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

КАФЕДРА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА КІБЕРФІЗИЧНИХ СИСТЕМ

Кваліфікаційна робота

другий магістерський
(рівень вищої освіти)

на тему: «Модернізація котельні Запорізького моторвагонного депо з метою підвищення рівня енергоефективності системи опалення »

Виконав: студент II курсу,
групи 8.1443-дн
спеціальності теплоенергетика
освітньої програми теплоенергетика
Чернявський Євген Іванович
(ініціали та прізвище)

Керівник доц., к.т.н., Таратута К.В.
(вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент доц., к.т.н. Воляр Р.М.
(вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя
2024

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

Кафедра Електричної інженерії та кіберфізичних систем

Рівень вищої освіти другий магістерський

Спеціальність 144 Теплоенергетика

Освітня програма Теплоенргетика

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри _____
«____»_____20___року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ
Чернявському Євгену Івановичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проекту) «Модернізація котельні Запорізького моторвагонного депо з метою підвищення рівня енергоефективності системи опалення».
Керівник роботи доц., к.т.н., Таратута Костянтин Васильович
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом ЗНУ від «_28_»_лютого_2024 року №361-с

1 Строк подання студентом роботи 12 грудня 2024 року.

2 Вихідні дані до роботи: Ознайомитись з параметрами обладнання котельні. Провести оцінку стану використання енергетичних ресурсів в котельні.

3 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Розробка організаційно - технічних заходів спрямованих на зниження споживання енергетичних ресурсів. Економічне обґрунтування запропонованих організаційно - технічних рішень .

4 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): Титульний аркуш, мета та завдання роботи, пристрій обладнання ,

обробка теоретичних і експериментальних результатів досліджень, граф
витрат енергоресурсів.

6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада Консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Таратута К.В., доц. каф. ЕІКФС		
Розділ 2	Таратута К.В., доц. каф. ЕІКФС		
Розділ 3	ТаратутаК.В., доц. каф. ЕІКФС		
Розділ 4	Таратута К.В., доц. каф. ЕІКФС		

7 Дата видачі завдання 01.03.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Прим
1	Ознайомлення з параметрами обладнання котельні	9.09.2024	
2	Оцінка стану використання енергетичних ресурсів у котельні	7.10.2024	
3	Розробка організаційно - технічних заходів спрямованих на зниження споживання енергетичних ресурсів	21.10.2024	
4	Характеристики модульної котельні	4.11.2024	
5	Економічне обґрунтування запропонованих організаційно - технічних рішень	15.11.2024	

Студент _____ Є.І.Чернявський_____
(підпис) (ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проекту) _____ К.В.Таратута___
(підпис) (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер _____ ____С.В. Башлій____
(підпис) (ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Чернявський Є.І. Модернізація котельні Запорізького моторвагонного депо з метою підвищення рівня енергоефективності системи опалення. Кваліфікаційна робота магістра на здобуття вищої освіти за спеціальністю 144 «Теплоенергетика», науковий керівник К.В.Таратута, Запорізький національний університет, Інженерний науково - навчальний інститут ім. Ю.М. Потебні, кафедра електричної інженерії та кіберфізичних систем, Запоріжжя, 2024.

В дипломній роботі розглянуто котельню Запорізького моторвагонного депо, яка призначена для забезпечення потреб підприємства у тепловій енергії. Враховуючи потребу підвищення енергоефективності, проведено вдосконалення роботи котельні через впровадження енергозберігаючих заходів. На основі аналізу роботи основного обладнання котельні та розгляду варіантів модернізації було обрано рішення - встановлення модульної котельні з водогрійними жаротрубними котлами загальною потужністю 3,0 МВт. В роботі детально описано основне та допоміжне обладнання, приведено показники витрат енергоносіїв, а також виконано фінансову оцінку запропанованих енргозберігаючих рішень. Поставлену задачу підвищення енергоефективності системи опалення вирішено шляхом реалізації технічних та економічних заходів.

Ключові слова: ГАЗОПОСТАЧАННЯ, ДЕАЕРАЦІЙНА УСТАНОВКА, МОДУЛЬНА КОТЕЛЬНЯ, ОПАЛЕННЯ, ПАРОВИЙ КОТЕЛ, ПРОДУКТИВНІСТЬ, ХІМВОДОПІДГОТОВКА, ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ

ПЕРЕЛІК ОПУБЛІКОВАНИХ АВТОРОМ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ МАГІСТРА

Карпенко Г.В. Чернявський Є.І. Енергоефективні шляхи модернізації систем опалення промислових підприємств Матеріали Всеукраїнської науково - практичної конференції за участю молодих учених та здобувачів вищої освіти «Актуальні питання суспільства у сферах екологічної та

цивільної безпеки, енергозбереження, менеджменту та економіки.» Запорізький національний університет. Запоріжжя: ЗНУ, 2024.с.54

Чернявський Є.І. Дослідження енергетичних та екологічних аспектів використання інфрачервоного опалення на підприємства. Збірник наукових праць студентів, аспірантів, докторантів і молодих вчених . Молода наука-2024.у 5т./ Запорізький національний університет. Запоріжжя: ЗНУ, 2024. с.125-127.

ABSTRACT

Chernyavskyi Y.I. Modernization of the Boiler Room of the Zaporizhzhia Railcar Depot in Order to Increase the Level of Energy Efficiency of the Heating System.

Master's thesis for obtaining higher education in the specialty 144 "Thermal Power Engineering", scientific supervisor K.V. Taratuta, Zaporizhzhia National University, Yuriy M. Potebnya Engineering and Science Educational Institute, Department of Electrical Engineering and Cyber-Physical Systems, Zaporizhzhia, 2024.

This thesis examines the boiler house of the Zaporizhzhia Motorcar Depot, designed to meet the company's heat energy needs. Given the need to increase energy efficiency, the work of the boiler house was improved by implementing energy-saving measures. Based on the analysis of the operation of the main equipment of the boiler house and the consideration of modernization options, a solution was chosen - the installation of a modular boiler house with water-heating fire-tube boilers with a total capacity of 3.0 MW. The thesis provides a detailed description of the main and auxiliary equipment, presents the energy carrier consumption indicators, and includes a financial evaluation of the proposed energy-saving solutions. The task of improving the energy efficiency of the heating system was solved through the implementation of technical and economic measures.

Keywords: GAS SUPPLY, DEAERATION UNIT, MODULAR BOILER HOUSE, STEAM BOILER, PRODUCTIVITY, CHEMICAL WATER TREATMENT, ENERGY CONSUMPTION, HEATING

ЗМІСТ

ВСТУП..... 10
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ДОСЛІДЖУВАНОГО ОБ'ЄКТА..... 12
1.1 Загальні відомості…….. 12
1.2 Параметри парових котлів ДЕ-6,5-14ГМ……... 14
1.3 Будова котла ДЕ-6,5-14ГМ……... 15
1.4 Характеристики насосів…… 21
1.5 Хімічне водоочищення котельні ……. 22
1.5.1 Загальна інформація про хімічну водопідготовку ……. 22
1.5.2 Установка натрій - катіонування води…….. 24
1.5.3 Принцип роботи натрій-катіонітових фільтрів…… 25
1.5.4 Зберігання та розчинення солі……..……. 28
1.6 Деаераційна установка ……. 28
1.7.Аналіз енергоспоживань…… 30
1.8 Висновки до розділу 1…… 32
2 ВИБІР ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ РІШЕНЬ…… 33
2.1 Вибір типу котельні…….. 33
2.2 Вибір виду палива…….. 35
2.3 Вибір типу котлів…….. 36
2.4 Висновки до розділу 2…….. 39
3 МОДУЛЬНА КОТЕЛЬНА……... 41
3.1 Загальні відомості……. 41
3.2 Теплова схема котельні……. 44
3.3 Основне обладнання модульної котельні…… 47
3.3.1 Технічна характеристика і пристрій жаротрубного котла….. 47
3.3.2 Принцип дії котла …….. 49
3.3.3 Технічна характеристика котла колві 1500…….. 50
3.3.4 Характеристики пальникового пристрою котла Колві -1500. 51
3.3.5 Характеристики пульта керування ……. 51

3.3.6 Допоміжнє обладнання котла …….. 52
3.3.7 Газоповітряний тракт……. 53
3.4 Автоматизація водогрійної частини…… 53
3.5 Допоміжне обладнання модульної котельні…….. 56
3.5.1 Водопідготовка для водогрійних котлів…….. 56
3.5.2 Бойлерна…….. 63
3.6 Газопостачання котельні…….. 66
3.6.1 Загальні відомості…….. 66
3.6.2 Комерційний вузол обліку газу…… 68
3.6.3 Зовнішній газопровід…… 68
3.6.4 Автоматизація газової частини……. 69
3.6.5 Автоматизація вузла обліку природногогазу……. 70
3.7 Електрообладнання котельні…… 70
3.7.1 Силове електрообладнання…… 70
3.7.2 Внутрішнє електричне освітлення…… 73
3.7.3 Світлове огородження димової труби…….. 73
3.8 Опалення котельні…… 74
3.9 Вентиляція…… 74
3.10 Склад обслуговуючого персоналу котельні…… 76
3.11 Висновки до розділу 3…… 77
4 ФІНАНСОВА ОЦІНКА ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧОГО ПРОЕКТУ 78
4.1 Розрахунок фінансової оцінки……. 78
4.2 Висновки до розділу 4…….. 86
5 ОХОРОНА ПРАЦІ…… 87
5.1 Загальні відомості щодо безпеки праці…….. 87
5.2 Основні небезпечні фактори в котельні…….. 87
5.3 Заходи з забезпечення безпеки…… 88
5.4 Пожежна безпека…….. 90
ВИСНОВКИ……. 93
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ…….. 94

Додаток А Таблиця коефіцієнту дисконтування ……. 98
Додаток Б……. 99

ВСТУП

Актуальність дослідження. Сучасна енергетична ситуація характеризується різким зростанням цін на енергоносії та погіршенням екологічної ситуації , що ускладнює охорону навколишнього середовища від шкідливого впливу теплогенеруючих установок. Енергозбереження та ефективне використання ресурсів є важливими напрямками наукових досліджень у галузі споживання паливно - енергетичних ресурсів. Споживання природного газу в промисловому секторі України залишається значним, і основна частина енергетичних проблем вирішується завдяки його застосуванню для виробництва тепла і енергії. Питання раціонального використання енергоносіїв та впровадження енергозберігаючих технологій стає все більш актуальним. Запровадження сучасного котельного обладнання, включаючи котли, фільтри, насоси та автоматичні системи управління, дозволяє зменшити споживання природного газу та електричної енергії.

Об'єкт дослідження. Котельня Запорізького моторвагонного депо м. Запоріжжя.

Предмет дослідження. Оцінка можливих методів підвищення рівня енергоефективності системи опалення підприємства.

Мета роботи. Модернізація котельні з метою підвищення рівня енергоефективності системи опалення.

Задачі дослідження. Для реалізації поставленої мети в роботі передбачається вирішення таких основних завдань:

- аналіз ефективності використання енергоресурсів у котельні;

- розробка заходів організаційного та технічного характеру для зниження енергоспоживання;

- економічне обґрунтування запропонованих рішень.

Методи та засоби дослідження. Упрцесі дослідження була проаналізована технічна документація, яка містить інформацію про роботу

котельні та витрати енергетичних ресурсів,характеристики та параметри обладнання. Також були враховані нормативні показники, визначені в інших джерелах, що стосуються теплоенергетики.

Наукова новизна отриманих результатів. Запропоновані заходи та проведені розрахунки показали, що заміна парових котлів на водогрійні, значно підвищить енергоефективність системи опалення. Це дозволить оптимізувати виробництво тепла з економією енергоресурсів і забезпечити більш ефективне використання котельні.

Практичне значення одержаних результатів. Отримані результати роботи мають практичне значення і можуть бути застосовані під час реконструкції та модернізації котельні для підвищення рівня енергетичної ефективності. Результати дослідження допоможуть визначити оптимальну систему опалення та гарячого водопостачання з мінімальними енергетичними витратами.

Особистий внесок здобувача. Автором було здійснено теоретичні дослідження .У процесі роботи були розроблені основні ідеї, сформульовані завдання, обґрунтовані припущення, виконано теоретичний аналіз та розгляд результатів, а також підготовлено висновки на основі проведеного дослідження.

Апробація роботи. Результати роботи представлені на Всеукраїнській науково - практичній конференції за участю молодих учених та здобувачів вищої освіти «Актуальні питання суспільства у сферах екологічної та цивільної безпеки, енергозбереження, менеджменту та економіки.»[41] та в Збірнику наукових праць студентів, аспірантів, докторантів і молодих вчених «Молода наука-2024» [40].

Структура та обсяг роботи. Магістерська робота включає вступ, п’ять розділів, висновки та перелік джерел посилань з 41 позиції. Загальний обсяг складає 99 сторінок, у тому числі 15 рисунків та 19 таблиць.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ДОСЛІДЖУВАЛЬНОГО ОБ'ЄКТА

1.1 Загальні відомості

Котельня АТ «Українська залізниця» знаходиться в м. Запоріжжя і призначена для забезпечення потреб теплопостачання Моторвагонного депо. На котельні встановлено парові котли ДЕ - 6,5 - 14ГМ - 2шт., які експлуатуються для вироблення теплоносія в опалювальний період (рис.1.1).



Рисунок 1.1 - Парові котли ДЕ - 6,5 - 14 ГМ котельні депо

В котельні є ділянка хімводопідготовки, де встановлено 4 натрій - катіонітні фільтри, деаератор з деаераційною атмосферною колонкою.

Паливом для котельні служить природний газ. Газопостачання котельні передбачено від ввідного газопроводу діаметром 89 х 3 мм. Тиск газу на вводі 3,0 - 1,0 кгс/см^2 (0,3 - 0,1 МПа), теплотворна здатність газу - 8050 ккал/нм^3, щільність - 0,7 кг/нм^3. Місто Запоріжжя розташовано у II південно -

східному кліматичному районі. Розрахункова зимова температура зовнішнього повітря складає - 21°С.

Нормативні навантаження [12]:

- снігове нормативне навантаження для 3 снігового району 1200 Па/м^2;

- вітрове нормативне навантаження для 3 вітрового району 500 Па/м^2;

- нормативна глибина промерзання ґрунтів - до 1,5 м [1].

Тривалість опалювального періоду складає 166 діб.

Наразі на підприємстві, для отримання тепла, працює котельня, яка надає тепло на технологію і опалення. Котельня розміщена окремо в одноповерховій будівлі, яка має незадовільний технічний стан, через постійні вібраційні навантаження, внаслідок близькості залізничних колій, по яким виконується переміщення залізничного рухомого складу, та потребує капітального ремонту. Необхідно виконати посилення фундаменту, усунути тріщини в стінах будівлі та ремонт м'якої покрівлі. Розміри котельні 45,6 м×15,8 м висотою 6,9 м. Площа будівлі - 687,2 м², об'єм - 4536,4 м³.

Найбільшими технологічними споживачами пару у депо були:

- парове опалення виробничих приміщень;

- мийна машина колісних пар, візків, підшипників, букс та інших деталей;

- пральний комплекс;

- пропарка цистерн палива.

У зв'язку з тим, що на підприємстві через зміни в технологічному процесі і переходу з парового на водяне опалення, більше нема потреби в постійному використанні пари, були встановлені електричні парогенератори і в літній період ГВП забезпечується проточними електричними водонагрівачами, які розміщенні безпосередньо в приміщеннях споживачів (душові, туалети, кімнати відпочинку), використання парових котлів обмежено опаленням виробничих приміщень в опалювальному періоді. У зв'язку з тим, що зменшилась кількість будівель, в порівнянні з тими які опалювались від котельні на момент впровадження парових котлів в 1997

році, в опалювальний період використовується по черзі тільки один котел і при цьому, через необхідність постійної економії газу, потужність котла використовується в середньому на 30 - 50 %, без можливості точного регулювання витрат палива при споживанні газу на мінімальному рівні, що знижує ефективність роботи котельні.

1.2 Параметри парових котлів ДЕ - 6,5 - 14 ГМ

Технічна характеристика котла ДЕ - 6,5 -14 ГМ зведена в таблицю 1.1.

Таблиця 1.1 - Технічна характеристика котла ДЕ - 6,5 - 14 ГМ

Найменування	Одиниця виміру	ДЕ - 6,5 - 14 ГМ
Номінальна теплопродуктивність	Гкал/год	3,55
Номінальна паропродуктивність	т/год	6,5
Надлишковий тиск насиченої пари	МПа	1,3
Витрата палива: природного газу	м ³ /год	466
Температура відхідних газів	°С	156
Коеффіцієнт корисної дії	%	92
Розміри топкової камери	мм	2400 х 1790
Конвективна поверхня нагріву	$м^2$	66,6
Радіаційна поверхня нагріву	$м^2$	24,6
Об'єм води в котлі	$м^3$	5,6
Робочий тиск	МПа	1,3
Температура пари	°С	194
Температура живільної води	°С	100
Розміри котла: - довжина - ширина - висота	мм	 4280 2970 4030
Сесмостійкість	бал	9

1.3 Будова котла ДЕ - 6,5 - 14 ГМ

Парові котли серії ДЕ призначені для виробництва насиченого або перегрітого пара, який використовують у різних технічних процесах на промислових підприємствах, а також для потреб опалення і гарячого водопостачання. Котли цієї серії мають двобарабанну вертикальну водотрубну конструкцію за схемою «Д», з характерною особливістю, що полягає в розташуванні конвективної частини котла збоку від топкової камери.

