

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

КАФЕДРА ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКИ ТА ГІДРОЕНЕРГЕТИКИ

Кваліфікаційна робота
другий магістерський
(рівень вищої освіти)

на тему Аналіз шляхів підвищення енергоефективності котельні
по вул. Дніпровське шосе, 11, м. Запоріжжя

Виконав: студентка __ІІ__ курсу,
групи 8.1441-з
спеціальності теплоенергетика
освітньої програми теплоенергетика
Сидоренко Ольга Володимирівна
(ініціали та прізвище)


Керівник доц. каф., к.т.н. Карпенко Г.В.
(вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)
Рецензент доц., к.т.н., Радченко В.В.
(вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю.М. ПОТЕБНІ

ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра теплоенергетики та гідроенергетики
Рівень вищої освіти другий магістерський
Спеціальність 144 Теплоенергетика
(код та назва)
Освітня програма Теплоенергетика
(код та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри 
«05» грудня 2022 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТЦІ

Сидоренко Ользі Володимирівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проєкту) Аналіз шляхів підвищення шляхів енергоефективності котельні по вул. Дніпровське шосе, 11, м. Запоріжжя

Керівник роботи Карпенко Ганна Володимирівна, канд. техн. наук.



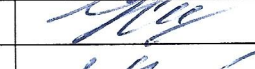



(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від «02» липня 2022 року № 598-с

- 2 Строк подання студентом роботи 14.12.2022 р.
- 3 Вихідні дані до роботи: м. Запоріжжя, котельня по вул Дніпровське шосе, 11, система теплопостачання (опалення та гаряче водопостачання); аналіз споживання газу та електричної енергії.
- 4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Опис об'єкту дослідження. Основні технічні характеристики котлів, насосів та тягодуттєвих пристроїв. Аналіз роботи в 2021-2022 роках. Розробка заходів по скороченню енергоспоживання. Розрахунок фінансових показників розроблених заходів.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень Презентація із 12 слайдів, що представляють основні результати роботи.

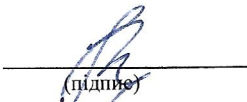
6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Загальний	Карпенко Г.В.		
Спеціальний	Карпенко Г.В.		
Охорона праці	Карпенко Г.В.		

6 Дата видачі завдання 01.06.2022 р.

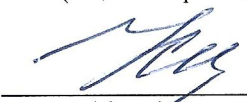
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Опис об'єкту дослідження.	01.06.- 01.08.2022	
2	Збір даних про основні технічні характеристики обладнання	01.06.- 01.08.2022	
3	Аналіз роботи в 2021 році.	01.06.- 01.08.2022	
4	Розробка заходів по скороченню енергоспоживання.	01.08.- 01.10.2022	
5	Розрахунок фінансових показників розроблених заходів.	01.10.- 01.11.2022	
6	Оформлення пояснювальної записки	01.11.- 01.12.2022	

Студент 
(підпис)

О.В. Сидоренко
(ініціали та прізвище)

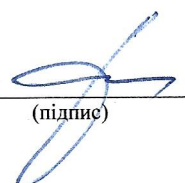
Керівник роботи (проекту)


(підпис)

Г.В. Карпенко
(ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер


(підпис)

С.С. ЧИЖОВ
(ініціали та прізвище)

АННОТАЦІЯ

Сидоренко О.В. Аналіз шляхів підвищення енергоефективності котельні по вул. Дніпровське шосе, 11, м. Запоріжжя.

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 144 – Теплоенергетика. Науковий керівник канд. техн. наук Карпенко Г.В. Інженерний навчально - науковий інститут ім. Ю.М. Потебні Запорізького національного університету. Кафедра теплоенергетики та гідроенергетики, 2022р.

У роботі визначено енергоспоживання обладнання котельні, розрахунок та аналіз енергетичних показників за 2022 рік, питома витрата енергії, оцінка та пропозиції заходів по енергозбереженню, а також розробка технічних рішень з метою підвищення енергетичної ефективності.

Ключові слова: ЕНЕРГЕТИЧНИЙ АУДИТ, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ, КОТЕЛЬНЯ, ВИТРАТА ЕНЕРГІЇ, ЕКОНОМІЯ.

ANNOTATION

Sydorenko O.V. Analysis of ways to increase the energy efficiency of the boiler house on the street. Dniprovske shose, 11, Zaporizhzhia.

Qualifying graduation thesis for obtaining a master's degree in the specialty 144 - Thermal Power Engineering. Scientific supervisor candidate technical Sciences Karpenko G.V. Engineering educational and scientific institute named after Yu.M. Potebni Zaporizhzhia National University. Department of Heat Power Engineering and Hydropower, 2022.

The paper defines the energy consumption of boiler room equipment, calculation and analysis of energy indicators for 2022, specific energy consumption, assessment and proposals for energy saving measures, as well as development of technical solutions to increase energy efficiency.

Keywords: ENERGY AUDIT, ENERGY EFFICIENCY, BOILER PLANT, ENERGY CONSUMPTION, ECONOMY.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ДОСЛІДЖУВАНОВОГО ОБ'ЄКТУ	10
1.1 Основне обладнання котельні	11
1.1.1 Технічна характеристика котлів ТВГМ-30	11
1.1.2 Технічна характеристика и пристрій котла RIELLO RTQ-2000.....	16
1.1.3 Технічна характеристика і пристрій котла Б-25/15-ГМ	18
2.1 Допоміжне обладнання, його призначення, технічна характеристика ..	20
1.2.1 Призначення, пристрій і принцип дії димососів і вентиляторів.	20
1.2.2 Призначення насосних груп	21
1.3.1 Водопідготовка й водно-хімічний режим	23
1.3.2. Призначення ХВО	23
1.3.3. Устаткування ХВО	24
1.3.4. Установка натрій – катіонування води.....	25
1.3.5 Зберігання й розчинення солі.....	31
1.3.6 Вакуумна деаераційна установка.....	31
1.3.7 Принцип роботи вакуумних деаераторів	31
1.3.8 Теплообмінники.....	33
1.4 Газопосточання котельні.....	35
1.5 Аналіз енергоспоживань	37
2 РОЗРАХУНОК ЗАХОДІВ ПО ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЮ.....	47
2.1 Захід по заміні двигуна на димососі котла ТВГМ-30 №2	47
2.1.1 Розрахунок необхідного об'єма повітря для спалювання палива та кількість відхідних газів	47
2.1.2 Розрахунок опору газового тракту	49
2.1.3 Розрахунок продуктивності.....	56
2.1.4 Розрахунок споживання потужності	57
2.2 Захід по установці частотного регулятора на один з насосів.....	58

2.2.1 Розрахунок середніх навантажень	58
2.3 Захід по установці системи "паливо-повітря" на котли ТВГМ-30	61
2.3.1 Організація роботи котла.....	61
3 ФІНАНСОВА ОЦІНКА ЗАПРОПОНОВАНИХ ЗАХОДІВ.....	69
3.1 Фінансова оцінка заміни двигуна на димососі котла ТВГМ-30 №2	69
3.1.1 Аналіз отриманих результатів.....	71
3.2 Фінансова оцінка заходу з встановлення частотного регулятора.....	72
3.2.1 Аналіз отриманих результатів.....	74
3.3 Фінансова оцінка впровадження системи "паливо-повітря"	74
3.3.1 Аналіз отриманих результатів.....	75
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	76
4.1 Загальні відомості з охорони праці на підприємстві по виробленню теплової енергії.....	76
4.2 Основні шкідливі і небезпечні фактори в котельні.....	82
4.3 Заходи щодо усунення шкідливих і небезпечних факторів	84
4.4 Природне і штучне освітлення	85
4.5 Вентиляція	86
4.6 Пожежна безпека	87
ВИСНОВКИ.....	Ошибка! Закладка не определена.
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	Ошибка! Закладка не определена.
Додаток А.....	95
Додаток Б.....	96

ВСТУП

Актуальність роботи. Сучасний стан енергетики характеризується значним збільшенням вартості енергоносіїв, а також погіршенням стану довкілля і ускладненням його охорони від дії теплогенеруючих установок. Енерго- та ресурсозбереження є пріоритетними напрямками розвитку досліджень в області споживання паливно-енергетичних ресурсів. В промисловому комплексі України частка споживання природного газу все ще залишається на високому рівні. Більше половини енергетичних проблем країни вирішується за рахунок спалювання природного газу. У світлі енергетичної кризи актуальним стає питання ефективного споживання енергоносіїв та впровадження новітніх енергозберігаючих технологій. Використання перетворювачів частоти з двигунами насосів, а також автоматичних блоків керування котлами сприятиме економії природного газу та електричної енергії.

Об'єкт дослідження - котельня по вулиці Дніпровське шосе,11, м. Запоріжжя.

Предмет дослідження - аналіз шляхів підвищення енергетичної ефективності котельні.

Мета роботи - пошук шляхів надання допомоги об'єктам енергоспоживання, для економії палива та енергії на власні потреби.

Задачі дослідження. Для досягнення поставленої мети в роботі вирішуються наступні задачі:

- обстеження стану використання енергетичних ресурсів на котельні;
- розробка організаційно-технічних заходів спрямованих на зниження енергетичних ресурсів;
- економічне обґрунтування організаційно технічних заходів.

Методи та засоби дослідження. В роботі була використана технічна документація роботи котельні, теплова схема котельні, параметри води, димових газів, а також нормативні дані про необхідні параметри, наведені в інших теплоенергетичних джерелах.

Наукова новизна отриманих результатів. Проведений розрахунок режимів роботи котельні, показав, що запропановані рішення підвищують енергоефективність процесів виробництва тепла в складних умовах дефіциту енергоресурсів.

Особистий внесок здобувача. Теоретичні дослідження, виконані безпосередньо автором. Автору належать основні ідеї роботи, постановка завдання, обґрунтування основних припущень, теоретичні викладки та аналіз отриманих результатів і формування висновків за результатами дослідження.

Апробація роботи. Результати роботи представлені на XV університетській науково-практичній конференції студентів, аспірантів, докторантів і молодих вчених «Молода наука-2022», II Всеукраїнській науково-практичній конференції за участю молодих науковців «Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України».

Структура та обсяг роботи. Магістерська робота включає вступ, чотири розділи, висновки та перелік джерел посилань з 41 позицій. Загальний обсяг складає 93 сторінки, у тому числі 14 рисунків та 22 таблиці.

1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ДОСЛІДЖУВАНОВОГО ОБ'ЄКТУ

Котельня розташована в промисловій зоні заводу «Запорізький трансформаторний завод» і заводу «Перетворювач» по вул. Дніпровське шосе, 11, м. Запоріжжя. Котельня працює в режимі закритої двохтрубної системи. Гаряче водопостачання (далі ГВП) населенню, здійснюється на окремих ділянках вироблення ЦТП по вул. С. Синенка, і так само через водопідігрівачі, встановлені безпосередньо в житлових будинках споживачів.

В опалювальний період котельня забезпечує теплоносієм на опалення наступні вулиці: Дніпровське шосе; Сергія Синенка; Вишневського; Трегубова; Вавілова та інші. Схема теплових мереж представлена в Додатку А. Обсяг теплових мереж становить 1800 м³ в зимовий період і 1056 м³ в літній період роботи.

Під час вироблення теплової енергії використовується паливо, холодна вода та електрична енергія. Котельня оснащена засобами автоматичного регулювання та безпеки.

В якості палива використовується природний газ.

Вода подається в котельню із міського водопроводу по трубопроводу діаметром 500 мм тиском 4,5 кгс/см².

На котельні встановлено котли ТВГМ-30 (2 шт.), які експлуатуються для вироблення теплоносія на ГВП та опалення в опалювальний період. Для забезпечення мешканців району гарячою водою влітку встановлено два котла Riello RTQ-2000. Парові котли Б-25/15ГМ (2 шт.) в зв'язку з відсутністю попиту на пару не експлуатуються більше п'яти років.

Так само на котельні є ділянка хімводопідготовки, де встановлено 4 фільтри, 2 деаераційні колонки вакуумного типу, 2 підживлювальних бака об'ємом 20 м³, та 2 підживлювальних бака об'ємом 10 м³.

Принципова схема котельні представлена в Додатку Б.

1.1 Основне обладнання котельні

1.1.1 Технічна характеристика котлів ТВГМ-30

Теплофікаційний водогрійний котел, газовий типу ТВГМ-30 являє собою прямоточний секційний котел із примусовою циркуляцією води. Технічна характеристика котлів зведена в таблицю 1.1.

Таблиця 1.1 - Технічна характеристика котлів ТВГМ-30

Найменування	Одиниця виміру	ТВГМ-30
Номінальна теплопродуктивність	Гкал/год	30
Температура води: - на вході в котел - на виході з котла	°С °С	70 150
Надлишковий тиск води: - на вході в котел розрахунковий - на вході в котел мінімальний	кг/см ² кг/см ²	20 8
Витрата води	т/год	375
Витрата палива: - мазута - природного газу	кг/год м ³ /год	3700 4170
Витрата повітря	м ³ /год	51100
Опір котла : - газовий - гідравлічний	кг/см ²	600 650
Температура відхідних газів	°С	190
Коефіцієнт корисної дії	%	89.9
Об'єм топкової камери	м ³	81.5
Розміри топкової камери	мм	4160 x 2240
Кількість газомазутних пальників	шт.	6
Надлишковий тиск газу перед пальником	кг/см ²	0.2
Площа поверхні нагріву: - радіаційної - конвективної	м ² м ²	108 635

Пристрій котла.

Котел ТВГМ-30 складається з радіаційної та конвективної частин.

Радіаційна розташована в топці, що має вигляд шахти прямокутного перетину. Всі стіни топки, включаючи стелю і під, повністю екрановані трубами діаметром 60 x 3 мм з кроком 64 мм. У верхній частині топки, на виході димових газів, труби заднього екрану топки розведені в 4х-рядний фестон.

Таким чином, радіаційна частина складається з фронтового (П - подібного) екрана, що переходить в подовий і стельовий, бічних екранів (правого і лівого) і заднього екрану. Всі екрани мають нижні і верхні колектори.

Для встановлення лазу (на фронті) і пальників (бічні екрани), труби розведені (вигнуті). Під топки закритий вогнетривкою цеглою.

Конвективна частина розташована в опускному газоході, утвореному розділовою стінкою з вогнетривких матеріалів. Також має вигляд прямокутної шахти, в якій є задній екран, що переходить в стельовий, бічні екрани (лівий і правий) і два пакети горизонтальних змійовиків з труб діаметром 28 x 3 мм U-подібної форми, які вварені в вертикальні стояки (колектора) діаметром 83 x 4 мм бічних екранів. Змійовики розташовані в шаховому порядку (ліві і праві), паралельно фронту котла і омиваються газами в поперечному напрямку.

Частина конвективної шахти над пакетами називається поворотною камерою, вона повністю екранована трубами діаметром 60 x 3 мм.

Стояки конвективної частини верхньою частиною уварені в проміжні колектори (лівий і правий), а нижньою частиною - в П - подібний нижній колектор конвективної частини.

У проміжні колектори нижньою частиною уварені труби лівого і правого екранів конвективної частини (поворотної камери), що з'єднують їх з лівим і правим колекторами.

Задній екран конвективної частини має нижній (П - подібний) і верхній колектор.

Арматура котла ТВГМ-30.

На вході води (трубопровід діаметром 273 x 11 мм) - одна засувка з електроприводом.

На виході води - два пружинних запобіжних клапана, одна засувка з електроприводом, одна ручна засувка, лінія аварійного зливу.

На всіх нижніх колекторах дренажі з двома вентилями на кожному, на верхніх і перепускних трубах - воздушники.

Обмуровування котла ТВГМ-30

Полегшена, на трубна.

На екранні труби приварюються шпильки діаметром 12 мм (крок 500 x 600 мм), на шпильки кріпиться:

- 1) крафт - папір;
- 2) плетена металева сітка з осередками 20 x 20 мм;
- 3) на сітку наноситься шамобетон $S = 20$ мм;
- 4) матраци мінераловатні $S = 80$ мм, що зшиваються дротом укріплюються металевими пластинами і гайками;
- 5) магнезіальна газонепроникна обмазка;
- б) тканина.

Загальна товщина обмуровування 110-112 мм.

Всередині котла виконується футеровка пальників, лазів і колекторів (шамобетоном).

Каркас ТВГМ-30.

Він підтримує елементи котла. Складається з 6 колон з верхньою рамою, яка служить опорою. По периметру котел має кілька поясів жорсткості.

Гарнітура котла ТВГМ-30:

- три лази з кришками: один в топку, один між пакетами конвективної частини, один в поворотну камеру (над пакетами);

- два оглядових люка у верхній частині котла з боків;

- три оглядових люка: два у верхній частині топки, один в нижній.

Крім того, є віконця на пальниках.

Вибухові клапани: один в топці в верхній її частині, два в конвективній частині (в поворотній камері), два перед димососом на газоході, один на борві після димососа.

Рух газів.

З топки газу повертають на 180° і зверху вниз проходять конвективну частину, прямуючи на димосос.

Газопальниковий пристрій.

Котел ТВГМ-30 обладнаний шістьма комбінованими газомазутними пальниками.

Продуктивність одного пальника:

- на газі $680 \text{ м}^3 / \text{год.}$;
- на мазуті $617 \text{ кг} / \text{год.}$

Циркуляція води в котлі примусова (10 ходів). Схема руху води у котлі представлена на рисунку 1.1.

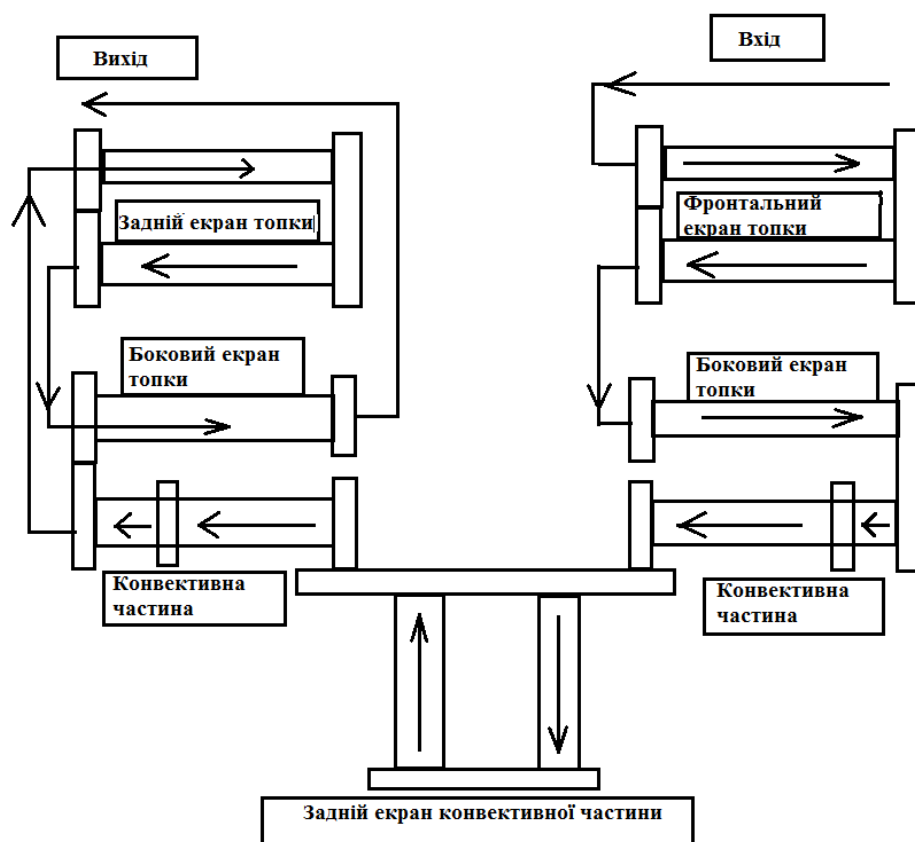


Рисунок 1.1 - Схема руху води у котлі ТВГМ-30

Вода заходить в ліву частину верхнього колектора заднього екрану конвективної частини (він перегороджений), опускається по лівій половині заднього екрану конвективної частини (1 хід) в П-подібний нижній колектор, піднімається по лівим конвективним пакетам, лівому екрану конвективної частини (2 хід) в верхній лівий колектор (загальний), опускається по лівому екрану топки (3 хід) в П-подібний нижній колектор топки (задня частина його перегороджена), піднімається по фронтівому екрану топки (4 хід) в верхній колектор фронтівому екрану топки (перегороджений), перепускними трубами (3 шт.) переходить в верхній колектор заднього екрану топки (перегороджений), по лівій половині заднього екрану топки опускається (5 хід) в нижній колектор заднього екрану топки, піднімається по правій половині екрану вгору (6 хід) в праву частину верхнього колектора заднього екрану топки, перепускними трубами (3 шт.) переходить в правий верхній колектор топки, опускається вниз по правому екрану топки (7 хід) в нижній правий колектор топки, по правій частині фронтівому екрану топки піднімається вгору (8 хід) в праву частину верхнього колектора топки, далі перепускними трубами (3 шт.) переходить в правий боковий колектор конвективної частини, опускається вниз по правому екрану і правим пакетам конвективної частини (9 хід), піднімається вгору по правій половині труб заднього екрану конвективної частини (10 хід) і виходить з правої частини верхнього колектора заднього екрану конвективної частини. Далі пропускними трубами (3 шт.) переходить в правий боковий колектор конвективної частини, опускається вниз по правому екрану і правим пакетам конвективної частини (9 хід), піднімається вгору по правій половині труб заднього екрану конвективної частини (10 хід) і виходить з правої частини верхнього колектора заднього екрану конвективної частини. Далі перепускними трубами (3 шт.) переходить в правий боковий колектор конвективної частини, опускається вниз по правому екрану і правим пакетам конвективної частини (9 хід), піднімається вгору по правій половині труб заднього екрану конвективної частини (10 хід) і виходить з правої частини верхнього колектора заднього екрану конвективної частини.

