -//- | 0,0421 | 0,0421 |
| Те саме стосується виходу пари | % | 2,003 | 2,003 |
| Витрати води на живлення теплової мережі | -//- | 1.78 | 0,89 |

Дніпровська вода, яка надходить на водоочисні споруди котельні з міського холодного водопроводу після очищення на ДВЗ-1, відповідає вимогам ГОСТ 2874-82 «Вода питна». Вихідна вода в процесі нагрівання використовується як основна технологічна сировина для приготування пом'якшеної води в натрієвих катіонообмінних установках, а також як розчинник для приготування регенеративних розчинів для натрієвих катіонітних фільтрів. Вихідна вода має наступний склад, представлений у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Склад вихідної води

| Ім'я | Позначення | одиниці | |
|----------------------|-------------------|---------|-------|
| | | мекв/л | мг/л |
| Сухий залишок | S iv | - | 337.3 |
| Загальна твердість | Н0 | 3.8 | - |
| Карбонатна твердість | Нк | 2.8 | - |
| Катіони: | | | |
| – кальцій | Ca ²⁺ | 4,0 | 45,69 |
| – магній | Mg ²⁺ | 3,6 | 19.15 |
| Сума катіонів | ΣCat | 13.7 | - |
| аніони: | | | |
| – хлориди | Cl ⁻ | 5.5 | 32,0 |
| – сульфати | SO ₂₋₄ | 5.6 | 46,0 |
| Сума аніонів | ΣAn | 13.7 | - |
| pH=7,0 | | | |

При невеликих витратах води на живлення теплових мереж доцільно підживлювати подачу деаерованою водою.

Якість води для живлення теплових мереж у цьому випадку повинна відповідати вимогам якості живильної води для парових котлів.

Величина безперервної продувки котла, %

$$P_{II} = \frac{S_X \Pi_k \cdot 100}{S_{к.в.} - S_X \Pi_k},$$

де $S_X = 871$ сухий залишок, мг/л; —

$P_k = 0,2$;

$n_l = 3000$ за даними Бійської котельні, мг/л.—

$$P_{II} = \frac{337,32 \cdot 0,2 \cdot 100}{3000 - 337,32 \cdot 0,2} = 2,28.$$

Відносну лужність хімічно очищеної води визначають за рівнянням,
%

$$\text{Щ}_{om}^X = \frac{\text{Щ}_X \cdot 100}{S_X},$$

де 40 — еквівалент NaOH, мг/л; —

$S_{HX} = 2,8$ лужність хімічно очищеної води дорівнює лужності вихідної води при обробці за схемою катіонування натрію, мг-екв/л.—

$$\text{Щ}_{om}^X = \frac{40 \cdot 2,8 \cdot 100}{337,32} = 35.$$

Вміст вуглекислого газу в парі розраховують за рівнянням, мг/л

$$C_{УГ} = 22 \text{ ШХ } \alpha_X (\sigma_1 + \sigma),$$

де α_X — частка хімічно очищеної води в живильній воді;
 σ_1 частка розкладання NaHCO_3 в котлі дорівнює $(1 - \sigma d)$; —
 σ частка розкладання Na_2CO_3 в котлі при відповідному тиску; —
 σd — частка розкладання NaHCO_3 у барботажному деаераторі.—

$$C_{UG} = 22 \cdot 2.8 \cdot 0.2(0.4 + 0.7) = 19.5.$$

Умовно прийнято, що кількісний склад шкідливих речовин у стічних водах не перевищує гранично допустимих концентрацій для приймача стічних вод.

За всіма чотирма показниками підходить схема катіонування натрію.

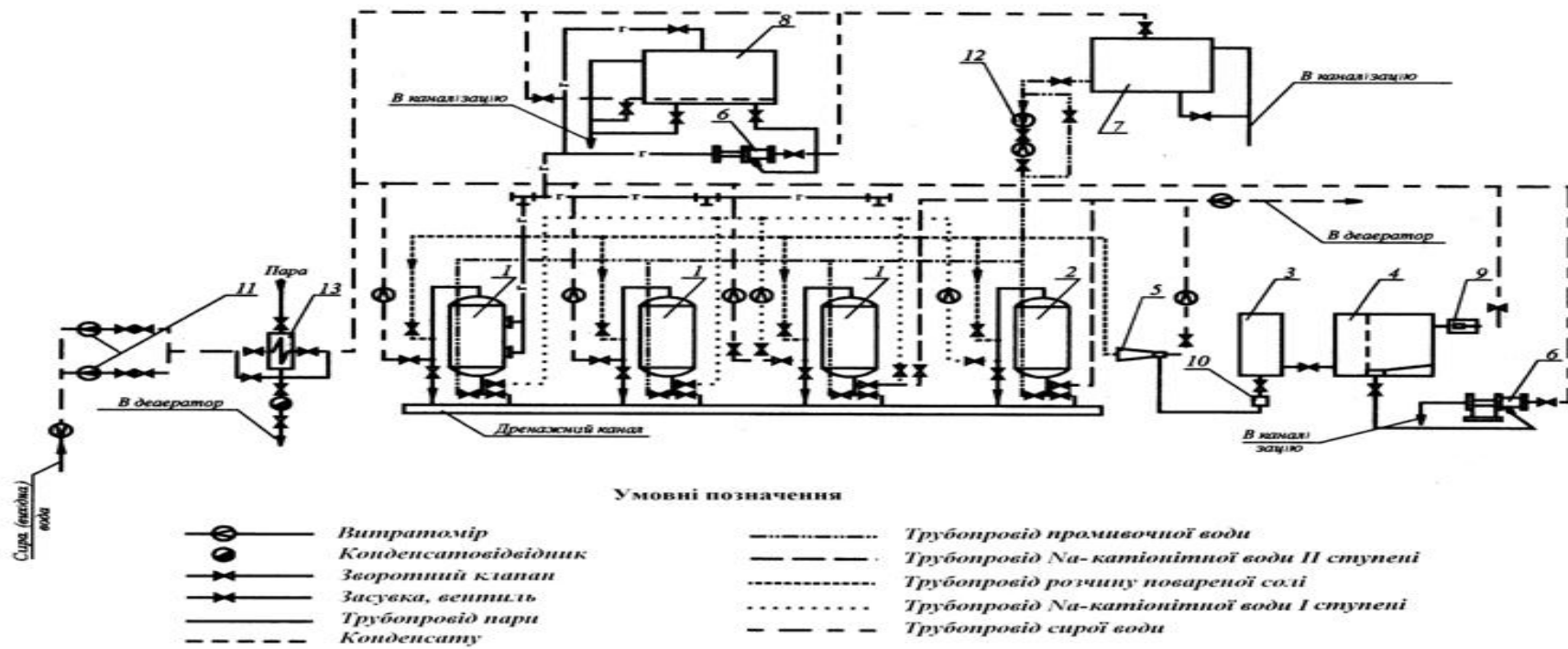
Далі визначається продуктивність водопідготовки, розраховується і підбирається основне і допоміжне обладнання. Технологічна схема двоступеневої Na-катіонітної установки наведена на рисунку 2.6.

Розрахунок обладнання проводиться починаючи з «хвостової» частини, тобто від натрій-катіонітних фільтрів 2-го ступеня, оскільки обладнання повинно забезпечити додаткову кількість води, яка використовується для власних потреб водопідготовки.

Для зменшення кількості встановленого обладнання та його уніфікації прийняті однотипні конструкції фільтрів I і II класів.

Для другого ступеня встановлюються два фільтри; другий фільтр використовується для другого ступеня при його регенерації і одночасно служить резервом для фільтрів першого ступеня катіонізації.

До монтажу приймається фільтр DN=2000 мм, No=1500 мм.



1-Na-катіонітний фільтр 1 ступеня; 2-Na-катіонітний фільтр 2 ступеня; 3 – мірна чашка міцного розчину солі; 4 – резервуар для зберігання мокрої солі; 5 – ежектор сольового розчину; 6 – водоструминний насос; 7 – бачок промивної води; 8 – резервуар для гідравлічного перевантаження фільтрувальних матеріалів; 9- резервуар постійного рівня сольового розчину; 10 - насос сирій води; 11- підігрівач сирій води.