Основними компонентами котла є верхній і нижній барабани, конвективний пучок і лівий топковий екран, які формують топкову камеру, що включає газонепроникну перегородку, правий екран, екрануючі труби передньої стінки та задній екран (рис. 1.2) [9].

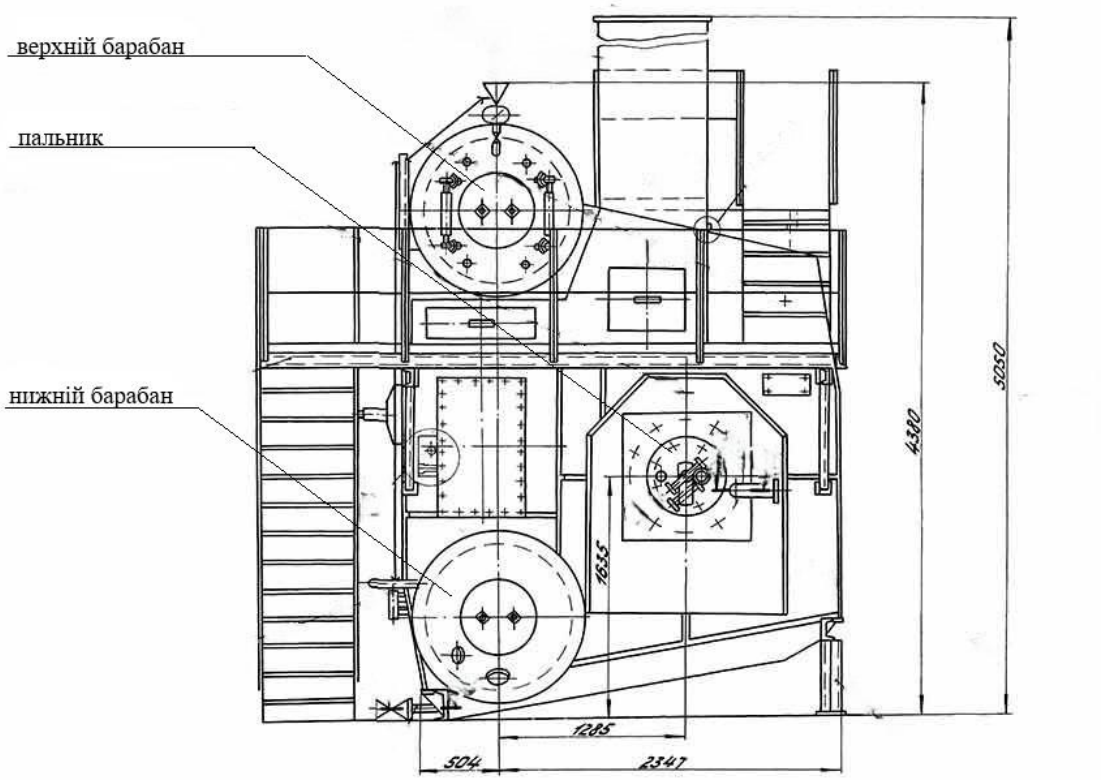


Рисунок 1.2 - Пристрій котла ДЕ - 6,5 - 14 ГМ

У всіх варіантах котлів діаметр верхнього та нижнього барабанів складає 1000 мм. Довжина циліндричної частини барабанів збільшується залежно від пароємності котла. Міжцентрова відстань між барабанами — 2750 мм. Барабани виготовляються зі сталі товщиною 13 мм і призначені для роботи при абсолютному тиску 1,4 МПа (14 бар). Для забезпечення доступу до внутрішньої частини барабанів передбачено люки в передніх і задніх днищах.

Конвективний пучок складається з вертикальних труб діаметром 51 мм і товщиною стінки 2,5 мм, розташованих коридорно та з'єднаних з верхнім і нижнім барабанами. Довжина пучка вздовж барабанів становить 90 мм, а поперечна - 110 мм, за винятком середнього кроку, який розташований по осі барабанів і має величину 120 мм. Труби зовнішнього ряду пучка встановлені з поздовжнім кроком 55 мм. На вході в барабани труби відкриваються у два ряди отворів.

Для забезпечення необхідних швидкостей газів у конвективних пучках котлів з пароємністю 6,5 т/год встановлюються поздовжні ступінчасті сталеві перегородки. Конвективний пучок відокремлений від топкової камери щільною перегородкою (лівий екран печі), у задній частині якої є вікно для проходу газів у пучок. Труби газонепроникної перегородки правого бічного екрану, які формують перекриття топкової камери, а також екрануючі труби передньої стінки з'єднуються з верхнім і нижнім барабанами.

Середня висота топкової камери складає 2400 мм, а ширина - 1790 мм. Глибина камери збільшується з підвищенням пароємності котлів.

Труби правого екрану печі діаметром 51х2,5 мм встановлюються з довгим кроком 55 мм. На вході в барабани труби відкриваються у два ряди отворів. Екранування передньої стінки виконано з труб діаметром 51х2,5 мм. Газонепроникна перегородка виготовлена з труб діаметром 51х4 мм, встановлених з кроком 55 мм. Вертикальна частина перегородки герметизується металевими кріпленнями, привареними між трубами. Ділянки розподілу труб на вході в барабани герметизуються металевими пластинами,

привареними до труб і шамотобетону. Основна частина труб, конвективний пучок і правий екран печі, а також екрануючі труби передньої стінки з'єднані з барабанами методом прокатки. Труби газонепроникної перегородки, а також частина труб правого екрану печі і зовнішнього ряду конвективного пучка, які встановлюються в отвори, розташовані в зварних швах або зоні зварювання, приварюються до барабанів електрозварюванням.

Котли паропродуктивністю 6,5 т/год виготовляються за одноступінчастою схемою випаровування. Знижуючою ланкою циркуляційних контурів таких котлів є останні ряди конвективних пучкових труб, які розташовані в газовому потоці і мають найменше нагрівання.

У водному просторі верхнього барабана розміщена живильна труба та напрямні щити, а в паровому обсязі - розділові пристрої. У нижньому барабані встановлено пристрій для парового нагріву води під час розпалювання, а також труби для зливу води (рис. 1.3) [9].

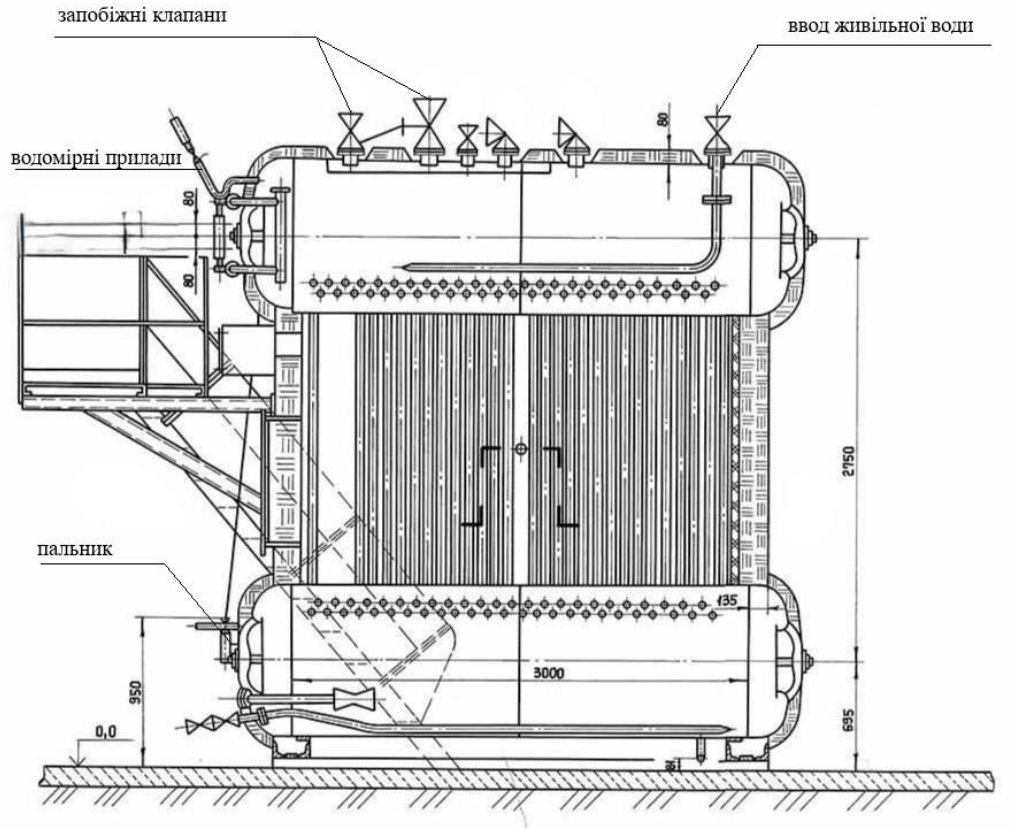


Рисунок 1. 3 - Схема котла ДЕ - 6,5 - 14 ГМ

В якості первинних розділових пристроїв використовуються направляючі щити і навіси, встановлені у верхньому барабані, що забезпечують відведення пароводяної суміші до рівня води. В якості вторинних сепараційних пристроїв використовується перфорований лист і сепаратор жалюзі. Щитки відбійних молотків, напрямні козирки, жалюзійні сепаратори і перфоровані листи виконані знімними для можливості повного контролю і ремонту прокатних з'єднань труб з барабаном.

У котлах паропродуктивністю 6,5 т/год передбачено безперервну продувку з нижнього барабана та періодичну продувку з нижнього колектора заднього сита. Димові гази виводяться через вікно, розташоване на задній стінці котла.

Котли оснащені стаціонарними повітродувками для очищення зовнішньої поверхні конвективних променевих трубок від відкладень. Повітродувка має трубку з форсунками, яку необхідно обертати під час продування. Зовнішня частина апарату кріпиться до обшивки лівої конвективної стінки котла, а кінець продувної трубки підтримується гільзою з привареним до трубки пучком. Обертання видувної трубки здійснюється вручну за допомогою маховичка і ланцюга.

Для піддування котлів використовується насичений або перегрітий пар, що працює під тиском не менше 7 бар. Для видалення відкладень з конвективної балки на лівій стінці котла встановлюються люки. Котли мають люк в топці на передній частині топкової камери, а також три ревізійних люки - два з правого боку і один на задній стінці топкової камери.

Котли виготовляються на заводі як єдиний припливний вузол, змонтований на опорній рамі. Він включає верхній і нижній барабани, систему труб, пароперегрівач (для котлів з паровим перегрівом) та раму (рис. 1.4).

Щільне екранування бічних стінок, стелі та підлоги топкової камери дає змогу використовувати легку ізоляцію товщиною 100 мм. Ізоляція

розміщується на шарі шамотобетону завтовшки 15-20 мм, нанесеному на стіну. Для додаткового утеплення передбачені азбестові плити [9].

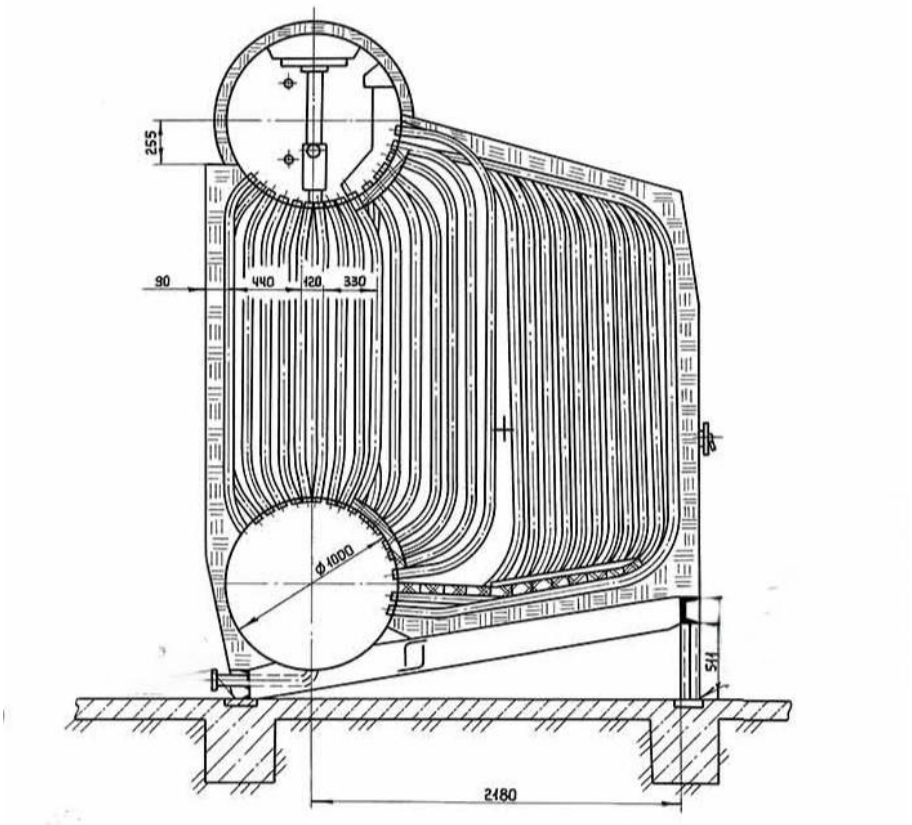


Рисунок 1.4 - Схема трупоброводів котла ДЕ - 6,5 - 14 ГМ

Цегляна кладка передньої стінки виконана з вогнетривкої шамотної цегли класу А або Б, діатомової цегли та утеплювальних плит. Кладка задньої стінки складається з вогнетривкої шамотної цегли та плит утеплювача. Опорна рама бере на себе навантаження від елементів котла, що працюють під тиском води, а також від обв'язувального каркаса, трубної ізоляції та обшивки.

Навантаження від елементів котла, що працюють під тиском води, передається на опорну раму через нижній барабан. Для встановлення нижнього барабана конструкція опорної рами передбачає наявність поперечних балок з опорними подушками, а також опор з двох боків барабана.

Кожен котел оснащений двома пружинними запобіжними клапанами, один з яких виконує функцію регулюючого клапана (рис. 1.5) [9].

На котлах без пароперегрівача обидва клапана встановлюються на верхньому барабані котла, і будь - який з них може бути регулюючим клапаном. Запобіжні клапани підбираються виробником котла, поставляються в комплекті з котлом і мають свій паспорт. Котли обладнані двома водопокажчиками прямої дії, які підключаються до труб, що йдуть від парового і водяного об'ємів верхнього барабана.



Рисунок 1.5 - Загальний вигляд котла ДЕ - 6,5 - 14 ГМ

Котли оснащені необхідною кількістю манометрів, дренажної та зливної арматури. Котли обладнані необхідними пристроями безпеки відповідно до правил будови та безпечної експлуатації парових і водогрійних котлів.

Для спалювання природного газу котли оснащені газовими пальниками. Основними вузлами пальників типу ГМ є: газова частина; лопаточний апарат для повітряного вихору; форсуночний вузол в зборі з основною і резервною паромеханічною форсункою і заслінки для закриття форсуночного клапану при знятті форсунок.

1.4 Характеристики насосів

Циркуляція води через котел та подальший рух у системі здійснюються мережевими насосами. Мережева вода із зворотної магістралі потрапляє через грязевик і засувки до всмоктуючого колектора мережевих насосів. Після насосів, що забезпечують тиск до 10 кг/см², вода надходить до загального колектора перед котлами, звідки по трубопроводах частина води направляється в котли для нагрівання, а інша частина - через регулятор перепуску до колектора після котлів. Нагріта в котлах мережева вода рухається в колектор після котлів.

Для компенсації втрат води в теплових мережах та підтримки необхідного тиску 3 кг/см² у зворотній магістралі передбачено підживлення хімічно очищеною та деаерованою водою за допомогою підживлювальних насосів теплової мережі. Підживлення здійснюється в зворотній трубопровід перед мережевими насосами. Тиск води у зворотній магістралі підтримується автоматичним регулятором підживлення, а в разі його несправності - вручну через байпас [3].