1.1.2 Технічна характеристика и пристрій котла RIELLO RTQ-2000

Сталеві котли марки RIELLO RTQ-2000 мають горизонтальну інверсійну камеру згоряння з концентричним розташуванням димогарних труб. Котли призначені для нагріву води в системах теплопостачання. В тракті димових газів котла створюється невеликий надлишковий тиск, що забезпечує рівномірну роботу і запобігає тепловому удару.

Основні технічні дані:

- геометрична форма топкового простору котла спеціально розроблена для досягнення оптимального співвідношення між обсягом камери згоряння і поверхнею теплообміну.

- матеріали підібрані таким чином, щоб забезпечити максимальний термін служби котла.

Всередині пучка димогарних труб знаходяться турбулятори, виготовлені з неіржавіючої сталі, які дозволяють регулювати тиск в камері згоряння і температуру димових газів, вони рівномірно розподіляють теплове навантаження і оптимізують роботу пальника.

Корпус котла має якісну теплоізоляцію, що складається з скловати високої щільності. Для зручності і простоти технічного обслуговування і операцій з очищення внутрішніх елементів котла, він має дверцята на передній панелі і знімну димосборну камеру.

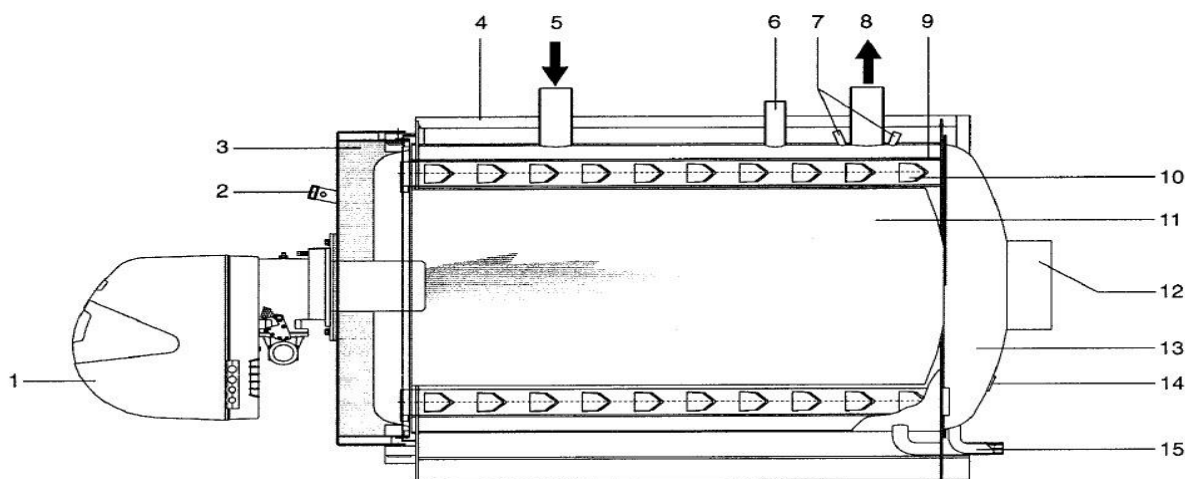
Дверцята на передній панелі можна відкривати, не демонтуючи пальник.

Технічна характеристика котла зазначена в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 - Технічна характеристика котла RIELLO RTQ-2000

Найменування	Одиниця виміру	RIELLO RTQ-2000
Номінальна теплопродуктивність	кВт (Гкал/год)	2000 (1,72)
Температура води: -на вході в котел -на виході з котла	°С °С	55 110
Мінім. робочий тиск води:	кг/см ²	6
Витрата води через котел	м ³ /ГОД	90
Витрата палива: природного газу	м ³ /ГОД	220
Опір котла газовий	кг/см ²	0,480
Температура відходящих газів	°С	180-170
ККД котла	%	93,2-93,4
Об'єм топкової камери	дм ³	1570
Кількість газових пальників	шт.	1
Площа поверхні нагріву:	м ²	51,37
Габаритні розміри: -довжина -ширина -висота	мм мм мм	3135 1610 1680

На рисунку 1.2 представлена схема котла RIELLO RTQ-2000



1 – пальник, 2 - віконце контролю полум'я, 3 - дверцята, 4 - облицювання, 5 - зворотній трубопровід, 6 - місце для приєднання групи безпеки, 7 - гільзи для датчиків, 8 - прямий трубопровід, 9 - димові труби, 10 - турбулятори, 11 - камера згоряння, 12 - місце приєднання димаря, 13 - димозборна камера, 14 - двірцята, 15 - злив конденсату

Рисунок 1.2 - Схема котла RIELLO RTQ-2000

1.1.3 Технічна характеристика і пристрій котла Б-25/15-ГМ

Технічна характеристика котлів зведена у таблицю 1.3.

Таблиця 1.3 - Технічна характеристика котлів Б-25/15-ГМ

Найменування	Одиниці виміру	Б-25/15-ГМ
Продуктивність	т / год	25
Розрахункова робочий тиск		
- за паровою засувкою	кгс / см ²	14
- в барабані котла	кгс / см ²	16
Розрахункова температура перегрітої пари	° С	350
Поверхня нагріву пароперегрівача	м ²	71
Поверхня нагріву економайзера	м ²	316
Поверхня нагріву повітропідігрівачів	м ²	678
Обсяг камери згоряння	м ³	98
Об'єм:		
а) водяний	м ²	10.81
б) паровий	м ²	7.84
в) живильний	м ²	1.267

Котел Б-25/15-ГМ однобарабанный, вертикально-водотрубный з природною циркуляцією, радіаційного типу, поставки Білгородського котельного заводу.

Котел П - образної компоновки, з повністю екранованою топковою камерою, призначений для спалювання природного газу і мазуту.

За топковою камерою в горизонтальному газоході розташований пароперегрівач.

У вертикальній конвективній шахті розташований сталевий водяний економайзер і трубчастий вертикальний повітропідігрівач.

Стіни камери згоряння покриті екранами, виготовленими з труб 60 x 3 мм. Крок труб фронтного і бічного екранів 110 мм. Крок труб заднього екрану - 80 мм. Матеріал труб - сталь 20.

Всього екранних труб - 150 шт. Вони поділяються наступним чином:

- фронтний екран - 25 підйомних і 5 опускних (зовні топки);
- два бічних екрана - по 34 підйомних і 6 опускних (з кожного боку);
- задній екран - 34 підйомних і 6 опускних.

Під топкової камери не екранований.

Котел виконаний за схемою двоступеневого випаровування з одностороннім відсіком, розташованим з торця барабана.

Барабан котла виконаний зварним. Внутрішній діаметр барабана - 1500 мм і довжина - 6053 мм. Товщина стінки 36 мм.

Пароперегрівач складається з одного пакету з труб 38 x 3 мм.

Водяний економайзер сталевий, виконаний із гладких труб 28 x 3 мм.

Повітропідігрівач складається з вертикально розташованих труб 29 x 1.5 мм, всередині яких проходять димові гази.

Газопальниковий пристрій.

Котел Б-25/15-Гм обладнаний двома комбінованими газомазутними пальниками турбулентними з периферійною подачею газу.

Продуктивність одного пальника - 1100 м³/год.

2.1 Допоміжне обладнання, його призначення, технічна характеристика

1.2.1 Призначення, пристрій і принцип дії димососів і вентиляторів.

Дутьєвий вентилятор складається з равликopodobного корпусу, робочого колеса й направляючого апарата. Робоче колесо являє собою пристрій, що складається з диска, по окружності якого приварені лопатки, кінці яких з'єднуються між собою кільцем. Диск насаджений на втулку, що проходить через вал. При обертанні робочого колеса повітря з вулиці (равлик) або із приміщення котельні (узимку) через повітряпровід захоплюється обертючими лопатками, відкидається відцентровою силою створюючої тиск, нагнітається в повітряпровід і далі в топку котла. У центрі робочого колеса створюється розрідження, куди безперервно надходить зовнішнє повітря.

Димосос складається з тих же деталей, що й вентилятор і служить для видалення з топки котла продуктів згоряння палива, тому він встановлюється між котлоагрегатом і димарем. Конструктивно відрізняється від вентилятора більше міцними лопатками й корпусом. Для охолодження масла, що змазує підшипники, у масляній ванні встановлюють зміювик, через який проходить холодна вода.

При експлуатації котлоагрегату доводиться міняти навантаження, тобто зменшувати або збільшувати подачу повітря й тягу. Це робиться за допомогою направляючого апарата, встановленого на усмоктувальних патрубках димососів і вентиляторів. Складається він з колеса з лопатками усередині. За допомогою поворотного механізму із зовнішньої сторони лопатки повертаються на однаковий кут і в такий спосіб плавно регулюють подачу повітря й тягу.

Кожен котел ТВГМ-30 укомплектований двома дутьєвими вентиляторами і одним димососом для подолання опору газового тракту і викиду продуктів згоряння в димову цегляну трубу висотою 60 м. та діаметром 6 м. Характеристики димососів та вентиляторів котла зведені до таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 - Характеристика димососів та вентиляторів котла ТВГМ

Найменування обладнання	Кількість, шт.	Тип	Продуктивність, м ³ /год.	Напір, мм вод. ст.	Число оборотів ел. двигуна	Потужність ел. двигуна, кВт
Вентилятор	4	ВД-12	27000	221	730	50
Димосос	2	Д-15.5×2	120000	200	730	75

1.2.2 Призначення насосних груп

Мережева група насосів

Циркуляція води через котел і далі в системі здійснюється мережевими насосами. Мережева вода зі зворотної магістралі через грязевик і засувки надходить у всмоктуючий колектор мережевих насосів. Після насосів з тиском до 10 кг/см², вода надходить в загальний колектор перед котлами, звідки по трубопроводах входу частина води надходить в котли для нагрівання, а частина - через регулятор перепуску в колектор після котлів. Нагріта в котлах мережева вода далі йде в колектор після котлів. З колектора після котлів до перепуску частина води йде на рециркуляцію, решта - на житловий масив. Технічні характеристики мережних насосів зведені до таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 - Характеристика мережних насосів.

Тип	Продуктивність, м ³ / год	Напір, м вод. ст.	Число об / хв	Потужність двигуна, кВт
10Д-6	380-530	70	1470	165
Д320-70	320	70	2950	90
10Д-6	400-600	64	1470	125
Д320-70	320	70	2950	90
Д320-70	320	70	2950	90

Підживлювальна група насосів

Для заповнення втрат води в теплових мережах і підтримування необхідного тиску 3 кг/см^2 в зворотній магістралі передбачене підживлення підживлювальними насосами теплової мережі хімічно очищеної і деаеріованою водою.

Підживлення здійснюється в зворотній трубопроводі перед мережевими насосами. Тиск води зворотньої магістралі підтримується автоматично регулятором підживлення. При виході з ладу регулятора, регулювання здійснюється вручну через байпас. Технічні характеристики підживлювальних насосів зведені до таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 - Характеристика підживлювальних насосів.

Тип	Продуктивність, м ³ / год.	Напір, м вод. ст.	Число об./хв.	Потужність двигуна, кВт
MN-50-200	400	57	2910	15
MN-50-200	100	50	2910	5,5

Рециркуляційна група насосів

Для підтримки температури води, що подається в котли не нижче $70 \text{ }^\circ\text{C}$, встановлено 2 рециркуляційних насоса. Температура води на вході в котли підтримується шляхом забору виходячої після котлів води рециркуляційними насосами в колектор входу води в котел. Температура води $70 \text{ }^\circ\text{C}$ на вході в котли необхідна для запобігання виникнення точки роси в конвективної частини котлів.

Автоматизація рециркуляції здійснюється за допомогою регулятора температури, встановленого на лінії рециркуляції після насосів. Є байпасна лінія рециркуляції. Технічні характеристики рециркуляційних насосів зведені до таблиці 1.7.

Таблиця 1.7 - Характеристика рециркуляційних насосів.

Тип	Продуктивність, м ³ /год	Напір, м вод. ст.	Число об/хв	Потужність двигуна, кВт
НКУ-250	250	30	1470	40
НКУ-250	250	30	1470	40

Група насосів робочої рідини

Для роботи вакуумного деаератора, устаткування яке необхідне для процесу хімоводоподготовки у процесі видалення кисню з мережевої води, потрібен вакуум. Насоси робочої рідини подають воду до сопла ежектора в якому відбувається процес ежекції.

1.3 Хімоводоочищення котельні

1.3.1 Водопідготовка й водно-хімічний режим

Надійна й економічна робота котельної установки залежить від якості води. При незадовільній водопідготовці на поверхнях нагріву котлів, а також у теплових мережах, водопідігрівачах випадають тверді відкладення (накип, шлам), відбувається корозія поверхонь нагріву котлоагрегатів, стінок трубопроводу. Водний режим повинен забезпечувати роботу котлів і теплових мереж без ушкоджень їхніх елементів внаслідок відкладень накипу й шламу. Присутність кисню у воді й інших агресивних газах сприяє руйнуванню металу труб. Кисень є основним винуватцем корозії труб.

1.3.2. Призначення ХВО

Для забезпечення нормальної роботи котельної установки й системи теплопостачання підживлення, воді потрібно надати необхідні якості. Обробка води здійснюється в установках хімічного очищення методом катіонітового обміну. Жорстка вода в процесі фільтрації проходить через шар катіоніта, частки якого містять катіони натрію, здатного до обміну на інші катіони. При

проходженні води через шар катіоніта відбувається обмін катіонів кальцію й магнію, що утворюють накип на катіони натрію. У результаті у воді залишаються лише натрієві солі, що володіють великою розчинністю й нездатні в силу цього утворювати накип у котлах. У сирій воді, не підданій обробці, утримується кисень, вуглекислий газ, азот. Видалення кисню з підживлювальної води - (заключна стадія водопідготовки) - здійснюється термічним обескисненням. Термічна деаерація заснована на тім, що коефіцієнт розчинності газів у воді з підвищенням температури зменшується, а при досягненні температури кипіння для даного тиску знижується до 0.

1.3.3. Устаткування ХВО

Устаткування ХВО зведено до таблиці 1.8.

Таблиця 1.8 - Устаткування ХВО

Найменування обладнання	Характеристика обладнання	Кількість
Натрій катіонітовий фільтр	D=2000мм, H=1800мм	4
Бак-мірник розчину солі	V=1,3 м ³	1
Солерозчинник С-0.2-0.5	D=600мм	1
Насос розчину солі К8/18 К-СД У2	G=8 м ³ /г, H=18м, n=2860об/хв, N=4кВт	2
Вакуумний деаератор ДСВ-10	G=10м ³ /год	1
Вакуумний деаератор ДСВ-25	G=25м ³ /год	1
Бак промивки фільтрів	V=30 м ³	1
Бак підживлювальної води БП-20	V=20 м ³	2
Підігрівач вихідної води ОСТ 34-588-68	2-секційний, Ду-200мм, L=3м	1

Продовж. табл.1.8

Підігрівач вихідної води 14 ОСТ 34-588-68	3-секційний, Ду-325мм, L=4м	1
Охолоджувач робочої рідини ПВ 114х2-1,0-РГ(П).	G=28м ³ /год	1
Сольова яма		4
Бак робочої рідини	V=3,2 м ³	1
Охолоджувач випару ОВ-2	F=2м ²	2

1.3.4. Установа натрій – катіонування води

Натрій-катіонітна установка призначена для зниження вмісту у воді солей жорсткості до гранично допустимої величини. Видалення солей жорсткості робиться за допомогою іонообмінного матеріалу - катіоніту. На котельні встановлено чотири Na-катіонітних фільтри діаметром 2000 мм. Щілинний зазор нижньої дренажної системи не перевищує 0,3 мм, що охороняє катіоніт робочої фракції від вимивання в дренаж. Фільтри завантажені катіонітом типу КУ-2-8, висота завантаження - 1,3 м у фільтрі №1, та 1,8 м для фільтрів № 2,3,4. Обв'язка фільтрів забезпечує їх повну взаємозамінність, тобто всі апарати можуть працювати як по 1-й так і по 2-й ступені пом'якшення.

У зв'язку з тим, що реакції пом'якшення води краще відбуваються у теплій воді, на лінії вихідної води встановлений кожухотрубний теплообмінник, що забезпечує підігрів оброблюваної води до (30...40) °С.

Регенераційне господарство являє собою сполучені сольові ями, де готується розчин кухонної солі потрібної концентрації. Приготований розчин сольовим насосом подається на натрій-катіонітні фільтри.

Для більш раціонального використання води на верхньому майданчику котельні встановлено бак збору води для подальшого використання її при розпушування фільтрів, при цьому вода надходить на фільтр самопливом, і тиск на фільтрі не перевищує 0,7 кгс/см². У зв'язку з цим, при розпушуванні натрій-

катіонітних фільтрів використовується стиснене повітря. Принципова схема хімоводопідготовки зображена на рисунку 1.3.

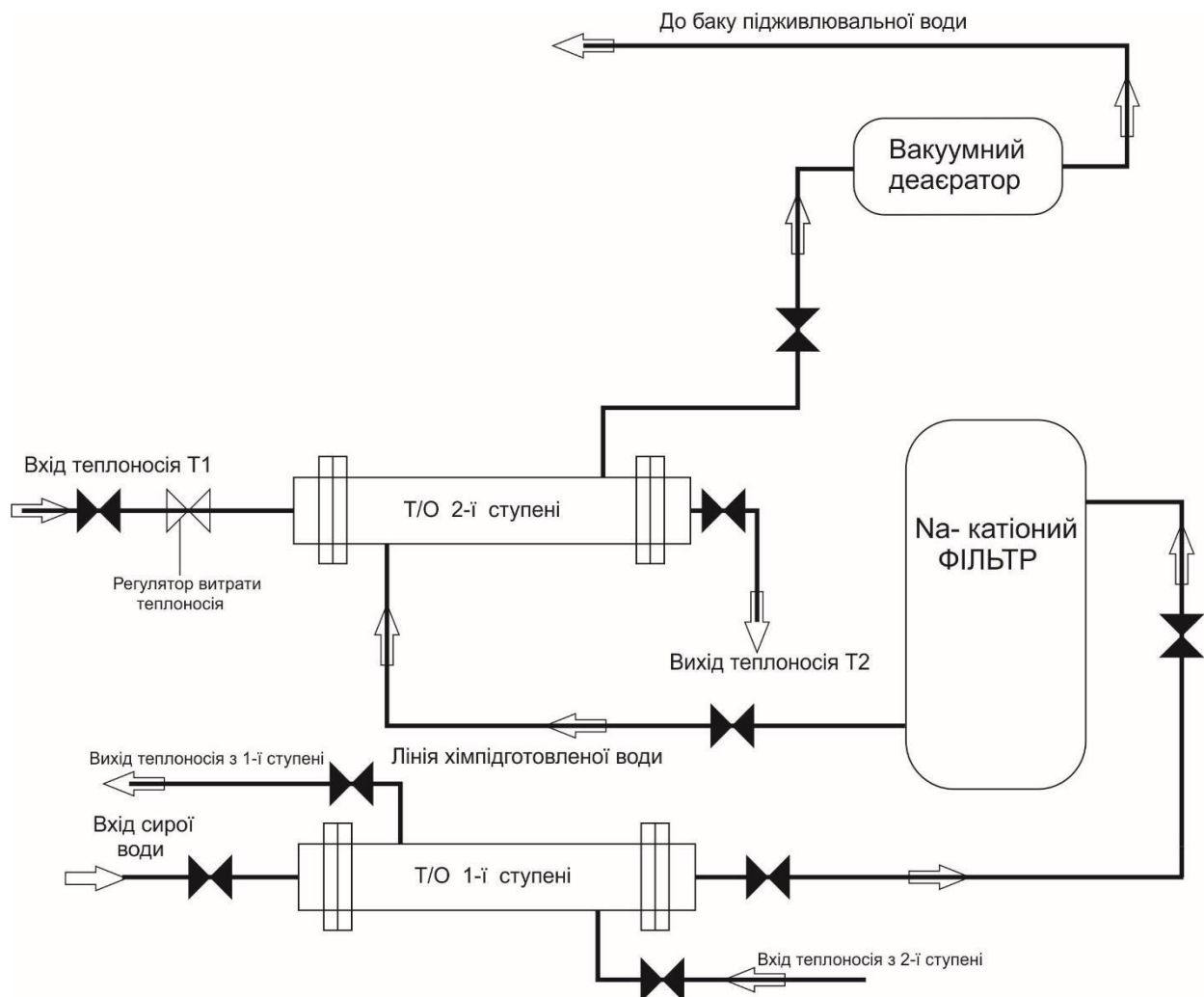


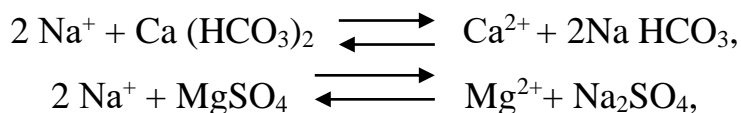
Рисунок 1.3 - Схема ділянки хімоводопідготовки

Процес обробки води полягає в послідовному проходженні води через Na- катіонітні фільтри, де відбувається пом'якшення води. Пом'якшення води катіонуванням здійснюється в процесі фільтрування її через шар катіоніту, здатного до об'ємного обміну на накипоутворюючі катіони кальцію і магнію. В результаті цього в профільтрованій зм'якшеній воді містяться лише натрієві солі, що володіють великою розчинністю і не утворюють відкладень на внутрішній поверхні теплообмінних апаратів і парогенераторів.