Рисунок 2.6 – Схема натрій-катіонітної установки

Кількість солей жорсткості, які потрібно видалити, г-екв/добу.

$$A_{II} = 24 F_{в II} Q_{Na},$$

де J_{VII} – жорсткість фільтрату після фільтрів першого ступеня катіонізації, мекв/л;

Q_{Na} –продуктивність Na-катіонітів, м3/год.

$$A_{II} = 24 \cdot 0,15 \cdot 15,2 = 54,72.$$

Кількість регенерацій фільтра на добу, рег./добу

$$n_{II} = \frac{A_{II}}{f_{Na} \cdot H_{ст} \cdot E_{рII}^{Na}},$$

де f_{Na} –площа фільтрації стандарту Na-катіоніту фільтра, м2;

$E_{рII}^{Na}$ – робоча об'ємна ємність сульфовугілля, г-екв/м3.

$$n_{II} = \frac{54,72}{1,72 \cdot 2 \cdot 300} = 0,11.$$

Міжрегенерацийний період роботи фільтра, год

$$T_{II} = \frac{1 \cdot 24}{n} - t_{рег}^{Na},$$

де 1 – кількість робочих фільтрів, шт.;

$t_{рег}^{Na}$ – час регенерації фільтра, год;

n – кількість регенерації кожного катіонообмінного фільтра за добу.

$$T_{II} = \frac{1 \cdot 24}{0,11} - 2 = 216,2.$$

Регенерацію фільтра слід проводити приблизно двічі на місяць.
Швидкість фільтрації, м/год

$$W_{II} = \frac{Q_{Na}}{f_{Na}};$$

$$W_{II} = \frac{15,2}{1,72} = 8,84.$$

Витрата солі 100% на регенерацію натрієвого катіонообмінного фільтра II ступеня, кг/рег.

$$Q_C^P = \frac{E_{PII}^{Na} \cdot f_{Na} \cdot H_{cl} \cdot q_c}{1000},$$

де q_c – питома витрата солі на регенерацію фільтра, г/г-екв.

$$Q_C^P = \frac{300 \cdot 1,72 \cdot 1,5 \cdot 350}{1000} = 270,9.$$

Об'єм 26% насиченого розчину солі за регенерацію, м³

$$Q_{H.P} = \frac{Q_C^P \cdot 100}{1000 \cdot 1,2 \cdot 26},$$

де 1,2 – питома вага насиченого розчину солі при $t = 200$ С;

26 – вміст солі (NaCl), % у насиченому розчині при $t = 200$ °С.

$$Q_{H.P} = \frac{270,9 \cdot 100}{1000 \cdot 1,2 \cdot 26} = 0,87.$$

Споживання технічної солі на добу, кг/добу

$$Q_C^{sym} = \frac{Q_C^P \cdot n_{II} \cdot 100}{p},$$

де n_{II} – кількість регенерацій фільтра за добу;

p – вміст NaCl в технічній солі, %.

$$Q_C^{sym} = \frac{270,9 \cdot 0,11 \cdot 100}{96,5} = 30,88.$$

Витрата технічної солі на регенерацію фільтра за місяць, кг/міс.

$$Q_{CM} = Q_{day} \cdot \text{тридцять};$$
$$Q_{CM} = 30,88 \cdot 30 = 926,4.$$

Витрати води на регенерацію катіоніту натрію складаються з витрат води на розпушувальну промивку фільтра, витрат води на приготування розчину регенераційної солі та витрат води на промивку катіоніту від продуктів регенерації.

IN витрата води на розпушування промивки фільтрів, м³

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

де i – інтенсивність розпушення сірчаного вугілля л/с на 1 м² площі фільтрації;

t – Тривалість розпушувального промивання, хв.

$$Q_{взр} = \frac{3 \cdot 1,72 \cdot 60 \cdot 15}{1000} = 4,7.$$

Витрата води на приготування розчину регенераційної солі, м³

$$Q_{рег} = \frac{Q_c^p \cdot 100}{1000 \cdot b \cdot p_{p.p}},$$

де b – вміст солі (NaCl) в регенераційному розчині, %;

$p_{p.p}$ – питома вага 7% розчину солі при $t = 20$ °С.

$$Q_{рег} = \frac{270,9 \cdot 100}{1000 \cdot 7 \cdot 1,04} = 3,72.$$

Витрата води на відмивання катіоніту від продуктів регенерації, м³

$$Q_{отм} = q_{отм} f_{Na} H_{сл},$$

де – витрата води на промивання 1 сульфатного вугілля; $q_{отм}$ – м³/м³

$$Q_{отм} = 4 \cdot 1,72 \cdot 1,5 = 10,32.$$

Витрата води на регенерацію натрієвого катіонообмінного фільтра II градус з урахуванням використання промивної води на розпушування, м³/рег

$$Q_{с.н}^{II} = Q_{взр} + Q_{рег} + (Q_{отм} - Q_{взр});$$

$$Q_{с.н}^{II} = 4,7 + 3,72 + (10,32 - 4,7) = 14,04.$$

Як зазначалося раніше, фільтри Ø 2000 мм, N sl. приймаються до монтажу для I етапу = 2000 мм.

Кількість солей жорсткості, які необхідно видалити – екв/доб

$$A_I = (Ж_{BI} - Ж_0) \cdot Q_{Na} \cdot 24,$$

де жорсткість води, що подається в Na - катіонообмінні фільтри першого ступеня, мекв/л; $Ж_{BI}$ –

$Ж_0$ – кінцева твердість після першої стадії катіонування, мекв/л.

$$A_I = (3,8 - 0,15) \cdot 15,2 \cdot 24 = 1331,52.$$

Кількість регенерацій всіх Na – катіонообмінних фільтрів 1 ступеня, рег/доб

$$n_I = \frac{A_I}{f_{NA} \cdot H_{cl} \cdot E_{pl}^{Na}},$$

де E_{pl}^{Na} – робочий об'єм сульфатного вугілля, г – екв/м³.

$$n_I = \frac{1331,52}{1,72 \cdot 2 \cdot 238} = 1,63.$$

Робоча об'ємна ємність сульфувугілля, г – екв/м³

$$E_{pl}^{Na} = \alpha_{Na} \cdot \beta_{Na} \cdot E_{пол} - 0,5 \cdot q_{y\delta} \cdot Ж_{BI},$$

де – коефіцієнт ефективності регенерації з урахуванням неповноти регенерації в залежності від питомої витрати солі на регенерацію; α_{Na}

β_{Na} – коефіцієнт, що враховує зниження обмінної ємності катіоніту за рахунок затримки солей натрію;

0,5 – частка пом'якшеної промивної води;

$q_{y\delta}$ – витрати води на промивку 1 катіоніту; м³/м³

$E_{пол}$ – загальна об'ємна місткість сульфованого вугілля, г-екв.м³

$$E_{pl}^{Na} = 0,74 \cdot 0,67 \cdot 500 - 0,5 \cdot 5 \cdot 3,8 = 238.$$

Кількість регенерацій кожного з двох прийнятих до установки Na-катионітних фільтрів першого ступеня Ø 2000 мм за добу, год.

$$T_I = \frac{24 \cdot 2}{n_I} - t_{рег}^{Na},$$

де 2 – кількість робочих фільтрів, шт.;

n_I – загальна кількість регенерацій, шт.;

$t_{рег}^{Na}$ – період регенерації фільтра, год.

$$T_I = \frac{24 \cdot 2}{1,63} - 2 = 27.$$

Таким чином, регенерація кожного Na – катионообмінного фільтра проводиться приблизно один раз за зміну.

Швидкість фільтрації нормальна, коли всі фільтри працюють. 15 м/год)м/год

$$W_H = \frac{Q_{Na}}{f_{Na} \cdot a},$$

де a – кількість робочих фільтрів, допускається не менше двох.

$$W_H = \frac{15,2}{1,72 \cdot 2} = 4,4.$$

Максимальна швидкість при регенерації одного з фільтрів, м/год

$$W_{\max} = \frac{Q_{Na}}{f_{Na} \cdot (a - 1)},$$

$$W_{\max} = \frac{15,2}{1,72 \cdot (2 - 1)} = 8,84.$$

Витрата солі 100% на регенерацію натрій-катионообмінного фільтра 1 ступеня, кг/рег.

$$Q_c^p = \frac{E_{Pl}^{Na} \cdot f_{Na} \cdot H_{cl} \cdot q_c}{1000},$$

де E_{Pl}^{Na} – робоча об'ємна ємність сульфовугілля, г-екв/м³
 q_c – питома витрата солі, г/г-екв.

$$Q_c^p = \frac{238 \cdot 1,72 \cdot 2 \cdot 150}{1000} = 92,11.$$

Об'єм 26% насиченого розчину солі за регенерацію, м³

$$Q_{H.P} = \frac{Q_c^p \cdot 100}{100 \cdot 1,2 \cdot 26};$$

$$Q_{H.P} = \frac{92,11 \cdot 100}{100 \cdot 1,2 \cdot 26} = 2,95.$$

Споживання технічної солі на добу, кг/добу

$$Q_c^{сум} = \frac{Q_c^p \cdot n_I \cdot 100}{P},$$

де – кількість регенерацій фільтра за добу; n_I

$P = 96,5$ – вміст NaCl в технічній солі, %.

$$Q_C^{sym} = \frac{92,11 \cdot 1,63 \cdot 100}{96,5} = 155,6.$$

Витрата технічної солі на регенерацію натрій-катіонітних фільтрів I ступеня за місяць, кг/міс.

$$Q_C^M = Q_C^{dob} \cdot 30,$$
$$Q_C^M = 155,6 \cdot 30 = 4667,5.$$

Витрата води на регенерацію натрієво-катіонітних фільтрів першого ступеня складається з витрати води на розпушувальну промивку фільтра, витрати води на приготування розчину регенераційної солі та витрати води на промивку катіоніту.