Для підтримки температури води, що подається в котли, на рівні не нижче 70 °С, встановлені рециркуляційні насоси. Температура води на вході в котли регулюється за рахунок забору води після котлів рециркуляційними насосами в колектор входу води в котел. Збереження температури 70 °С на вході необхідне для запобігання утворенню точки роси в конвективній частині котлів. Характеристики насосів, встановлених у котельні, наведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 - Характеристики насосів

№ п/п	Найменування	Тип	Характеристика обладнання	Кількість, од
1	Насос живильний	Villo	G = 18 м³/ год N = 15 кВт	2
2	Насос підживлювальний	КМ 65-50-160	G = 25 м³/ год N = 5,5 кВт	2
3	Насос вихідної води	КМ 65-50-160	G = 25 м³/ год N = 5,5 кВт	2
4	Насос ГВП	КМ 65-50-160	G = 25 м³/ год N = 5,5 кВт	2
5	Насос конденсатний	КМ 65-50-160	G = 25 м³/ год N = 5,5 кВт	2
6	Насос сольовий	КМ 65-50-160	G = 25 м³/ год N = 5,5 кВт	2
7	Насос мереживий	1К100-65-250	G = 100 м³/ год N = 37 кВт	3

1.5 Хімічне водоочищення котельні

1.5.1 Загальна інформація про хімічну водопідготовку

Ефективність та економічність роботи котельних установок значною мірою залежать від якості використовуваної води. Належна водопідготовка є критично важливою, оскільки недоліки в її обробці можуть призвести до утворення твердих відкладень (накипу, шламу) на нагрівальних поверхнях котлів, а також в системах теплопостачання та водопідігрівачах. Це, в свою чергу, викликає корозію металевих поверхонь і трубопроводів. Водний режим має бути оптимальним, щоб запобігти пошкодженню елементів котельних установок через утворення накипу та шламу. Присутність кисню і інших агресивних газів у воді може сприяти руйнуванню металу труб,

оскільки кисень є одним із основних чинників, що викликає корозійні процеси в трубопроводах. Для забезпечення надійної роботи котлів і теплових мереж необхідно підготувати воду до певних характеристик [6].

Водоочищення здійснюється за допомогою установки, яка використовує катіонітовий обмін. Жорстка вода пропускається через шар катіонітів, що містять катіони натрію, які заміщують катіони кальцію та магнію. Це дозволяє запобігти утворенню накипу, оскільки натрієві солі, що залишаються у воді, мають високу розчинність і не утворюють відкладень. У сирій воді, не підготовленій таким чином, можуть міститися кисень, вуглекислий газ і азот.

Останній етап водопідготовки полягає у видаленні кисню з підживлювальної води, що здійснюється шляхом термічного обескиснення. При підвищенні температури коефіцієнт розчинності газів у воді зменшується, і, досягнувши температури кипіння для певного тиску, кисень повністю виводиться з води.

Норми якості підготовленої води для мереж та підживлення наведені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 - Норми якості мережної, підживлювальної води

№ п/п	Показник	Одиниця виміру	Нормативне значення
1	Підживлювальна вода: - жорсткість загальна - РН - кисень - вуглекислота	 мкг-екв/дм^3 мкг/дм^3 мкг/дм^3	 210 - 375 8,2 - 8,4 30 - 50 відсутня
2	Мережна вода: - жорсткість загальна - РН - кисень - вуглекислота - залізо	 мкг-екв/ дм^3 мкг/ дм^3 мг/ дм^3 мкг/ дм^3	 210 - 375 8,5 - 9,5 30 - 50 відсутня 0,4

Устаткування хімводопідготовки котельні зведено до таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 - Устаткування хімводопідготовки

№ п/п	Найменування обладнання	Характеристика обладнання	Кількість
1	Натрій катіонітовий фільтр ФІПа - 1,4 - 0,6	D = 1400мм, H = 2000 мм	4
2	Бак-мірник розчину солі	V = 1,3 м³	1
3	Солерозчинник С - 0,2 - 0,5	D = 700мм	1
4	Насос розчину солі КМ 65 - 50 - 160	G = 25 м³/год, N = 5,5 кВт, n = 2900 об/хв	1
5	Деаератор ДА - 25	G = 25 т/год	1
6	Бак промивки фільтрів	V = 4 м³	1
7	Бак підживлювальної води	V = 20 м³	2
8	Охолоджувач випару ОВА - 2	F = 2 м²	1
9	Сольова яма		1

1.5.2 Установка натрій-катіонування води

Натрій-катіонітна установка використовується для зниження рівня солей жорсткості у воді до максимально допустимих значень. Процес видалення цих солей здійснюється за допомогою іонообмінного матеріалу - катіоніту. На котельні встановлено чотири Na-каціонітні фільтри діаметром 1400 мм. Щілинний зазор в нижній частині дренажної системи не перевищує 0,3 мм, що запобігає вимиванню катіонітової фракції. Фільтри заповнені катіонітом типу КУ-2-8, а їх обв'язка дозволяє повну взаємозамінність, що дає можливість використовувати кожен фільтр як на першому, так і на другому етапі пом'якшення води. Оскільки процес пом'якшення води ефективніший за більш високих температур, на лінії вихідної води

встановлено теплообмінник, який підігріває оброблену воду до температури 30-40°С [6].

Регенерація фільтрів здійснюється за допомогою сольової ями, де готується розчин кухонної солі необхідної концентрації, який подається на фільтри за допомогою сольового насоса. Для підвищення ефективності використання води на котельні є бак для збору води, яка після використання для промивання фільтрів повторно використовується.

Оператор хімічно-водопідготовчих установок постійно контролює роботу обладнання, насосів, а також здійснює аналізи води на відповідність встановленим нормам (жорсткість, лужність, вміст хлоридів, кисню та вільної вуглекислоти). Для цих цілей на котельні функціонує лабораторія, оснащена необхідними реактивами для перевірки якості води.

1.5.3 Принцип роботи натрій-каціонітних фільтрів

Процес обробки води включає послідовне проходження через Na-каціонітні фільтри, де відбувається її пом'якшення. Пом'якшення води шляхом катіонування здійснюється під час фільтрації води через шар катіоніту, який здатний обмінювати катіони кальцію та магнію, що є основними компонентами, які викликають утворення накипу. В результаті цього в очищеній воді залишаються лише натрієві солі, які мають високу розчинність і не призводять до утворення відкладень на внутрішніх поверхнях теплообмінників та парогенераторів. Ключовою характеристикою катіоніту є його обмінна місткість.

Жорсткість води визначається наявністю іонів Ca^{2+}, Mg^{2+}, Fe^{2+}, Fe^{3+}, Sr^{2+}, Ba^{2+} та інших, однак більшість іонів, окрім Ca^{2+} і Mg^{2+}, зустрічаються у воді в дуже низьких концентраціях. Тому загальна жорсткість води визначається в основному сумою іонів кальцію та магнію. Жорсткість вимірюється в мг-екв/дм^3 або мкг-екв/дм^3.

Під час фільтрації води через шар катіоніту, насиченого іонами Na^+, відбувається обмін іонів: катіоніт віддає іони натрію у воду, а натомість захоплює іони кальцію та магнію з води. Коли катіоніт повністю насичується кальцієм і магнієм, він втрачає свою здатність до пом'якшення води. Щоб відновити його ефективність, застосовують розчин кухонної солі NaCl. Пропускаючи розчин солі через катіоніт, відбувається зворотний обмін: катіоніт насичується іонами натрію, а іони кальцію і магнію звільняються і потрапляють у розчин [5].

Особливістю цього процесу є те, що два іони натрію обмінюються на один іон кальцію або магнію, через різницю у валентності катіонів. На початковому етапі фільтроцикла жорсткість води значно знижується, і фільтр довго забезпечує воду з низькою жорсткістю. Однак з часом жорсткість фільтрату починає зростати і, в кінцевому підсумку, досягає рівня жорсткості вхідної води, що свідчить про виснаження катіоніту.

Залежно від якості початкової води та вимог до обробленої води, може бути застосовано одноступінчасте або багатоступінчасте пом'якшення. Процес іонообміну, зокрема зм'якшення та регенерація, проходить ефективніше при підвищених температурах. Верхня межа температури обмежена характеристиками катіоніту, матеріалами дренажної системи, умовами обслуговування (необхідність обережності при відборі проб води, щоб уникнути термічних опіків) та необхідністю теплоізоляції обладнання при температурі поверхні понад 40°C. Нижня межа температури визначається тим, що при температурі нижче 15°C катіоніт, особливо синтетичний, не може ефективно здійснювати глибоке пом'якшення води, навіть при багатоступінчастому процесі, а також це призводить до нераціонального використання солі для регенерації. Оптимальною температурою є діапазон 20-40°C.

Також важливим фактором у роботі натрій-каціонітних фільтрів є дотримання норм швидкості фільтрування води. Швидкість фільтрації не повинна перевищувати 20 м/год, що відповідає продуктивності фільтра

діаметром 1400 мм на рівні 15 м³/год. Якщо швидкість руху води менша за 5 м/год, це призводить до порушення гідродинаміки і зниження обмінної місткості катіоніту. Під час зупинки фільтра в процесі його роботи відбувається само-регенерація катіоніту. Коли вода не проходить через катіоніт тривалий час, відбувається обмін іонів натрію на кальцій та магній, що звільнили місця в катіонітових зернах. Тому після тривалої зупинки фільтра перші порції води можуть мати підвищену жорсткість і бути забарвленими в жовтий або коричневий колір через продукти розпаду катіоніту. Чим довше фільтр працював до зупинки, тим більша кількість солей жорсткості була поглинена, що спричиняє вищу жорсткість перших порцій води.

Цикл роботи фільтра включає такі етапи: розпушування, регенерація, контакт, промивка та пом'якшення. Розпушування необхідне для усунення ущільнення маси катіоніту і забезпечення вільного доступу до нього регенераційних розчинів. Це здійснюється шляхом подачі відмивочної води з бака підсоленої води. Якщо така вода відсутня, розпушування проводиться холодною водою. Процес триває до досягнення прозорості вихідної води. Повне спорожнення бака під час цього етапу не допускається, щоб уникнути засосу повітря в фільтр.

Регенерація катіоніту відбувається за допомогою розчину солі (концентрація 7-10%), який подається в фільтр сольовим насосом. Швидкість подачі розчину регулюється дренажною засувкою і становить 2-3 м³/год. Після пропуску розчину через катіоніт, він перебуває в контакті з розчином солі протягом 20-30 хвилин для досягнення максимального ефекту обміну. Продовження контакту понад 30 хвилин не дає значного покращення ефективності.

Після завершення контакту проводиться відмивання катіоніту від залишків регенераційних розчинів. Відмивання здійснюється холодною водою протягом 40-60 хвилин до досягнення прозорості води, яка має відповідати вимогам: жорсткість не повинна перевищувати 200 мкг-екв/л, а

концентрація хлоридів має бути вищою за вміст у вихідній воді не більше ніж на 30 мг/л. Після регенерації здійснюється перевірка стічних вод на відповідність санітарним нормам і промивка каналізації [5].

1.5.4 Зберігання та розчинення солі

Використання методу «мокрого» зберігання солі на котельні забезпечує ефективну підготовку сольового розчину для регенерації катіонітних фільтрів. Процес зберігання передбачає, що сіль зберігається в спеціальній сольовій ямі, де вона розчиняється у воді до необхідної концентрації. Для цього в системі встановлено насос КМ 65-50-160, який відповідає за подачу готового сольового розчину на фільтри та в бак для регенерації катіонітного фільтруючого матеріалу.

Завдяки належній організації роботи насосної установки, вода, що подається до сольової ями, ефективно розчиняє сіль, а потім насос переносить розчин до фільтрів для забезпечення ефективної регенерації катіонітів. Це дозволяє підтримувати потрібну якість води на котельні та забезпечує нормальне функціонування іонообмінних фільтрів для пом'якшення води.

Для правильної експлуатації цього обладнання необхідно постійно контролювати рівень солі в ямі, концентрацію розчину, а також забезпечити безперебійну роботу насоса для стабільної подачі розчину до фільтрів, що гарантує безперервність процесу регенерації.

1.6 Деаераційна установка

Видалення розчинених корозійно - агресивних газів з живильної води парового котла, випарників, пароперетворювачів є заключною стадією водопідготовки. В основному присутність газів у водних потоках пов'язано з неминучим надходженням в цикл певних кількостей повітря, що приносять з

собою кисень. Тому установку для видалення газів називають деаератором. Для видалення розчинених у воді кисню, діоксиду вуглеводню та інших газів в котельні встановлено деаератор атмосферного типу ДА – 25 [4].

Процес деаерації води, який застосовується на котельних установках, має важливе значення для запобігання корозії та забезпечення нормальної роботи котлів і трубопроводів. Він ґрунтується на фізичному принципі, який полягає у видаленні розчинених у воді агресивних газів, таких як кисень і вуглекислий газ, що сприяють корозії металів.

Процес деаерації заснований на законі Дальтона-Генрі, згідно з яким розчинність газу у воді пропорційна його парціальному тиску в газовій суміші, що контактує з поверхнею рідини. З підвищенням температури води її здатність розчиняти гази зменшується, оскільки тиск парів газів, що знаходяться у воді, зростає і вони виділяються у вигляді пари. Це дозволяє ефективно видаляти кисень і вуглекислий газ, що є основними причинами корозії у водяних системах [3].

Підвищення температури води до значень, які відповідають температурі насичення для конкретного тиску, викликає зменшення розчинності газів до нуля. Коли вода нагрівається до температури кипіння, розчинені гази виходять з води і виводяться з системи. Температура кипіння води залежить від тиску над її поверхнею. Чим менший тиск, тим нижча температура кипіння. У деаераторах тиск зазвичай знижують, щоб сприяти випаровуванню газів із води при нижчих температурах.

Для того, щоб деаерація була ефективною, гази, що виділяються (кисень, вуглекислий газ та інші), повинні бути відведені з деаератора. В іншому випадку, ці гази можуть залишитися в рідкому стані, що знизить ефективність процесу [4].

Таким чином, основною метою термічної деаерації є зниження концентрації розчинених у воді агресивних газів (кисню і вуглекислоти), що забезпечує захист металевих поверхонь від корозії та покращує якість води в котельних установках. При температурі 0 °С та нормальному атмосферному

тиску вміст газів у воді відрізняється від складу газів у атмосфері. Вміст газів у воді і повітрі при Т = 0 ºС і тиску, відповідному нормальному атмосферному наведений в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 - Вміст газів у воді і повітрі

Параметри	Вода	Повітря
Кисень	33,9 %	21,7 %
Вуглекислий газ	2,8 %	0,03 %
Азот і інертні гази	62,2 %	78,93 %

Чим більша поверхня контакту води з гріючою парою в деаераторі, тим ефективніше буде процес деаерації. Це забезпечує більш інтенсивне видалення розчинених газів, таких як кисень і вуглекислий газ, що сприяє кращому захисту від корозії. Термічна деаерація може здійснюватися за двома схемами: барботажній і струменевій. Сутність барботажної деаерації полягає в підводі насиченої пари в нижню частину обсягу конденсату (або живильної води), що підлягає деаерації, барботажа цього пара через весь водяний обсяг і відведення парогазової суміші з області над водяним об'ємом, а продеаеріруємого конденсату - з області водяного обсягу нижче підведення пари. Сутність струменевої деаерації полягає в тому, що конденсат (або живильна вода) який підлягає деаерації направляється на конструктивні деталі, які забезпечують дроблення потоку на окремі струмені, які перетинаються потоком насиченого пара. Відведення парогазової суміші і продеаерірованного конденсату проводиться так само, як і при барботажній деаерації. При струменевій деаерації контакт деаеріруємої води з насиченою парою відбувається більш повно, що призводить до більш глибокої деаерації.

1.7 Аналіз енергоспоживань

Котельня моторвагонного депо під час роботи споживає електроенергію, природний газ та холодну воду.

Для аналізу енергоспоживання котельні використанні данні газових, електричних та водяних лічильників підприемства протягом року. Згідно тарифів на енергоносії розраховані річні витрати котельні:

- витрати газу 1169,622 тис.м³ на суму 21053,196 тис. грн;
- витрати води 5517м³ на суму 108,298 тис. грн;
- витрати електроенергії 130 тис. кВт·год на суму 351 тис. грн.

Для аналізу витрат на енергоресурси побудована діаграма (рис.1.6).

З розгляду видно, що витрати на газ складають 97%, на електроенергію - 2%, на воду - 1%.