Основною характеристикою катіоніту є його динамічна обмінна місткість. Жорсткість початкової води обумовлюється наявністю іонів Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Sr^{2+} , Ba^{2+} та інших. Оскільки концентрація усіх іонів, окрім Ca^{2+} і Mg^{2+} , у воді вкрай незначна, то загальна жорсткість природних вод характеризується сумою іонів Ca^{2+} і Mg^{2+} , жорсткість виражається в мг-екв/дм³ або мкг-екв/дм³.

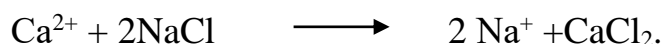
В процесі фільтрування початкової води через шар катіоніту, насиченого іонами Na^+ , відбувається обмін іонами: катіоніт віддає у воду іони натрію і насичується іонами кальцію і магнію, що знаходяться в початковій воді. При повному насиченні радикалів катіоніту іонами кальцію і магнію відбувається його виснаження і більше він не здатний зм'якшувати воду. Для відновлення працездатності катіоніту на натрій-катіонітових фільтрах використовують кухонну сіль NaCl . При пропуску розчину солі через шар катіоніту відбувається зворотний процес: катіоніт насичується іонами натрію, в достатку що знаходяться в регенераційному розчині, і віддає іони кальцію і магнію в розчин, що оточує його.

При натрій-катіонуванні протікають наступні реакції :



де Na , CaR , MgR - сольові форми катіоніта.

Регенерація протікає по наступній реакції:



Необхідно мати на увазі, що два іони натрію обмінюються тільки на один іон кальцію або магнію, що пов'язано з величиною валентності катіонів.

В процесі зм'якшування води спостерігається наступна картина: початкова жорсткість зм'якшеної води на першому етапі фільтроцикла

знижується до певної величини і фільтр тривалий час видає зм'якшену воду з постійно низькою жорсткістю, потім жорсткість фільтрату починає зростати і через деякий час порівнюється з жорсткістю оброблюваної води - катіоніт повністю виснажений.

На рисунку 1.4 представлений графік роботи фільтру.

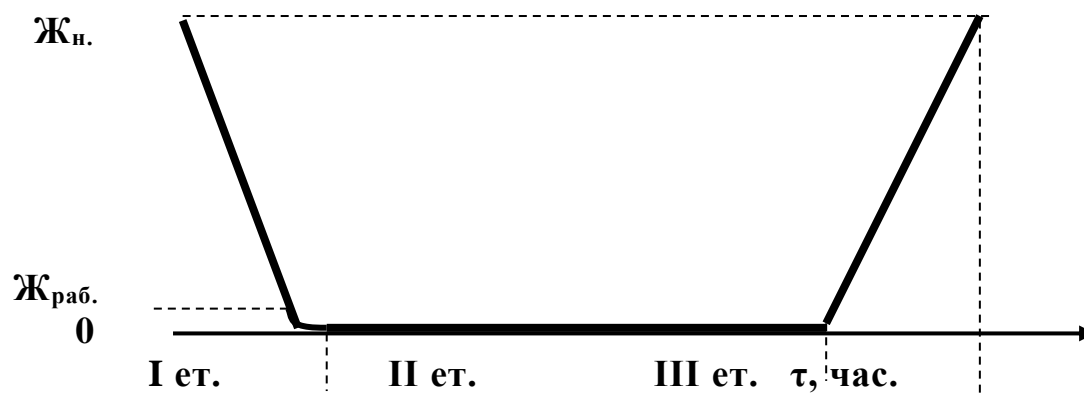


Рисунок 1.4 - Графік роботи фільтру

I етап: зниження початкової жорсткості (J_n) до робочої ($J_{раб.}$). В цей час відбувається довідмивання фільтру від солей жорсткості. Потім починається основний II етап (робочий), коли увесь шар катіоніту насичений іонами натрію. По мірі вступу іонів кальцію і магнію у фільтр і витіснення ними іонів натрію з катіоніту верхні шари катіоніту виснажуються і більше не беруть участі в зм'якшуванні води. Під час II етапу відбувається збільшення висоти виснаженого шару катіоніту і зменшення висоти робочого шару катіоніту. Настає момент, коли робоча висота шару катіоніту недостатня для уловлювання основної маси іонів кальцію і магнію, підвищується жорсткість фільтрату, настає III етап, що характеризується поступовим підвищенням загальної жорсткості обробленої фільтром води. Досягнувши гранично допустимої величини жорсткості фільтрату фільтр відключають на регенерацію.

Залежно від якості початкової води і вимог, що пред'являються до обробленої води, використовується одноступінчасте або багатоступінчасте зм'якшування. Іонообмінний процес (стадії зм'якшування води і регенерації) активніше протікає при підвищеній температурі. Верхня температурна межа обмежена властивостями катіоніту, та матеріалом, з якого виготовлена дренажна система, умовами обслуговування устаткування (небезпека термічного опіку при відборі проб води), а також необхідністю теплоізоляції устаткування і трубопроводів при температурі поверхні більше 40 °С. Нижня межа температури обумовлена нездатністю катіоніту, особливо синтетичного при температурі нижче 15 °С давати глибоке зм'якшування води навіть при багатоступінчастому зм'якшуванні, а також нераціональним використанням кухонної солі на регенерацію катіоніту. Оптимальною є температура робочого середовища (20...40) °С.

Велике значення при експлуатації натрій-катіонітних фільтрів має дотримання норм швидкості фільтрування води. Вона не повинна перевищувати 20 м/год., тобто продуктивність фільтру діаметром 2000 мм - не має бути вище 15 м³/год. При швидкості руху води менше 5 м/год., порушується гідродинаміка і різко знижується обмінна місткість катіоніту. У разі зупинок фільтру в процесі його роботи відбувається, так звана, само регенерація катіоніту. При тривалій зупинці руху води через шар катіоніту, що вже поглинув до цього моменту деяку кількість солей жорсткості, відбувається процес обміну іонів натрію, що знаходяться у складі початкової води на іони кальцію і магнію, що вже зайняли вільні радикали в зернах катіоніту. Тому при включенні фільтру в роботу після вимушеної зупинки перші порції фільтрату мають підвищену жорсткість. Крім того, фільтрат може мати жовте і навіть коричневе забарвлення, це продукти розкладання катіоніту. Чим довше пропрацював фільтр до чергової паузи в роботі, тим більше він поглинув солей жорсткості, тим вище жорсткість перших порцій фільтрату і тим довше його довідмивання.

Цикл роботи фільтра складається з операцій розпушування, регенерації,

контакту, відмивання, пом'якшення.

Ціль розпушування - усунути ущільнення маси катіоніта, для забезпечення більш вільного доступу регенераційних розчинів до зерен катіоніту. Розпушування виконується відмивочною водою, яка подається насосом розпушування з бака підсоленої води. У разі відсутності відмивочної води, розпушування робиться холодною водою.

При розпушуванні спочатку відкривається засувка на лінії підведення води, а потім засувку на лінії скидання води в каналізацію. Розпушування має вироблятися доти, поки вода, що відходить від фільтра вода, не стане прозорою. При розпушуванні не допускається повне спорожнення промивного бака, щоб уникнути засосу повітря в фільтр.

Регенерація катіоніта в фільтрі проводиться розчином солі, з баку - мірнику. Розчин солі (7...10) % концентрації подається сольовим насосом у фільтр, він проходить зверху вниз крізь шар катіоніту і виходить в каналізацію. За допомогою дренажної засувки на фільтрі встановлюємо швидкість подачі розчину (2...3) м³/год. У процесі регенерації необхідно стежити, щоб в фільтрі був весь час підпір рідини. Після пропуску розчину солі, закривається дренаж, фільтр ставиться на контакт.

Контакт катіоніта з розчином солі триває (20...30) хвилин. Він необхідний для додаткового обмінного процесу між катіонами натрію і солями жорсткості. При збільшенні часу контакту понад 15 хвилин ефект регенерації зростає незначно.

Після закінчення контакту проводиться відмивання катіоніту від регенераційних розчинів і продуктів регенерації. Для відмивання фільтра холодну воду пропускаємо крізь катіоніт зверху вниз (40...60) хвилин, відмивання в промивний бак. Відмивання в бак закінчується тоді, коли відмивочна вода стає прозорою і її загальна жорсткість не перевищує 200 мкг-екв/л, а концентрація хлоридів перевищує їх вміст у вихідній воді не більше ніж на 30 мг/л. Після проведення регенерації промивають каналізацію та беруть пробу стічних вод на відповідність санітарним нормам.

Апаратник ХВО цілодобово стежить за роботою обладнання, насосів робочої рідини, деаерацією та виконує аналізи води на якість (жорсткість, лужність, вміст хлоридів в стічних водах, вміст кисню у воді з деаераційної колонки, присутність вільної вуглекислоти).

Для проведення аналізів на котельні є лабораторія ХВО з необхідними реактивами для визначення якості і відповідності норм.

1.3.5 Зберігання й розчинення солі

На котельні прийняте «мокре» зберігання солі. Для цього існує 4 резервуари. До них підведена вода для розчинення солі. Для подачі сольового розчину на фільтри й у бак встановлені насоси.

1.3.6 Вакуумна деаераційна установка

Для видалення розчинених у воді кисню, діоксиду вуглеводню та інших газів в котельні встановлено 2 деаератора вакуумного типу ДВ-10 та ДВ-25.

Вакуумний деаератор (інакше термічний деаератор) працює під тиском нижче атмосферного, що становить $(-0,8)$ кгс/см². У вакуумному деаераторі (90...95) % кисню виділяються з води у вигляді бульбашок, інша частина - шляхом дифузії.

Для охолодження пароповітряної суміші колонка обладнана охолоджувачем випару.

1.3.7 Принцип роботи вакуумних деаераторів

Деаерація води - виробничий процес, що має метою видалення з води розчинених агресивних газів - кисню й вуглекислоти. Деаерація заснована на тім, що коефіцієнт розчинності газів у воді з підвищенням температури зменшується, а при досягненні температури кипіння для даного тиску дорівнює нулю. Газы, що виділилися в парове середовище, не повинні мати високу концентрацію, тому їх необхідно відводити. У протилежному випадку деаерація води погіршується.

Температура кипіння води залежить від тиску над її поверхнею. Чим менше тиск, тим нижче температура кипіння. Деаератори, що працюють під тиском нижче атмосферного, називаються вакуумними.

Сира вода з трубопроводу проходить через теплообмінник I-ї ступені, нагріваючись до температури (20...40) °С, йде на Na-катіонітні фільтри, звільняється від солей жорсткості (кальцію і магнію), далі через теплообмінник II-ї ступені нагрівається до температури 65 °С і подається в деаераційну колонку.

Хімічищена вода з II ступені теплообмінника, подається на деаераційну колонку струминного типу. Вода подається на пристрої деаераційної колонки, потім по кільцевому зазору потрапляє на верхню тарілку з отворами, звідки струменями стікає донизу на пропускну тарілку. Входячи в деаератор, вода втрачає тиск і скипає, внаслідок чого починається інтенсивне виділення розчинених газів. Деаерована вода з колонки надходить у підживлювальний бак.

Парогазова суміш, що утворилася, яка складається з кисню й вуглекислоти, надходить в охолоджувач випару, у якому зменшується об'єм парогазової суміші, внаслідок конденсації випару й охолоджується залишкова парогазова суміш. Конденсат стікає в колонку. Вакуум у колонці створюється водяним ежектором, що працює на воді з бака газовідділювача (бак робочої рідини). Вода, під тиском (3...4) кгс/см², що створює насос, подається в сопло ежектора. Пройшовши сопло, вода здобуває більшу швидкість і надходить у камеру змішання. У цю же камеру надходить охолоджена парогазова суміш. Вода захоплює із собою парогазову суміш і викидає її в бак газовідділювача.

Підживлювальна вода з бака підживлювальними насосами подається на підживлення тепломережі.

В таблиці 1.9 представлені норми якості мережної та підживлювальної води.

Таблиця 1.9 - Норми якості мережної, підживлювальної води

Показник	Одиниця виміру	Нормативне значення
Підживлювальна вода		
- жорсткість загальна	мкг-екв/дм ³	210-375
- рН		8, 2-8,4
- кисень	мкг/дм ³	30-50
- вуглекислота	мкг/дм ³	відсутня
Мережна вода		
- жорсткість загальна	мкг-екв/дм ³	210-375
- рН		8, 5-9,5
- кисень	мкг/дм ³	30-50
- вуглекислота	мг/дм ³	відсутня
- залізо	мкг/дм ³	0,4*
Fe - 0,4 мкг/дм ³ – при t = 150 ⁰ С ; Fe - 0,5 мкг/дм ³ – при t = 115 ⁰ С		
* аналіз проводиться в технологічній лабораторії ХВО		

1.3.8 Теплообмінники

У котельні застосовують кожухотрубні водопідігрівачі у наступних технологічних схемах:

- водопідготовка ПВ 273x2-1,0-РГ(П), підігрів води I-ї та II-ї ступені;
- охолоджувач робочої рідини ПВ 114x2-1,0-РГ(П).

Основні технічні характеристики яких зведені до таблиці 1.10.

Таблиця 1.10 - Характеристика водопідігрівачів

Умовне позначення	Розміри, мм		Поверхня нагріву, м ²	Кількість трубок, шт.	Тепловий потік, кВт	Маса секції, кг
	D _н	L _н				
ПВ 273x2-1,0	273	2000	10,28	109	236	261
ПВ 114x2-1,0	114	2000	1,79	19	39,9	57,4

У водопідігрівачах вода, яка призначена для підігріву, рухається по трубах трубної системи, а вода, що нагріває, рухається в міжтрубному просторі з дотриманням принципу протитечії. На рисунку 1.5 представлена конструкція кожухотрубного водопідігрівача.

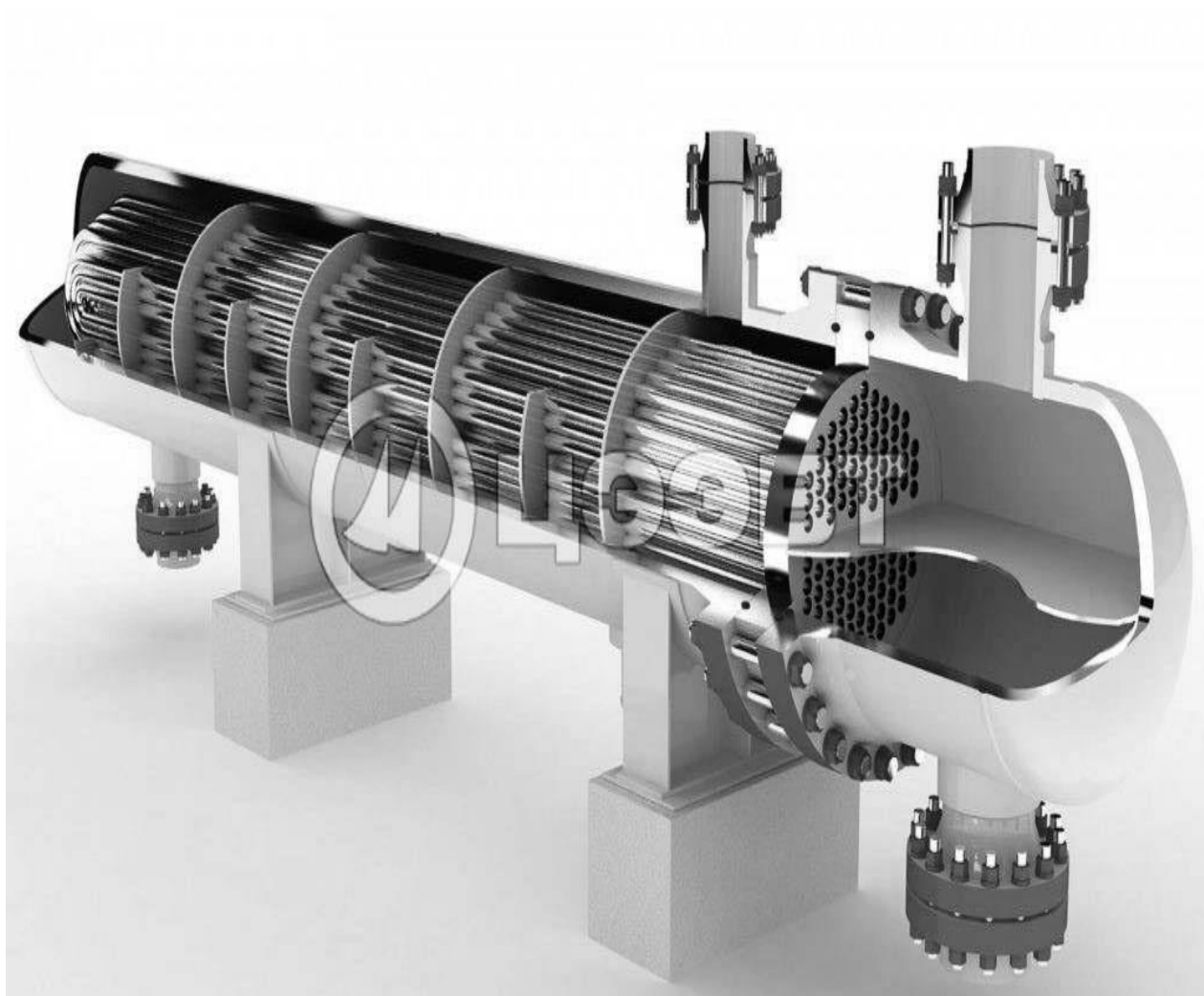


Рисунок 1.5 - Конструкція кожухотрубного водопідігрівача

1.4 Газопостачання котельні

Постачання котельні газом передбачено від міської газової мережі з тиском газу у котельні $P = 6 \text{ кг/см}^2$.

Зниження тиску газу відбувається в газорегуляторному пункті (установці) ГРУ середнього тиску.

ГРУ служить для зниження вхідного тиску і забезпечення перед газовими пальниками постійного тиску газу розрахункової величини, а також для очищення газу від механічних домішок і припинення подачі газу при підвищенні або зниженні тиску газу за регулятором понад допустимих меж.

Устаткування ГРУ складається з наступних елементів:

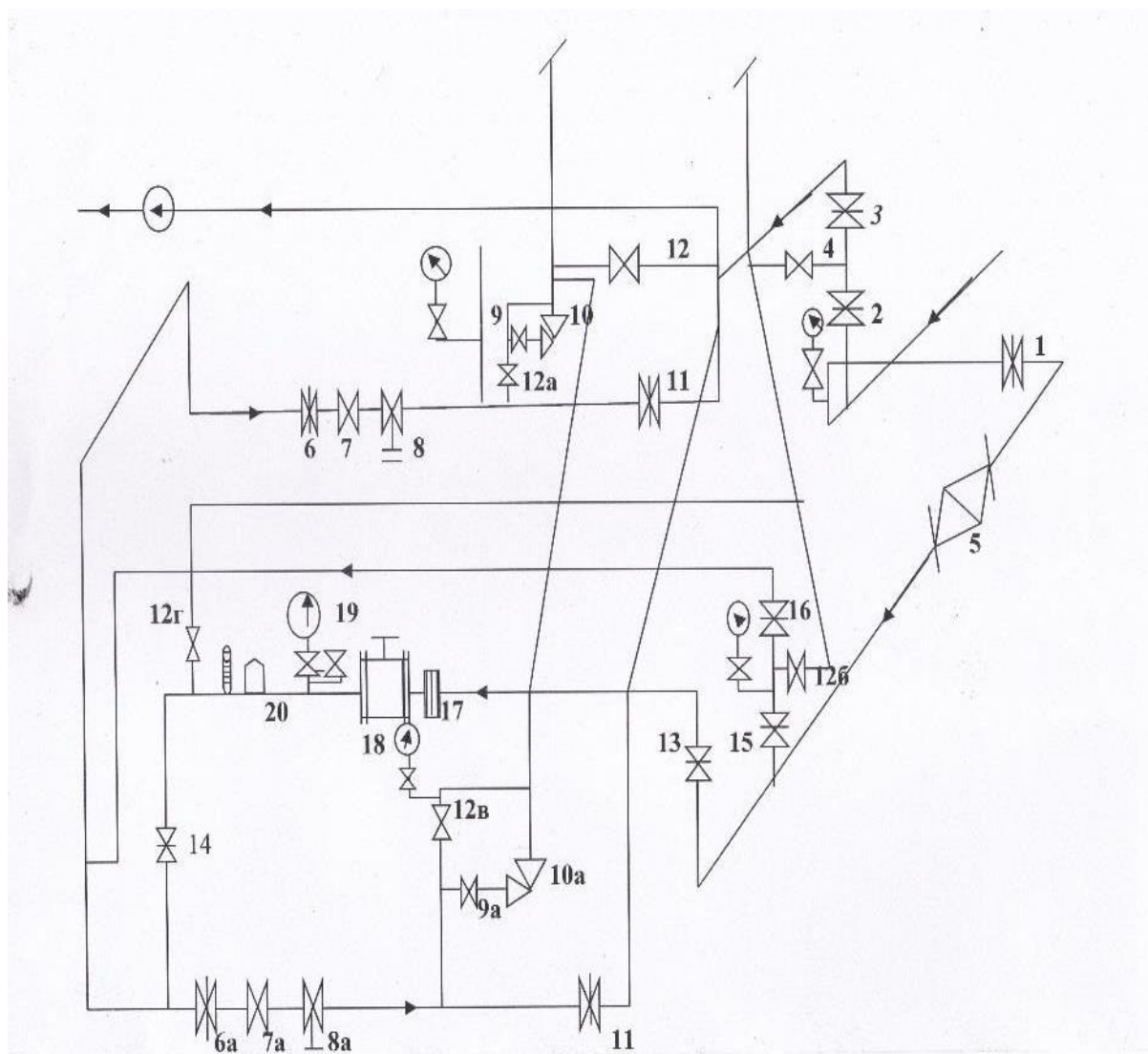
1. Фільтри - пристрої для очищення газу від механічних домішок.
2. Запобіжний запірний клапан, який при відхиленні тиску від заданого відсікає подачу газу (ПЗК).
3. Регулятор тиску - пристрій, що знижує тиск газу і підтримує його на заданому рівні (РДУК).
4. Запірна арматура.
5. Прилади контрольно-вимірювальні.
6. Імпульсні трубопроводи, по яких подаються імпульси тиску газу регулятору, ПЗК та КВП.
7. Скидний запобіжний клапан, для скидання надлишків газу (ПСК).
8. Обвідна лінія (байпас), який замінює тимчасово робочу лінію у випадку її несправності.
9. Скидні трубопроводи.