Витрата води на промивку розпушувальних фільтрів, м³

$$Q_{vzp} = 4,7.$$

Витрата води на приготування розчину регенераційної солі, м³

$$Q_{reg} = \frac{Q_C^P \cdot 100}{1000 \cdot b \cdot p_{p.p}};$$
$$Q_{reg} = \frac{92,11 \cdot 100}{1000 \cdot 7 \cdot 1,04} = 1,27.$$

Витрата води на промивку катіоніту, м³

$$Q_{om} = 10,32.$$

Витрати води на одну регенерацію катіоніту натрію I ступеня такі ж, як і для катіоніту натрію II ступеня з урахуванням використання промивної води на розпушування, м³/об.

$$Q_{C.H}^I = Q_{взр} + Q_{рег} + (Q_{от} - Q_{взр});$$
$$Q_{C.H}^I = 4,7 + 1,27 + (10,32 - 4,7) = 11,59.$$

Витрата води на регенерацію натрій-катіонітних фільтрів на день, м³/доб

$$Q_{C.H}^{сум} = Q_{C.H}^I \cdot n_I,$$
$$Q_{C.H}^{сум} = 11,59 \cdot 1,63 = 18,89.$$

Середньогодинна витрата води на власні потреби натрієво-катіонітних фільтрів I та II ступенів, м³/год.

$$q_{ср} = \frac{Q_{C.H}^{сум} - Q_{C.H}^{II}}{24},$$
$$q_{ср} = \frac{18,89 - 11,59}{24} = 0,3.$$

Ємність вимірювача розчину солі приймається відповідно до більшої витрати солі на один одна регенерація для натрій-катіонообмінних фільтрів II ступеня, м³

$$V_M = 1,3 \cdot Q_{н.р.},$$

де 1,3 – коефіцієнт резерву потужності;

$Q_{н.р.}$ - об'єм 26% розчину солі на регенерацію фільтра, м³.

$$V_M = 1,3 \cdot 0,87 = 1,13.$$

Висота мірної ємності приймається рівною висоті соляного бункера, оскільки мірна ємність заповнюється, як сполучені посудини, в міжрегенераційний період.

Вимірювач приймається до монтажу: ; \varnothing 970 мм; H=2000 мм. $V = 1,5 \text{ м}^3$

Витрата технічної солі на регенерацію натрій-катіонітних фільтрів I а II етап за місяць, кг

$$Q_c^M = Q_{cII}^M + Q_{cI}^M,$$
$$Q_c^M = 4667,5 + 926,4 = 5593,9.$$

Ємність цистерни для зберігання солі при доставці та автомобільним транспортом приймається рівною 10 - добова подача, м³.

$$V = \frac{1,5 \cdot Q_c^M}{3},$$

де 1,5 – коефіцієнт резерву потужності.

$$V = \frac{1,5 \cdot 5,59}{3} = 2,8.$$

Для «мокрого» зберігання солі ми використовуємо залізобетонну двокамерну ємність ємністю з урахуванням доставки солі самоскидом вантажопідйомністю 3 тонни. $V = 12 \text{ м}^3$

Для розпушувального промивання Na - катіонообмінних фільтрів I і II ступенів встановлюється ємність місткістю, м³.

$$V_6 = Q_{\text{взр}} \cdot 1,3,$$

де 4,7 витрата води на одну розпушувальну промивку, м³; $Q_{\text{взр}} = 1,3$ – коефіцієнт резерву потужності.

$$V_6 = 4,7 \cdot 1,3 = 6,1.$$

Приймаємо до монтажу бак ємк $V_6 = 6,1 \text{ м}^3$.

2.1.4 Вибір основного та допоміжного обладнання котельні

У системах теплопостачання і котельнях промислових підприємств застосовують парові котельні установки з природною циркуляцією і перегрівом або без перегріву пари, прямоточні водогрійні котли і комбіновані пароводогрійні котли.

Встановлено 2 водогрійні котли газомазутні типу КВГМ-20-150. Властивості цих котлів наведено в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Характеристика котла типу КВГМ-20-150

| | |
|---|----------|
| Ім'я | КВГМ-20 |
| Теплова потужність, МВт | 23.26 |
| Витрата води, т/год | 247 |
| Витрата газу, м3/год | 2520 |
| Площа поверхні нагріву, м2: | |
| - випромінювання | 106.6 |
| - конвективні | 406.5 |
| Температура вихлопних газів, °С | 190 |
| ККД (%) при номінальному навантаженні | 91.9 |
| Гідравлічний опір газоходів, Па | 588,6 |
| Гідравлічний опір, Па | 225,63 |
| Гідравлічний опір повітряного тракту з пальниками, Па | 1764 рік |

Також встановлено 2 парові газомазутні котли типу ДКВР-10/13. Характеристики останніх наведено в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Характеристика котлів типу ДКВС-10/13

| | |
|-------------------------------------|------------|
| Ім'я | ДКВР-10/13 |
| Паропродуктивність, т/год | 10.35 |
| Тиск пари, МПа | 1.4 |
| Температура пари, °С: | |
| - насичений | 194 |
| - перегрітий | 225 |
| ККД (%) при згорянні | 98,9 |
| Тип пальника | GM-7 |
| Розрахункова витрата палива, м3/год | 743 |
| Площа поверхні нагріву, м2: | |
| - випромінювання | 39 |

| | |
|--|--------|
| - конвективні | 116 |
| Температура газів в пучку котла, °С | 310 |
| Гідравлічний опір газоходів, Па | 1540,5 |
| Тип вихлопу | ВДН-10 |
| Гідравлічний опір повітряного тракту, Па | 1216.4 |
| Тип вентилятора | ВДН-10 |

При проектуванні котельних установок насоси різного призначення підбираються за їх характеристиками.

Насоси холодної води використовуються для підвищення тиску холодної води до вузла холодного та гарячого водопостачання котельні при недостатньому тиску в міському водопроводі. Для сирі води вибираємо 2 насоси, характеристики яких наведені в таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 – Характеристики насосів холодної води

| Марка насоса | Подача, м ³ /год | Тиск, мм а. ст. | ККД, % | Потужність електродвигуна, кВт | Швидкість обертання електродвигуна, 1/хв |
|--------------|-----------------------------|-----------------|--------|--------------------------------|--|
| К90/55 | 90 | 55 | 44 | 4.5 | 2860 |

Хімічно очищена та деаерована вода самопливом надходить із колонок у ємність деаератора, звідки 3-ма живильними насосами подається в парові котли, а живильними насосами на живлення зворотного трубопроводу перед мережевими насосами. Для живильної води вибираємо 3 насоси, характеристики яких наведені в таблиці 2.9, а для підживлювальної води для заповнення витоків в тепломережі вибираємо 3 насоси, характеристики яких наведені в таблиці 2.10.

Таблиця 2.9 – Характеристики живильних насосів

| Марка насоса | Подача, м ³ /год | Тиск, МПа | ККД, % | Потужність електродвигуна, кВт | Швидкість обертання електродвигуна, 1/хв |
|--------------|--------------------------------|--------------|-----------|--------------------------------------|---|
| ЦНСХ 38/120 | 120 | 38 | 84 | 12.5 | 1445 |

Таблиця 2.10 – Зарядні характеристики насоса

| Марка насоса | Подача, м ³ /год | Тиск, МПа | ККД, % | Потужність електродвигуна, кВт | Швидкість обертання електродвигуна, 1/хв |
|-----------------|--------------------------------|--------------|--------|--------------------------------------|---|
| 2КМ- 20/30 | тридцять | 0,24 | 63.5 | 4 | 2880 |

Для підтримки температури води, що подається в котли, не менше 70 °С встановлюються рециркуляційні насоси.

Підтримка температури води на вході в котли здійснюється шляхом подачі вихідної води з котлів рециркуляційними насосами на водовідний колектор котла. Рециркуляція необхідна для запобігання точки роси в конвективній частині котла. Температура води перед котлами підтримується автоматично за допомогою регулятора або дистанційно. Виберемо 2 насоси для рециркуляції, характеристики яких наведені в таблиці 2.11.