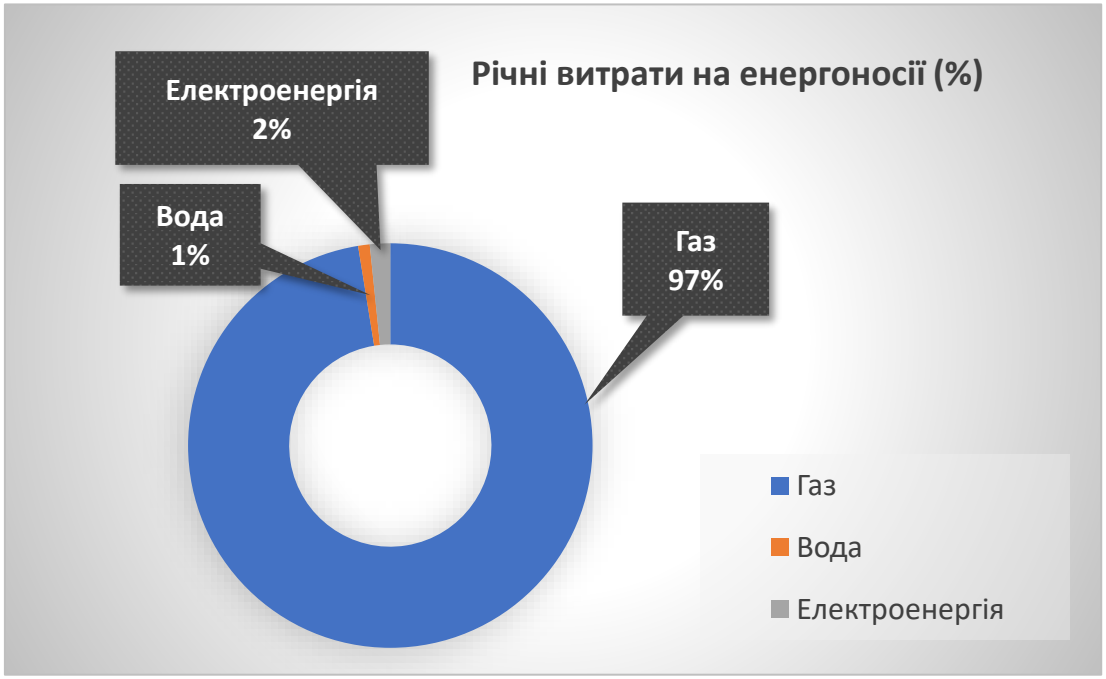


Рисунок 1.6 - Діаграма річних витрат на енергоносії в котельні

З даних роботи котельні встановлено, що в опалювальний період по черзі експлуатується тільки один з двох котлів, і при цьому, через необхідність постійної економії газу, потужність котла використовується в середньому на 30-50 %, без можливості точного регулювання витрат палива

при споживанні газу на мінімальному рівні, що знижує ефективність роботи котельні.

Споживання газу протягом року показано на рисунку 1.7. На графіку видно, тривалість опалвального сезону та кількість використання газу по місяцям.



Рисунок 1.7 - Графік використання газу протягом року

1.8 Висновок до розділу 1

Під час ознайомлення з режимом роботи та технічними характеристиками обладнання існуючої котельні депо встановлено, що зміни в технологічному процесі призвели до відсутності потреби в використанні пари та значного зменшення навантаження на котли в опалювальний період. Парові котли вичерпали свій ресурс і стали морально і фізично застарілими. Будівля котельні потребує проведення капітального ремонту, що вимагає значних фінансових вкладень. Для зменшення витрат на експлуатацію котельні та використання енергоресурсів, необхідно знайти оптимальні енергозберігаючі рішення, які дозволять впровадити сучасне енергоощадне обладнання з обмеженим бюджетом.

2 ВИБІР ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ РІШЕНЬ

2.1 Вибір типу котельні

Дефіцит енергетичних ресурсів, зростання цін на енергоносії та екологічні проблеми вимагають від підприємств активних заходів для підвищення енергоефективності.

Основною метою енергоефективності є зменшення витрат на енергію без шкоди для продуктивності. Енергетична ефективність є важливим фактором економічної діяльності підприємств, оскільки значні витрати на енергію впливають на загальну економічну ситуацію. Підвищення енергоефективності на рівні промислових підприємств дозволяє знизити витрати на енергоресурси та сприяти отриманню високих результатів у глобальній енергетичній стратегії країни. Сучасні підходи до енергозбереження передбачають впровадження інноваційних технологій, що відповідають не тільки економічним вимогам, а й високим стандартам охорони навколишнього середовища.

Вибір типу котельної установки є важливим етапом енергозбереження, оскільки котельня є основним елементом енергетичної системи підприємства, що забезпечує теплопостачання для технологічних процесів і опалення. Сучасні підходи до вибору котельних систем орієнтовані на досягнення оптимального співвідношення між енергетичною ефективністю, екологічними стандартами та економічною доцільністю.

На даному етапі на підприємстві функціонує котельня, що складається з двох парових котлів типу ДЕ - 6,5 - 14ГМ, які забезпечують необхідне теплопостачання для технологічних процесів і опалення. Однак через незадовільний технічний стан будівлі котельні та високі витрати на її утримання, зважаючи на значну площу приміщень, доцільно розглянути можливість переходу на модульну котельню.

Переваги модульних котелень полягають у високій енергоефективності та компактності. Впровадження сучасних технологій

дає можливість зменшити витрати на ремонт будівлі котельні, яка в даному випадку значно перевищує потреби в площі для розміщення сучасних водогрійних котлів і допоміжного обладнання. Площа існуючої котельні становить 687,2 м², тоді як площа модульної котельні - лише 144 м², що дозволяє значно зменшити витрати на обслуговування та утримання будівлі.

Модульні котельні порівняно з традиційними мають ряд переваг:

- можливість встановлення в обмеженому просторі завдяки компактним розмірам і модульній конструкції;

- вища ефективність використання палива та енергії, що дозволяє знижувати витрати на опалення;

- легкість адаптації та модернізації котельних установок під специфічні потреби;

- швидкість монтажу і обслуговування, що дозволяє знизити витрати часу та коштів на установку та подальшу експлуатацію.

Системи на основі модульних котелень мають ще одну важливу перевагу - можливість розширення у разі зміни потреб підприємства. Наприклад, при збільшенні потреби в тепловій енергії додавання ще одного модуля котла дозволяє збільшити потужність котельні без значних капітальних витрат або складних інженерних змін у будівельній структурі. Це особливо важливо для динамічно розвиваючих підприємств, де вимоги до теплопостачання можуть змінюватися з часом.

Зокрема, в рамках впровадження таких технологій, як модульні котельні, можливість інтеграції новітніх рішень у системи автоматизації стає ще більш актуальною. Завдяки компактності та гнучкості модульних установок їх можна легко оснащувати інтелектуальними системами управління, що здійснюють моніторинг споживання енергії та оптимізують процеси на основі отриманих даних.

2.2 Вибір виду палива

Вибір палива для котельні є одним із ключових аспектів, який безпосередньо впливає на економічну ефективність та екологічність роботи енергетичної системи підприємства. Сучасні методи вибору палива ґрунтуються на комплексному підході, який враховує доступність ресурсів, їх калорійність, вартість, а також екологічні характеристики. Враховуючи зміни клімату та підвищення вимог до зниження викидів в атмосферу, важливим аспектом є також вплив обраного палива на навколишнє середовище.

Природний газ залишається основним енергоносієм для котельних установок в Україні завдяки високим теплотехнічним характеристикам і низькому рівню викидів. Однак зростання цін на газ та нестабільність його постачання змушують підприємства шукати альтернативні джерела енергії. Водночас, пелети як альтернатива природному газу набирають популярності завдяки своїй екологічній безпеці та можливості виробництва з відновлювальних ресурсів, таких як біомаса.

Для оцінки ефективності різних видів палива необхідно враховувати не тільки вартість, а й на його калорійність та ефективність спалювання в котлах. Так, для підприємств, орієнтованих на зниження витрат, природний газ є більш економічним варіантом. Окрім того, альтернативні джерела палива, такі як вугілля, торф або рідкі біопалива, можуть бути розглянуті як частина стратегії енергозбереження, але їх використання супроводжується високими викидами шкідливих речовин і необхідністю встановлення додаткових очисних систем для зниження викидів.

При підборі виду палива необхідно враховувати кілька основних показників: теплотворну здатність (калорійність), доступність, вартість. Станом на серпень 2024 року, тарифи на енергоносії в Україні складають: природний газ - 18-20 грн за 1 м³, електроенергія - 6,8 грн за 1 кВт, пелети - 7-8 тис. грн за 1 т. Вартість 1 кВт теплової енергії за різними видами палива становить:

- на природному газі - 2 грн;

- на електроенергії - 6,7 грн;

- на пелетах - 1,6 грн.

З огляду на постійну доступність природного газу, наявність діючих газопроводів на території підприємства, а також відсутність потреби в складах палива і постійній логістиці, використання природного газу залишається найбільш економічно доцільним варіантом. Крім того, газові котли вважаються одними з найбільш економічних та характеризуються низькими викидами шкідливих речовин, оскільки спалюють паливо майже повністю.

2.3 Вибір типу котлів

Одним із основних аспектів при виборі типу котельної є забезпечення відповідності її потужності та режимів роботи вимогам підприємства. Традиційні парові котли, хоча й є одними з найбільш ефективних при роботі на великих потужностях, мають суттєві недоліки при експлуатації на низьких навантаженнях. При малих навантаженнях парові котли працюють неефективно, споживаючи велику кількість палива, що призводить до перевитрат енергії та збільшення викидів в атмосферу шкідливих речовин. У свою чергу, більш економічним і зручним рішенням для середніх і малих підприємств є використання водогрійних котлів.

Згідно з дослідженнями, впровадження водогрійних котлів в умовах середнього споживання енергії дозволяє досягти зниження витрат на енергію та зменшення викидів. Водогрійні котли мають більший коефіцієнт корисної дії на низьких навантаженнях і є економічно вигіднішими, оскільки їх можна експлуатувати в широкому діапазоні потужностей.

Детальний аналіз використання енергоресурсів показує, що обладнання діючої котельні є більшим за розмірами та потужністю, ніж необхідно для виконання поставлених завдань. Це стало наслідком змін умов експлуатації. Надмірні розміри багатьох компонентів призвели до надмірного споживання

енергії та неефективного завантаження котлів. Після визначення потужностей, споживачів та умов використання енергоносія в котельні, оптимальним рішенням є впровадження водогрійних котлів. У водогрійних котлах, на відміну від парових, відсутні деякі складні та дорогі компоненти, такі як барабани, паросепаратори, водоопускні та парові труби. Відсутність цих елементів спрощує конструкцію котла, знижує витрати на виготовлення та обслуговування, а також покращує економічні показники експлуатації.

Однією з головних відмінностей водогрійних котлів є вища ефективність теплопередачі, оскільки теплообмін між продуктами згорання палива та теплоносієм у таких котлах більш інтенсивний, ніж у парових. Це дає змогу значно підвищити ефективність використання поверхонь нагріву, що дозволяє котлу працювати з кращими показниками ККД.

Ще однією перевагою водогрійних котлів є те, що для них відпадає необхідність у використанні пароводяних підігрівачів в теплових схемах. Це спрощує конструкцію котельної установки, зменшує її габарити та металоємність, що веде до зниження вартості і підвищення надійності системи в цілому.

Таким чином, водогрійні котли є більш простими, дешевими і ефективними у порівнянні з паровими, що робить їх ідеальним вибором для систем опалення та гарячого водопостачання, де відсутня потреба у виробництві пари.

Після аналізу характеристик водотрубних і жаротрубних водогрійних котлів, перевагу надаємо жаротрубним котлам,тому що вони мають наступні властивості:

- простішу та компактнішу конструкцію, оскільки гарячі гази проходять через труби, занурені у воду. Це дозволяє зменшити габарити котла, що є важливим для модульних котельних, де обмежений простір для розміщення кількох котлів. Водотрубні котли мать складнішу конструкцію з більшою кількістю труб, через які циркулює вода, що робить їх більш

громіздкими і менш зручними для розміщення в обмеженому просторі котельні;

- дешевші у виробництві, установці та обслуговуванні порівняно з водотрубними. Для модульної котельні потужністю 3 МВт витрати на придбання та монтаж будуть меншими, а експлуатаційні витрати на обслуговування (чистка, перевірка) нижчі завдяки меншій кількості труб і простій конструкції. Водотрубні котли потребують більших початкових капіталовкладень і складнішого технічного обслуговування, особливо для великих потужностей, тому для котельні потужністю 3 МВт вони будуть менш економічно вигідними;

- легко монтуються завдяки своїй простій конструкції. Для модульної котельні важливо швидко встановити котел і налаштувати систему. Обслуговування жаротрубних котлів не вимагає складних процедур і спеціалізованих інструментів. Очищення труб від сажі і зольних відкладень є менш трудомістким. Водотрубні котли вимагають складнішого монтажу та спеціалізованого обслуговування через велику кількість труб, що призводить до збільшення витрат часу і ресурсів на очищення та контроль стану труб;

- ефективні для помірних потужностей (до 3 МВт), де не потрібно постійно працювати на максимальних навантаженнях. Віни забезпечує достатню ефективність при середніх і змінних навантаженнях, що є типовим для котелень з модульними установками, де котел може працювати з різними рівнями теплового навантаження. Водотрубні котли показують високу ефективність на великих потужностях і постійних навантаженнях, але при малих і середніх потужностях їх ефективність може бути меншою через складність підтримки стабільного високого тиску та температури.

- здатні ефективно працювати з теплообмінниками і забезпечують швидке нагрівання води, що дозволяє зменшити витрати енергії на запуск і підтримку теплових режимів. Це є перевагою для котелень, де потрібна швидка регуляція температури води. Водотрубні котли потребують більше

енергії для стабільного підтримання теплових режимів через більшу масу води та необхідність підтримки високого тиску;

- мають менший гідравлічний опір завдяки меншій кількості труб і більш простій циркуляції води, що дозволяє заощаджувати енергію, необхідну для перекачування води через систему котельні. Водотрубні котли мають більший гідравлічний опір через більшу кількість труб, що призводить до необхідності використання потужніших насосів для циркуляції води, що збільшує витрати енергії;

- мають більш просту систему контролю та автоматизації, що дозволяє легко управляти режимами роботи котла та швидко реагувати на зміни в навантаженнях. Водотрубні котли можуть мати складніші системи автоматизації, що вимагає додаткових зусиль для налаштування і контролю.

Таким чином, жаротрубні котли є більш вигідним варіантом для модульних котелень завдяки їхній компактності, економічності, легкості монтажу та обслуговування, а також високій енергоефективності при середніх навантаженнях.

2.4 Висновки до розділу 2

Вибір енергозберігаючих заходів для модернізації котельні на підприємстві є комплексним і багатофакторним процесом, який включає не лише оцінку економічної доцільності та технічної ефективності, але й врахування екологічних аспектів. Модульна котельна установка з її високою енергоефективністю, компактністю та здатністю адаптуватися до змінних умов є оптимальним рішенням для моторвагонного депо. Модернізація котельні з впровадженням водогрійних жаротрубних котлів і автоматизацією процесів дозволить значно покращити енергоефективність, знизити витрати на енергоресурси, оптимізувати технічне обслуговування та зменшити негативний вплив на навколишнє середовище.

3 МОДУЛЬНА КОТЕЛЬНА

3.1 Загальні відомості

Пропонується будівництво одноповерхової модульної котельні, яка буде розташована окремо, прямокутної форми з розмірами у плані 16,2 м х 9,2 м, висотою приміщення 4,5 м (рис.3.1). Приміщення котельні обладнане двома виходами згідно з нормами. Площа будівлі котельні складає 119,3 м^2, об’єм - 793,9 м^3.

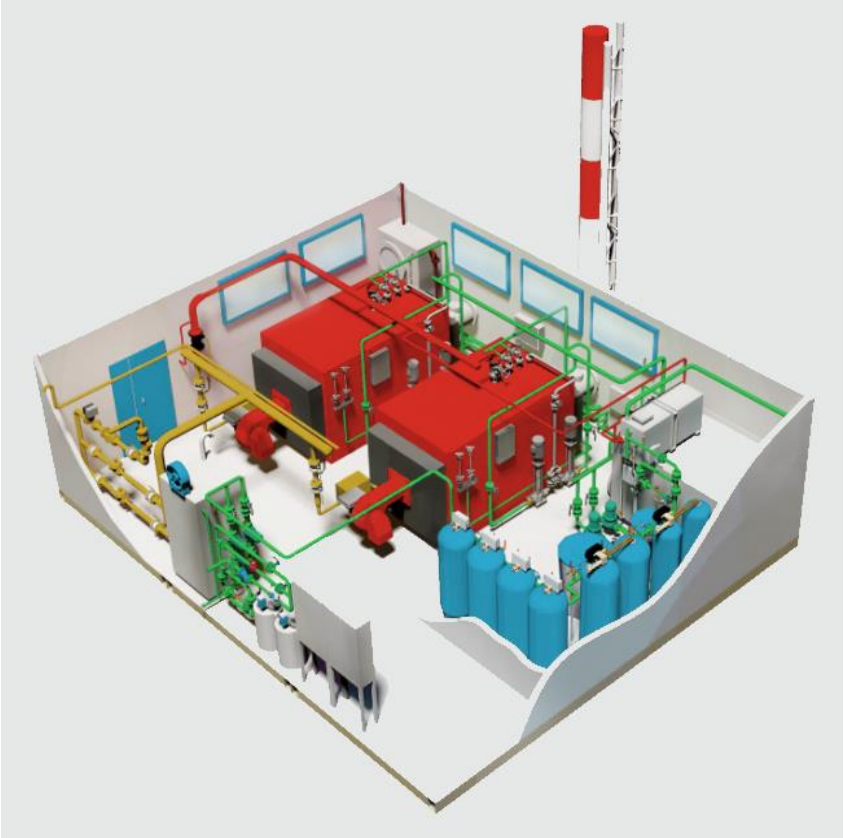


Рисунок 3.1 - Модульна котельня

Конструктивна система будівлі - металевий каркас. Просторова жорсткість будівлі забезпечується сумісною роботою основного каркасу, фундаментів та несучих елементів покрівлі.