У ГРУ передбачені дві окремі нитки з регуляторами.

Параметри налаштування обладнання ГРУ:

- РДУК – $0,6 \text{ кг/см}^2$;
- ПСК – $0,65 \text{ кг/см}^2$;
- ПЗК – $0,8 \text{ кг/см}^2$.

На рисунку 1.6 зображена принципова схема ГРУ котельні.



1 - засувка на вході в ГРУ, 2 - перша засувка байпасу, 3 - друга засувка байпасу, 4 - засувка свічі на байпасі, 5 - газовий фільтр, 6,6а - вхідна засувка на гілці, 7,7а - ПЗК, 8,8а - регулятор РДУК, 9,9а - вентиль на скідний клапан, 10,10а - скідний клапан ПЗК, 11,11а - вихідна засувка на гілці, 12,12а,12б,12в,12г - вентиль свічі, 13 - вхідна засувка на лінії, 14- вихідна засувка на лінії, 15- перша засувка байпасу, 16 - друга засувка байпасу, 17 - турбулізатор, 18 - ПП Ірвіс К-300, 19 - вентиль до перетворювача тиску КПЛГ - 1,02 РВ, 20 - ТСП в складі з КПЛГ - 1,02 РВ

Рисунок 1.6 - Принципова схема ГРУ котельні

1.5 Аналіз енергоспоживань

Енергетичний менеджмент — це комплекс безперервних процесів та інструментів, «вживлених» у бізнес-процеси будь-якої організації, який спонукає її до постійного пошуку шляхів до покращення своєї енергетичної ефективності. Ці процеси та інструменти охоплюють не тільки процедури, обладнання й тех- нології, але й людей, тому що будь-яка система, навіть повністю автоматизована, залежить від людей, які її створили, підтримують та удосконалюють.

Реалізація якісного та ефективного управління споживанням енергії най- краще здійснюється за допомогою системи енергетичного менеджменту (СЕНМ), що відповідає вимогам міжнародного стандарту ISO 50001:2018. Цей стандарт гармонізовано в Україні у вигляді стандарту ДСТУ ISO 50001:20204. Розробка і впровадження СЕНМ охоплює розробку енергетичної політики, цілей, енергетичних завдань і планів дій, що стосуються енергетичної ефективності організації, використання і споживання енергії. Система енергетичного менеджменту дає компанії можливість встановити та досягти цілей і вирішити енергетичні завдання, здійснити дії, необхідні для поліпшення енергетичної результативності.

При обстеженні встановлено, що котельня по вул Дніпровське шосе,11 споживає :

- електроенергію;
- природний газ;
- холодну воду;

Для аналізу енергоспоживання котельні зібрані покази електричних лічильників, газових лічильників, водяних лічильників, а також данні о тарифах енергоносіїв за 12 місяців 2021 року.

В таблиці 1.11 зібрані фактичні данні споживання газу, електроенергії, холодної води за 12 місяців 2021 року. А також відомі тарифи на енергоносії , тому не складно розрахувати витрати на них, таблиця 1.12.

Таблиця 1.11 - Фактичні показники за 2022 рік

Показники	Од. виміру	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень	За рік
Вироблення тепла	Гкал	10752,546	8359,218	7510,838	1781,418	876,359	267,761	585,506	656,581	717,399	1294,646	7168,787	8375,215	48346,274
Витрата тепла на ВП	Гкал	236,556	183,903	165,238	39,191	19,280	5,891	12,881	14,445	15,783	28,482	157,713	184,255	1063,618
Відпуск з колекторів	Гкал	10515,99	8175,315	7345,600	1742,227	857,079	261,870	572,625	642,136	701,616	1266,164	7011,074	8190,960	47282,656
Втрати тепла Всього	Гкал	977,607	123,685	117,480	76,312	56,110	23,670	46,382	54,003	58,970	107,699	145,122	134,284	1921,324
через ізоляцію	Гкал	874,115	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	874,115
з виотоком в мережу опалення	Гкал	55,084	79,882	70,532	35,825	20,033	12,513	21,980	29,280	31,026	79,217	111,596	94,079	641,047
з виотоком в мережу ГВП	Гкал	48,408	43,803	46,948	40,487	36,077	11,157	24,402	24,723	27,944	28,482	33,526	40,205	406,162
Корисний відпуск Всього	Гкал	9510,393	8029,014	7204,846	1655,389	793,261	235,826	520,689	581,640	639,925	1155,644	6847,306	8039,060	45212,993
Корисний відпуск опалення	Гкал	9066,764	7144,615	5055,956	1325,324	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	6176,188	7516,874	36285,721
Корисний відпуск ГВП	Гкал	443,629	884,399	2148,890	330,065	793,261	235,826	520,689	581,640	639,925	1155,644	671,118	522,186	8927,272
Витрата палива	тис.м3	1381,311	1068,939	987,099	240,987	116,482	35,374	76,556	86,296	95,760	173,763	927,184	1069,754	6259,505
Витрата електроенергії Всього	тис.кВт*год	239,147	218,878	244,687	71,976	35,804	18,960	38,072	38,165	40,501	58,791	231,580	225,198	1461,759
Витрата реактивної електроенергії	тис.кВт*год	19,041	13,271	22,652	13,661	8,262	16,085	7,324	8,586	1,349	0,295	26,717	25,031	162,274
Витрата хол.води Всього	тис.м3	10,675	14,162	11,484	10,321	10,324	3,893	7,635	8,091	9,905	10,391	12,872	11,302	121,055
Витрата на ГВП	тис.м3	6,536	10,454	8,391	8,216	8,419	2,856	5,703	5,800	7,698	6,568	7,990	7,483	86,114
Витрата на ВП	тис.м3	4,139	3,708	3,093	2,105	1,905	1,037	1,932	2,291	2,207	3,823	4,882	3,819	34,941
Приведене теплове навантаження Всього	Гкал/год	23,929	22,933	3,608	35,263	0,610	0,752	0,445	0,434	0,591	0,502	18,022	23,872	12,490
Приведене теплове навантаження опалення.	Гкал/год	23,390	21,783	2,802	34,604	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	17,229	23,222	11,198
Приведене теплове навантаження на ГВП	Гкал/год	0,539	1,150	0,806	0,659	0,610	0,752	0,445	0,434	0,591	0,502	0,793	0,650	1,293

Таблиця 1.12 - Енергоспоживання та тарифи за 2022 рік

Показники	Од.вим.	січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень	рік
Електропостачання	тис.кВт-год	239,147	218,878	244,687	71,976	35,804	18,960	38,072	38,165	40,501	58,791	231,580	225,198	1461,759
Електропостачання	ГДж	0,86	0,79	0,88	0,26	0,13	0,07	0,07	0,14	0,15	0,21	0,83	0,81	5,26
Тариф	грн/кВт-год	4,2129	4,2129	4,2129	4,2129	4,2129	4,2129	4,2129	4,2129	4,2129	4,2129	4,2129	4,2129	4,2129
Загальна вартість	грн	1007502	922111	1030842	303228	150839	79877	160394	160785	170626,7	247680,6	975623,4	948737	6158244
Газ	тис.м ³	1381,311	1068,939	987,099	240,987	116,482	35,374	76,556	86,296	95,760	173,763	927,184	1069,754	6259,505
Газ	ГДж	49124,9	38015,7	35105,2	8570,5	4142,6	1257,1	2722,6	3069,0	3405,6	6179,7	32974,4	38044,7	222613,0
Тариф	грн/тис.м ³	7899	7899	7899	7899	7899	7899	7899	7899	7899	7899	7899	7899	
Загальна вартість	грн	10910976	8443549	7797095	1903556	920091	279419	604716	681652	756408,2	1372554	7323826	8449987	49443830
Вода	тис. м ³	10,675	14,162	11,484	10,321	10,324	3,893	7,635	8,091	9,905	10,391	12,872	11,302	121,055
Тариф	грн/тис.м ³	29791	29791	29791	29791	29791	29791	29791	29791	29791	29791	29791	29791	
Загальна вартість	грн	391513,3	380401	379418,2	337770	320879	210354	146870	173413	190483,7	300650,8	323053,6	322696	3477503

На котельні енергоносіями є електроенергія і газ, які використовуються на виробничі потреби, приготування гарячої води, освітлення.

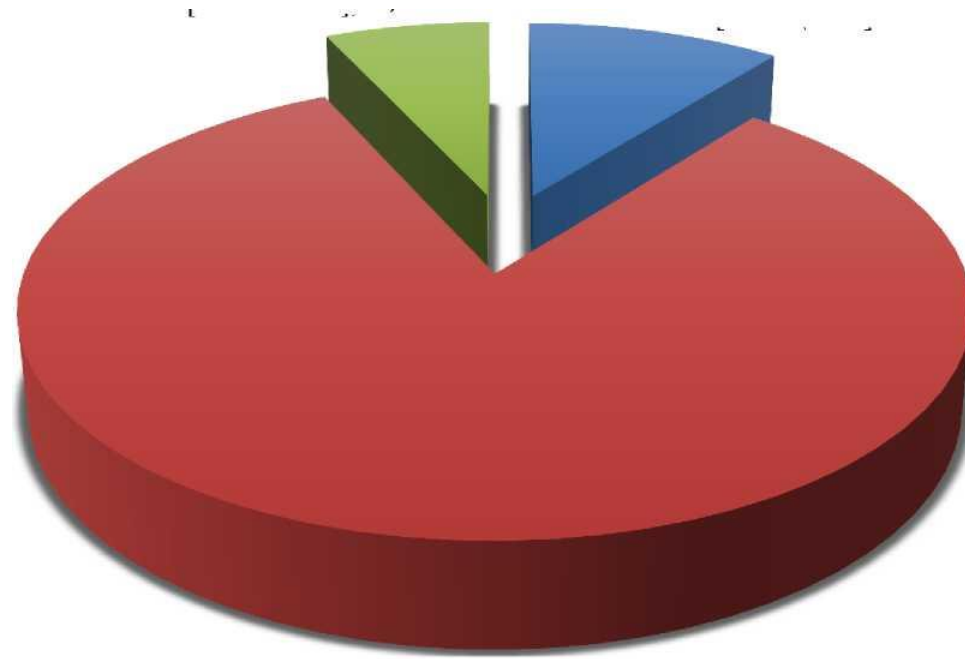
Для аналізу енергоспоживання, за даними таблиці 1.11 побудовані діаграма і графіки, а також представлені рисунки 1.7-1.9. З розгляду на рис. 1.7 видно, що найбільші витрати припадають на газ 84%, на електроенергію 10%, вода 6%. На рисунку 1.8 графічно показано споживання газу в 2022 році. На графіку видно, коли закінчується і починається опалювальний сезон. На рисунку 1.9 зображено споживання електроенергії в 2022 році.

У таблиці 1.13 перераховано обладнання, яке споживає електроенергію. Зазначено час його роботи, більша частина обладнання працює 24 години на добу, і вимикається лише на ремонтні роботи, тому можна поррахувати, знаючи номінальну потужність обладнання яке споживав електроенергію, це допоможе визначити ефективність систем регулювання, так як розрахунок зроблений для 100% навантаження, хоча на практиці обладнання не працює на повну потужність.

Також є дані про роботу котлів, так як димосос і вентилятор є невід'ємною його частиною, час роботи цього обладнання відповідає часу роботи самого котла. Так, в ході виконання енергетичного аудиту котельні було виявлено, що на димососі котла ТВГМ-30 № 2 встановлено двигун з явно завищеною потужністю 100 кВт. Тому варто приділити цьому увагу, так як це нераціональне використання електроенергії, і є значним потенціалом для енергозбереження, приводом для проведення заходу послужив той факт, що на подібних котлах марки ТВГМ-30 стоять димососи з двигунами менш потужними: 75 кВт.

Вода
3477503грн; 6%

Електропостачання
6158244грн; 10%



Газ
49443830грн; 84%

Рисунок 1.7 - Структура енергоспоживання в 2022 році у вартісному вираженні, грн

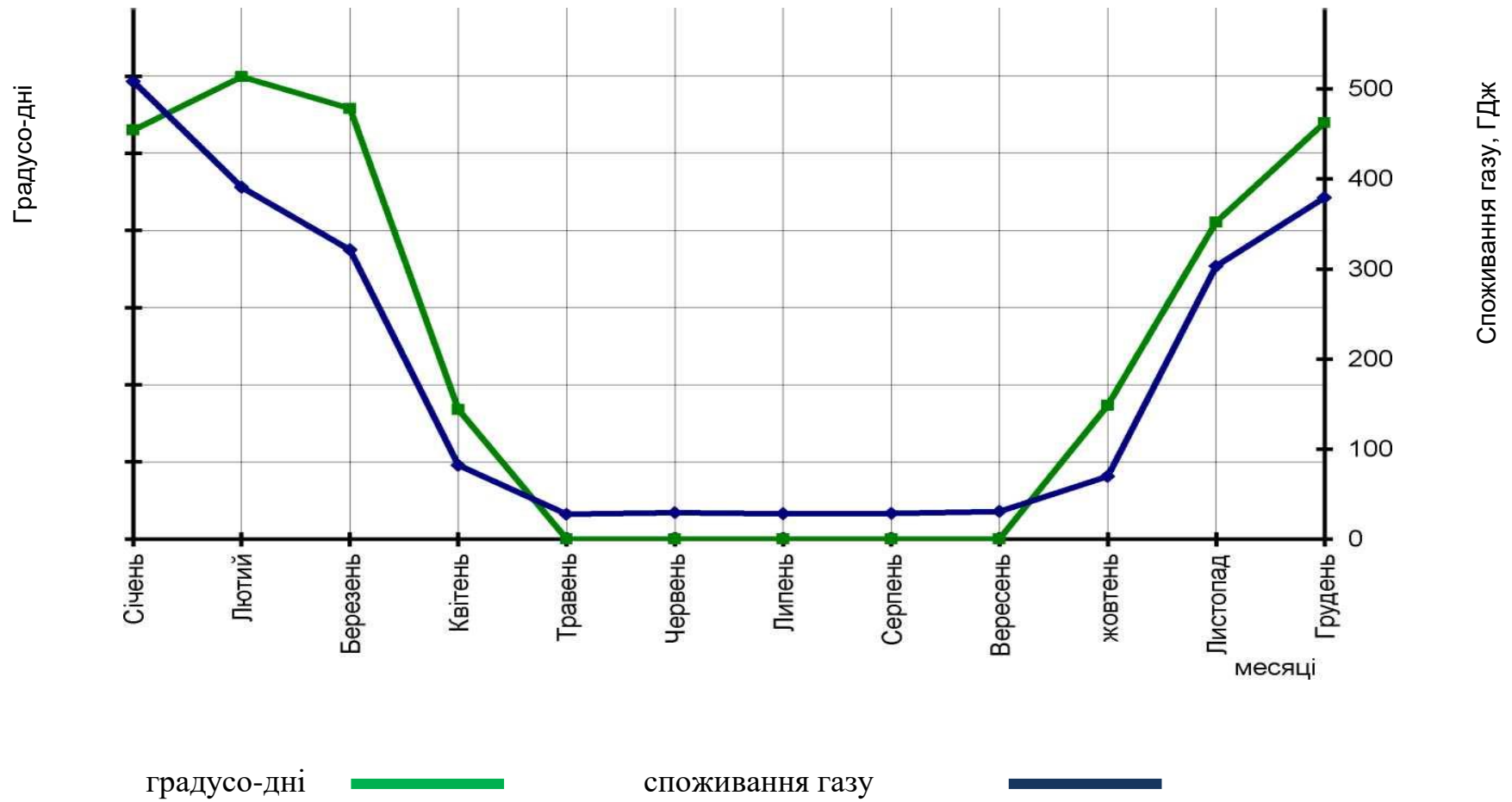


Рисунок 1.8 - Таблиця порівняння місячного споживання газу з величиною градусо-днів

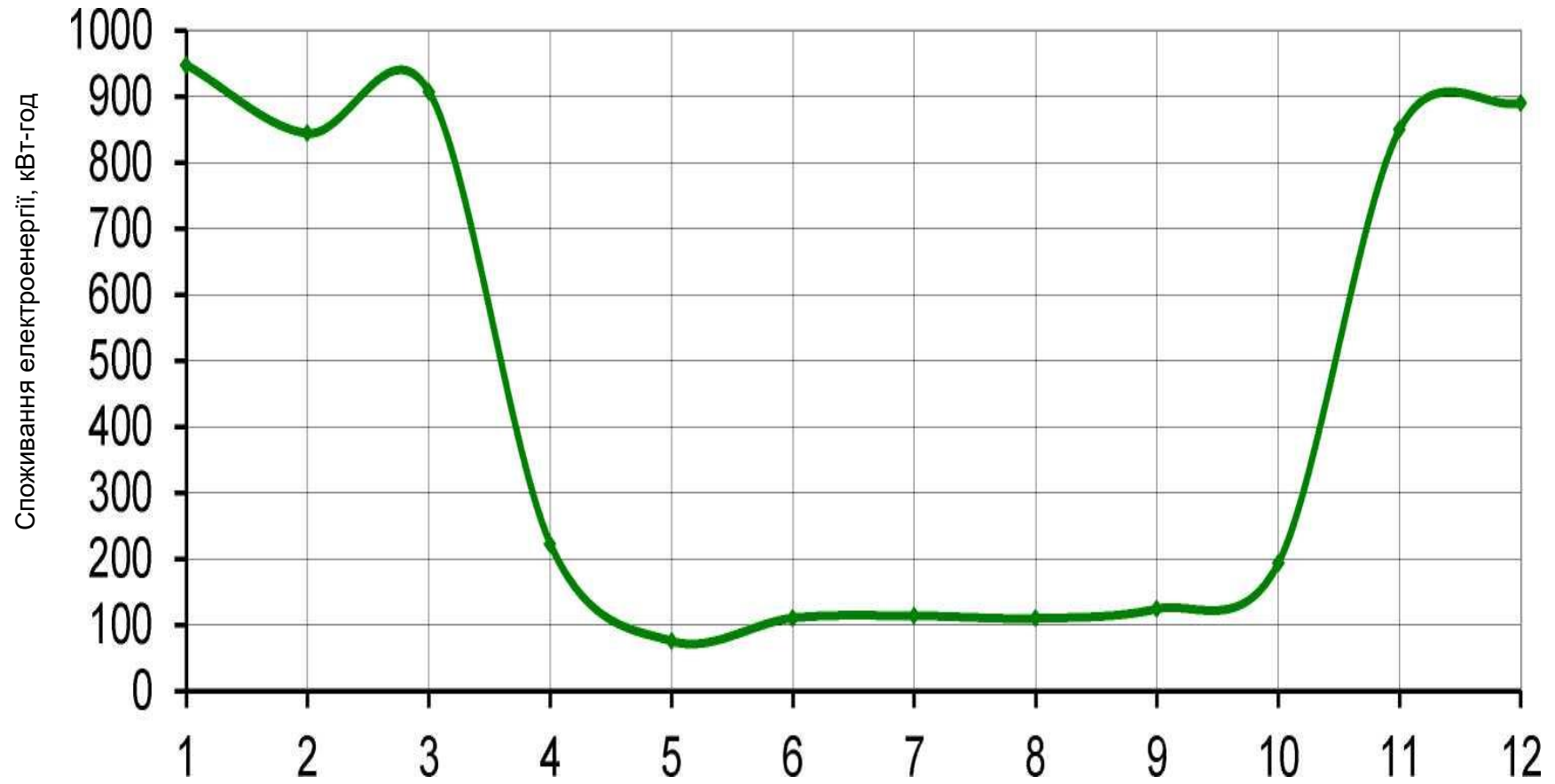


Рисунок 1.9 - Споживання електроенергії в 2022 році, кВт-год

Таблиця 1.13 - Енергоспоживання обладнання котельні

Обладнання на котельні	N, кВт	Продукти вність,	Години роботи, год											
			Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень
Стара котельня														
Мережевий насос №1	160	530	744	672	744	430	-	-	-	-	-	-	700	744
Мережевий насос №2	90	320	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	95
Мережевий насос №3	125	500	744	672	744	430	-	-	-	-	-	-	700	744
Мережевий насос №4	90	320	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Мережевий насос №5	90	320	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Рециркуляційний насос №1	40	250	375	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Рециркуляційний насос №2	40	250	369	672	744	-	-	-	-	-	-	-	715	744
Підживлювальний насос №1	15	400	744	672	744	430	-	-	-	-	-	-	720	744
Підживлювальний насос №2	15	400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Підживлювальний насос №3	5,5	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	14
Насос робочої рідини №1	45	250	744	-	744	-	-	-	-	-	-	-	700	-
Насос робочої рідини №2	45	250	-	672	-	430	-	-	-	-	-	-	-	744
Насос повторної деаерації	45	250	744	672	744	430	-	-	-	-	-	-	700	744
Нова котельня														
Мережевий насос №1а	37	100	-	-	-	300	-	-	-	-	-	-	-	-
Мережевий насос №2а	37	100	-	-	-	-	711	333	625	-	-	-	-	-
Мережевий насос №3а	37	100	-	-	-	314	-	340	120	744	740	740	-	-
Підживлювальний насос №1	15	400	-	-	-	314	744	720	160	-	550	740	-	-
Підживлювальний насос №2	15	400	-	-	-	-	-	-	16	-	-	-	-	-
Підживлювальний насос №3	5,5	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Підживлювальний насос №1а	8	100	-	-	-	314	744	720	120	174	-	-	-	-
Підживлювальний насос №2а	8	100	-	-	-	-	-	-	192	174	-	-	-	-
Підживлювальний насос №3а	8	100	-	-	-	-	-	-	-	-	550	174	-	-
Насос повторної деаерації	45	250	-	-	-	314	710	320	744	744	714	741	-	-
Насос холодної води №1	37	200	-	-	-	-	-	-	-	---	-	-	-	-
Насос холодної води №2	37	200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Насос робочої рідини №1	45	250	-	-	-	-	744	-	744	-	744	-	-	-
Насос робочої рідини №2	45	250	-	-	-	314	-	720	-	720	-	744	-	-

Висновок до розділу 1

Так як на котельні витрата теплоносія регулюється вручну, шляхом закриття запірної арматури на виході насоса, електродвигун насоса працює на всю свою потужність, встановлення частотного перетворювача дозволить знизити витрату електроенергії і підвищить точність і швидкість регулювання витрати теплоносія виключаючи людський фактор. Димотяга і вентилятори котлів так само працюють без частотних перетворювачів що веде до надмірного споживання електроенергії, якщо обладнати їх перетворювачами частоти, то це ще один шлях до економії.