Таблиця 2.11 – Характеристики рециркуляційних насосів

| Марка насоса | Подача, м ³ /год | Тиск, МПа | ККД, % | Потужність електродвигуна, кВт | Швидкість обертання електродвигуна, 1/хв |
|-----------------|--------------------------------|--------------|--------|--------------------------------------|---|
| NKU140/45 | 45 | 140 | 73.5 | 40 | 1445 |

Циркуляція води через котли і далі по системі здійснюється мережевими насосами. Мережна вода із зворотного трубопроводу через два незалежних входи через грязеуловлювачі і засувки, встановлені на кожному вході, надходить у поглинальний колектор мережевих насосів; після насосів мережева вода подається в загальний колектор. Вибираємо 5 насосів для мережевої води, характеристики яких наведені в таблиці 2.12.

Таблиця 2.12 – Характеристики мережевих насосів

| Марка насоса | Подача, м3/год | Тиск, МПа | ККД, % | Потужність електродвигуна, кВт | Швидкість обертання електродвигуна, 1/хв |
|--------------|----------------|-----------|--------|--------------------------------|--|
| 8DN60 | 720 | 60 | 89.4 | 200 | 1500 |

2.2 Дослідження перенесення пароводяної котельні по вул. К.Карого 21б на підігрів води

Загальні положення:

— вихідні дані для розрахунку теплової схеми котельні закритої системи тепlopостачання наведені в таблиці 2.13;

— Гаряче водopостачання передбачається від водогрійних котлів.

Для максимального зимового режиму роботи водогрійної котельні параметри аналогічні параметрам роботи водогрійної котельні.

Температура прямої мережевої води на виході з котельні, $^{\circ}\text{C}$

$$t_1 = 18 + 54,5 \cdot 0,436 + 57,5 \cdot 0,354 = 62,10.$$

Температура зворотної мережевої води на вході в котельню, $^{\circ}\text{C}$

$$t_2 = 62,10 - 60 \cdot 0,354 = 40,86.$$

Сумарна віддача тепла на опалення, вентиляцію та гаряче водопостачання, МДж/с

$$Q_T = 1,3 \cdot (Q_{г.в.}^{ср.ж} + Q_{г.в.}^{max.n});$$

$$Q_T = 1,3 \cdot (2,71 + 0) = 3,52.$$

Розрахункова витрата мережевої води, кг/с

$$G_{сет} = \frac{3,52 \cdot 10^3}{(62,10 - 40,86) \cdot 4,19} = 39,59.$$

Таблиця 2.13 – Вихідні дані для розрахунку теплової схеми котельні з паровими та водогрійними котлами закритої системи тепlopостачання

| № Позиції | Найменування вихідних даних | Позначення | Одиниця виміру | Розрахункові режими | | | | Примітка |
|-----------|---|--------------------|-----------------|----------------------|--|--|--------|----------|
| | | | | Максимальний зимовий | При температурі зовнішнього повітря в точці зламу температурного графіка | При температурі зовнішнього повітря з інтервалом 5°C | Літній | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| U01 | Максимальна відпуск тепла з котельні на опалювання і вентиляцію для міст і житлових районів | $Q_{об.макс}^{жс}$ | $\frac{МДж}{с}$ | 27,11 | — | — | — | |
| U02 | Максимальна відпуск тепла з котельні на опалювання і вентиляцію пром. підприємств | $Q_{об.макс}^n$ | // | 0 | — | — | — | |
| U03 | Середня величина відпуску тепла на гаряче водопостачання (за добу найбільшого водоспоживання) міст і житлових районів | $Q_{зв}^{ср.жс}$ | // | 2,71 | — | — | — | |
| U04 | Середня величина відпуску теплоти на гаряче водопостачання промислових підприємств | $Q_{зв}^{max.n.}$ | // | — | — | — | — | |
| U05 | Максимальна відпустка тепла на гаряче водопостачання підприємств | $Q_{зв}^{ср.n.}$ | // | 0 | — | — | — | |
| U06 | Вид палива | | | газ | | | | |
| U07 | Максимальна температура прямої води в мережі | t_{1max} | °C | 130 | - | - | - | |
| U14 | Мінімальна температура прямої мережної води в точці зламу температурного графіка мережної води | $t_{1изл}$ | °C | - | 70 | - | - | |

Продовження таблиці 2.13

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-----|---|------------------------------|--------|-------|---|---|-----|---|
| U15 | Максимальна температура зворотної мережної води | $t_{2 \max}$ | °C | 70 | - | - | - | По даним замовника |
| U16 | Розрахункова температура зовнішнього повітря | $t_{н.р.}$ | °C | -22 | - | - | - | Згідно СНиП -16-62 |
| U17 | Температура повітря всередині опалювальних приміщень | $t_{вн}$ | °C | 20 | | | | Згідно СНиП Г10-62 |
| U18 | Температура деаерованої води після деаераторів | T | °C | 104,2 | | | | З таблиць насиченої |
| U20 | Температура підживлюючої води | T' | °C | 70 | | | | |
| U21 | Температура сирі води на вході в котельню | T ₁ | °C | 5 | | | 15 | Згідно СНиП Г10-62 |
| U22 | Температура сирі води перед хімводоочисткою | T | °C | 25 | | | | |
| U23 | Питоми об'єм води в системі тепlopостачання в кг на 1 МВт сумарного відпуску тепла на опалення, вентиляцію і гаряче водopостачання міст и жилих районів | $q_{\text{сист}}^{\text{ж}}$ | кг/МВт | 42900 | | | | За даними з «Проектування теплових мереж» 1965 р. |
| U25 | Коефіцієнт зниження витоків в системі тепlopостачання | $K_{\text{ут}}$ | — | 1 | | | 0,5 | |
| U28 | Коефіцієнт власних потреб хімводоочистки | $K_{\text{хво}}^{\text{сн}}$ | — | 1,2 | | | | Приймається з розрахунків |
| U55 | Температура зворотної мережної води на вході в водогрійні котли | $t_{\text{вк2}}$ | °C | 70 | | | | Прийма-ється |
| U56 | Номінальна теплопродуктивність одного водогрійного котла | $Q_{\text{к}}^{\text{ном}}$ | МВт | 20 | | | | За даними заводу |

Розрахунок підживлювальної води для поповнення втрат в тепломережі, кг/с

$$G_{\text{ут}} = \frac{0,5}{100} \cdot [(27,11 + 2,71) \cdot 42900 + (0 + 0) \cdot 30000] \cdot \frac{0,5}{3600} = 0,89.$$

Кількість оборотної мережевої води, кг/с

$$G_{\text{сет.обр}} = 39,59 - 0,89 = 38,70.$$

Кількість працюючих водогрійних котлів (з округленням до цілого), шт.

$$N_{\text{к.р}}^{\text{в}} = \frac{3,52}{4,65} = 0,76 \approx 1.$$

Відсоток навантаження працюючих водогрійних котлів, %

$$K_{\text{загр}}^{\text{в}} = \frac{3,52 \cdot 100}{1 \cdot 4,65} = 75,8.$$

Кількість відключених водогрійних котлів, шт.

$$N_{\text{к.о.}}^{\text{в}} = 2 - 1 = 1.$$

Кількість води, що проходить через один водогрійний котел, кг/с

$$G_{\text{в.к.}} = \frac{3,52 \cdot 10^3}{(62,10 - 40,86) \cdot 1 \cdot 4,19} = 39,59.$$

Кількість води, що проходить через водогрійні котли

роботи кг/с

$$G_{\text{в.к.}\Sigma} = 1 \cdot 39,59 = 39,59.$$

Додаткова кількість мережевої води для гарячого водопостачання (відносно витрати мережевої води в максимально зимовому режимі), кг/с

$$\Delta G_{\text{з.в.}} = 39,59 - 39,59 = 0.$$

Кількість води, що пройшла через нерегульований байпас, кг/с

$$G_{\text{н.п}} = 0 \cdot 39,59 + 0 = 0.$$

Температура мережевої води на виході з водогрійних котлів, °С

$$t_{\text{вк1}} = 70 + \frac{3,52 \cdot 10^3}{39,59 \cdot 4,19} = 141,24.$$

Температура зворотної мережевої води перед мережевими насосами, °С

$$t_3 = \frac{70 \cdot 39,59 + 70 \cdot 0,89}{39,59} = 68,45.$$

Кількість води для рециркуляції, кг/с

$$G_{\text{рц}} = 39,59 \cdot \frac{70 - 68,45}{141,24 - 68,45} = 38,29.$$

Всі розрахунки інших режимів роботи занесені в таблицю 2.13.

Для деаерації підживлювальної води в котельні залишається існуюча схема хімоводопідготовки. Тому пом'якшення води в натрієвих катіонітах буде здійснюватися через фільтри першого ступеня, а фільтри другого ступеня залишаються резервними. Атмосферний деаератор необхідно замінити на вакуумний. До установки прийнято вакуумний деаератор типу ДВ 25; його технічні характеристики наведені в таблиці 2.15.