Основні конструкції будівлі котельні:

- фундаменти - монолітна плита, щебенева подушка;

- каркас (колони, ферми, балки, прогони) із металевого прокатного профілю;

- огороджуючі стінові конструкції - сендвіч-панелі;

- покрівля із сендвіч - панелей, з зовнішнім організованим водовідведенням;

- перегородки із сендвіч - панелі по металевому каркасу;

- підлога - керамічна плитка, лінолеум;

- вікна - металопластикові;

- двері - металопластикові, металеві.

В котельні розміщено котельний зал, кімнату оператора, гардероб, тамбур (рис. 3.2).

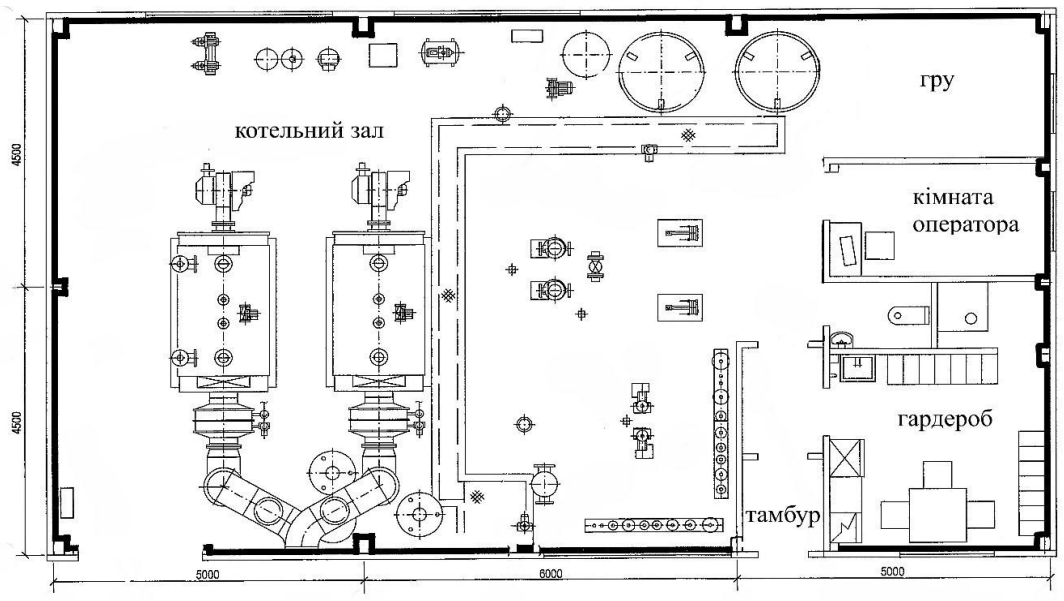


Рисунок 3.2 - Схема модульної котельні

Газовідвідний стовбур котельні - металева труба діаметром 630 мм висотою 30 м. Стійкість металевої труби забезпечує просторовий металевий каркас. Металева труба газовідвідного стовбура ізолюється термоізоляційними плитами з температурою застосування до + 650°С.

Поверх просторового каркасу газовідвідної труби встановлюється площадка для обслуговування ліхтарів світлоогородження.

По вибуховій, вибухово - пожежної і пожежної небезпеки приміщення котельні відноситься до категорії «Г». Ступінь вогнестійкості – II [11].

Котельня призначена для потреб опалення, гарячого водопостачання (ГВП) будівель моторвагонного депо. Котельня відноситься до другої категорії по надійності відпуску тепла. Встановлена потужність котельні складає - 2,58 Гкал/год (3,0 МВт).

Для забезпечення ефективного використання природного газу, води та електричної енергії в котельні передбачається:

- застосування високо економічних автоматизованих водогрійних котлів з ККД не менш 92 %;

- оснащення котлів приладами і системами контролю і регулювання процесів горіння;

- застосування автоматичного регулювання температури води в системі опалення враховуючи температуру зовнішнього повітря;

- застосування автоматичної хімводоочистки для пом’якшення підживлюючої води;

- оснащення газопроводів, що підводять природний газ до котлів, системою продувок;

- установка лічильників для рахування підживлюючої води;

- установка ультразвукового теплового лічильника;

- застосування високоекономічних насосів;

- установка системи автоматики, яка забезпечує повну автоматизацію котельні і економічне спалювання природнього газу;

- застосування економічних електронних цифрових приладів;

- застосування енергоекономних екологічно безпечних світлодіодних світильників;

- застосування перетворювача частоти для регулювання швидкості обертання двигуна вентилятора припливної вентустановки, що дає економію споживання електроенергії.

По характеристикам підібрано наступне обладнання:

- два водогрійні автоматизовані котли КОЛВІ 1500, потужністю 1,290 Гкал/год (1,5МВт/год), з коефіцієнтом корисної дії η = 92%;

- два мережних насоси системи опалення Wilo - Stratos GIGA - 80/3 - 48/18,5;

- два рециркуляційних насоси Wilo - TOP - S65/7, біля кожного котла;

- два циркуляційних насоси марки Wilo - TO - S - 25/5, біля кожного теплоутилізатора котла;

- два підживлюючих насоси марки Wilo - Economy - MHI - 203;

- два теплоутилізатори типу УТ - 4 на газоходах, за кожним котлом;

- автоматична хімводоочистка Ecosoft FK 1354 Twin для пом'якшення підживлюючої води , G = 2,2 $м^3$/год;

- три мембранні баки Reflex, діаметром 740 мм, V = 1000;

- насос вихідної води HMP303 EM;

- накопичувальний бак CV-1500, діаметром 1060 мм;

- грязьовик теплових пунктів, діаметром 150 мм;

- металева димова труба висотою 30 м , діаметром 630мм, для відводу димових газів від котлів КОЛВІ 1500, від кожного котла по окремому газоходу.

3.2 Теплова схема котельні

Вода служить теплоносієм, що виробляє котельня для потреб опалення та гарячого водопостачання.

Вода для підживлення системи опалення надходить після хімводоочистки Ecosoft FK 13 54CE Twin, де зм'якшується і подається до

мережі. На лінії підживлення встановлено лічильник КВ - 1,5. Також передбачено аварійне підживлення мережі від трубопроводу ісходної води.

На загальному подавальному і зворотньому мережних трубопроводах в котельні встановлені сумуючій ультразвуковий теплолічильник СВТУ - 10М - М2 з двома витратомірами РУ125 «Семпал» і трьома датчиками температури для комерційного обліку теплової енергії в котельні. На зворотному мережному трубопроводі встановлено грязьовик.

В найвищих точках трубопроводів в котельні встановлено автоматичні стравлювачі повітря, в нижніх - дренажі. Дренажі від котлів здійснюються в продувний колодязь, куди подається холодна вода для розхолоджування. Дренаж солоної води від хімводоочистки здійснюється в дренаж де він розбавляється з ісходною водою (за рахунок чого знижується концентрація солі в воді до норми) і потрапляє до каналізації.

Теплові навантаження на котельню розраховані для максимально - зимового режиму. Опалювальний період триває 166 діб. Розрахункова температура зовнішнього повітря складає - 21°С. Теплоносійом для системи опалення є мережна вода. Параметри теплоносія на радіаторну систему опалення та вентиляцію - по температурному графіку 95 - 70 °С.

Перелік теплових навантажень котельні представлено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1- Перелік теплових навантажень котельні

№ п/п	Найменування	Максимальні теплові навантаження, Гкал/год (МВт)
1	Опалення, вентиляція	2,116 (2,46)
2	Гаряче водопостачання	0,218 (0,254)
3	Втрати в мережі, 5%	0,117 (0,136)
4	Втрати в котельні, 1%	0,023 (0,027)
5	Всього:	2,474 (2,877)

Основні показники модульної котельні, відомості про потреби в паливі, воді, тепловій та електричній енергії наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 - Основні показники модульної котельні

№ п/п	Найменування показників	Одиниця виміру	Показник
1	Розрахункова продуктивність (з урахуванням власних нестатків і теплових втрат)	МВт Гкал/г	2,877 2,474
2	Установлена продуктивність котельні	МВт Гкал/г	3,0 2,58
3	Річне вироблення тепла котельні	Тис.МВт тис.Гкал/г	6,67 5,99
4	Річний відпуск тепла теплоспоживачам	Тис.МВт тис.Гкал/г	5,42 6,3
5	Річна кількість годин використання встановленої продуктивності	година	2298
6	Річні витрати палива: - натурального - умовного	 тис.м^3/рік т.у.т./рік	 857,3 985,9
7	Встановлена потужність струмоприймачів	КВт	59,3
8	Річні витрати електроенергії	тис.кВт.год	85,05
9	Розрахункова споживаєма потужність	КВт	53,58
10	Річні витрати води	тис.м^3	5,1
11	Чисельність персоналу	чол.	7
12	Загальна площа забудови котельної	м^2	144,0
13	ККД котельні середній на природному газі	%	92
14	Будівельний об’єм приміщення котельні	м^3	793,9
15	Площа котельного залу	м^2	119,3
16	Питома витрата умовного палива на 1 Гкал	кг.ум.п	155,3

3.3 Основне обладнання модульної котельні

3.3.1 Технічна характеристика і пристрій жаротрубного котла

Газовий жаротрубний водогрійний котел промислового призначення моделі Колві 1500 з номінальною тепловою потужністю 1500 кВт призначений для ефективного обігріву об'єктів з високим споживанням гарячої води, таких як великі виробничі або житлові комплекси та дозволяє використовувати його в котельнях з потужністю від 3 до 4,5 МВт. Цей котел працює в системах опалення та гарячого водопостачання, де температура теплоносія не перевищує 115°C, а тиск перед котлом може досягати до 0,6 МПа. Котел має горизонтальну циліндричну форму, що включає зовнішній корпус, внутрішню оболонку з днищем, топку та димогарні труби. Трубні решітки з'єднують різні частини котла спереду та ззаду, забезпечуючи надійність і стійкість конструкції. Всі елементи, розташовані на спеціальній опорній рамі, що дозволяє забезпечити надійність і безпечну експлуатацію котла. Зовнішній вигляд котла показано на рисунку 3.3 [8].



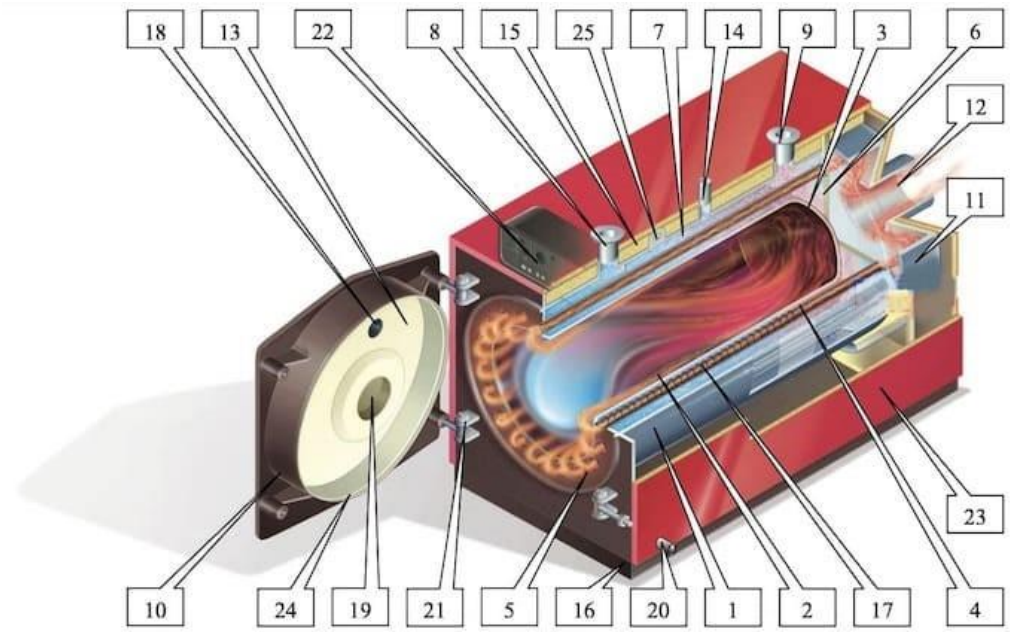
Рисунок 3.3 - Водогрійний котел Колві – 1500

Внутрішній об'єм котла, утворений корпусом і топкою, складає водяний тракт котла. У цьому просторі розміщено пучок димогарних труб.

Дверцята топки закріплюються на спеціальних петлях, встановлених на передній частині корпусу, що дозволяє їх відкривати як вліво, так і вправо. Такі петлі також забезпечують надійне ущільнення. Дверцята котла оброблені жаростійкою плитою з вогнетривкого бетону, яка виконує функцію поворотної камери для димових газів при їх проходженні з топки в димогарні труби. По периметру дверцят є канавка для встановлення ущільнювального шнура. Також дверцята оснащені оглядовим вікном і амбразурою для установки пальника.

Короб для димових газів закріплюється до задньої трубної решітки корпусу за допомогою шпильок і оснащений ущільненням по периметру, подібно ущільненню дверцят топки. У нижній частині короба є шлюз для очищення газоходів і видалення забруднень. Таким чином, топка котла, дверцята, що навішані на петлі передньої трубної решітки, димогарні труби та збірний короб для димових газів, закріплений на задній трубній решітці, утворюють газовий тракт котла.

Зовнішня поверхня корпусу котла покрита високоефективною теплоізоляцією і облицьована декоративними панелями. На верхній панелі розташований пульт управління (рис. 3.4) [8].



1-корпус котла; 2-топка котла (жарова камера); 3-нижня чвстина топки; 4-димові труби; 5-передня трубна решітка; 6-задня трубна решітка; 7-водяний тракт котла; 8-патрубок подачі теплоносія; 9-патрубок виводу теплоносія; 10-дверцята топки; 11-збірник димових газів; 12-патрубок виведення димових газів; 13-вогнетревкий бетон; 14-патрубок для встановлення запобіжного клапана; 15-теплоізоляція; 16-основна рама котла; 17-турбулізатор; 18-оглядове вікно; 19- отвір для установки пальника; 20-патрубок для дренажу; 21-петлі для кріплення дверцят; 22-БУС; 23-декоративна панель; 24-ущільнювальний шнур з азбесту; 25-підйомні провушини.

Рисунок 3.4 - Елементи котла в розрізі

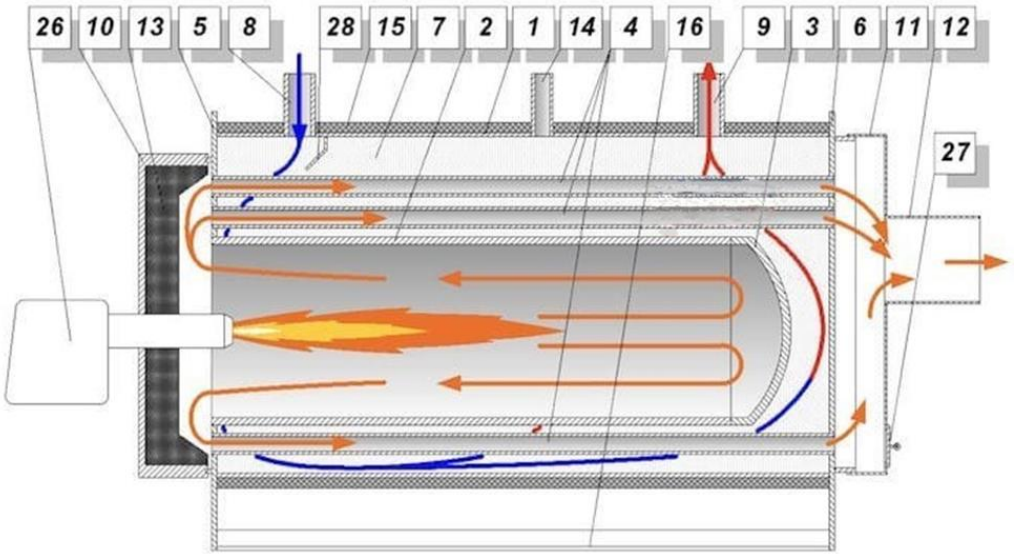
Котел оснащується блоковими дутьовими пальниками, має двоходовий теплообмінник, причому топкова камера розташовується всередині резервуару котла, що забезпечує високий коефіцієнт корисної дії.