Другим напрямком можна відзначити зниження витрат на заробітну плату оперативного персоналу, шляхом зниження його чисельності. Це можна досягти впровадженням автоматизації деяких технологічних процесів, а саме: автоматичне розпалення котла ТВГМ-30, автоматичне регулювання співвідношення "газ-повітря".

Котел ТВГМ-30 №2 працює набагато більше за ТВГМ-30 №3, а з огляду на той факт що саме на ньому використовується димосос з двигуном 100 кВт, потрібно задуматися про раціональність використання саме цього двигуна, його цілком можна замінити на менш потужний і цим самим економити електроенергію.

При огляді наявності і стану ізоляції було виявлено, що всі труби ізольовані і ізоляція в задовільному стані. Огляд освітлювальних приладів виявив, що в котельні встановлено люмінесцентні лампи і лише в операторській стоять звичайні лампи в кількості 14 шт. потужністю 75 Вт, в самій котельні стоять лампи ДРЛ.

І як наслідок аналізу намітилося кілька заходів, які можуть принести економію:

- заміна двигуна на димососі котла ТВГМ-30 №2, на менш потужний;
- установка частотного перетворювача на двигун насоса;
- установка автоматичного блока керування котлами.

Розрахунок покаже ефективність заходу і строк окупності, якщо вигоди виявляться прийнятними, то дані заходи цілком можна реалізувати на практиці.

2 РОЗРАХУНОК ЗАХОДІВ ПО ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЮ

2.1 Захід по заміні двигуна на димососі котла ТВГМ-30 №2

2.1.1 Розрахунок необхідного об'єма повітря для спалювання палива та кількість відхідних газів

Характеристика якості палива

Паливо - природний газ.

Елементарний склад частини робочого палива, що згорає, %

- метан $CH_4=94,2$;
- етан $C_2H_6=2,6$;
- пропан $C_3H_8=0,5$;
- бутан $C_4H_{10}=0,1$;
- азот $N_2=2$;
- вуглекислота $CO_2=0,3$;
- пентан $C_5H_{12}=0,048$.

Вологовміст газу, $г/м^3$

$$d_2 = 10. \quad (2.1)$$

Склад пилу в газі, $г/м^3$

$$a_2 = 0. \quad (2.2)$$

Нижча теплота згоряння сухого газу,

$$Q_H^c = 33,887. \quad (2.3)$$

Об'єм повітря і продуктів згоряння палива

Теоретичний об'єм повітря, необхідного для спалювання $1 м^3$ палива,
 $м^3/м^3$

$$V_B^0 = 0,0476 \cdot (0,5 \cdot CO + 0,5 \cdot H_2 + 1,2 H_2S + \sum \cdot (m + n/4) \cdot C_m H_n - O_2) =$$

$$=0,0476 \cdot ((1+4/4) \cdot 92,8 + (2+6/4) \cdot 3,9 + (3+8/4) \cdot 1,0 + (4+10/4) \cdot 0,4 + (5+12/4) \cdot 0,3) = 9,96. \quad (2.4)$$

Об'єм продуктів згоряння, що утворюються при горінні палива теоретичним об'ємом повітря, м

а) трьохатомні гази

$$V_{RO_2} = 0,01 \cdot (CO_2 + CO + H_2S + \sum m \cdot C_m H_n) = 0,01 \cdot (0,1 + \sum (1 \cdot 94,2) + (2 \cdot 2,6) + (3 \cdot 0,5) + (4 \cdot 0,1) + (5 \cdot 0,048)) = 1,018; \quad (2.5)$$

б) двохатомні гази

$$V_{N_2}^0 = 0,79 \cdot V_n^0 + N_2/100 = 0,79 \cdot 9,455 + 2/100 = 7,489; \quad (2.6)$$

в) водяний пар

$$V_{H_2O}^0 = 0,01 \cdot (H_2S + H_2 + \sum n/2 \cdot C_m H_n + 0,124 \cdot d_{г.тл.}) + 0,0161 \cdot V_B^0 = 0,01 \cdot ((4/2) \cdot 94,2 + (6/2) \cdot 2,6 + (8/2) \cdot 0,5 + (10/2) \cdot 0,1 + (12/2) \cdot 0,148 + 0,124 \cdot 10) + 0,0161 \cdot 9,455 = 2,154. \quad (2.7)$$

Дійсний об'єм водяної пари V_{H_2O} м³/м³, визначено по формулі,

$$V_{H_2O} = V_{H_2O}^0 + 0,0161 \cdot (a - 1) \cdot V_B^0 = 2,154 + 0,0161 \cdot (1,22 - 1) \cdot 9,455 = 2,187, \quad (2.8)$$

де, a - коефіцієнт надлишку повітря, приймаємо 1,22.

Об'єм двохатомних газів, $\frac{m^3}{m^3}$

$$V_{R2} = V_{N_2}^0 + (a - 1) V_e^0 = 7,489 + (1,22 - 1) \cdot 9,455 = 9,569. \quad (2.9)$$

Об'єм продуктів спалювання, які утворилися при спалюванні палива з залишком повітря воздуха, $\frac{m^3}{m^3}$

$$V_2 = VR_{O_2} + VR_2 + V_{H_2O} = 1,018 + 9,569 + 2,187 = 12,774. \quad (2.10)$$

Об'ємна частка водяної пари з відхідними газами

$$r_{H_2O} = \frac{V_{H_2O}}{V_T} = \frac{2,187}{12,774} = 0,171. \quad (2.11)$$

2.1.2 Розрахунок опору газового тракту

Поворот на 90 від виходу з камери згоряння до економайзера.

Коефіцієнт опору повороту

$$\xi = K\Delta\zeta_0 \cdot B \cdot C = 1,05 \cdot 1 \cdot 1 = 1,05, \quad (2.12)$$

де, $K\Delta\zeta_0 = 1,05$ - коефіцієнт враховує вплив шорсткості стінок і коефіцієнт опору повороту;

$B = 1$ - коефіцієнт визначається в залежності від кута повороту;

$C = 1$ - коефіцієнт, який визначається для відводу і колін при квадратному поперечному перерізі.

Швидкість димових газів, m/c

$$\omega = \frac{B_p \cdot V_g \cdot (273 + t)}{273 \cdot F}, \quad (2.13)$$

де, B_p - витрата палива, m^3/c ;

F - площа живого перерізу, m^2 .

Швидкість перед поворотом, m/c

$$\omega = \frac{0,313 \cdot 12,868 \cdot (273 + 300)}{273 + 2,156} = 3,92. \quad (2.14)$$

Швидкість після повороту, m/c

$$\omega_2 = \frac{0,313 \cdot 12,868 \cdot (273+300)}{273+1,678} = 5,037. \quad (2.15)$$

Середня швидкість, *м/с*

$$\omega_{\text{ср}} = \frac{\omega_1 + \omega_2}{2} = \frac{3,92 + 5,037}{2} = 4,47. \quad (2.16)$$

Щільність поточного середовища (димових газів), *кг/м³*

$$p = 1,255. \quad (2.17)$$

Місцевий опір, *Па*

$$\Delta h = \xi \cdot \frac{\omega^2 \cdot \rho}{2} = 1,05 \cdot \frac{4,47^2 \cdot 1,255}{2} = 13,164. \quad (2.18)$$

Розрахунок опору водяного економайзера.

Економайзер має вигляд, попередньо омиваного, шахового пучка.

Діаметр труб, *м*

$$d = 0,028. \quad (2.19)$$

Число труб по глибині пучка, шт

$$z_2 = 8. \quad (2.20)$$

Крок труб по ширині, *м*

$$S_1 = 0,056. \quad (2.21)$$

Крок труб по глибині, *м*

$$S_2 = 0,028. \quad (2.22)$$

Діагональний крок труб, м

$$S_2 = \sqrt{\frac{1}{4} \cdot S_1^2 + S_2^2} = \sqrt{\frac{1}{4} 0,056^2 + 0,028^2} = 0,04. \quad (2.23)$$

Знаходимо співвідношення

$$\sigma_1 = \frac{S_1}{d} = \frac{0,056}{0,028} = 2, \quad (2.24)$$

$$\sigma_1 = \frac{S_2}{d} = \frac{0,028}{0,028} = 1, \quad (2.25)$$

$$\sigma_1 = \frac{S_1 - d}{S_2 - d} = \frac{0,056 - 0,028}{0,04 - 0,028} = 2,33. \quad (2.26)$$

Розрахункова площа живого перерізу газоходу для поперечно омиваних пучків гладких труб, м²

$$F = a \cdot b - z_l \cdot d \cdot l = 3,08 \cdot 0,545 - 8 \cdot 0,028 \cdot 2,9 = 1,029. \quad (2.27)$$

Швидкість димових газів, м/с

$$\omega = \frac{V_p \cdot V_{\Gamma} \cdot (273 + t)}{273 \cdot F} = \frac{0,313 \cdot 12,868 \cdot (273 + 300)}{273 \cdot 1,029} = 8,21. \quad (2.28)$$

Опір при $1,44 \leq \sigma_1 \leq 3,0$ і $1,7 \leq \varphi \leq 6,5$, Па

$$\Delta h = C_s \cdot C_d \cdot \Delta h (z_2 + 1) = 1,65 \cdot 1,06 \cdot 6,867 \cdot (8 + 1) = 108,093, \quad (2.29)$$

де, C_s , C_d та Δh знаходимо за графіком.

Розрахунок опору водяного економайзера (1й ступені)

Економайзер представлений у вигляді, поперечно омиваного шахового пучка.

Діаметр труб, м

$$d = 0,028. \quad (2.30)$$

Число труб по глибині пучка, шт

$$z_2 = 8. \quad (2.31)$$

Крок труб по ширині, м

$$S_1 = 0,056. \quad (2.32)$$

Крок труб по глибині, м

$$S_2 = 0,028. \quad (2.33)$$

Діагональний крок труб, м

$$S_2 = \sqrt{\frac{1}{4}S_1^2 + S_2^2} = \sqrt{\frac{1}{4}0,056^2 + 0,028^2} = 0,04. \quad (2.34)$$

Знаходимо співвідношення

$$\sigma_1 = \frac{S_1}{d} = \frac{0,056}{0,028} = 2, \quad (2.35)$$

$$\sigma_1 = \frac{S_2}{d} = \frac{0,028}{0,028} = 1, \quad (2.36)$$

$$\sigma_1 = \frac{S_1 - d}{S_2 - d} = \frac{0,056 - 0,028}{0,04 - 0,028} = 2,33. \quad (2.37)$$

Розрахункова площа живого перерізу газоходу для поперечно омиваних пучків гладких труб, м²

$$F = a \cdot b - z_1 \cdot d \cdot l = 3,08 \cdot 0,545 - 8 \cdot 0,028 \cdot 2,9 = 1,029. \quad (2.38)$$

Швидкість димових газів, м/с

$$\omega = \frac{B_p \cdot V_2 \cdot (273 + t)}{273 \cdot F} = \frac{0,313 \cdot 12,868 \cdot (273 + 250)}{273 \cdot 1,029} = 7,5. \quad (2.39)$$

Опір при $1,44 \leq \sigma_1 \leq 3,0$ і $1,7 \leq \varphi \leq 6,5$, Па

$$\Delta h = C_s \cdot C_d \cdot \Delta h (z_2 + 1) = 1,65 \cdot 1,06 \cdot 5,886 \cdot (8 + 1) = 92,65, \quad (2.40)$$

де, C_s , C_d та Δh знаходимо за графіком.

Розрахунок опору в нижній частини конвективної шахти, в місці звуження

Площа живого перетину перед звуженням, м²

$$F_1 = 3,08 \cdot 0,545 = 1,678. \quad (2.41)$$

Площа живого перетину після звуження, м²

$$F_2 = 0,8 \cdot 0,545 = 0,436. \quad (2.42)$$

Співвідношення площ, м

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{0,436}{1,678} = 0,259. \quad (2.43)$$

Швидкість димових газів перед звуженням, м/с

$$\omega_1 = \frac{0,313 \cdot 12,868 \cdot (273 + 200)}{273 + 1,678} = 4,15. \quad (2.44)$$

Швидкість димових газів після звуження, м/с

$$\omega_1 = \frac{0,313 \cdot 12,868 \cdot (273 + 200)}{273 + 0,4336} = 16,01. \quad (2.45)$$

Коефіцієнт опору при зміні перетину, Па

$$\begin{aligned} \xi_{\text{вх}} &= 0,37, \\ \xi_{\text{вих}} &= 0,64. \end{aligned} \quad (2.46)$$

Опір при звуженні, Па

$$\Delta h_1 = \xi_{\text{ВХ}} \cdot \frac{\omega_1^2 \cdot \rho}{2} = 0,37 \cdot \frac{4,15^2 \cdot 1,255}{2} = 3,99. \quad (2.47)$$

$$\Delta h_1 = \xi_{\text{ВЫХ}} \cdot \frac{\omega_2^2 \cdot \rho}{2} = 0,64 \cdot \frac{16,01^2 \cdot 1,255}{2} = 102,93. \quad (2.48)$$

Сума опорів, Па

$$\Delta h = 3,99 + 102,93 = 106,92. \quad (2.49)$$

Поворот на 90° в нижній частині шахти

Коефіцієнт опору повороту

$$\xi = K \Delta \zeta_0 \cdot B \cdot C = 1,05 \cdot 1 \cdot 1 = 1,05, \quad (2.50)$$

де, $=1,04$ - коефіцієнт, що враховує вплив шорсткості стінок і коефіцієнт опору повороту;

$B=1$ - коефіцієнт визначається в залежності від кута повороту;

$C=1$ - коефіцієнт, який визначається для відводу і колін при квадратному поперечному перерізі.

Швидкість димових газів, м/с

$$\omega = \frac{V_p \cdot V_r \cdot (273+t)}{273 \cdot F} \quad (2.51)$$

Швидкість перед поворотом, м/с

$$\omega = \frac{0,313 \cdot 1,868 \cdot (273+200)}{273 \cdot 0,436} = 16,01. \quad (2.52)$$

Швидкість після повороту, м/с

$$\omega = \frac{0,313 \cdot 12,868 \cdot (273+200)}{273 \cdot 0,72} = 9,69. \quad (2.53)$$

Середня швидкість, м/с

$$\omega_{\text{ср}} = \frac{\omega_1 + \omega_2}{2} = \frac{16,01 + 9,69}{2} = 12,85. \quad (2.54)$$

Місцевий опір, *Па*

$$\Delta h_1 = \xi_{\text{вх}} \cdot \frac{\omega_1^2 \cdot \rho}{2} = 1,05 \cdot \frac{12,85^2 \cdot 1,255}{2} = 108,79 \quad (2.55)$$

Розрахунок опору тертя.

Середня швидкість по всьому газовому тракту, *м/с*

$$\omega_{\text{ср}} = \frac{4,47 + 8,21 + 7,5 + 16,01 + 12,85}{5} = 9,8. \quad (2.56)$$

Еквівалентний діаметр для прямокутного перерізу, *м²*

$$d_e = \frac{2ab}{a+b} = \frac{2 \cdot 3,08 \cdot 0,545}{23,08 + 0,545} = 0,926. \quad (2.57)$$

Коефіцієнт кінематичної в'язкості, *м² /с*

$$V = 37,75 \cdot 10^{-6}. \quad (2.58)$$

Число Рейнольдса

$$d_e = \frac{\omega \cdot d}{\nu} = \frac{9,8 \cdot 0,926}{37,75 \cdot 10^{-6}} = 240392. \quad (2.59)$$

Коефіцієнт опору тертя

$$\lambda = 0,025. \quad (2.60)$$

Опір тертя, *Па*

$$d_e = \lambda \cdot \frac{l \cdot \omega^2 \cdot \rho}{d_e} = 0,015 \frac{6,5 \cdot 9,8^2 \cdot 1,255}{0,926 \cdot 2} = 6,34. \quad (2.61)$$

Розрахунок самотяги в газоході котлоагрегата

$$\begin{aligned} \Delta h_c &= 0.981 \cdot H \cdot \left(\rho_b - \rho_r \cdot \frac{273}{273 + \vartheta} \right) = \\ &= 0,981 \cdot 6,5 \cdot \left(1,2 - 1,255 \cdot \frac{273}{273+250} \right) = 3,474. \end{aligned} \quad (2.62)$$

де, H - висота даної ділянки газоходу по вертикалі, м;

ρ_b - щільність повітря при температурі довкілля 20°C , $\text{кг}/\text{м}^3$;

ρ_r - щільність газів, $\text{кг}/\text{м}^3$;

ϑ - середня температура газового потоку на даній ділянці, $^\circ\text{C}$

Сума опорів газового тракту, Па

$$\begin{aligned} \Delta H_{\Pi} &= h_m + \sum \Delta h + \Delta h_{mp} - \Delta h_c = \\ &= 24,52 + (13,16 + 108,09 + 92,65 + 106,92 + 108,79) + 6,34 - 3,47 = \\ &= 457. \end{aligned} \quad (2.63)$$

де, h_m - розрідження на виході з топки, Па.

Розрахунковий напір тягодуттєвої установки, Па

$$H_{\delta} = \beta_2 \cdot \Delta H_n = 1,2 \cdot 457 = 548,4. \quad (2.64)$$

де, β_2 - коефіцієнт запасу тиску.

2.1.3 Розрахунок продуктивності

Розрахунок установки при розрахунковому режимі, $\text{м}^3/\text{год}$

$$\begin{aligned} Q &= \beta_1 \cdot B_p \cdot (V_2 + \Delta\alpha \cdot V_8^o) \frac{\vartheta_d + 273}{273} \cdot \frac{7455,6}{h_{\text{бар}}} = \\ &= 1243 \cdot 12,774 \cdot 1,696 \cdot 1,003 = 26946,58, \end{aligned} \quad (2.65)$$

де, β_1 коефіцієнт запасу по продуктивності;

$\Delta\alpha$ - присос повітря;

ϑ_d - температура газів перед димососом, $^\circ\text{C}$.

2.1.4 Розрахунок споживання потужності

Потужність, споживана тяго-дугтєвим обладнанням при розрахованому напорі, кВт

$$N = \frac{\beta_3 \cdot Q \cdot H_d}{\eta} = \frac{1,1 \cdot 26946,58 \cdot 0,548}{3600 \cdot 0,6} = 60,52, \quad (2.66)$$

де, β_3 - коефіцієнт запасу потужності електродвигуна;

H_d - розрахунковий повний напір установки, кПа;

η - експлуатаційний ККД установки при розрахунковому режимі

Отриманий результат - це теоретичний результат, тому застосовувати его на практиці неможна. Розрахунок проводиться за допомогою учбового посібника та могли бути допущені деякі неточності.

Потужність, споживана тяго-дугтєвою установкою при напорі взятому з паспорта, кВт

$$N = \frac{\beta_3 \cdot Q \cdot H_d}{\eta} = \frac{1,1 \cdot 26946,58 \cdot 0,735}{3600 \cdot 0,6} = 65,086. \quad (2.67)$$

По паспорту на димосос марки Д-15,5 рекомендовано ставити двигун з номінальною потужністю 75 кВт.

На котлі ТВГМ-30 №2, встановлено двигун на димососі з потужністю 100кВт, використовуючи графік залежності потреб від навантаження, потужність складе 85 кВт при 70 % навантаження.