Таблиця 2.15 - Основні конструктивні характеристики деаератора ДВ 25

| Назва параметрів | DV 25 |
|--|-------|
| Номінальна потужність, т/год | 25 |
| Висота, мм | 2400 |
| Діаметр корпусу деаератора зовнішній, мм | 816 |
| Діаметр труби зовнішній, мм: | |
| під водою | 89 |
| відділення | 108 |
| всмоктування суміші | 159 |
| обхід | 76 |
| подача теплоносія | 108 |
| Вага, кг | 666 |
| Ємність, м ³ | 1.2 |

2.3 Вибір основного та допоміжного обладнання в котельні

Для забезпечення потреб опалення залишилось 2 водогрійні котли газомазутні типу КВГМ-20-150. Властивості цих котлів наведені в таблиці 2.16. Також для потреб гарячого водопостачання обрано 2 водогрійні котли газомазутні типу КВ Г-4,65. Характеристика якого представлена в таблиці 2.16.

Таблиця 2.16 – Характеристика котлів типу КВ Г-4.65

| | |
|--|-----------|
| Ім'я | КВ Г-4,65 |
| Паропродуктивність, т/год | 10.35 |
| Тиск пари, МПа | 1.4 |
| Температура пари, °С | |
| - насичений | 194 |
| - перегрітий | 225 |
| ККД (%) при згорянні | 98,9 |
| Тип пальника | GM-7 |
| Розрахункова витрата палива, м3/год | 743 |
| Площа поверхні нагріву, м2 | |
| - випромінювання | 39 |
| - конвективні | 116 |
| Температура газів в пучку котла, °С | 310 |
| Гідравлічний опір газоходів, Па | 1540,5 |
| Тип вихлопу | ВДН-10 |
| Гідравлічний опір повітряного тракту, Па | 1216.4 |
| Тип вентилятора | ВДН-10 |

2.4 Розрахунок техніко-економічних показників водогрійної котельні

Відпуск тепла для гарячого водопостачання, МВт.

$$Q_{gvp}=2,71.$$

Кількість теплоти, отриманої від спалювання палива в котельні, МВт

$$Q_3 = \frac{2,71}{0,989} = 2,74.$$

Витрата умовного палива, кг/с

$$B_{y.m.} = \frac{2,74}{29,3} = 0,094.$$

Вартість спожитого палива, грн/с

$$C_{y.t.} = 0,094 \cdot 6,820 = 0,637.$$

Питома витрата умовного палива, кг/МДж

$$b_n = \frac{0,094}{2,71} = 0,037.$$

Отримані дані порівняємо з техніко-економічними показниками пароводяної котельні:

а) питома кількість теплоти, отриманої від спалювання палива в котельні, зменшилася на %

$$Q_3 = \frac{3,01 - 2,74}{3,01} \cdot 100 = 8,97;$$

б) Щосекунди споживання умовного палива зменшилось на %

$$B_{y.m.} = \frac{0,103 - 0,094}{0,103} \cdot 100 = 8,74;$$

в) вартість спожитого палива зменшилась на %

$$C_{y.t.} = \frac{0,702 - 0,637}{0,702} \cdot 100 = 9,26.$$

Це дозволяє побачити, що всі техніко-економічні показники покращилися майже на 9%.

Річна економія витрат становитиме, грн

$$\mathcal{E} = 0,637 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 24 \cdot 364 = 20033395,2.$$

Капітальні витрати складаються з вартості котла КВГ-4,65 та вартості вакуумного деаератора, грн.

$$K = Kk + Kd,$$

$$K = 160000 + 30500 = 190500.$$

Дисконтний коефіцієнт

$$K_d = \frac{1}{(1+r)^j},$$

де r - рівень дисконту в десятковій формі (ставка дисконту);

j - порядковий номер року експлуатації.

$$K_d = \frac{1}{(1+0,18)^0} = 1.$$

Поточна вартість виплат, грн

$$PE = \sum_{j=1}^n \mathcal{E} K_d,$$

де E - річна економія витрат, грн/рік

$$PSV=2003339,2 \cdot 1=20033395,2.$$

Чиста приведена вартість нового водогрійного котла KB-Г-4,5 грн

ЧІДСК,

де К – капітальні інвестиції, грн

$$NPV=20033395,2-190500=19842895,2.$$

Для всіх років результати розраховуються аналогічно і заносяться в таблицю 2.17.

Таблиця 2.17 – Розрахунок PSV

| рік | К, грн | Е, грн/рік | CD | ППН | ПСВ |
|-----|--------|------------|----------|----------|---------|
| 0 | 190500 | | 1 | -190500 | |
| 1 | 0 | 2003395 | 0,847458 | 1697793 | 9193931 |
| 2 | 0 | 2003395 | 0,718184 | 1438807 | |
| 3 | 0 | 2003395 | 0,608631 | 1219328 | |
| 4 | 0 | 2003395 | 0,515789 | 1033329 | |
| 5 | 0 | 2003395 | 0,437109 | 875702,5 | |
| 6 | 0 | 2003395 | 0,370432 | 742120,8 | |
| 7 | 0 | 2003395 | 0,313925 | 628915,9 | |
| 8 | 0 | 2003395 | 0,266038 | 532979,6 | |
| 9 | 0 | 2003395 | 0,225456 | 451677,6 | |
| 10 | 0 | 2003395 | 0,191064 | 382777,6 | |

3 ОХОРОНА ПРАЦІ

3.1 Характеристика потенційно небезпечних і шкідливих виробничих факторів

Пароводяна котельня знаходиться в Запоріжжі. Котельня містить велику кількість обладнання (теплового, електротехнічного), комунікацій (газопроводи, гаряче водопостачання, електромережі), які є джерелами шкідливих і небезпечних виробничих факторів, таких як:

- а) підвищена забрудненість повітря робочої зони;
- б) підвищена температура поверхні обладнання та повітря робочої зони;
- в) підвищений рівень шуму та вібрації на робочому місці;
- г) підвищена вологість і рухливість повітря;
- д) недостатня освітленість робочих місць.

Різні комбінації цих параметрів створюють дискомфортні умови, які не відповідають оптимальним умовам теплообміну між організмом людини та навколишнім середовищем без напруження терморегуляції організму.

Допоміжне обладнання котельні включає велику кількість електродвигунів різної потужності: димососи, нагнітачі, мережеві та живильні насоси, насоси вихідної води, однооборотні електромеханізми (РЕМ) в системі автоматизації. Ці машини живляться від електричної мережі 220 В і 380 В, що є небезпечним для життя.

Робота вищевказаного обладнання, а також пульсація потужного факела в топці котла при згорянні палива створює в котельні шум і вібрацію, що не перевищує гранично допустимих значень 80 дБ для шуму і 60 дБ для вібрації. Ці фабрики впливають на людину, яка знаходиться тільки біля цього обладнання, тобто вплив короткочасний, але негативно позначається на опорно-руховому апараті і слуху людини.

Незважаючи на ефективну теплоізоляцію котлів, трубопроводів ГВП і газоходів, в приміщенні виділяється надлишок тепла (~ 23 Дж/(м³ с), що

створює підвищену температуру в котельні в теплий період року (до 28-30 °С), а також ускладнюють передачу тепла тілу людини під час фізичної роботи в даному приміщенні. Характеристика шкідливих речовин, що використовуються у виробничому приміщенні, наведена в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Характеристика шкідливих речовин, що використовуються у виробничій зоні

| Назва шкідливої речовини або матеріалу | Гранично допустима концентрація шкідливих речовин, мг/м ³ | Перша допомога при отруєннях |
|--|--|--|
| Пил нетоксичний | 0,1 | Ополіскування уражених ділянок тіла, зволоження робочих місць чаєм або водою |
| Шкідливі гази (метанол) | 1.0 | Свіже повітря, промивання шлунка, дезінфекція розчином перманганату калію, молоко, чай |
| Оксиди азоту | 0,06 | Свіже повітря, чай чи кава |

3.2 Заходи щодо поліпшення умов праці

Захист від шкідливих речовин (отруйних газів) здійснюється в першу чергу шляхом дотримання правил експлуатації котлів. Необхідно, щоб пальники були справні, коефіцієнт витрати повітря відповідав заданому, а розрідження в топці підтримувалося на належному рівні.

Для запобігання аварійній ситуації котли обладнані пристроями контролю, захисту та сигналізації. Автоматична система безпеки спрацьовує при згасанні факела, при зниженні тиску газу нижче допустимого, при відключенні димососа і припиненні тяги, при виключенні нагнітача.

Для захисту від вибуху при підвищенні тиску в пароводяному тракті встановлено два запобіжних клапана імпульсного типу. Один з клапанів є регулюючим, інший - робочим. Регулюючий запобіжний клапан відкривається, коли тиск підвищується на 2% вище розрахункового. Якщо тиск продовжує зростати, сервісний клапан відкривається. Працює при тиску на 10% вище розрахункового.

Для запобігання витоку газу через зварні з'єднання і запірну арматуру газопроводи перевіряють на герметичність.