3.3.2 Принцип дії котла

В топковій камері котла, створеній порожниною внутрішньої обичайки разом із днищем, відбувається процес спалювання палива. Димові гази, що утворюються в результаті горіння палива на дні камери, піднімаються і повертаються до дверцят. Потім вони обертаються, проходячи через димогарні труби, де встановлені турбулізатори, що сприяють кращій теплопередачі. Після цього гази надходять до короба для димових газів, а через патрубок виводяться в атмосферу через димову трубу.

Підведення та відведення теплоносія, тобто води, відбувається через патрубки «зворотної води» та «прямої води», що розташовані на верхній частині корпусу котла. На тій же частині корпусу є патрубок для встановлення запобіжного клапана. У нижній частині корпусу знаходиться патрубок для дренажу (рис. 3.5) [8].

Блок управління котлом забезпечує безпечну роботу котла та автоматичну підтримку режиму роботи.



1-корпус котла; 2-топка котла (жарова камера); 3-нижня частина топки; 4-димові труби; 5-передня трубна решітка; 6-задня трубна решітка; 7-теплообмінний тракт котла; 8-патрубок подачі теплоносія; 9-патрубок для видедення димових газів; 10-дверцята топки; 11-збірник газів; 12-патрубок для виведення димових газів; 13-вогнетривкий бетон; 14-патрубок для встановлення запобіжного клапана; 15-теплоізоляція; 16-основна рама; 26-пальник котла; 27-шлюз для усунення забруднень; 28-направляюча для «зворотної води»

Рисунок 3.5 - Рух димових газів жаротрубного котла

3.3.3. Технічна характеристика котла Колві 1500.

Технічні характеристики котла Колві 1500 зведена в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Технічні характеристики котла Колві 1500

№ п/п	Найменування	Одиниця виміру	Колві - 1500
1	Номінальна теплопродуктивність	МВт	1,5
2	Номінальний тиск газу	мбар	76
3	Температура води: - на вході в котел - на виході з котла	°С	 60 115
4	Діапазон регулювання теплопродуктивністю по відношенню до номінальної	%	35 - 100
5	Витрата природного газу	нм³ /год	174,2
6	Гідравлічний опір	кПа	3,3
7	Температура відхідних газів	°С	180
8	Коеффіцієнт корисної дії	%	92
9	Аеродинамічний опір,	мбар	5,3
10	Поверхня нагріву	м²	30,11

			Продовж. табл. 3.3
11	Опір топки котла: - димових газів - теплоносія при Δt = 150ºС	 мм в ст кПа	 53 3,3
12	Об'єм води в котлі	л	1280
13	Робочий тиск котла	МПа	0,6
14	Розміри котла: - довжина - ширина - висота	мм	 2863 1375 1754
15	Вага	кг	2780
16	Країна виробник		Україна

3.3.4. Характеристики пальникового пристрою котла Колві 1500

Сталевий водогрійний котел Колві 1500 оснащений газовим пальником Unigas E205A, який має прогресивне управління потужністю та вбудований менеджер горіння. Для досягнення номінальної теплової потужності котла тиск газу, що подається до пальника, не може бути нижчим за 82 мбар, а максимальний - до 360 мбар.

Основні вимоги до пальника:

- забезпечення необхідної потужності котла з урахуванням його аеродинамічного опору, який складає 9 мбар;

- тиск газу перед котлом, що враховує аеродинамічний опір, повинен бути достатнім для забезпечення необхідної витрати палива, щоб досягти номінальної теплової потужності котла.

3.3.5 Характеристика пульта керування

Пульт керування котлом МК - 2м забезпечує контроль за роботою пальникового пристрою, моніторинг технологічних параметрів котла та гарантує безпечну роботу котла і пальника. Також пульт дає можливість організувати роботу до шести котлів та керувати допоміжним обладнанням котельні, таким як насоси, регулювальні клапани та запірна арматура.

Основні функціональні можливості пульта керування МК - 2м:

- керування пальниковими пристроями. Подача керувальних сигналів для пуску та зупинки пальника, а також для регулювання потужності горіння. Пульт приймає вхідні сигнали про роботу пальника та управляє пальниками в модуляційному режимі;

- керування роботою допоміжного обладнання котельні. Видача керувальних сигналів для пуску чи зупинки насосів, для відкривання, перекривання або налаштування триходових змішувальних клапанів і поворотних засувок з електричними приводами;

- здійснення контролю за технологічними параметрами котла. Контроль за температурою на трубопроводах котла та температури на виході групи котлів в разі їх каскадної роботи;

- каскадне керування котлами. Управління запуском декількох котлів, з можливістю керування, залежно від теплового навантаження та погодних умов.

- контроль безпечної роботи котла. При виникненні аварійних ситуацій, таких як перегрів теплоносія, аварійне зниження або перевищення тиску теплоносія, димових газів на виході з котла або у топковій камері, пульт зупиняє пальник та подає аварійний звуковий сигнал.

3.3.6 Допоміжнє обладнання котла

Котел має допоміжнє обладнання:

- кульові крани або поворотні засувки для подавального та зворотного патрубків;

- два запобіжні скидні клапани з відповідними трубопроводами для скиду;

- пристрої для забезпечення температури теплоносія на вході в котел на рівні не менше 55 - 60 ºС;

- датчики температури теплоносія, встановлені на вході та виході з котла;

- аварійний термостат, який при досягненні підвищеної температури теплоносія в котлі, вимикає живлення пальника;

- два запобіжні реле тиску теплоносія, які відключають живлення пальника при аварійному зниженні або підвищенні тиску теплоносія в котлі;

- датчик тиску газів, що виходять з котла;

- дренажний кран для відведення конденсату та забруднень;

- манометри для вимірювання тиску в системах котла;

- термометри для вимірювання температури в різних точках котла.

3.3.7 Газоповітряний тракт

За кожним котлом встановлено утилізатор тепла, за допомогою якого знижується температура виходячих газів за котлом (не більше 140 ºС). Це рішення дозволяє підвищити ККД котла на 2%.

Відвід димових газів від котлів, встановлених в котельні, здійснюється по окремим газоходах діаметром 530 мм від кожного котла в одну металеву димову трубу висотою 30 м та діаметром 630 мм.

На кожному газоході встановлено по одному вибуховому клапану.

3.4 Автоматизація водогрійної частини

Котельня повністю автоматизована і працює з постійним перебуванням обслуговуючого персоналу.

В котельній встановлюються два водогрійних газових котла Колви - 1500 в комплекті з блоками управління і сигналізації типу БУС МК - 2.

Котли мають комплекс приладів і пристроїв, що здійснюють:

- автоматичний пуск і зупин котла по заданій програмі;

- автоматичний контроль послідовності виконання програми пуску й зупину.

Котли працюють у каскаді. Блок управління БУС МК - 2 котла «Master» по інформаційному зв'язку Ecocan - Bus управляє блоком управління БУС МК - 2 котла «Slave», а також здійснює регулювання температури подаючої і зворотньої води в залежності від температури зовнішнього повітря і управляє триходовим змішувальним клапаном.

Шафа управління пальника і блок управління котла представляють собою автоматику безпеки регулювання процесу горіння, яка виконує автоматичне управління і захист котла в режимах пуску, зупинки, нормальної експлуатації і в аварійних ситуаціях.

Автоматика забезпечує підтримку заданих параметрів середовища котла, економічне спалювання палива і безпечну роботу котла шляхом припинення подачі палива до пальника, якщо:

- із системи управління пальником отримано сигнал «Аварія»;
- із системи управління пальником не поступає сигнал «Робота»;
- тиск газів в топці високий;
- тиск димових газів високий;
- перевищено граничне значення температури води на виході котла;
- тиск води високий;
- тиск води низький;
- недостатній протік теплоносія через котел;
- несправний блок управління і сигналізації БУС МК - 2.

Схеми автоматизації розроблені згідно з наступними принципами:

- параметри, які потрібно контролювати для належного здійснення технологічного процесу на встановлених режимах, вимірюються відповідними приладами;

- параметри, при зміні яких може статися аварійна ситуація, контролюються сигналізуючими приладами;

- параметри, облік яких необхідний для господарських розрахунків, контролюються реєструючим приладом.

Автоматизація котельної передбачає:

- місцевий контроль параметрів температури води, тиску води і розрідження димових газів відповідно показуючими термометрами ТБ100, манометрами ДМ 05100, напоромірами ДН 05100 і тягонапоромірами ДГ 05100, які встановлюються на технологічних трубопроводах;

- вимірювання тиску зворотньої води перетворювачем надлишкового тиску ПД100 - ДИ в комплекті з регулятором тиску ОВЕН ТРМ136 для сигналізації і управління підживлюючими насосами;

- вимірювання рівнів води в накопичувальному баці поплавковим датчиком рівня ПДУ - И в комплекті з регулятором тиску ОВЕН ТРМ136 для сигналізації, управління електромагнітним клапаном і управління підживлюючими насосами;

- вимірювання температури і об'ємної концентрації азоту та вуглекислого газу у відходящих димових газах газоаналізатором ОКСИ - 5М4;

- автоматичний облік теплової енергії по витраті і температурі прямої і зворотньої мережної води, з корекцією по температурі холодної води ультразвуковим теплолічильником СВТУ - 10М - М2;

- регулювання температури димових газів в димоходах котлів ПІД - регуляторами температури ОВЕН ТРМ12 по сигналам термоперетворювачів опору ОВЕН ДТС 075 і управління триходовими клапанами HRE3 - 32 подачі води до утилізаторів тепла УТ - 4;

- інформаційний обмін поміж системами управління БУС МК - 2 через з'єднувальний телекомунікаційний кабель Ecocan - Bus.

Сигнали про порушення нормального режиму роботи котельні винесені на пульт контролю Сигнал 1 ДН і передбачають:

- аварійна зупинка котлів;

- загазованість (концентрація метану і оксиду вуглецю вище норми);

- тиск газу вище норми;
- тиск газу нижче норми;
- тиск зворотньої води нижче норми;
- пожежа;
- високий рівень води в накопичувальному баку;
- низький рівень води в накопичувальному баку;
- аварійна зупинка насосів мережної води;
- зникнення напруги.

Дублюючі світлозвукові сигнали вищеназваних параметрів винесені на пульт індикації Сигнал - 2 ДН, який встановлюється в приміщенні оператора котельні.

У котельній передбачено встановлення щитка КВП і А для монтажу електроапаратури щитового типу. Для забезпечення захисту електронного обладнання в ланцюгах системи заземлення TN - S від високочастотних перешкод і залишкових імпульсних перенапруг у щитку КВП і А буде встановлений однофазний пристрій типу ОПС1 - D - 1Р класу III (D).

Цей пристрій забезпечує ефективний захист від імпульсних перенапруг, що дозволяє уникнути пошкоджень електронних компонентів, а також сприяє зниженню рівня електричних перешкод у системі.

3.5 Допоміжне обладнання модульної котельні

3.5.1 Водопідготовка для водогрійних котлів

Для пом'якшення води в котельні, що використовується для підживлення системи теплопостачання, була обрана автоматична хімічна водоочистка Ecosoft FK 1354 Twin продуктивністю 2,2 м³/год.

До комплекту установки входять такі елементи:

- корпус фільтра;
- багатофункціональний керуючий клапан Clack WS1 CE;
- бак із сольовою системою для регенерації;

- фільтрувальний матеріал Ecomix A (виробник Ecosoft, Україна);

- ізотермічний чохол.

Система складається з двох основних модулів: балону з фільтрувальним матеріалом та бака для розчинення солі (рис. 3.6). Ця система дозволяє забезпечити ефективне пом'якшення води, запобігаючи утворенню накипу в котлах і трубопроводах, що сприяє подовженню терміну служби обладнання і підвищенню його ефективності.

Балон (колона) виготовлений з полімерного композиційного матеріалу, що забезпечує високу стійкість до корозії. Всередині колони знаходиться 62 л фільтрувальної суміші Ecomix, яка складається з кількох компонентів, кожен з яких має специфічне призначення [10].



Рисунок 3.6 - Хімводоочистка Ecosoft FK 13 54 CE Twin

Кожен компонент фільтрувальної суміші Ecomix відповідає за нейтралізацію або затримання конкретних видів домішок у воді. Завдяки такій комбінації компонентів досягається комплексне фільтрування води вже на одному етапі процесу. Вода, очищена за допомогою цього фільтра, має покращені органолептичні характеристики і є придатною для широкого спектра застосувань, зокрема для підживлення котельної системи та інших технологічних потреб.

Вода для підживлення системи опалення надходить після хімводоочистки Ecosoft FK 13 54 CE Twin продуктивністю 2,2 м³/год, де зм'якшується і подається до мережі. Також передбачено аварійне підживлення мережі від трубопроводу ісходної води. Дренаж солоної води від хімводоочистки здійснюється в дренаж де він розбавляється з ісходною водою (за рахунок чого знижується концентрація солі в воді до норми) і потрапляє до каналізації.

Фільтр встановлюється в подачу холодної води, очищає воду та контролює в автоматичному режимі свою роботу. Це забезпечує безперервну та стабільну очистку води без необхідності ручного втручання. Для забезпечення максимальної ефективності роботи фільтра необхідно, щоб вода, яка подається на фільтр, відповідала певним вимогам.

Ці вимоги гарантують, що вода, подана на фільтрацію, має прийнятну якість для ефективного очищення, а також для забезпечення безперебійної роботи обладнання і досягнення необхідних характеристик очищеної води.

Вимоги до води, яка подається на фільтр наведені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 - Вимоги до води, яка подається на фільтр

№ п/п	Параметр	Значення
1	Твердість	15,0 мг- екв/л
2	Вміст заліза	15,0 мг/л
3	Вміст мангану	3,0 мг/л
4	Перманганатна окиснюваність	8,0 мг O_2/л
5	Амоній	4,0 мг/л
6	Рівень очищення від механічних домішок	100 мкм
7	Температура вхідної води	+ 4 …+ 30 °С

Фільтраційна система із матеріалом Ecomix ефективно очищає воду від різноманітних забруднень, завдяки поєднанню кількох інноваційних

компонентів. Це забезпечує надійне очищення води від заліза, мангану, органічних домішок, а також пом'якшення води.

Склад фільтрувального матеріалу Ecomix:

- Ferro Sorb - сорбент, що зменшує вміст заліза та мангану. Процес включає адсорбцію, окиснення та автокаталітичне окиснення, що дозволяє ефективно очищати воду від цих елементів;

- Humi Sorb - сорбент, який знижує перманганатну окиснюваність і кольоровість води, видаляючи органічні сполуки через механізм електростатичної гідрофобної взаємодії;

- Катіоніт - іонообмінна смола, яка пом'якшує воду шляхом заміни іонів кальцію та магнію на іони натрію;

- Кварцевий пісок - забезпечує рівномірний розподіл потоку води через фільтрувальний матеріал під час його промивки.

Після вичерпання ресурсу фільтрувального матеріалу система автоматично переходить в режим регенерації, зазвичай коли водою користуються мінімально. Керуючий клапан запам'ятовує інтенсивність користування водою та адаптується до цього, щоб забезпечити наявність чистої води навіть у пікові періоди використання.

Переваги фільтраційної системи Ecomix:

- покращена промивка завдяки інертному матеріалу, що підвищує ефективність зворотної промивки;

- ефективне очищення від заліза та мангану завдяки сорбенту Ferro Sorb;

- зниження перманганатної окиснюваності та кольоровості води за рахунок Humi Sorb;

- пом'якшення води за допомогою іонообмінної смоли;

- рівномірний розподіл потоку води під час промивки завдяки кварцевому піску.

Технічні характеристики фільтра наведені в таблиці 3.5.

Фільтраційна система з використанням матеріалу Ecomix має ефективну і довготривалу роботу завдяки регулярній регенерації фільтрувального матеріалу. Процес регенерації складається з кількох етапів, що дозволяють повернути матеріалу його початкові властивості для подальшого очищення води.