Тому при заміні двигуна на менш потужній (75 кВт), економія за годину складе $85-75=10$ кВт.

Маючи данні про кількість годин роботи по кожному котлу, протягом року по місяцям можна порахувати річну економію.

Так як рекомендована потужність 75 кВт приймалась зі значним запасом, то економія може перевищувати розрахункову.

2.2 Захід по установці частотного регулятора на один з насосів

2.2.1 Розрахунок середніх навантажень

Водяний насос регулюється електродвигуном потужністю 160 кВт.

При аналізі роботи насосів був складений графік (рис. 2.1), так само маючи дані про споживання району і знаючи, що в пікові години один і насосів працює на повне навантаження: 100% ($530\text{м}^3/\text{год}$), можна вирахувати який відсоток доповнює другий насос.

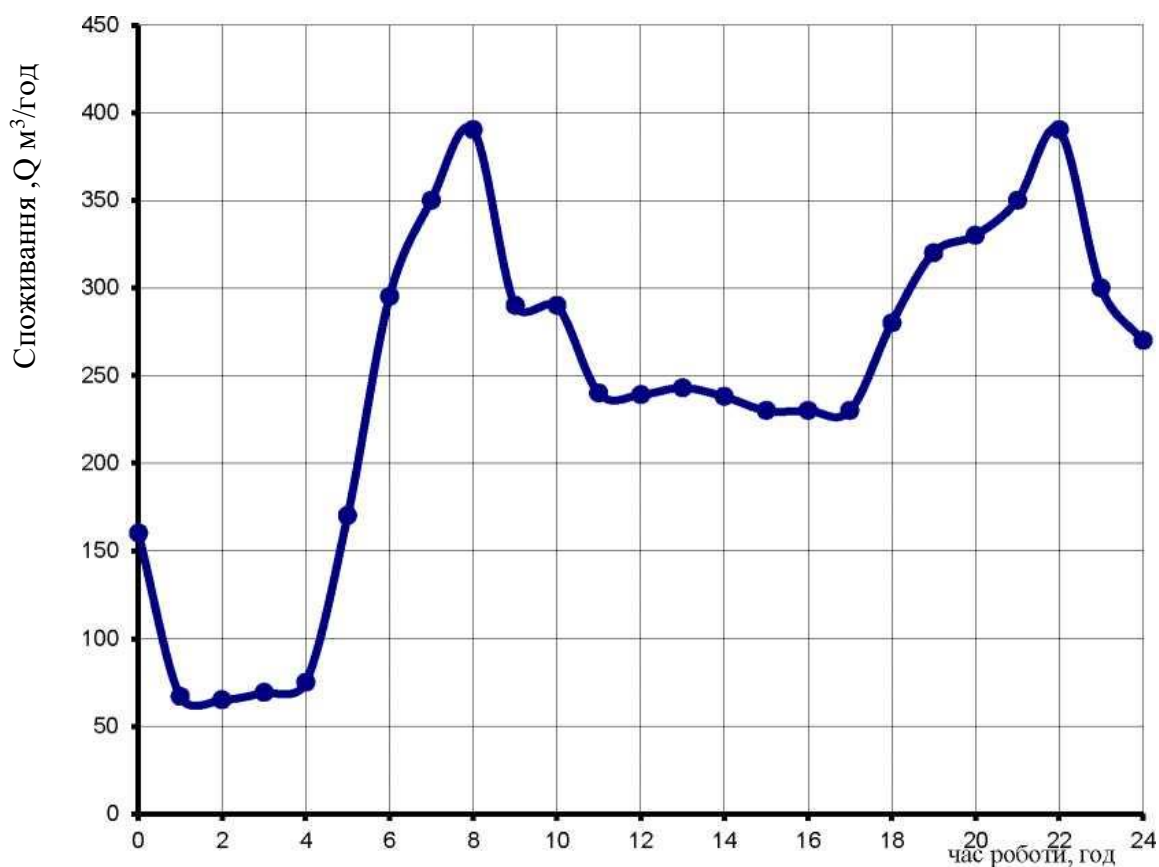


Рисунок 2.1 - Зміна навантаження протягом доби.

Будується графік навантаження насосів у відсотках, де видно який насос, в який час і на якій завантаженості працює (рис. 2.2).

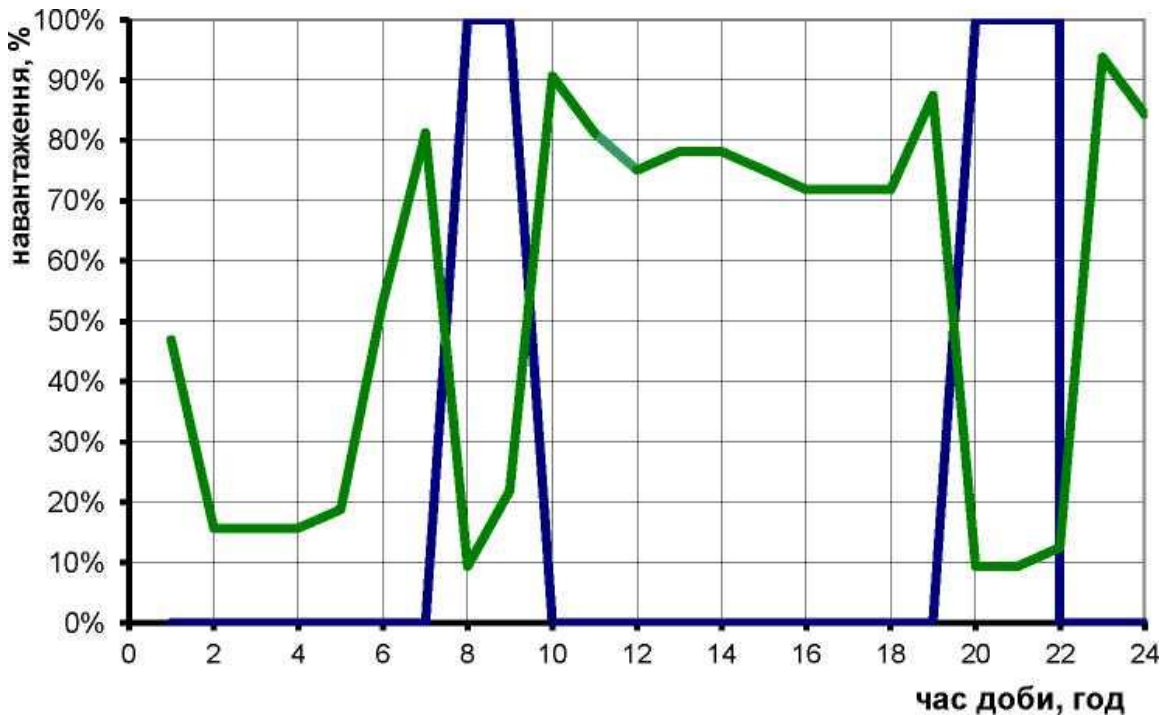


Рисунок 2.2 - Режим роботи насосів при встановленому частотному перетворювачі.

З метою економії енергії пропонується встановити привід з регулюванням швидкості. Примітка. Приймається, що насос споживає 160 кВт енергії при 100% навантаженні, так само допускається що регулятор швидкості має внутрішні втрати, рівні 1 кВт. Один насос працює 24 години на добу, а другий включається в пікові години, приймається що насоси працюють 350 днів на рік.

Вимірювання витрати води - показують скільки води подається в певний час доби:

5 годин на добу: 100% від максимального навантаження;

4 години на добу: 92% від максимального навантаження;

2 години на добу: 82% від максимального навантаження;

7 годин на добу: 73% від максимального навантаження;

2 години на добу: 53% від максимального навантаження;

4 години на добу: 23% від максимального навантаження.

Використовуючи характеристики енергоспоживання (рис.2.3), проводиться порівняльний розрахунок для насоса при звичайній роботі, і при роботі після установки частотного регулятора. Розрахунок наведено в таблиці 2.1.

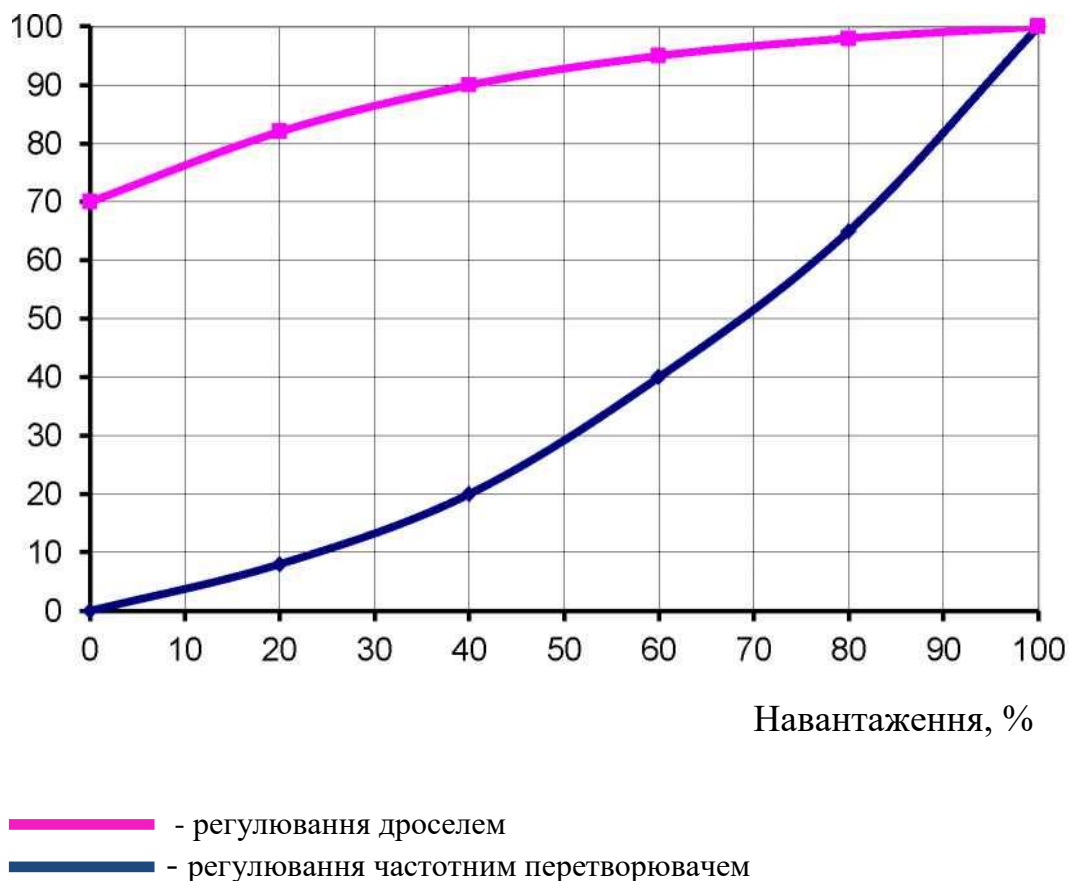


Рисунок 2.3 - Характеристика енергоспоживання.

Таблиця 2.1- Розрахунок середніх навантажень за даними графіка

Навантаження, %	Регулювання дросельним клапаном, кВт	Частотне регулювання, кВт
100	$160 \times 1,00=160$	$(160 \times 1) +1 = 161$
92	$160 \times 0,98=156,8$	$(160 \times 0,86) +1 = 138,6$
82	$160 \times 0,97=155,2$	$(160 \times 0,68) +1 = 109,8$
73	$160 \times 0,96=153,6$	$(160 \times 0,58) +1 = 93,8$
53	$160 \times 0,95=152,0$	$(160 \times 0,46) +1 = 74,6$
23	$160 \times 0,86=137,6$	$(160 \times 0,12) +1 = 2,92$

2.3 Захід по установці системи "паливо-повітря" на котли ТВГМ-30

2.3.1 Організація роботи котла

Тариф на теплову енергію становив 1535,07 грн./Гкал. Тариф на електроенергію складав 421,29 коп/кВт*год.

В ході проведення аналізу роботи котлів на котельні було визначено скільки який котел працював в кожному місяці за аналізований період.

Також було визначено фактичний і по режимній карті ККД та навантаження кожного котла. Дані в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Фактичний і за режимною картою ККД та фактичне і за режимною картою навантаження кожного котла.

	Навантаження		ККД	
	Фактичне	По режимній карті	Фактичний	По режимній карті
ТВГМ-30 №2	26,5	27,5	87,47	89,07
ТВГМ-30 №3	26,4	27,4	86,21	88,74

Після проведення аналізу роботи котлів був зроблений висновок, що котли ТВГМ-30 №2, №3 - працюють не ефективно (тому що дані, які були отримані фактично по навантаженню і ККД менше, ніж по режимній карті, так як котел може працювати краще).

На основі зробленого аналізу пропонується встановити систему автоматичного регулювання «паливо - повітря» на котли ТВГМ-30.

За параметрами якості і ціновими показниками було вибрано закупити систему автоматичного управління водогрійним котлом серії ТВГМ у компанії НВТОВ "ДіТоН" та ТОВ "НВП"Промелектроніка".

У загальному випадку до складу типової системи автоматичного управління водогрійним котлом серії ТВГМ з газомазутними пальниками входять наступні основні складові:

- 1) комплектна шафа управління КШН-ТВГМ-МК;
- 2) датчики технологічних параметрів і допоміжні пристрої;
- 3) виконавчі механізми;
- 4) блок газообладнання та арматура подачі мазуту;
- 5) шафи силові.

Шафа управління КШН-ТВГМ-МК побудований на базі мікропроцесорного контролера КР-500М серії КОНТРАСТ, призначений для автоматизації водогрійних котлів ТВГМ і виконує наступні функції:

- прийом інформації про стан технологічних параметрів і обладнання у вигляді аналогових і дискретних сигналів датчиків;
- обробка отриманої від датчиків, оператора або від верхнього рівня управління інформації та формування керуючих команд відповідно до алгоритму управління виконавчими пристроями котла;
- автоматичне керування котлом в режимах пуску, стаціонарної роботи, планових і аварійних зупинок (основний режим роботи);
- дистанційне (ручне) управління технологічним обладнанням котла (режим випробування роботи виконавчих пристроїв);
- автоматичний протиаварійний захист і захисні блокування;
- автоматичне регулювання навантаження котла, співвідношення "паливо-повітря", розрідження в топці котла;
- робоча, попереджувальна і аварійна сигналізація;
- зв'язок з верхнім рівнем управління з інтерфейсів RS-485 і Ethernet;
- реєстрація (спільно з робочою станцією оператора) технологічних параметрів і аварійних ситуацій;
- живлення (24В) датчиків аналогових сигналів, живлення (~ 220В) клапанів палива, виконавчих пристроїв регуляторів, трансформатора запалювання;
- управління електроприводами електричних виконавчих механізмів.

Робота КШН-ТВГМ-МК в автоматичному режимі здійснюється під управлінням технологічної програми, записаної в незалежну пам'ять

контролера.

Приклад організації каналів зв'язку наведено на рисунку 2.4.

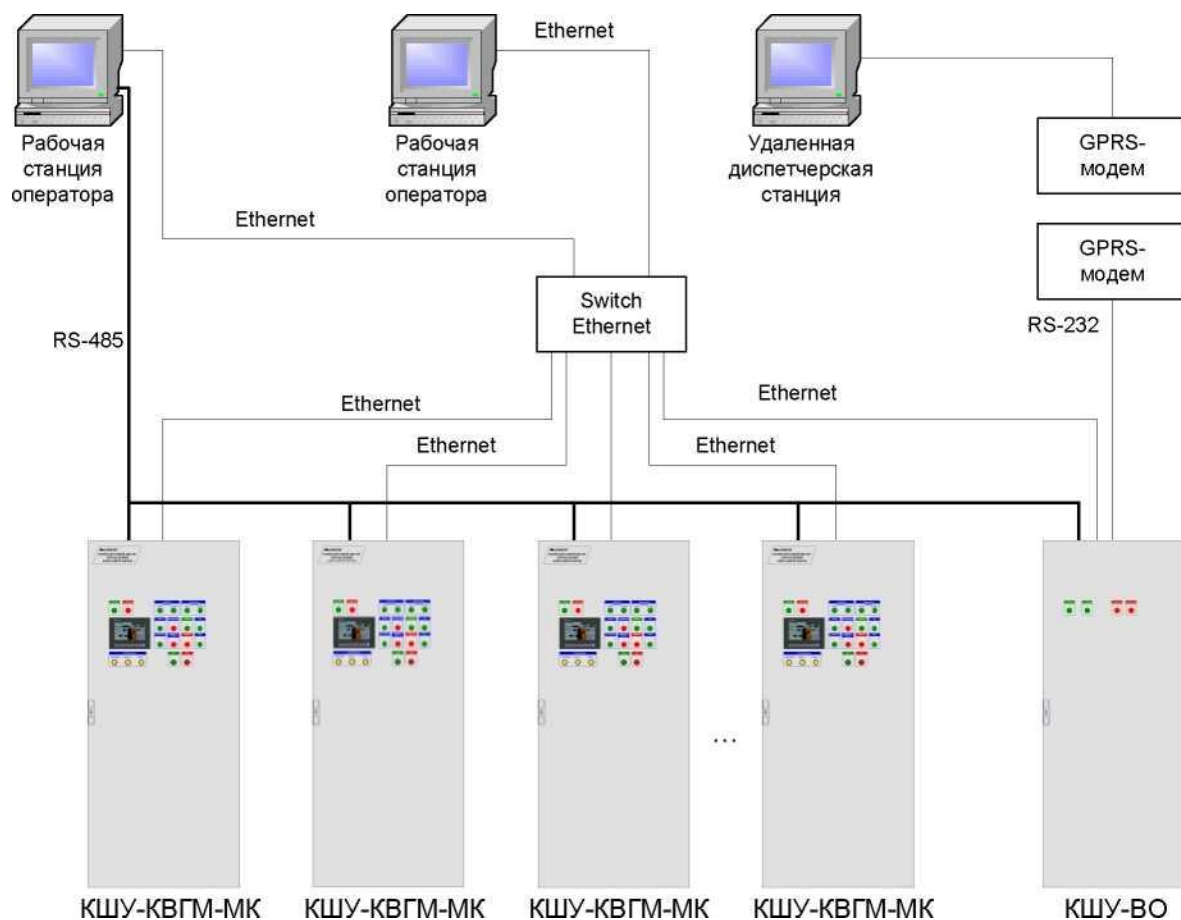


Рисунок 2.4 - Приклад організації каналів зв'язку з КШУ-ТВГМ-МК

Технологічна програма контролера для типової системи автоматизації поставляється виробником у складі шафи КШН-ТВГМ-МК. При необхідності в комплекті з шафою КШН поставляється фірмова система програмування контролерів КОНТРАСТ (Windows), яка дозволяє користувачеві створювати і модифікувати технологічні програми за допомогою комп'ютера. Зв'язок комп'ютера (операторської станції) з контролером шафи здійснюється без проміжних пристроїв. Загально котельня операторська станція може працювати з декількома КШН, зв'язок при цьому забезпечується за допомогою мережі Ethernet або каналів цифрового зв'язку RS-485. Наявність комп'ютера

(операторської станції) дозволяє здійснити роздруківку реєстрованих контролером параметрів в графічній або табличній формі і виключити зі складу обладнання електромеханічні реєструючі прилади.

Структура системи автоматичного управління водогрійним котлом серії ТВГМ пояснюється прикладом мнемосхеми, яку наведено у рисунку 2.5.

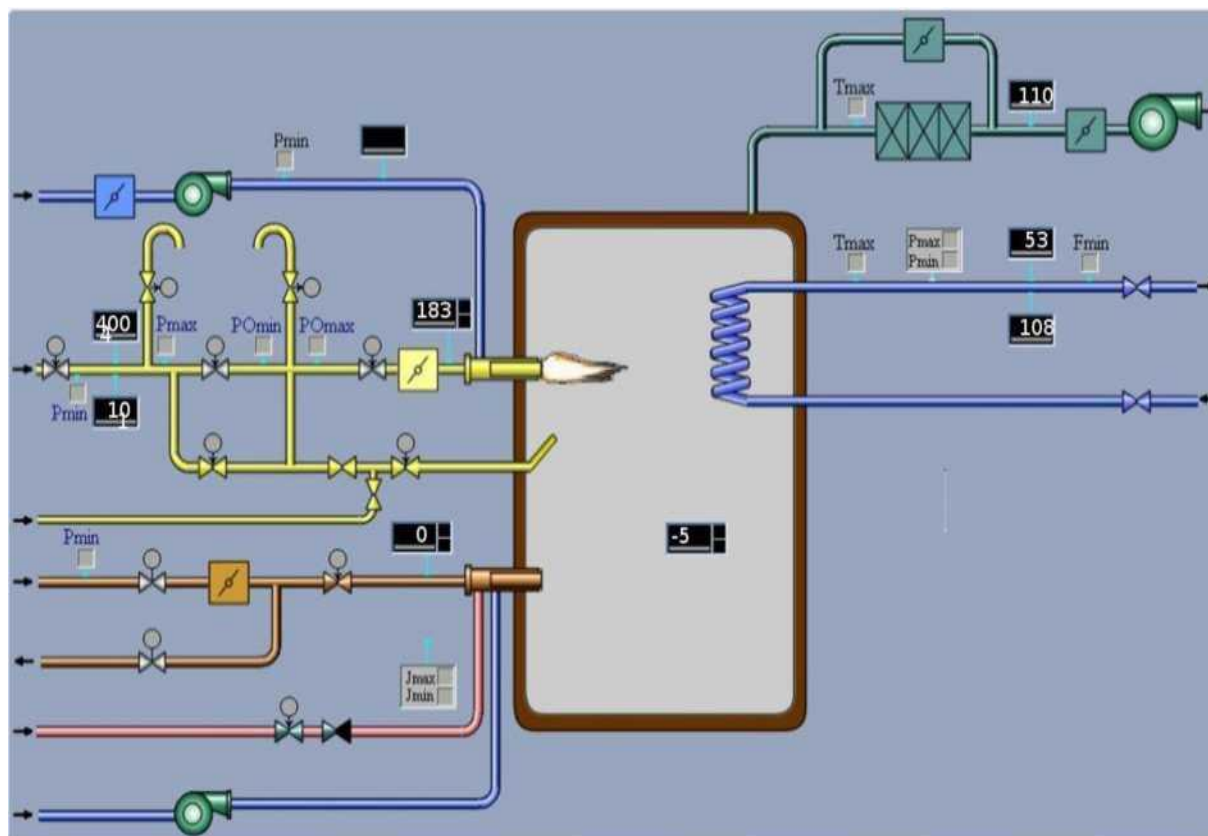


Рисунок 2.5 - Приклад мнемосхеми автоматизації котла ТВГМ

Шафа управління КШН-ТВГМ-МК

Технічні дані:

- напруга живильної мережі - 220 (187 - 242)В;
- частота мережі - 50 (49 - 51) Гц;
- споживана потужність- не більше 1,2 кВА;
- температура навколишнього повітря - від 5 до 50°С;
- ступінь захисту IP 40 ГОСТ 14254-80;
- габаритні розміри (висота, ширина, глибина) - 1800 x 800 x 400 мм
- маса - не більше 150 кг.