Боротьба з шумом і вібрацією, що виникають під час роботи пальників, полягає в їх надійному кріпленні. Конструкція пальників повинна забезпечувати плавний вхід потоку і контакт повітряних і газових струменів під мінімально можливим кутом і однаковими швидкостями.

Зниження рівня шуму забезпечується об'ємно-планувальними рішеннями: використанням дистанційного керування, відокремленням приміщення для обслуговуючого персоналу від котельні цегляною стіною.

Зниження рівня вібрації досягається встановленням димососів і вентиляторів на віброізолюваних фундаментах в окремих приміщеннях.

Захист від теплового випромінювання: котельні агрегати, паропроводи, пароводяні калорифери є джерелом надлишкового тепла. З метою запобігання термічним ураженням температурні зовнішні поверхні

технологічного обладнання або його огорожувальних конструкцій повинні бути теплоізоляційними.

3.4 Виробнича санітарія

Опалення водяна котельня з ребристими трубами та радіатори. Опалення передбачене лише в деяких приміщеннях:

- а) камерна кімната;
- б) лабораторії ХВО;
- в) металоконструкції;
- г) кабінет старшого магістра;
- д) керівник секції.

Підтримання необхідної температури в котельні здійснюється за рахунок тепловиділень від працюючого технологічного обладнання.

Метеорологічні умови в робочій зоні виробничих приміщень з категорією робіт ІІб (До ІІ категорії належать роботи, що виконуються стоячи, пов'язані з ходьбою, переміщенням невеликих вантажів до 10 кг і супроводжуються помірним фізичним навантаженням.) приймаються наступні [5] і перераховані в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2- Допустимі метеорологічні умови

| Фактори | Для холодного та перехідного періодів | Для теплого періоду |
|--|---------------------------------------|---------------------|
| Допустима температура, °С | +17 - +19 | +20 - +22 |
| Відносна вологість, % | ≤75 | ≤75 |
| Швидкість повітря, м/с | 0,4 | 0,2 |
| Температура повітря поза постійними робочими місцями, °С | +13 - +26 | - |

Видалення повітря передбачається через дефлектори, розташовані в стелі котельні. Потік повітря здійснюється в нижню зону приміщення через віконні прорізи. Взимку повітрообмін здійснюється за допомогою витяжних вентиляторів, які відбирають повітря з котельні за допомогою повітрязабірних пристроїв, розташованих під стелею.

Природне освітлення котельні здійснюється через віконні отвори в зовнішніх стінах. Однак нормальну освітленість у таких галузях, як котельня, можна забезпечити лише комбінованим освітленням.

Проектом передбачено робоче освітлення котловою напругою ~220 В та ремонтною ~12 В. Для аварійного освітлення передбачено переносний акумуляторний ліхтарик. Освітленість котельні 30 лк. Карта умов праці працівників котельні представлена в таблиці 3.3.

3.4 Електробезпека

В котельні використовується однофазна мережа зовнішнього та внутрішнього освітлення напругою ~ 220 В, а також трифазна ~ 380 В для живлення агрегатів. Для обладнання потужністю 0,4 кВт (електродвигуни

насосів, вентиляторів, димососів) і захисту людей від ураження електричним струмом використовується система з глухозаземленою нейтраллю. Від короткого замикання устаткування захищено автоматичними вимикачами, а від перевантажень - тепловими реле.

Відповідно до вимог [7] передбачено аварійне освітлення, яке включається у разі аварії та живиться від автономної електростанції потужністю 4 кВт. Як засоби індивідуального захисту від ураження електричним струмом в електричних мережах напругою до 1000 В використовуються: діелектричні рукавиці, інструменти з ізольованими ручками, покажчики напруги, діелектричні калоші, гумові килимки, ізолюючі підставки.

За ступенем небезпеки ураження людей електричним струмом котельні відносять до особливо небезпечних приміщень. Характеризується наявністю таких умов, що створюють особливу небезпеку:

- а) електропровідний пил;
- б) електропровідні підлоги;
- в) тепло;
- г) можливість одночасного контакту людини з землею металевих конструкцій, технологічних пристроїв, механізмів, з одного боку, і з металевими корпусами електрообладнання, з іншого.

Безпека електрообладнання забезпечується:

- а) ізоляція струмоведучих частин та їх замикання;
- б) блокування пристроїв для запобігання помилковим спрацюванням за допомогою автоматичних вимикачів АЕ2000, заземлення корпусів електрообладнання та елементів установки, які можуть перебувати під напругою.

Таблиця 3.3- Карта умов праці працівників котельні

| Фактори виробничого середовища і трудового процесу | Нормативне значення | Фактична вартість | III клас: шкідливі та небезпечні умови | | | Тривалість робочої зміни % |
|--|---------------------|-------------------|--|------------|-------------|----------------------------|
| | | | I ступінь | II ступінь | III ступінь | |
| Шкідливі хімічні речовини, мг/м ³ | | | | | | |
| NO ₂ | 5 | 4,7 | - | - | - | 100 |
| CO | 20 | 14 | - | - | - | 100 |
| SO ₂ | 10 | 9 | - | - | - | 100 |
| SO ₃ | 1 | 0,6 | - | - | - | 100 |
| Пил, переважно фіброгенний, мг/м ³ | 4 | 2,6 | - | - | - | 90,8 |
| температура повітря, оС | 17-22 | 20-22 | - | - | - | 100 |
| Відносна вологість, % | ≤75 | 65-70 | - | - | - | 100 |
| Швидкість повітря, м/с | ≤0,5 | 0,3-0,4 | - | - | - | 100 |
| Шум, dba | 80 | 37 | - | - | - | 20.83 |
| Інфразвук, дБ | 80 | 77 | - | - | - | 100 |
| Ультразвук, дБ | - | - | - | - | - | - |
| Теплове випромінювання (опромінена поверхня тіла 50 % і більше %) [5], Вт/м ² | 140 | 250 | - | 110 | - | 25 |

Усі металеві частини електрообладнання, що знаходяться під напругою, підключаються до контуру заземлення. Заземлення електроприймачів

здійснюється за допомогою сталевих електропроводних труб; опір заземлювача не повинен перевищувати 4 Ом. Проводи комутаційних апаратів повинні чітко вказувати положення «включено» і «вимкнено».

Для запобігання подачі напруги на робочу площадку внаслідок трансформації слід відключити всі силові, вимірювальні та різні спеціальні трансформатори, пов'язані з підготовленим до ремонту електрообладнанням, як на боці високої, так і низької напруги. Відключення повинно проводитися таким чином, щоб виділені для роботи частини електрообладнання були з усіх боків відокремлені від струмоведучих частин комутаційними апаратами або зняттям запобіжників. На місці робіт струмопровідні частини, на яких виконуються роботи, повинні бути відключені. Струмопровідні частини, до яких можна торкатися, не можна від'єднати, лише якщо вони захищені ізоляційними прокладками. На передній і тильній сторонах шафи ППУ і шафи сигналізації повинні бути діелектричні гумові доріжки. Забороняється використовувати неперевірені засоби захисту, термін чергових випробувань яких закінчився. На електроприводах, які мають автоматичне або дистанційне включення, повинен бути напис: «Увага - включається автоматично!», «Увага - включається дистанційно!».

3.5 Пожежна безпека

Котельня відноситься до категорії пожежонебезпеки Г, оскільки природний газ спалюється як паливо в технологічних установках (котлах).

Категорії виробничо-складських приміщень та показники вогнестійкості будівель наведені в таблиці 3.4. У забезпеченні пожежної безпеки важливу роль відіграє протипожежна профілактика - система організаційних заходів, що проводяться для попередження пожеж, створення умов для евакуації людей із палаючих будівель і швидкого гасіння пожежі.

Таблиця 3.4 – Характеристики пожежної безпеки об'єктів основної котельні

| Будівля (кімната) | Категорія | Ступінь вогнестійкості |
|-------------------------------|-----------|------------------------|
| Котельня | Г | Ша |
| Кімната хімічної обробки води | Д | Ш |
| Склад матеріалу | ІН | ІІ |
| Газорозподільний пункт | А | ІІ |

Відповідальність за дотримання необхідного протипожежного режиму та своєчасне виконання протипожежних заходів покладається на майстра котельні. На підставі типових правил пожежної безпеки для промислових підприємств повинна бути розроблена цехова протипожежна інструкція, яка вивішується на видному місці.

Попередження аварійних станів (коротких замикань, перевантажень) в електричних мережах здійснюється за допомогою спеціальних засобів захисту - запобіжників, автоматичних вимикачів, реле. Апарати захисту встановлюються в окремих пожежобезпечних приміщеннях для розподільних пристроїв і апаратів.

Зовнішнє пожежогасіння здійснюється від пожежного крана. Внутрішнє протипожежне водопостачання будівель категорії Г вогнестійкості Ша не передбачено [22].