Таблиця 3.5 - Технічні характеристики фільтра

№ п/п	Параметр	Значення
1	Продуктивність робоча / максимальна	2,2 / 2,5 м³/год
2	Тип фільтра	Знезалізнення та пом’якшення води
3	Об'єм фільтрувального матеріалу	62л
4	Ресурс	8,7 м³ (при твердості 5 мг - екв/л)
5	Витрата води на регенерацію (об'єм стоків)	0,62м³
6	Витрата солі на регенерацію	6,2 - 9,9 кг
7	Тривалість регенерації	80 - 110 хв
8	Робочий тиск	2 - 6 бар
9	Перепад тиску в робочому режимі	0,5 - 1,0 бар
10	Електроживлення	230 В, 50 Гц
11	Енергоспоживання	30 Вт
12	Габаритні розміри фільтра, (В х Ш х Г)	160 х 80 х 45 см
13	Вага	85 кг
14	Проблема	Залізо, манган, солі твердості амоній, кольоровість
15	Фільтрувальний матеріал	Ecomix
16	Тип корпусу	колона

		Продовж. табл 3.5
17	Швидкість фільтрації	20 - 25 м/год
18	Максимальна робоча температура	40 °С
19	Швидкість зворотної промивки	10 - 15 м/год
20	Швидкість промивки розчином солі	3 - 5 м/год
21	Мінімальна висота шару	500 мм
22	Оптимальна висота шару	800 мм
23	Вільний об'єм	понад 40 %
24	Витрата солі	100 г/л матеріалу
25	Концентрація розчину солі	8 - 10 %
26	Витрата води на промивку	10 л/л матеріалу
27	Робоча обмінна ємність за солями твердості	0,7 г - екв/л

Процес регенерації матеріалу Ecomix:

- промивання зворотним потоком води. Цей етап дозволяє вимити сполуки заліза та мангану з фільтрувального матеріалу. Вода рухається в зворотному напрямку, що сприяє видаленню забруднень;

- подача сольового розчину. Розчин солі подається з баку в корпус фільтра, проходить через матеріал Ecomix і вимиває з нього солі твердості та органічні домішки. Залишки розчину разом з виведеними забрудненнями відводяться у каналізацію;

- коротке зворотне промивання. Цей етап сприяє розпушенню матеріалу і вимиванню залишків сольового розчину, що залишились після попереднього етапу;

- промивання прямим потоком води. Вода подається у фільтр у звичайному напрямку для правильного розподілу фільтрувальних шарів, що допомагає забезпечити оптимальні умови для наступного очищення води;

- заповнення сольового бака водою. На цьому етапі бак наповнюється водою для розчинення таблетованої солі, що готується до наступної регенерації.

Фільтрувальний матеріал Ecomix ефективно зменшує вміст заліза, мангану, органічних сполук та пом'якшує воду завдяки іонообмінному процесу. Регенерація дозволяє відновити властивості матеріалу для подальшої ефективної роботи, забезпечуючи стабільну очистку води на тривалий термін. Використання звичайної таблетованої солі робить процес регенерації економічним і простим для обслуговування. Після регенерації фільтр повертається до роботи, забезпечуючи очищену воду з покращеними органолептичними властивостями, готову для подальшого використання.

Таким чином, система з фільтром на основі Ecomix забезпечує довгострокову і ефективну фільтрацію води з мінімальними витратами на обслуговування та енергоспоживання.

Показники якості вихідної води представлені в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 - Допустимі показники якості вихідної води

№ п/п	Параметр	Значення
1	Твердість	15 мг - екв/л
2	Манган	3 мг/л
3	Залізо	15 мг/л
4	Окиснюваність	8 мг O_2/л
5	Амоній	4 мг/л
6	Робочий діапазон р Н	5 - 9
7	Максимальний солевміст	4000 мг/л

Фільтр Ecosoft FK 1354 CE є високоефективним і надійним пристроєм для комплексного очищення та пом'якшення води. Завдяки багатофункціональному клапану, система працює в автоматичному режимі,

що значно полегшує обслуговування. Користувачу потрібно лише своєчасно забезпечувати фільтр таблетованою сіллю для регенерації фільтрувального матеріалу, що гарантує його ефективну роботу і високу якість води.

Ключові переваги фільтра:

- не потребує постійної уваги завдяки багатофункціональному клапану. У випадку будь-яких проблем, система повідомить користувача через текстове повідомлення на дисплеї;

- очищає воду, знижуючи вміст заліза, мангану, амонію та органічних домішок. Він також пом'якшує воду, що робить її більш придатною для використання в різних системах;

- замінює кілька спеціалізованих систем очищення, що дозволяє значно знизити витрати на придбання та обслуговування системи очищення води;

- високий ресурс фільтрувального матеріалу забезпечує надійну та ефективну роботу протягом 5 років, що робить його економічно вигідним.

- витрати на регенерацію мінімальні завдяки ефективному використанню солі.

Завдяки цим характеристикам, фільтр Ecosoft FK 1354 CE забезпечує зручну, ефективну та економічну систему очищення води, що не потребує постійного обслуговування.

3.5.2 Бойлерна

В модульній котельні розташована бойлерна для системи гарячого водопостачання душевих споживачів. Продуктивність бойлерної на потреби гарячого водопостачання складає 0,254 МВт (0,218Гкал год). Теплоносій в бойлерній - гаряча вода з температурними параметрами 95 - 70 ºС.

В бойлерній передбачається установлення обладнання:

- двох розбірних пластинчатих теплообмінників типу «Thermaks» PTA (GL) 9 - P - 450 -2 0 - 1.66 - 1К виробництва OPEKS Energysystems, які роблять паралельно, встановленою потужністю Q = 450 КВт кожний;

- двох вертикальних накопичувальних баків об’ємом 3000 л типу SAC - 3000 «ELBI», Італія;

- мембранний напірний бак «Reflex G 600»;

- двох насосів мережної води ГВП типу Wilo - Stratos MAXO - Z65/0,5 - 12PN6 /10;

- насосу вихідної води Wilo - VeroTwin - DPL 40/120 - 1,5/2;

- циркуляційних насосів водогрійного контуру типу Wilo - Top - S - 50/7 та насосу циркуляційної системи ГВП Wilo - Top - S - 40/7;

- апаратів магнітної обробки води МАГ - 10 і МАГ - 20. Для забезпечення потреб гарячого водопостачання передбачається встановлення двох пластинчатих розбірних теплообмінників типу «Thermaks» PTA (GL) - 9 - P - 450 - 20 - 1,66 - 1К, кожен з яких має загальну потужність Q = 450 кВт. Теплообмінники забезпечують ефективну передачу тепла від теплоносія до води, забезпечуючи стабільну та швидку подачу гарячої води для потреб споживачів.

Також передбачається встановлення двох вертикальних накопичувальних баків об'ємом 3000 л кожен, марки SAC - 3000 ELBI. Ці баки призначені для зберігання нагрітої води, що дозволяє підтримувати постійну доступність гарячої води в будь - який час, навіть при зміні навантажень на систему водопостачання.

Система, що включає в себе два теплообмінники та два накопичувальних баки, дозволяє забезпечити високу потужність для швидкого і ефективного нагріву води, стабільне забезпечення гарячою водою за рахунок значного об'єму накопичувальних баків та ефективну передачу тепла з мінімальними тепловими втратами.

Для нормальної роботи циркуляції контуру системи гарячого водопостачання передбачається встановлення насосу системи ГВП Wilo - TOP - S50/4.

Біля накопичувальних баків - акумуляторів встановлено мембранний бак Reflex G 600 для надійної роботи системи.

Господарсько - питна вода після вузла обліку надходить до магнітного апарату МАГ- 20, де проходить обробку і подається до теплообмінників.

Схема системи ГВП - циркуляційна. Гаряча вода від споживачів вертається по циркуляційному трубопроводу, а потім за допомогою циркуляційного насосу Wilo - TOP-S40/7 подається в бак - акумулятор. На вводі циркуляційної води стоять: відключаюча засувка, сітчастий фільтр, циркуляційний насос і лічильник виробництва «Powogaz S.A». Так як після магнітної обробки вода зберігає свої властивості менш 24 години, в схемі застосовано підмагнічення циркуляційної води магнітним апаратом МАГ - 10. Температура води системи ГВП складає 60 ºС. В найвищих точках трубопроводів в бойлерної встановлені стравлювачі повітря, в нижніх - дренажі. Дренажі від трубопроводів та обладнання здійснюються в продувний колодязь. Для підтримки постійної температури в баках накопичувачах передбачено насос циркуляції водогрійного контуру.

Теплові навантаження бойлерної наведені в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 - Теплові навантаження бойлерної

№ п/п	Найменування	Максимальні теплові навантаження, Гкал/год (МВт)
1	Гаряче водопостачання	0,218 (0,254)
2	Інші	-
3	Всього	0,218 (0,254)

Електропостачання бойлерної здійснюється від головного розподільного щита котельні, що забезпечує напругу 380 В змінного струму з системою заземлення TN - S. Для захисту електричних мереж від перевантажень та струмів короткого замикання в щиті встановлені автоматичні вимикачі.

Встановлена потужність бойлерної становить 5,46 кВт, а розрахункова потужність - 2,16 кВт. Це забезпечує необхідний рівень енергоспоживання для ефективної роботи бойлерної установки.

Управління насосами бойлерної здійснюється за допомогою пристроїв управління типу Стандарт АКН - 2 - Т, АКН - 1 - Т та АКН - 21 - Т, які автоматично управляють насосами відповідно до заданого алгоритму. Ці пристрої оснащені електронним захистом насосів від можливих аварійних режимів, що забезпечує стабільну роботу системи.

Вони також здатні автоматично включати резервний насос у разі виходу з ладу основного або при недостатній потужності робочого насоса. Це дозволяє забезпечити безперервну роботу системи та оперативно усувати можливі збої, що важливо для стабільного функціонування бойлерної.

Автоматизація бойлерної включає:

- контроль температури і тиску води контрольно - вимірювальними приладами, які встановлюються на технологічних трубопроводах;

- вимірювання термостатом КР - 78 температури води;

- вимірювання тиску води датчиками - реле тиску КРІ - 35;

- видача команди з термостата КР - 78 для управління насосом мережної води ГВП;

- видача команди з датчика - реле тиску КРІ - 35 для управління параметрами насоса вихідної води;

- видача команд з датчика-реле тиску КРІ - 35 для управління циркуляційним насосом системи ГВП (захист насоса від «сухого ходу»).

Управління роботою насоса циркуляції водогрійного контуру здійснюється за командами блока управління БУ - SAC, бака накопичення для гарячого водопостачання SAC - 3000.

3.6 Газопостачання котельні

3.6.1 Загальні відомості

Котельня в якості палива використовує природний газ. Газопостачання котельні передбачено від ввідного газопроводу діаметром 89 х 3мм.

Тиск газу на вводі складає 3,0 - 1,0 кгс/см^2 (0,3 - 0,1 МПа), теплотворна здатність газу - 8050 ккал/нм^3, щільність - 0,7 кг/нм^3.

Витрата газу на котельню згідно навантажень:

- максимальна - 360 м^3/год;

- мінімальна - 54 м^3/год.

Витрати газу на один котел КОЛВІ 1500 - 180,0 м^3/год. Котел КОЛВІ 1500 комплектується блочним газовим пальником , який працює на природнім газі середнього тиску Р = 50 мбар (500 мм.в.ст), Q = 480 - 2670 кВт.

На вводі газопроводу в котельню встановлено відсічний клапан типу ВНЗН-3, що припиняє подачу газу до котлів при підвищенні концентрації газу в приміщенні (20 % НКМЗ). Біля кожного котла встановлено лічильник газовий (технологічний).

В котельні передбачено установку:

- двох лічильників газу GMS - G160 - 80 - 1.0 - У3.1- НЧ -1:100, Ду80 з класом відповідності 1,0;

- регулятора тиску газу типу РВЕ 40/2 АС10, що автоматично знижує тиск газу з вхідного тиску 1,0 - 3,0 кгс/см^2 (0,1- 0,3 МПа) до вихідного тиску Р = 0,08 кгс/см^2 (0,008МПа), в якому встроєний запобіжний запірний клапан, що припиняє подачу газу до котлів при недопустимому зниженні або підвищенні тиску газу на 10 %;

- скидного клапану типу ПСК - 50С/50 Ду 50, що скидає надлишкову кількість газу при перевищенні завданого максимального робочого тиску не більше ніж на 15%;

- кранів кульових типу WK 2a , WK 4a -15 - 80 мм;

- контрольно - вимірювальних приладів.

Для безперебійної роботи котельні передбачено обвідний газопровід - байпас з установкою на ньому послідовно двох запірних засувок Ду 50 з продувним газопроводом між ними.

Контроль наявності в повітрі приміщення котельні вибухонебезпечних концентрацій метану і небезпечних концентрацій чадного газу здійснюється сигналізатором «Варта 1 - 03».

3.6.2 Комерційний вузол обліку газу

Комерційний облік газу моторовагонного депо здійснюватиметься лічильником газу типу DELTA G160 Dn80 Ду80мм з існуючим обчислювачем об'єму газу «ВЕГА-1,01». Максимальна витрата газу за годину в котельні - 360 м^3/год, мінімальна - 54 м^3/год.

Лічильник газу DELTA G160 Dn80 - з класом відповідності 1,0 з витратою заводу - виробника Qmax = 250 м³/год, Qmin = 1,5 м³/год. Комерційний лічильник газу DELTA G160 Dn80 забезпечує максимальну та мінімальну пропускну здатність для стабільної роботи котельні.

Мінімальна витрата газу в котельні буде тільки влітку для гарячого водопостачання.

Передача телеметричної інформації на диспетчерський пункт Оператора ГРМ здійснюється через пристрій дистанційної передачі даних результатів вимірювання.

Біля кожного котла КОЛВІ 1500 встановлено технологічний лічильник газу типу газу GSM - G160 - 80 - 1,0 -УЗ.1- НЧ Bmax - 250 нм³/год, Bmin - 1,6 нм³/год при співвідношенні витрат 1:100.

3.6.3 Зовнішній газопровід

Передбачається заміна існуючого лічильника газу на новий комерційний лічильник G160, згідно до розрахунку.

Розрахункова витрата газу на модульну котельню складає 360 нм³/год.

Розрахункова втрата тиску газу на ділянці газопроводу дорівнює 121,17даПа при P_1 = 0,4 МПа та 194,44 даПа при P_1 = 0,1 МПа.

Для комерційного обліку, контроль витрат газу здійснюється за допомогою вертикального лічильника DELTA G160 DN80 -2080/A класом відповідності 1,0.

3.6.4 Автоматизація газової частини

Автоматизація газової частини котельні передбачає:

- місцевий контроль параметрів температури і тиску газу показуючими контрольно - вимірювальними приладами ТБ100, ДМ 05100 і ДН 05100, які встановлюються на технологічних газопроводах;

- вимірювання тиску газу перетворювачем надлишкового тиску ПД100 - ДИ в комплекті з регулятором ТРМ 202 - Н.РР;

- видача команди з регулятора ТРМ 202 - Н.РР про відхилення тиску газу перед котлами від норми на пульт контролю Сигнал - 1ДН;

- місцевий автоматичний контроль наявності в повітрі приміщення котельні вибухонебезпечних речовин природнього газу (метану СН4) і об'ємної частки токсичних речовин оксиду вуглецю (чадного газу СО) чотириканальним стаціонарним автоматичним газосигналізатором безперервної дії Варта 1 - 03 для підвищення безпеки експлуатації газового обладнання;

- автоматичне закриття електромагнітного клапану на газопроводі при загазованості, зникненні напруги і при пожежі згідно вимог ДБН В.2.5 - 77 - 2014, п. 17.2.5. Відкриття клапану проводиться тільки вручну;

- попереджувальна світлозвукова сигналізація про загазованість в котельній.

Сигнали про порушення нормального режиму роботи котельні винесені на пульт контролю Сигнал - 1ДН і передбачають:

- загазованість (концентрація метану і оксиду вуглецю вище норми);

- тиск газу вище і нижче норми.

На лицьовій панелі пульта Сигнал - 1ДН знаходиться кнопка ручного закриття електромагнітного клапана на газопроводі.

Дублюючі світлозвукові сигнали вищеназваних параметрів винесені на пульт індикації Сигнал - 2ДН, який встановлюється в приміщенні оператора котельні.

3.6.5 Автоматизація вузла обліку природного газу

Автоматизація вузла обліку об'єму і об'ємої витрати природного газу передбачає:

- місцевий контроль параметрів температури і тиску газу показуючими контрольно-вимірювальними приладами - термометром ТТЖ -М і манометром ДМ 05100, встановленими на технологічних газопроводах;

- вимірювання об'єму природного газу з урахуванням вимірюваних значень абсолютного тиску і температури природного газу роторним лічильником DELTA G160;

- зчитування інформації з коректора і передачі з параметрами газу та результатами вимірювань його об'єму через GSM - модем (радіотермінал інтелектуальний iMod - Vega шлюз) по каналу сотового зв'язку на центральний диспетчерський пункт оператора РГК АТ «Запоріжгаз».

3.7 Електрообладнання котельні

3.7.1 Силове електрообладнання

Електропостачання модульної котельні забезпепено від електричної мережі напругою 380 В змінного струму з глухозаземленою нейтралью і системою заземлення TN - C - S, двома кабельними вводами від двох незалежних джерел живлення. Кабелі живлення взаєморезервуючі.

Біля модульної котельні виконується зовнішній контур заземлення. Заземлюючі пристрої складаються з горизонтальних та вертикальних заземлювачів, що прокладаються в землі.

За технологічним процесом і ступеню відповідальності електропостачання котельня відноситься до II категорії споживачів електроенергії згідно вимог ПУЕ - 2017 і ДБН В.2.5 - 23 – 2010 [12].

Споживачами I категорії електропостачання є:

- система протипожежного водопостачання;
- пожежна сигналізація (пульт пожежної сигналізації);
- сигналізація загазованості (газосигналізатор);
- загальнокотельний пульт контролю і сигналізації «Сигнал - 1ДН»;
- пульт індикаціїї «Сигнал - 2ДН»;
- аварійне освітлення.