Пристрій і робота

Комплектна шафа управління КШН-ТВГМ-МК являє собою металеву шафу з передніми дверима і одностороннім обслуговуванням.

На передній двері шафи розташовані пульт оператора, кнопки контролю сигналізації та відключення світлозвукової сигналізації, кнопки ПУСК і СТОП і поодинокі індикатори (світлодіоди) з написами: «Димосос включений від ПЧ», «Вентилятор включений від ПЧ», «Димосос включений від мережі», «Вентилятор включений від мережі», «Газ», «Мазут», «Запальник», «Факел», «Випробування», «Перевірка захистів», «Аварія», «Робота», «Відмова БК».

Пульт оператора має сенсорний рідкокристалічний екран, що дозволяє відображати стан датчиків, регулюючих органів і виконувати оперативне управління котлом, змінювати режими роботи регуляторів, виконувати в режимі випробування виконавчих пристроїв. В режимі перевірки захистів за допомогою пульта виконується перевірка технологічних захистів. На екран пульта відображається наступна інформація (обсяг інформації залежить від технологічної програми в контролері):

- причина аварійної зупинки котла;
- причина невиконання команд пуску і зупинки;
- причина попереджувальної сигналізації;
- технологічні етапи пуску і зупинки котла;
- значення технологічних параметрів котла в технічних одиницях параметра;
- проходження послідовних інтервалів часу алгоритму управління (технологічної програми).

Слідуйте параметрам кожного регулятора за викликом:

- 1) значення регульованого параметра в технічних одиницях параметра;
- 2) значення завдання в технічних одиницях параметра;
- 3) положення регулюючого органу у відсотках;
- 4) напрямок роботи регулятора в режимі «Авт.» або напрямок дії кнопок «Більше» і «Менше» в режимі «Ручн.»;

5) режим роботи регулятора.

Як кнопки пульта використовуються елементи мнемосхеми і зображення кнопок на екрані пульта, докладний опис яких дається в документації КШН.

Функціональне призначення кнопок залежить від технологічної програми. Програмою забезпечується виконання таких функцій:

- завдання режиму роботи кожного регулятора;
- управління регулюючим органом кожного регулятора;
- зміна величини завдання регулятора;
- перевірка технологічних захистів і випробування роботи виконавчих пристроїв;
- виклик і зміна коефіцієнтів настройки кожного регулятора і т. д.

Відкриття двері шафи забезпечує доступ до монтажу та елементів, розміщених всередині шафи. Усередині шафи розміщені: мініконтроллер МК-500, модулі пристроїв зв'язку з об'єктом МДА-Р, МРС-Д, МВС-8, блок резервного захисту БРЗ-Д, панелі неоперативне управління, автоматичні вимикачі, блоки підсилювачів (релейні) БУМ-50, блоки живлення, клемні блоки для підключення зовнішніх ланцюгів.

На панелі неоперативне управління розташовані тумблери «Паливо», «Режим роботи» і «Перевірка захисту».

В автоматичному режимі роботи КШН-ТВГМ-МК пуск і зупинка котла здійснюється за допомогою кнопок ПУСК і СТОП.

Система аварійного захисту дублюється блоком резервних захистів БРЗ-Д. При аварійній зупинці першопричина реєструється в незалежній пам'яті контролера, одночасно відображається на екрані пульта оператора.

При роботі КШН-ТВГМ-МК в режимі випробування команди управління виконавчими пристроями подаються оператором за допомогою кнопок пульта оператора.

Перелік обладнання типової системи автоматизації водогрійних котлів серії ТВГМ, етапи та вартість налагодження системи наведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 - Перерахунок обладнання типової системи автоматизації водогрійних колів серії ТВГМ

Найменування обладнання	Кіль-ть	Вартість, грн.
Обладнання АСУ		
Шафа КШУ-ТВГМ-МК	1	142600
Газове обладнання		
Газовий блок «Термобрест» Ду150	1	156549
Обладнання КВПіА		
Обладнання КВПіА	1	121850
Пуско-налагоджувальні роботи		
Комплексна наладка АСУ	1	105506
Вартість доставки	1	65450
На відрядження	1	64253
АРМ оператора котельні (розширюване)		
Комп'ютер з ліцензійною операційною системою Windows 7	1	37893
Програма КОНТРАСТ2010 (базова + ПРОТЕКСТ)	1	42255
SCADA-система КАСКАД (512)	1	45423
Проект (програма) АРМ оператора	1	55523
Всього		957302

Висновок до розділу 2

В данному розділі було проведено розрахунок газового тракту котла для визначення потреб у потужності двигуна димососа.

Також була проаналізована робота насосів, було виявлено, що потрібно більш плавно регулювати роботу насосів, це дозволить не тільки заощаджувати електроенергію, а й подовжить термін служби обладнання.

Проаналізовано фактичний та за режимною картою ККД котлів, виявлено, що котли можуть працювати краще. Для більш ефективної роботи котлів було запропоновано автоматизувати співвідношення "паливо-повітря".

3 ФІНАНСОВА ОЦІНКА ЗАПРОПОНОВАНИХ ЗАХОДІВ

3.1 Фінансова оцінка заміни двигуна на димососі котла ТВГМ-30 №2

За даними роботи котла по годинам протягом року можна розрахувати, яку кількість електроенергії витрачає при двигуні потужністю 100 кВт, и 75 кВт. Тривалість роботи котлів наведено в таблиці 3.1. Споживання електроенергії при потужності двигуна 100 кВт, кВт-год.

$$2872 \cdot 100 = 287200. \quad (3.1)$$

Споживання електроенергії при потужності двигуна 75 кВт, кВт-год.,

$$2872 \cdot 75 = 215400. \quad (3.2)$$

Річна економія, кВт-год/рік,

$$E = 287200 - 215400 = 71800. \quad (3.3)$$

Таблиця 3.1 - Тривалість роботи котлів, год

Місяця	Котли ТВГМ-30		RIELLO RTQ-2000	
	№2	№3	№1	№2
Квітень	-	428	292	-
Травень	-	-	266	478
Червень	-	-	317	403
Липень	-	-	548	196
Серпень	-	-	-	517
Вересень	-	-	720	-
Жовтень	-	-	192	552
Листопад	316	428		
Грудень	396	348	-	-
Січень	744	-	-	-
Лютий	672	-	-	-
Березень	744	-	-	-
Сума	2872	1204	2335	2146

Річна економія, грн/рік,

$$E=71800 \cdot 4,2129=302486. \quad (3.4)$$

Пропонується заміна двигуна на АИР 280М8 75 кВт, 750 об/хв вартістю 62000 грн.

Чиста приведена вартість, грн

$$\text{ЧПВ} = \text{ПВВ} - K, \quad (3.5)$$

де, K - капітальні вкладення, грн, $K = 62000$.

ПВВ - приведена вартість вигод, грн.

$$\text{ПВВ} = \sum_{j=1}^n (E \cdot K_d), \quad (3.6)$$

де, E - річна економія грошових коштів. Коефіцієнт дисконтування

$$K_d = \frac{1}{(1+r)^i} \quad (3.7)$$

де, r - рівень дисконту у формі десятинного числа (дисконтна ставка);

i - порядковий номер року експлуатування.

Коефіцієнт дисконтування

$$K_d = \frac{1}{(1+0.18)^0} = 1. \quad (3.8)$$

Аналогічний розрахунок виконуємо для 10 років експлуатування двигуна, результати розрахунку заносимо в таблицю 3.2.

Таблиця 3.2 - Розрахунок приведеної вартості вигід.

	Рік	Витрати, грн	Вигода, грн	Коеф. дисконт.	ППН	ПВВ	ЧПВ
0	2022	-62000	0	1	-62000	1359399	1297399
1	2023	0	302486	0,84746	256344,8		
2	2024	0	302486	0,71818	217239,4		
3	2025	0	302486	0,60863	184102,1		
4	2026	0	302486	0,51579	156019,3		
5	2027	0	302486	0,43711	132219,7		
6	2028	0	302486	0,37043	112049,9		
7	2029	0	302486	0,31393	94959,43		
8	2030	0	302486	0,26604	80473,38		
9	2031	0	302486	0,22546	68198,49		
10	2032	0	302486	0,19106	57792,98		

Чиста приведена вартість за формулою (3.5) , грн

$$\text{ЧПВ} = 1359399 - 62000 = 1297399.$$

Термін окупності, років

$$P = \frac{K}{E} = \frac{62000}{302486} = 0,2 \quad (3.9).$$

3.1.1 Аналіз отриманих результатів

Захід по заміні електродвигуна можна вважати вигідним, так як річна економія дорівнює 302486грн, а термін окупності склав близько двох місяців, ЧПВ = 1297399 грн.

3.2 Фінансова оцінка заходу з встановлення частотного регулятора

За розрахунком середніх навантажень (табл. 2.1) зробимо розрахунок економії, кВт-год

$$\begin{aligned}
 &5 \cdot 350 \cdot (160 - 161) = -1750; \\
 &4 \cdot 350 \cdot (156,8 - 138,6) = 25480; \\
 &2 \cdot 350 \cdot (155,2 - 109,8) = 31780; \\
 &7 \cdot 350 \cdot (153,6 - 93,8) = 145775; \\
 &2 \cdot 350 \cdot (152 - 74,6) = 54180; \\
 &4 \cdot 350 \cdot (137,6 - 2,92) = 188552.
 \end{aligned} \tag{3.10}$$

Всього економія в рік склала 444017 кВт-год / рік і при тарифі на електроенергію 4,2129 грн / кВт-год,

У грошовому еквіваленті економія складає, грн / рік

$$E = 444017 \cdot 4,2129 = 1870599. \tag{3.11}$$

Пропонується установка частотного регулятора VFD1850CP43B-21 (185кВт 380V) (для насосів) Delta Electronics вартість 288607 грн, робота по установці приймаємо 10%, що становить 28861 грн.

Чиста приведена вартість, грн

$$\text{ЧПВ} = \text{ПВВ} - K, \tag{3.12}$$

де, K - капітальні вкладення, грн, K = 288607.

ПВВ - приведена вартість вигод, грн

$$\text{ПВВ} = \sum_{j=1}^n (E \cdot K_d), \tag{3.13}$$

де, E - річна економія коштів.

Для всіх років розраховується аналогічно, результати заносимо в табл. 3.3

K_d - коефіцієнт дисконтування

$$K_d = \frac{1}{(1+r)^i} \quad (3.14)$$

де, r - рівень дисконту в формі десяткового числа (дисконтна ставка);

i - порядковий номер року експлуатації

$$K_d = \frac{1}{(1+0.18)^0} = 1. \quad (3.15)$$

Аналогічний розрахунок виконуємо для 10 років експлуатації частотного регулятора, результати розрахунку заносимо в таблицю 3.3.

Таблиця 3.3 Розрахунок ПВВ

j	рік	Витрати, грн	Вигода, грн	Коефіцієнт дискотування	ППН, грн	ПВВ, грн
0	2022	-288607	0	1	-288607	8118033
1	2023	0	1870599	0,84746	1585258	
2	2024	0	1870599	0,71818	1343427	
3	2025	0	1870599	0,60863	1138503	
4	2026	0	1870599	0,51579	964836,3	
5	2027	0	1870599	0,43711	817657,5	
6	2028	0	1870599	0,37043	692926,0	
7	2029	0	1870599	0,31393	587237,1	
8	2030	0	1870599	0,26604	497654,2	
9	2031	0	1870599	0,22546	421745,3	
10	2032	0	1870599	0,19106	357396,6	

Чиста приведена вартість, грн

$$ЧПВ = 8118033 - 1870599 = 6247434. \quad (3.16)$$

Термін окупності, років

$$P = \frac{K}{E} = \frac{288607}{1870599} = 0,15. \quad (3.17)$$

3.2.1 Аналіз отриманих результатів

Захід по установці частотного регулятора можна вважати вигідним, так як річна економія дорівнює 1870599 грн, а термін окупності склав півтора місяці, ЧПВ = 6247434 грн.

Таким чином установка частотного регулятора, є дуже вигідною пропозицією для енергозбереження.

3.3 Фінансова оцінка впровадження системи "паливо-повітря"

Від впровадження системи "паливо - повітря", прийнято враховувати економію, яка становить 2%. У моєму розрахунку економія складе 1%.

Витрата газу становить 4170 м³ / год. Котел на рік працює 2892 год. Витрата газу в рік становить 12059640 м³. Ціна за 1 м³ газу становить 7,899 грн. Ціна, яку котел ТВГМ-30 №2 витрачає на покупку газу в рік, становить 95259096 грн. Економія від установки системи регулювання «Паливо - повітря» становить 1%, тобто 952590,96 грн.

Термін окупності

$$P = \frac{K}{E} = \frac{957302}{952590,96} = 1,0. \quad (3.18)$$

Розрахунок ППГ і ПВВ наведені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 - Розрахунок ППГ та ПВВ проекту установки системи регулювання «Паливо-повітря»

Рік	Капітальні витрати, грн	Економія, грн	Потік грошей, грн	При r=16%		ПВВ
				Кд	ППГ, грн	
0	957302	0	-957302	1	-957302	
			952590,96	0,862069	685705	
			952590,96	0,743163	591125	
			952590,96	0,640658	509591	
			952590,96	0,552291	439302	
			952590,96	0,476113	378709	
			952590,96	0,410442	326473	
			952590,96	0,35383	281442	
			952590,96	0,305025	242623	
			952590,96	0,262953	209157	
			952590,96	0,226684	180308	
			952590,96			
3.3.1 Аналіз отриманих результатів			952590,96			
			952590,96			
			952590,96			
На основі зробленого аналізу роботи котлів пропонується встановити систему автоматичного регулювання «паливо - повітря» на котел ТВГМ-30 №2.			952590,96			
Даний проект можна впровадити, оскільки термін окупності 1 рік.			952590,96			
ЧПВ = 1934542 грн, а економія становить 952590,96 грн.			952590,96			
			952590,96			

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Загальні відомості з охорони праці на підприємстві по виробленню теплової енергії

Умови праці на робочому місці, безпека технологічних процесів, машин, механізмів, устаткування та інших засобів виробництва, стан засобів колективного та індивідуального захисту, що використовуються працівником, а також санітарно-побутові умови повинні відповідати вимогам нормативних актів про охорону праці.

Охорона праці на підприємстві - це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини в процесі праці.

Обов'язковими є проведення інструктажів.

Вступний інструктаж проводиться особою, з усіма працівниками, які приймаються на роботу (постійну або тимчасову), а також з особами, які прибули на підприємство у відрядження, на виробничу практику (навчання) і мають брати безпосередню участь у виробничому процесі. Облік осіб, які пройшли інструктаж, ведеться в журналі інструктажу з підписами.

Повторний і позаплановий інструктажі проводяться згідно з Положенням про спеціальне навчання.

Котельня забезпечена первинними засобами пожежогасіння: вогнегасниками, ящиками з піском, бочками з водою, пожежними відрами, совковими лопатами, пожежним інструментом, які використовуються для локалізації та ліквідації пожеж у їх початковій стадії розвитку.

Вогнегасники встановлені у легкодоступних місцях (коридорах, при входах або виходах з приміщень тощо), а також у пожежонебезпечних місцях, де найбільш вірогідна поява осередків пожежі.

Відповідальність за своєчасне та повне оснащення підприємства

вогнегасниками та іншими засобами пожежогасіння, забезпечення їх технічного обслуговування, навчання працівників несе керівник підприємства.

Відповідальним за безпечну експлуатацію і технічний стан котлів призначається особа з числа фахівців підприємства, що мають досвід роботи з експлуатації котлів, що пройшли перевірку знань у встановленому порядку і що мають відповідне посвідчення.

При порушенні правил безпечної експлуатації водогрійних котлів працівник може бути підданий термічним опікам, поразці електричним струмом, динамічним ударам при вибуху котла. До обслуговування водогрійних котлів допускаються особи віком від 18 років, що пройшли медичний огляд, навчання по відповідній програмі, перевірку знань кваліфікаційною комісією і отримали посвідчення на право обслуговування котлів. Повторна перевірка знань у працівників котельні проводиться кваліфікаційною комісією не рідше одного разу в рік, як правило, на початку опалювального сезону, а також при переході працівників на обслуговування котлів іншого типу.

Допуск працівників до самостійного обслуговування котлів оформляється наказом по підприємству, після проходження навчання та стажування.

На підприємстві розроблена і затверджена головним інженером інструкція з режиму роботи і безпечному обслуговуванню котлів. Інструкція знаходиться на робочих місцях і видається працівникам під розписку. Працівники, що обслуговують котельні, забезпечуються спецодягом і спецвзуттям:

- костюмом бавовняним;
- рукавицями комбінованими;
- окулярами захисними.

У котельні забороняється перебування особам, що не мають відносини до експлуатації котлів і устаткування котельні. У необхідних випадках сторонні можуть допускатися в котельню тільки з дозволу адміністрації й у супроводі її представника. Спеціалісти служби охорони праці мають право безперешкодно в

будь-який час відвідувати виробничий об'єкт (котельню) і при наявності порушень \зобов'язані:

- 1) видавати керівникові структурних підрозділів обов'язкові для виконання приписи щодо усунення наявних недоліків;
- 2) вимагати відсторонення від роботи осіб, які не пройшли медичний огляд, навчання інструктажу чи не мають допуску до відповідної роботи;
- 3) зупиняти роботу у разі виявлення порушень, які створюють загрозу життю, або здоров'ю працівників;
- 4) надсилати роботодавцю подання про притягнення до відповідальності працівників, що порушили вимоги щодо охорони праці.

З метою забезпечення пропорційної участі працівників у вирішенні будь-яких питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища за рішенням трудового колективу на підприємстві може бути створена комісія з питань охорони праці. До складу комісії від роботодавця включаються спеціалісти безпеки і гігієни праці виробничої, юридичної служб підприємства, від трудового колективу рекомендуються працівники усіх професій, представники профспілки. Основним завданням комісії є захист законних прав та інтересів працівників у сфері охорони праці, узгодження шляхом двосторонніх консультацій, позицій сторін у вирішенні питань з метою забезпечення поєднання інтересів держави, роботодавця та трудового колективу.

Котли і котельне устаткування утримуються в справному стані. Забороняється захаращувати приміщення котельні чи зберігати в ньому які-небудь матеріали чи предмети. Проходи в котельному приміщенні і виходи з нього повинні бути завжди вільні.

При вступі на чергування персонал зобов'язаний ознайомитися з записами в журналі, перевірити справність устаткування і всіх встановлених у котельні котлів, газового обладнання, справність освітлення і телефону. Прийом і здача чергування повинні оформлятися старшим оператором записом у змінному журналі із зазначенням результатів перевірки котлів і що відноситься до них устаткування (манометрів, запобіжних клапанів, живильних

приладів, засобів автоматизації та газового обладнання). Не дозволяється прийняття і здача зміни під час ліквідації аварії.

Ремонт елементів котлів проводиться при повній відсутності тиску. Перед відкриттям люків і лючків, вода з усіх елементів котла повинна бути злита. Виконання робіт всередині газоходів і топок котла допускається при температурі не вище 50 °С за наявності письмового дозволу відповідальної особи за справний стан і безпечну експлуатацію котлів. Топка і газоходи повинні бути добре провентильовані, освітлені перед початком ремонтних робіт. Перед закриттям люків і лазів перевіряється відсутність всередині котла людей, сторонніх предметів. Нагляд за технічним станом котлів у період експлуатації шляхом зовнішнього огляду здійснюється:

- щозмінну працівникам котельні з записом у змінному журналі;
- щодня особою, відповідальною за безпечну експлуатацію і технічний стан котлів;
- періодично не рідше одного разу в рік головним інженером підприємства.

Результати періодичного зовнішнього огляду повинні відбиватися в акті обстеження котла.