Рекомендується обладнати котельні вогнегасниками: пінні або водяні, ємністю 10 л - 2 шт. на 1800 м² площі; порошок 5 л – 2 шт. на 800 м²; вуглекислому газу, місткість 5 або 8 л- 2 шт. на 1800 м²[13]. Площа, яку займає котельня, становить близько 300 м². Виходячи з цього приймаємо до встановлення на об'єкті такі вогнегасники: вогнегасники пінні ОВП-10.01 – 1 шт., вогнегасники порошкові ОП-5-01 з порошком ПСБ – 1 шт., вуглекислотні ОУ-5 – 1 шт. .

Для евакуації персоналу при пожежі передбачено 4 аварійних виходи в протилежних кінцях будівлі.

Блискавкозахист (блискавкозахист, блискавкозахист, блискавкозахист) — це комплекс заходів і спеціальних пристроїв для забезпечення безпеки будівлі, а також майна і людей, що знаходяться в ній. Відповідно до чинного Національного стандарту України [20] блискавкозахист будівель поділяється на зовнішній і внутрішній. Зовнішній блискавкозахист - це комплекс заходів захисту від прямих ударів блискавки. Система блискавкозахисту складається з громовідводу (громовідводу), токопроводу, заземлювача.

Внутрішній блискавкозахист - це комплекс заходів захисту від вторинних проявів блискавки (захист від перенапруг). Внутрішній блискавкозахист повинен вирівнювати потенціали на металевих частинах будинку (електропроводці, трубах, кабелях тощо) за допомогою розрядника (розрядника, розрядника, УЗП).

3.7 Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ)

Для персоналу котельні передбачені такі засоби індивідуального захисту [14]:

- а) - спецодяг групи Т;
- б) - рукавички брезентові з ОР просоченням;
- в) - респіратор ШБ-1 «Пелюстка»;
- г) - фільтрувальні протигази з коробками СО, М.

3.7 Розрахунок теплоізоляції котла

Температура зовнішньої стіни приймаємо не вище $t_c = 55 \text{ }^\circ\text{C}$.

Відстань від екрану до стіни, м

$$l = 0,5 d,$$

де d - конструктивно прийнятий діаметр труби, м.

$$l = 0,5 \cdot 0,051 = 0,0255.$$

Приймається ступінь чорноти факела $\varepsilon_1 = 0,352$.

Температура на виході з печі, К

$$T = t_t + 273,$$

де $t_t = 1091,4$ – температура на виході з топки в режимі природного газу, °С.

$$T = 1091,4 + 273 = 1364,4.$$

Адіабатична температура, К

$$T_a = t_a + 273,$$

де $t_a = 1785,4$ – адіабатична температура в режимі природного газу, °С.

$$T_a = 1785,4 + 273 = 2058,4.$$

Середня температура полум'я, К

$$T_1 = \sqrt{T \cdot T_a},$$

$$T_1 = \sqrt{1364,4 \cdot 2058,4} = 1675,85.$$

Температура стінки екрану труби

$$T_2 = (T_n + 60) + 273,$$

$$T_2 = (194,1 + 60) + 273 = 527,1.$$

Приймається ступінь чорноти топки $\epsilon_2 = 0,460$.

Визначається допоміжний параметр a

$$a = \frac{S}{d},$$

де S – крок труби.

$$a = \frac{55}{51} = 1,078.$$

Допоміжний параметр C

$$C = \frac{2 \cdot l}{d},$$

$$C = \frac{2 \cdot 0,0255}{0,055} = 1.$$

Кутовий коефіцієнт між футеровкою і факелом

$$\varphi_{A1} = \frac{a \sqrt{a^2 + c^2} - 1 - c}{a^2 + c^2},$$

$$\varphi_{A1} = \frac{1,078 \sqrt{1,078^2 + 1^2} - 1 - 1}{1,078^2 + 1^2} = 0,075,$$

$$\varphi_{A2} = 1 - \varphi_{A1},$$

$$\varphi_{A2} = 1 - 0,075 = 0,925.$$

Максимальна температура горіння поверхні футеровки, К

$$T_{\max} = \sqrt[4]{\frac{\varphi_{A1} \cdot \varepsilon_1 \cdot T_1^4 + \varphi_{A2} \cdot \varepsilon_2 \cdot T_2^4}{\varphi_{A1} \cdot \varepsilon_1 + \varphi_{A2} \cdot \varepsilon_2}},$$
$$T_{\max} = \sqrt[4]{\frac{0,075 \cdot 0,352 \cdot 1675,85^4 + 0,925 \cdot 0,460 \cdot 527,1^4}{0,075 \cdot 0,352 + 0,925 \cdot 0,460}} = 859.$$

Максимальна температура горіння поверхні футеровки, °С

$$t_{\max} = T_{\max} - 273,$$
$$t_{\max} = 859 - 273 = 586.$$

Взято середнє кутове співвідношення між пальником і трубами
 $\bar{\varphi} = 0,97$ [21].

Середня температура поверхні пожежі, К

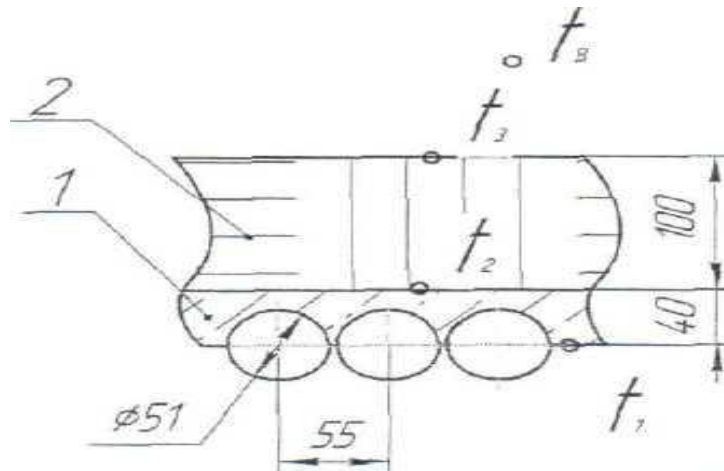
$$T_3 = \sqrt[4]{\frac{(1 - \bar{\varphi}_{12}) \cdot \varepsilon_1 \cdot T_1^4 + \bar{\varphi}_{12} \cdot \varepsilon_2 \cdot T_2^4}{(1 - \bar{\varphi}_{12}) \cdot \varepsilon_1 + \bar{\varphi}_{12} \cdot \varepsilon_2}},$$
$$T_3 = \sqrt[4]{\frac{(1 - 0,97) \cdot 0,352 \cdot 1675,85^4 + 0,97 \cdot 0,460 \cdot 527,1^4}{(1 - 0,97) \cdot 0,352 + 0,97 \cdot 0,460}} = 715.$$

Середня температура поверхні пожежі, °С

$$t_3 = T_3 - 273,$$
$$t_3 = 715 - 273 = 442.$$

Товщина теплоізоляційного шару розраховується за методикою [21].

Схема ізоляційних шарів наведена на рис. 3.1



1-клатобетон з глиноземним цементом; 2 - маткова мінеральна вата.

Рисунок 3.1 – Схема ізоляційних шарів

Температура зовнішньої ізоляційної стіни приймається $t_1=445\text{ }^{\circ}\text{C}$

Зовнішня температура шамотобетону приймається з уточненням $t_2=433\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Середня температура полотен БСМКВ, $^{\circ}\text{C}$

$$t_{cp1} = \frac{t_1 + t_2}{2},$$
$$t_{cp1} = \frac{445 + 433}{2} = 439.$$

Коефіцієнт теплопровідності шамотобетону, Вт/м К

$$\lambda_1 = 0,7 + 0,00055 \cdot t_{cp1},$$
$$\lambda_1 = 0,7 + 0,00055 \cdot 439 = 0,941.$$

Зовнішня температура мінераловатних матів приймається $t_3=52,2$ °C з подальшим уточненням.