Підготовка котла до розтоплення

Перед тим, як розпочати розпалюванням котла, слід перевірити:

- 1) справність топки і газоходів, запірних і регулюючих пристроїв;
- 2) справність КПП, арматури, живильних пристроїв, димососів і вентиляторів;
- 3) справність обладнання для спалювання газоподібного палива;
- 4) заповнення котла водою, шляхом пуску поживних і циркуляційних насосів;
- 5) відсутність заглушок на газопроводі, поживних матеріалах, продувних лініях;
- 6) відсутність в топці людей і сторонніх предметів.

Після виконання цих операцій, продувають газопровід через продувну

свічку, перевіряють відсутності витоку газу з газопроводів, газового обладнання шляхом омилування. Регулюють тягу у верхній частині топки, встановивши розрідження в топці 2-3 мм водяного стовпа. Визначають за манометричними показниками тиск газу й повітря.

Розпалювання котла і включення

Письмове розпорядження у змінному журналі дозволяє проводити розпалювання котла. Розпорядження включає в себе вказівки щодо тривалості розпалювання та хто повинен робити розтопку. Котел розпалюють при слабкому вогні і зменшеній тязі, забезпечуючи рівномірний прогрів усіх складових котла.

Робота котла

Персонал котельні повинен стежити за справністю котлів і всього обладнання котельні. Несправності устаткування записуватися в змінний журнал.

Перевірка справності манометра за допомогою триходових кранів, перевірка справності запобіжного клапана продувними повинна проводитися оператором щомісячно з записом у змінний журнал.

Аварійна зупинка котла може буди виконана:

- якщо буде виявлено несправність запобіжного клапана;
- при припиненні дії всіх циркуляційних насосів;
- при згасанні факела одна з пальників;
- при зниженні розрідження менше 0,5 мм вод. ст.
- при виявленні в основних елементах котла будуть виявлені тріщини, випини , пропуски в зварних швах;
- при припиненні подачі електроенергії;
- при виникненні пожежі , яка загрожує обслуговуючому персоналу і котлу;
- при підвищенні температури води за котлом більш 115 °С.

Причини аварійної зупинки котла повинні бути записані в змінному журналі.

Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях:

1. Робота котла повинна бути негайно зупинена:

- при різкому підвищенні тиску і температури вище встановлених у котлі і системі, незважаючи на вжиті заходи (припинення подачі палива, зменшення тяги і дуття);
- при наявності ушкодження котла з витоком води з місця ушкодження;
- при несправностях живильних приладів, водовказівних приладів, манометрів, термометрів, запобіжних клапанів;
- при припиненні циркуляції води в системі (несправність насоса, відключення електроенергії);
- при виявленні в елементах котла (барабані і т. п.) тріщини, нещільності зварених швів, розривів труб;
- при накаливанні елементів котла чи каркаса;
- при виявленні невластивого при роботі котла шуму, вібрації, стукоту;
- при несправності запобіжних блокувальних пристроїв;
- при виникненні пожежі, що безпосередньо загрожує котлу.

2. Причини аварійної зупинки котла повинні бути записані в змінному журналі.

3. При аварійній зупинці котла необхідно:

- припинити подачу палива і повітря, різко послабити тягу;
- після припинення горіння в топці відкрити на якийсь час димову заслінку;
- відключити котел від головного паропроводу;
- випустити пару через підняті запобіжні клапани чи аварійний вихлопний вентиль.

4. У випадку виникнення в котельні пожежі працівники повинні негайно викликати пожежну охорону і вжити заходів до гасіння, не припиняючи спостереження за котлами.

Якщо пожежа загрожує котлам і неможливо швидко її згасити, необхідно зупинити котли в аварійному порядку.

5. Евакуювати в безпечне місце персонал. Зробити необхідну медичну допомогу потерпілим. Викликати швидку допомогу.

6. Доповісти про те, що трапилося, керівнику ділянки, цеху. При роботі котла на газі необхідно повідомити про те, що трапилося, диспетчеру газової служби.

7. Ліквідувати наслідки аварії і робити наступний пуск котла в роботу можна тільки за письмовим наказом начальника цеху (по наряді-допуску).

4.2 Основні шкідливі і небезпечні фактори в котельні.

У розглянутій котельні встановлена велика кількість обладнання: котли ТВГМ-30 і Riello RTQ-2000, дуттьові вентилятори, димососи, насоси. Котельня має велику мережу комунікацій: газопроводи, трубопроводи гарячої та холодної води, електричні мережі. Устаткування і комунікації є джерелами шкідливих і небезпечних виробничих факторів.

Процес виробництва гарячої води супроводжується надмірними тепловиділеннями, тепловим випромінюванням, шумом і вібрацією. Можливо проникнення в повітря робочої зони токсичних речовин. Питання створення сприятливих санітарно-гігієнічних умов праці в котельні мають велике значення.

У розглянутій котельні встановлені котлоагрегати, що використовують як паливо - природний газ. При згорянні газу з недоліком повітря та при недостатній тязі в атмосферу котельні можуть надходити оксиди вуглецю, азоту, сірки. При витоках через нещільності в запірній арматурі, через пошкодження газопроводів в повітря робочої зони можуть надходити вуглеводні - метан, етан, пропан і т.д. - компоненти природного газу.

Гранично допустимі концентрації цих речовин і фактичні їх концентрації в повітрі робочої зони котельні представлені в табл. 4.1.

При спалюванні органічного палива, в тому числі в котельні, можуть траплятися гострі і хронічні отруєння оксидом вуглецю. Оксид вуглецю (СО) є продуктом неповного згорання органічного палива. Потрапляючи в організм людини, СО реагує з гемоглобіном, утворюючи карбоксигемоглобін. При цьому різко знижується здатність крові переносити кисень до тканин, може наступити кисневе голодування. Симптоми отруєння: сонливість, головний біль, у важких випадках - втрата свідомості.

Сірчистий ангідрид (SO₂) - продукт згорання сірки, що міститься в паливі. Це газ дратівної дії. Підвищений вміст сірчистого ангідриду має місце при спалюванні газу з високим вмістом сірки.

Оксиди азоту утворюються в зоні високих температур при окисленні азоту повітря. Потрапляючи в організм, оксиди азоту викликають роздратування і опік слизових оболонок. З'єднуючись з гемоглобіном крові, оксид азоту NO₂ утворює метгемоглобін, перешкоджаючи переносу кисню кров'ю. У постраждалих відзначається кашель, задуха, задишка, головний біль, серцева недостатність. У важких випадках може розвинутися набряк легень.

Метан - основна складова частина природного газу. Може викликати наркотичну дію. У великих концентраціях - задуха. Газ вибухонебезпечний. Аналогічними властивостями володіють етан, пропан і інші граничні вуглеводні.

Таблиця 4.1 - Токсичні речовини повітря робочої зони котельні

Речовина	Формула	ГДК, мг/м ³	Фактична концентрація, мг/м ³
Оксид вуглецю	СО	20	7
Оксид азоту	NO ₂	2	1,5
Оксид азоту (в перерахунок на діоксид)	NO _x	5	6
Оксид сірки	SO ₂	10	2
Метан	CH ₄	300	10
Етан	C ₂ H ₆	300	<5

В котельні існує розвинене електрогосподарство - електродвигуни насосів, димососів, вентиляторів, КВПіА, освітлювальна мережа. Для силового обладнання застосовується напруга 380/220 В, що є небезпечним для життя.

Робота димососів, вентиляторів, газових пальників створює в котельні шум і вібрацію. Шум за своїм походженням є механічним (вентилятори, димососи), аеродинамічним (рух газу і пари в трубах, продуктів згорання в топці і газоходах), термічним (пальники). За частотним характеристикам шум - середнечастотний. Максимальний рівень звукового тиску спостерігається поблизу димососів і дутьових вентиляторів - 80 ... 86 дБА, що іноді перевищує гранично допустимий - 80 дБА

Вібрація в котельні є спільною, технологічної, категорії 3 а. Гранично допустимий рівень для частот > 16 Гц складає 92 дБ. Фактичний рівень не перевищує 65 дБ.

Поверхні котлів, газоходів, трубопроводів гарячої води є джерелами тепловиділень, що створює в теплий період року підвищену температуру повітря робочої зони - 28 ... 32 ° С.

4.3 Заходи щодо усунення шкідливих і небезпечних факторів

Проникнення токсичних продуктів згорання в повітря робочої зони запобігає дотриманням правил експлуатації котельних установок. Необхідно щоб пальники були справні, коефіцієнт витрати повітря відповідав заданому, розрідження в топці підтримувалося на належному рівні.

Для запобігання виникненню аварійної ситуації котли оснащені приладами контролю, захисту та сигналізації. Автоматика безпеки спрацьовує при згасанні факела, при падінні тиску газу нижче допустимого значення, при відключенні димососа і припинення тяги, при відключенні дутьового вентилятора.

Для захисту від вибуху при підвищенні тиску в водяному тракті встановлюються два запобіжних клапана важільного або пружинного типу.

Один з клапанів є контрольним, інший - робочим. Контрольний запобіжний клапан відкривається при підвищенні тиску на 2% вище розрахункового. Якщо тиск продовжує підвищуватися, відкривається робочий клапан. Він спрацьовує при тиску на 10% вище розрахункового.

Для запобігання витоку газу через зварні з'єднання та запірну арматуру, газопроводи проходять випробування на герметичність.

Трубопроводи гарячої води піддаються гідравлічним випробуванням під тиском на 25% перевищує робочий.

Боротьба з шумом і вібрацією, що виникають при роботі пальників полягає в їх надійному кріпленні. Конструкція пальників повинна забезпечувати плавний вхід потоку і зіткнення повітряної і газової суміші під можливо меншим кутом і з близькими швидкостями.

Зниження рівня шуму забезпечується об'ємно-планувальними рішеннями: застосуванням дистанційного управління, відділенням приміщення для обслуговуючого персоналу від котельного залу цегляною стіною.

Зниження рівня вібрації досягається установкою димососів і дуттьових вентиляторів на віброізолюваному фундаменті в окремих приміщеннях.

Основні заходи захисту від надлишкового тепла: теплоізоляція котлів, газоходів, трубопроводів гарячої води; загально обмінна вентиляція, місцева припливна вентиляція на пультах управління.

4.4 Природне і штучне освітлення

Для створення безпечних і нешкідливих умов праці велике значення має освітлення виробничих приміщень. Недостатнє освітлення може призвести до нещасного випадку через те, що працівник не помітить небезпечний фактор. Тривала робота в умовах поганого освітлення веде до зниження гостроти зору. З іншого боку, сліпуча яскравість при неправильній організації освітлення також може сприяти нещасних випадків і приводити до погіршення зору.

Всі роботи всередині приміщень діляться на 8 розрядів - I розряд

відповідає роботам найвищої точності, VIII - нижчої. Згідно майданчика обслуговування котлів відносяться до VI розряду зорових робіт. До такого ж розряду відносяться приміщення димососів, вентиляторів, хімводоочищення. Пульт управління повинен бути освітлений згідно розряду IVт. У котельні використовується бічне природне освітлення.

Освітленість від штучних джерел світла повинна бути не менше 100 лк для майданчиків обслуговування котлів, приміщень вентиляторів, димососів, 10 лк для майданчиків і сходів котлів, проходів за котлами і 300 лк для шкал вимірювальних приладів. Система освітлення - загальна.

У пульта управління додатково застосовуються світильники місцевого освітлення.

У разі відключення робочого освітлення в котельній передбачено аварійне від незалежного джерела енергії. Освітленість, створювана аварійним освітленням, повинна становити не менше 5% від робочої освітленості, але в будь-якому випадку не менше 2лк.

Для системи загального робочого освітлення приймаємо ртутні лампи ДРЛ-400, для місцевого освітлення пульта управління - люмінесцентні лампи ЛБ, для аварійного освітлення - лампи розжарювання Г220-200.

4.5 Вентиляція

Одним з ефективних способів боротьби з тепло надлишком і виділеннями шкідливих речовин в повітря робочої зони є вентиляція. Вентиляція повинна забезпечити допустимі норми метеорологічних умов в котельні.

Роботи, що виконуються в котельні по енерговитратах можна віднести до категорії 2а - середньої тяжкості. Допустимі і оптимальні значення метеоумов для даної категорії наведені в табл. 3.3.

В котельні застосовується механічна припливна загальнообмінна вентиляція. Кратність вентиляції 7 ч-1, т. е. Протягом години повітря в приміщенні котельні обмінюється 7 разів.

Витяжна вентиляція - природна, здійснювана за допомогою дефлекторів. Дефлектори монтують над вентиляційної витяжною трубою на покрівлі. Конструкція дефлектора забезпечує розрідження на його виході при наявності вітру. Чим вище швидкість вітру, тим більше розрідження, і тим ефективніше працює витяжка.

У приміщенні пульта управління пропонується застосувати кондиціонування повітря.

Нормативні параметри зведені у таблицю 4.2.

Таблиця 4.2 - Нормативні параметри повітряного середовища

Пора року	Температура °C	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/сек	Температура на непостійних роб.місцях, °C
Допустимі: холодний теплий	17...23 18...27	< 75 60 (при 27 °C) < 65 (при 26 °C) < 70 (при 25°C) 75 (при <24 °C)	< 0,3 0,2...0,4	15.. .24 17.. .29
Оптимальні холодний теплий	19...21 21...23	40...60 40...60	<0,2 <0,3	--

4.6 Пожежна безпека

У розглянутій котельні застосовуються такі небезпечні в пожежному відношенні речовини і матеріали як природний газ (область займання 5 ... 17%, температура самозаймання 530°C), гумова і пластикова електрична ізоляція, мінеральні масла в системах змащення і гідроприводу різних механізмів

(температура спалаху 150 ... 180°C).

Основні причини пожеж в котельнях: несправність або неправильна експлуатація електрообладнання; вибухи газоповітряної суміші всередині котлів; порушення протипожежного режиму при виконанні зварювальних робіт; вибухи природного газу при його витоках.

Приміщення котельні відноситься до категорії Г - пожежна небезпечні, так як в технологічних агрегатах (котлах) спалюється природний газ як паливо.

У забезпеченні пожежної безпеки велику роль грає пожежна профілактика - система організаційних заходів, що проводяться з метою попередження пожеж, створення умов для евакуації людей з палаючих будівель і швидкого гасіння пожеж.

Категорії виробничих і складських приміщень і ступеня вогнестійкості будівель наведені в табл. 4.3.

Таблиця 4.3 - Характеристика пожежної безпеки основних об'єктів котельні

Споруда (приміщення)	Категорія	Ступінь вогнестійкості
Котельний зал	Г	Ша
Приміщення хімводоочищення	Д	Ш
Матеріальний склад	В	П
Газорозподільний пункт	А	П

Шляхи, під'їзди до будівель, споруд, джерел зовнішнього протипожежного водопостачання, доступ до первинних засобів пожежогасіння (пожежним щитам, вогнегасників), повинні бути завжди вільними, перебувати в справному стані.

Для полегшення і прискорення виявлення в нічний час протипожежного обладнання, гідрантів, входів у споруд, територію котельні необхідно добре освітлювати.

До технічних заходів відноситься використання необхідних засобів захисту, устаткування потрібного типу і в відповідному виконанні.

Попередження виникнення в електричних мережах аварійних режимів (коротких замикань, перевантажень) здійснюється за допомогою спеціальних апаратів захисту - плавких запобіжників, автоматичних вимикачів. Апарати захисту встановлюються в окремих пожежонебезпечних приміщеннях для розподільних пристроїв і приладів.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Котельные установки : учебное пособие для студентов энергетических специальностей вузов. Москва, Энергия, 1977. 432 с.
2. Виноградов-Салтиков В.А., Федоров В.Г., Марченко В.П. Обобщение данных по потерям тепла водогрейными котлами. *Новости теплоснабжения*, Москва : Гзетное издательство, 2004. №11. С. 23-25.
3. Драганов Б.Х., Долінський А.А., Міщенко А.В., Письменний Є.М. Теплотехніка : підручник. Київ : ІНКІОС, 2005. 504 с.
4. Пирков В.В. Сучасні теплові пункти. Автоматика та регулювання. Київ, ІІ ДП «Такі справи», 2007. 252с.
5. Карауш С.А. Теплогенерирующие установки систем теплоснабжения: учебное пособие для студентов вузов. Томск : Томский государственный архитектурно-строительный университет, 2003. 161 с.
6. Сердюк Л.С. Методичні вказівки до виконання організаційної і економічної частин дипломних проектів для студентів ЗДІА спеціальності 7.090510 «Теплоенергетика» денної та заочної форм навчання. Запоріжжя, 2017. 15 с.
7. Эстеркин Р.И. Промышленные котельные установки. Москва, Энергоатомиздат, 1985. 400 с.
8. Бузников Е.Ф., Роддатис К.Ф., Берзиньш З.Я. Производственные и отопительные котельные. Москва : Энергоиздат, 1984. 248 с.
9. Варламов Г.Б., Любчик Г.М., Мшяренко В.А. Теплоэнергетичні установки та екологічні аспекти виробництва енергії : підручник. Київ: ТВІ Видавництво Політехніка, 2003. 232 с.
10. Эстеркин Р.И. Котельные установки. Курсовое и дипломное проектирование: Учебное пособие для техникумов. Москва, Энергоатомиздат, 1989. 280 с.
11. Теплоэнергетика и теплотехника: Общие вопросы. Справочник под общ. ред. В.А. Григорьева и В.М. Зорина. Москва : Энергия, 1980. 224 с.

12. Норми та вказівки по нормуванню витрат палива та теплової енергії на опалення житлових та громадських споруд, а також на господарсько- побутові потреби в Україні КТМ 204 Україна 244-94.
13. Покотилов В.В. Посібник з розрахунку системи опалення. Вена. 2008. 161с.
14. Любарець О.П., Зайцев О.М., Любарець В.О. Проектування систем водяного опалення. Київ. 2010. 201 с.
15. Покотилов В.В. Регулюючі клапани автоматизованих систем теплота холодопостачання. Вена. 2017. 232с.
16. Крючков Є.М. Проектування системи тепlopостачання. Запоріжжя. 2010. 300с.
17. Крупнов Б.А., Шарафадінов М.С. Посібник з проектування систем опалення, вентиляції та кондиціонування. Москва. 2008. 220с.
18. Любарець О.П. Проектування системи опалення/ Любарець О.П., Зайцев О.М., Вена, 2008. 201с.
19. ОптимЕнерго, ЧЗФ. Енергоаудит підприємств централізованого теплоснабження, 2013.
20. Буряк М.В. Енергетичний менеджмент / Буряк М.В., Дзядикевич Ю.В., Розум Р.І., Тернопіль: Економічна думка, 2010. 123с.
21. Прокопенко В.В., Закладний О.М., Кульбачний П.В. Енергетичний аудит з прикладами та ілюстраціями : авчальний посібник. Освіта України, 2009. 438с.
22. Любарець О.П. Книга проєктувальника. Вена. 2008. 196с.
23. Чучалин М.П. Впровадження енергозберігаючих та енергоефективних технологій у сучасному будівництві. *Міжнародний науковий журнал Інтернаука*. 2017. № 1 (23). 38с.
24. Щекин Р.В. Отопление и теплоснабжение. 4-е изд., перераб. и доп. Киев: Будівельник, 1976. 416с.
25. Матказіна Р.Р., Чижов С.Є. Опалення, вентиляція та кондиціонування повітря. Запоріжжя : ЗДІА, 2018. 77с.

26. Богословский В.Н., Сканава А. Н. Отопление : учеб. для вузов. Москва : Стройиздат. 1991. 735 с.
27. Желих В.М., Возняк О.Т., Юркевич Ю.С. Особливості опалення виробничих приміщень. *Теорія і практика будівництва*. Національний університет «Львівська політехніка». 2007. № 602. С. 57-61.
28. Тихомиров К.В. Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция. Москва : Стройиздат, 1981. 68 с.
29. Богословский В.Н. Отопление и вентиляция. Москва : Стройиздат. 1980. 112 с.
30. Черков А.П. Справочник проектировщика. Часть 1 Отопление. Москва : Стройиздат. 1990. 168 с.
31. Падалка Д.Г., Тимакова Т.М., Данильченко В.Д. Опалення від А до Я. Київ. 2010. 47с.
32. ДБН В.2.5-67:2013. Інформація та документація. Опалення, вентиляція та кондиціонування. Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013.
33. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Інформація та документація. Будівельна кліматологія. Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. 127 с.
34. ДБН В.2.5-74:2013. Інформація та документація. Водопостачання зовнішні мережі та споруди. Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. 180с.
35. ДБН В.2.5-64:2012. Інформація та документація. Внутрішній водопровід та каналізація. Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. 113с.
36. ДСТУ Б А.2.4-41:2009. Інформація та документація. Опалення, внтиляція і кондиціювання повітря. Мінрегіонбуд Укрнаїни, 2009. 32с.
37. ДБН В.2.6-31:2016. Інформація та документація. Теплова ізоляція будівель. Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, Київ. 2017.
38. ДСТУ-Н Б А.2.2-13:2015. Інформація та документація.

Енергетична ефективність будівель. Настанова з проведення енергетичної оцінки будівель. Мінрегіонбуд України, Київ. 2015. 29с.

39. ДБН В.2.2-15-2005 Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення. Державний комітет України з будівництва та архітектури, Київ, 2005.

40. ДБН В.2.6 - 31:2006. Конструкції будинків і споруд “Теплова ізоляція будівель” зі зміною № 1 від 1 липня 2013 р.: Мінбуд України, Київ, 2006.

41. ДСТУ Б EN 15251:2011 Розрахункові параметри мікроклімату приміщень для проектування та оцінки енергетичних характеристик будівель по відношенню до якості повітря, теплового комфорту, освітлення та акустики (ІEN 15251:2007, IDT).