Визначають середню температуру мінераловатних матів, °C

$$t_{cp2} = \frac{t_2 + t_3}{2},$$
$$t_{cp2} = \frac{433 + 52,2}{2} = 242,6.$$

Коефіцієнт тепловіддачі повітря, Вт/(м² °C)

$$\alpha_B = 8,4 + 0,06 \cdot (t_3 - t_{zp}),$$

де $t_{zp} = 25$ – беремо температуру зовнішнього повітря, °C.

$$\alpha_B = 8,4 + 0,06 \cdot (52,5 - 25) = 10.$$

Тепловий опір повітря, (м² °C)/Вт

$$R_e = \frac{1}{\alpha_e},$$
$$R_e = \frac{1}{10} = 0,1.$$

Тепловий потік визначається, Вт/м²

$$q = \frac{t_3 - t_e}{R_e},$$
$$q = \frac{52,2 - 25}{0,1} = 272.$$

Розрахункова температура утеплювача стіни, °С

$$t_{2\partial} = t_1 - q \cdot \frac{\delta_1}{\lambda_1},$$

де $\delta_1 = 0,04$ – товщина шамотобетону, м.

$$t_{2\partial} = 445 - 272 \cdot \frac{0,04}{0,941} = 433,4.$$

Розрахункова температура утеплювача стіни, °С

$$t_{3\partial} = t_2 - q \cdot \frac{\delta_2}{\lambda_2},$$

де $\delta_2 = 0,1$ – товщина мінераловатних матів, м;

$\lambda_2 = 0,071$ – коефіцієнт теплопровідності мінераловатних матів, Вт/(м·К).

$$t_{3\partial} = 433,4 - 272 \cdot \frac{0,1}{0,0714} = 52,5.$$

Вибрана товщина ізоляції забезпечить температуру поверхні нижче допустимої.

ВИСНОВОК

У магістерській роботі вирішено актуальну технологічну задачу підвищення ефективності використання палива в міській котельні.

Основними результатами магістерської роботи є:

— узагальнено та проаналізовано інформацію по паровим котлам ДКВР10/13 та водогрійним котлам КВГМ 20-150;

— зібрано технічну інформацію про роботу котельні;

— проведено дослідження залежностей основних робочих параметрів парового котла ДКВС 10/13 від витрати газу;

Методом найменших квадратів отримано аналітичні залежності та розраховано коефіцієнти детермінації.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Кузнецов, Н.В. Тепловой розрахунок котельных агрегатов: Нормативный метод [Текст] / Н.В. Кузнецов. – М.: Энергия, 1973. – 296 с.
2. Безгрешнов, А. Н. Розрахунок парових котлів у прикладах і задачах. Уч. посібник для вузів [Текст] / А.Н. Безгрешнов, Ю.М. Липів, Б.М. Шлейфер. – М.: Вища школа, 1991. – 240 с.
3. Кузнецов, Н.В. Тепловой расчет котельных установок. Нормативный метод [Текст] / Н.В. Кузнецов. - М: Энергия, 1973. – 324 с.
4. Мочан, С.И. Аэродинамический расчет котельных установок [Текст] / С.И. Мочан. - Л: Энергия, 1977. – 255 с.
5. Липов, Ю.М. Компоновка и тепловой расчет парогенератора [Текст] / Ю.М. Липов. – М: Энергия, 1975. – 266 с.
6. Частухин, В.И. Тепловой расчет промышленных парогенераторов [Текст] / В.И. Частухин.– К: Вища школа, 1980. – 184 с.
7. Макаров, В.Н. Методика поверочного теплового расчета парогенератора [Текст] / В.Н. Макаров.– М: МЭИ, 1976. – 52 с.
8. Балдіна, О.М. Гідрравлічний розрахунок котельних агрегатів: Нормативний метод [Текст] / О.М. Балдіна, В.А. Локшина, Д.Ф. Петерсон. – М.: Енергія, 1978. – 256 с.
9. Бобровський, Р.С. Котельні установки малої потужності [Текст] / Р.С. Бобровський. – М.: Машгіз, 1961. – 331 с.
10. Нечаєв, Р.К. Автоматика і автоматизація виробничих процесів [Текст] / Р.К. Нечаєв. – К.: Вища школа, 1985. – 279 с.
11. Староверов, К.В. Справочник проектировщика [Текст] / К.В. Староверов. - М.: Стройиздат, 1976. – 120 с.
12. Николаев, А.А. Справочник проектировщика. Проектирование топок и печей [Текст] / А.А. Николаев. - М.: Стройиздат, 1965. – 236 с.

13. Файерштейн, Л.М. Довідник з автоматизації котелень [Текст] / Л.М. Файерштейн, Л.С. Этинген, Р.Р. Гохбойн. – М.: Вища школа, 1985. – 296 с.
14. Бузников, Е.Ф. Виробничі та опалювальні котельні [Текст] / Е.Ф. Бузников, К.Ф. Роддатис. – М.: Вища школа, 1984. – 248 с.
15. Староверов, К.В. Справочник проектировщика [Текст] / К.В. Староверов. - М.: Стройиздат, 1976. – 120 с.
16. Николаев, А.А. Справочник проектировщика. Проектирование топок и печей [Текст] / А.А. Николаев. - М.: Стройиздат, 1965. – 236 с.
17. Денисенко, Р.Ф. Охорона праці: Уч. посібник для інж.- екон. спец. Вузів [Текст] / Р.Ф. Денисенко. – М.: Вища школа, 1985. – 248 с.
18. Гаджієв, Р.В. Охорона праці в тепловому господарстві промислових підприємств: Уч. посібник для технікумів [Текст] / Р.В. Гаджієв, А.А. Вороніна. – М.: Енергія, 1980. – 224 с.
19. Оніщенко, Н.С. Охорона праці при експлуатації котельних установок [Текст] / Н.С. Оніщенко. – М.: Енергія, 1992. – 350 с.
20. ДНАОП 0.00-1-08.-94. Правила будови і безпечної експлуатації парових і водогрійних котлів [Текст] – К: Стройиздат, 1995 – 12 с.
21. Прузнер, С.С. Правила пристрої і безпечної експлуатації судин, працюючих під тиском [Текст] / С.С. Прузнер. – М.: Металургія, 1971. – 45 с.
22. Нормативи чисельності робітників, що обслуговують парокотельные установки промислових підприємств [Текст] – М: Економіка, 1988 – 26 с.
23. Златопольський, Е.В. Економіка, організація і планування теплового господарства промислових підприємств: Підручник для технікумів [Текст] / Е. В. Златопольський. – М.: Енергія, 1979. – 376 с.
24. Plechec, L. Tepelny vypocet plynuteho vinuti transformatoru s prirodzenym obehem obeje [Text] / L. Plechec // Electrotechnic obz. — 1972— №1— Р.5-10.

25. Petras, V. Teplotne pole olejoveha transformatora so zvitkovym vinutim [Text] / V. Petras, L. Kriho, T. Fiedler // Transformatory.- 1984.- №2.- P. 7-13.

26. Guerra, F. Primeira abordagem a utilizacáo de modelos reduzidos para a determinacao experimental do campo termico de transformadores arrefecidos por conveceáo natural [Text] / Fraklin Guerra, Isaac Moreira // Electricidade.- 1987.- № 233.- P. 141-145.

27. Pivnek, M. Vyzkum tepelnych zavislosti na modelech vinuti transformatoru [Text] / M. Pivnek, K.Havlichek // Electrotechn. obz. — 1974. — №4. — pp. 175-181.

28. Die Darstellung das Wärmeüberganskoeffiyienten im transformator mit Kriteriellen Potenzfunktion [Text] / H. Lobenstein // Elektric. — 1979. — №4. — pp. 218-220.

29. Вукалович, М.П. Теплофизические свойства воды и водяного пара [Текст] / М.П. Вукалович. - М.: Машиностроение, 1967. - 160 с.

30. Дубковский, В.А. Рациональные процессы, циклы и схемы энергоустановок [Текст] / В.А. Дубковский.- Одесса: Наука и техника, 2003. - 224 с.

31. Ривкин, С.Л. Теплофизические свойства воды и водяного пара [Текст] / С.Л. Ривкин, А.А. Александров. – М.: Энергия, 1980. – 424 с.

32. Макаров, Г.В. Охрана труда в химической промышленности [Текст] / Г.В. Макаров. – М.: Химия, 1977. –568 с.

33. Сафонов, Н.А. Спецодежда и спецобувь [Текст] / Н.А. Сафонов. – М.: Химия, 1976. – 152 с.

34. Анисимов, А.С. Предупреждение и тушение пожаров на промышленных предприятиях [Текст] / А.С. Анисимов. – К.: Техника, 1978. – 164 с.

35. Богословский, В.Н. Отопление и вентиляция [Текст] / В.Н. Богословский. – М. 1980. – 290 С.

36. Линецкой, В.А. Охрана труда и техника безопасности и пожарная профилактика на предприятиях химической промышленности [Текст] / В.А. Линецкой.– М.: Химия, 1976. – 440 с.

37. Кораблев, В.П. Электробезопасность на предприятиях химической промышленности [Текст] / В.П.Кораблев.– М.: Химия, 1977. – 232 с.

38. Кукин, П.П. Безопасность технологических процессов и производств [Текст] / П.П. Кукин.– М.: Высшая школа, 2007. – 335 с.

39. Зотов, Б.И. Безопасность жизнедеятельности на производстве [Текст] / Б.И. Зотов. - М.: Колосс, 2003.- 432с.

40. Пчелинцев, В.П. Охрана труда в строительстве [Текст] / В.П. Пчелинцев. – М.: Высшая школа, 1991. –272 с.