Пульт пожежної сигналізації, пульти «Сигнал - 1ДН», «Сигнал - 2ДН» та світильники аварійного освітлення мають умонтовані блоки безперебійного живлення.

У щиті автоматичного введення резерву встановлено наступне обладнання:

- два електронних трифазних лічильника активної та реактивної електроенергії типу NIK 2303 - AP - П1 - T - 0 - 2 - 00 класу точності 1/2. Ці лічильники забезпечують точний облік споживаної електричної енергії, як активної, так і реактивної, що є важливим для контролю енергоспоживання та ефективного використання електричної енергії в котельні;

- два трифазних пристрої захисту від імпульсних перенапруг типу ОПС1 - С - 3Р класу I (B). Ці пристрої призначені для захисту обладнання від імпульсних перенапруг, таких як ті, що можуть виникати через прямі удари блискавки. Вони встановлені в системі блискавкозахисту будівлі котельні і забезпечують надійний захист від електричних перевантажень та імпульсних напруг, що можуть пошкодити електричні пристрої.

Таким чином, обладнання, встановлене в щиті АВР, дозволяє не тільки здійснювати точний облік електроенергії, але й забезпечити захист від електричних перенапруг, підвищуючи надійність і безпеку роботи котельні.

Живлення споживачів електроенергії здійснюється з системою заземлення TN - S.

Споживачами електроенергії являються насоси, вентилятори пальників котлів, світильники котельні, технологічне обладнання, обладнання системи вентиляції, світильники загороджувальних вогнів димових труб, пожежна сигналізація, прилади і засоби автоматизації котлів і допоміжного обладнання.

Управління трифазними насосами здійснюється пристроями типу АКН - 1 і АКН - 2 - Т.

Управління витяжними вентсистемами здійснюється регуляторами швидкості і магнітним пускачем.

Для забезпечення надійного захисту електричних мереж від перенавантаження та коротких замикань в щитах котельні встановлено автоматичні вимикачі.

Встановлена потужність котельні складає 66,72 кВт, що відображає загальну потужність споживаного обладнання.

Розрахункова потужність складає 40,0 кВт, що є величиною, визначеною для нормальних умов експлуатації котельні.

Розрахунковий струм становить 76,1 А, який визначає величину струму, що може протікати по електричній мережі в умовах нормального навантаження.

Автоматичні вимикачі, налаштовані на розрахункові параметри потужності та струму, забезпечують ефективний захист від аварійних ситуацій, запобігаючи пошкодженню електричних ліній і обладнання, що працює в котельні.

Річна витрата електроенергії складає 95,62 тис. кВт/годин.

3.7.2 Внутрішнє електричне освітлення

Передбачено улаштування робочого та аварійного електроосвітлення приміщень котельні, розеточних мереж технологічного та побутового призначень, електроживлення автоматичної системи пожежної сигналізації та оповіщення про пожежу напругою ~220В, а також ремонтного електроосвітлення приміщення котельного залу напругою ~12В.

Загальна встановлена потужність споживачів електроенергії складає 5,3 кВт, розрахункова - 3,7 кВт. Живлення споживачів електроенергії здійснюється від розподільного щитка, що встановлюється в центрі електричних навантажень для зменшення загальної довжини електричних мереж.

Аварійне освітлення котельного залу та основних проходів виконано окремою групою зі світильниками у вибухонебезпечному виконанні. Встановлення вимикача аварійного освітлення передбачено поза приміщенням котельні.

3.7.3 Світлове огородження димової труби

Планується встановлення світлового огородження на металевій димовій трубі висотою 30 м. Ця димова труба є частиною модульної котельні та належить до категорії лінійних перешкод. Маркувальне пофарбування та світлове огородження труби служать для попередження авіаційних суден про наявність високих споруд на землі.

Для забезпечення необхідних умов маркування та світлового огородження використовується енергоефективний, пожежобезпечний світлосигнальний пристрій з світлодіодним джерелом світла потужністю 6 Вт. На світлофорній платформі розташовуються три здвоєних червоних загороджувальних вогні, які встановлюються під кутом 120°. Вогні встановлюються на висоті 1,5 м від поверхні майданчика зі склом догори.

Автоматичне управління вогнями здійснюється через фотореле з винесеним фотодатчиком. Це забезпечує включення та вимикання вогнів залежно від рівня освітленості навколишнього середовища. Налаштування фотореле дозволяє вогням працювати в темний час доби та за умов поганої видимості, наприклад, у туман, снігопад чи дощ.

3.8 Опалення котельні

Джерелом теплопостачання є модульна котельна. Температура теплоносія 95 - 70 °С.Температура зовнішнього повітря для розрахунку систем опалення - 21 °С. Тривалість опалювального періоду - 166 діб.

Розрахункове теплове навантаження систем котельні:

- на систему опалення Qоп = 13400 Вт (11523ккал/год);
- на систему вентиляції Qв = 60400 Вт (51935 ккал/год).

Загальне теплове навантаження Q = 73800 Вт (63460 ккал/год).

Система опалення двотрубна, з супутним рухом теплоносія, з нижньою розводкою трубопроводів.

Видалення повітря з системи опалення та системи теплопостачання калорифера - з верхніх точок систем, через повітрозбірники.

Дренаж - через дренажні крани, розміщені в нижніх точках систем опалення та теплопостачання.

3.9 Вентиляція

Вентиляція приміщення котельного залу припливно - витяжна з механічним та природним спонуканням.

Кількість потребного повітря - в холодний перід року об’єм припливного повітря складає 3-х кратний повітрообмін та об`єм повітря на горіння газу в котлах, в теплий період року - 3-х кратний повітрообмін та об`єм повітря на локалізацію надлишків тепла. Приплив необхідної кількості

повітря забезпечується за допомогою припливної установки П1. Підігрів повітря в холодний період здійснюється водяним нагрівачем.

В зимовий період витяжна вентиляція здійснюється природним шляхом через дефлектор. В літній період витяжна вентиляція відбувається за допомогою осьового вентилятора.

Припливна вентустановка обладнується необхідним рівнем автоматизації для правильного ведення технологічного процесу. Автоматичне управління вентустановкою здійснюється із шафи управління.

Шафа управління має три режима роботи: черговий, робочий і аварійний.

Система автоматичного управління передбачає наступні можливості:

- управління вентилятором і клапаном зовнішнього повітря у заблокованому режимі;
- регулювання температури припливного повітря;
- захист водяного повітронагрівача від заморожування;
- контроль роботи вентилятора по датчику - реле перепаду тиску;
- контроль забиття фільтра по датчику - реле перепаду тиску;
- управління насосом теплоносія;
- управління регулюючим клапаном на теплоносії;
- контроль зупинки і несправності вентилятора;
- захист від короткого замикання і перевантаження в електричних ланцюгах.

Регулювання швидкості обертання двигуна вентилятора здійснюється перетворювачем частоти типу ACS150-03E-07A3-4, який забезпечує живлення і захист електродвигуна і виконує моніторинг стану двигуна і системи, активує попередження і аварійні сигнали при пошкодженнях, включає і зупиняє двигун, оптимізує енергоефективність.

Регулювання вихідної частоти і напруги дозволяє керувати швидкістю або моментом обертання. Автоматичне відключення вентустановки при пожежі здійснюється по команді пульта пожежної сигналізації індивідуальним

відключенням електропостачання щита управління вентустановкою зі збереженням електроживлення ланцюгів захисту від замерзання.

При зникненні електропостачання негайно вимикається вентилятор і закривається клапан зовнішнього повітря. Шафа управління переходить до аварійного режиму.

Контролер, встановлений в шафі, подає команду на включення циркуляційного насоса і повне відкриття регулюючого клапана на теплоносії. Після відновлення електропостачання відбудеться самозапуск системи вентиляції.

Для створення комфортних умов в теплий період в кімнаті оператора встановлено настінний кондиціонер.

3.10 Склад обслуговуючого персоналу котельні

Котельня працює з постійним обслуговуючим персоналом, кількість якого наведена в таблиці 3.8.

Таблиця 3.8 - Чисельність обслуговуючого персоналу котельні

№ п/п	Найменування	Категорія	Чисельність персоналу				Всього
			I зміна	II зміна	III зміна	Під зміна	
1	Старший оператор	робочий	1	-	-	-	1
2	оператор	-“-	1	1	1	2	5
3	Електромонтер	-“-	1	-	-	-	1
	Всього:		3	1	1	2	7

3.11 Висновок до розділу 3

Модульна котельня, розглянута в даному розділі, забезпечує виконання наступних вимог:

- забезпечення потрібних навантажень по відпуску теплової енергії на опалення та гаряче водопостачання;
- впровадження ефективного обладнання, що відповідає сучасним стандартам енергоефективності та надійності;
- застосування високоекономічної схеми технологічного процесу, що дозволяє знижувати витрати на енергоносії та підвищувати загальну ефективність роботи котельні;
- забезпечення безпечної експлуатації обладнання, зокрема, шляхом застосування автоматичних систем контролю та захисту;
- захист навколишнього середовища від шкідливого впливу.

4 ФІНАНСОВА ОЦІНКА ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧОГО ПРОЕКТУ

4.1 Розрахунок фінансової оцінки

Фактичні показники витрат існуючої котельні з паровими котлами ДЕ - 6,5 - 14 ГМ за рік складають:

- витрати газу 1169,622 тис.м3 на суму 21053,196 тис. грн;
- витрати води 5517м3 на суму 108,298 тис. грн;
- витрати електроенергії 130 тис. кВт*год на суму 351 тис. грн;
- витрати на заробітну плату працюючого персоналу котельні у кількості 14 чоловік 1316,027 тис. грн.

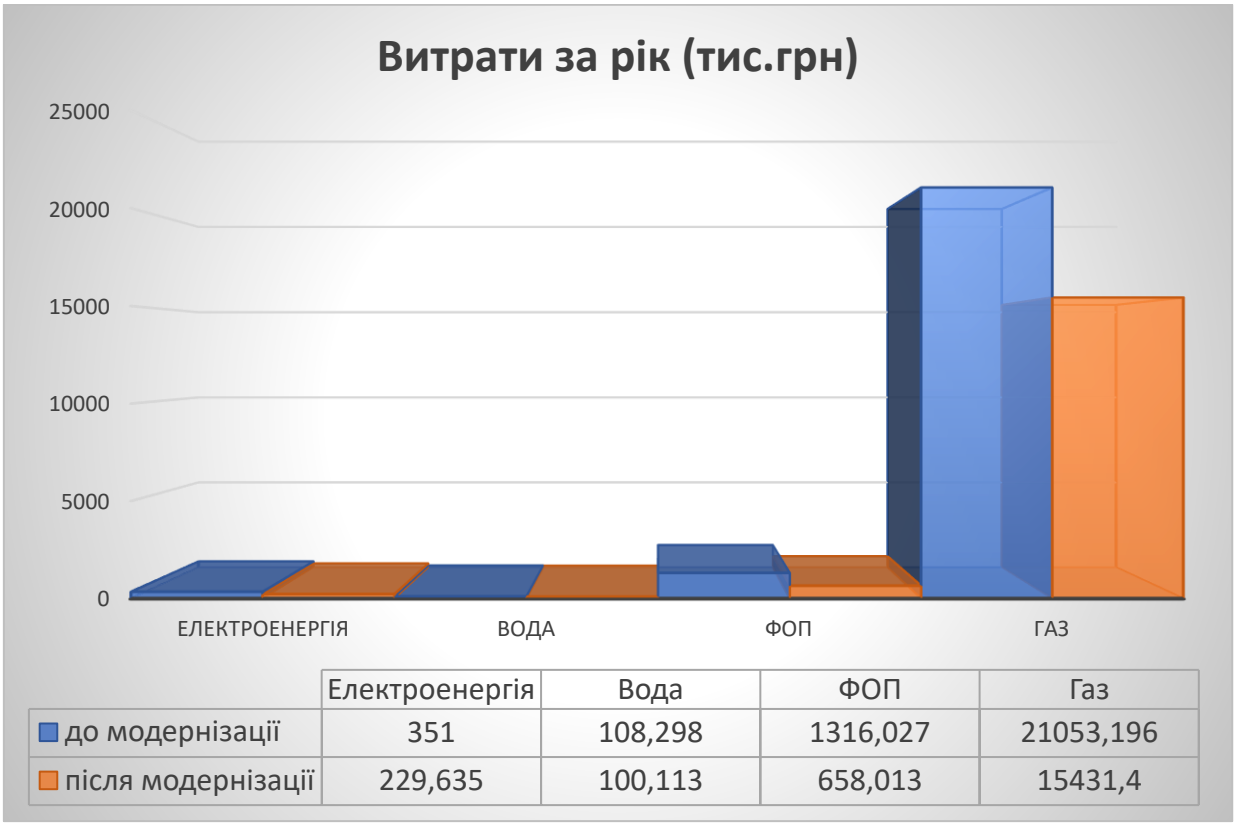
Розрахункові показники витрат модульної котельні з водогрійними котлами КОЛВІ-1500 за рік складуть:

- витрати газу 857,300 тис.м3 на суму 15431,400 тис. грн;
- витрати води 5100 м3 на суму 100,113 тис. грн;
- витрати електроенергії 85,050 тис. кВт*год на суму 229,635 тис. грн;
- витрати на заробітну плату працюючого персоналу котельні у кількості 7 чоловік тис. грн.

Порівняння витрат за рік при роботі котельні до і після модернізації наглядно відображено на діаграмі (рис. 4.1).

Капітальні витрати на будівництво модульної котельні складаються з витрат на:

- проектно - кошторисні роботи на суму 1136,913 тис. грн;
- будівельні роботи на суму 16235,660 тис. грн;
- придбання устаткування на суму 5160,980 тис. грн;
- авторський нагляд на суму 67,200 тис. грн;
- інші витрати на суму5933,431 тис. грн.



	Електроенергія	Вода	ФОП	Газ
до модернізації	351	108,298	1316,027	21053,196
після модернізації	229,635	100,113	658,013	15431,4

Рисунок 4.1 - Діаграма річних витрат котельні до і після модернізаії

Тривалість будівництва і введення в експлуатацію модульної котельні складатиме 6 місяців. Данні капітальних витрат представлені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 - Капітальні витрати на будівництво модульної котельні

Витрати, тис. грн.					
Проект	Будівництво	Устаткування	Авторський нагляд	Інші	Всього
1136,913	16235,660	5160,980	67,200	5933,431	28534,184

Після будівництва модульної котельні очікується отримати річну економію по витратам газу, грн/рік:

$$E = 21053196 - 15431400 = 5621796$$

Річна економія по витратам води, грн/рік:

$$E = 108298 - 100113 = 8185$$

Річна економія по витратам електроенергії, грн/рік:

$$E = 351000 - 229635 = 121365$$

Річна економія по витратам на заробітну плату працюючого персоналу, грн/рік:

$$E = 1316027 - 658013 = 658014$$

Данні річної економії витрат представлені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 - Річна економія витрат

Газ, тис. грн, (%)	Вода, тис. грн, (%)	Ел.енергія, тис. грн, (%)	ФОП, тис. грн, (%)	Всього, тис.грн, (%)
5621,796 (26)	8,185 (7)	121,365 (34)	658,014 (50)	6409,360 (28)

Крім того очікується отримати дохід від продажу старого обладнання (котли, фільтри, насоси, баки та інше) на суму 1200,350 тис. грн.

Показники часток витрат у річній економії після модернізації котельні у відсотках представлено на діаграмі (рис.4.2)



Рисунок 4.2 - Діаграма часток витрат у річній економії після модернізації у відсотках

Данні збереження коштів розраховані для восьми років і представлені в таблиці 4.3

Таблиця 4.3 - Збереження коштів

Рік	Збереження, тис. грн.					
	Газ	Вода	Ел.енергія	ФОП	Продаж обладнання	Всього
1	2810,898	4,093	60,683	329,007	1200,35	4405,031
2	5621,796	8,185	121,365	658,014	0	6409,36
3	5621,796	8,185	121,365	658,014	0	6409,36
4	5621,796	8,185	121,365	658,014	0	6409,36
5	5621,796	8,185	121,365	658,014	0	6409,36
6	5621,796	8,185	121,365	658,014	0	6409,36
7	5621,796	8,185	121,365	658,014	0	6409,36

						Продовж. табл 4.3
8	5621,796	8,185	121,365	658,014	0	6409,36
						49270,551

Використуємо метод розрахунку чистої приведеної вартості (ЧПВ), який показує, чи заробляє інвестиція більше (позитивна ЧПВ) або менше (негативна ЧПВ), ніж відповідно до наміченого темпу повернення.

Доцільніше за все, вихідні дані та результати розрахунку представити у вигляді звідних таблиць, які наглядно ілюструють послідовність розрахункових дій.

Результати розрахунку кумулятивного потоку коштів наведені в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 - Розрахунок кумулятивного потоку коштів

Рік	Витрати, тис. грн.	Збереження, тис. грн.	Поток коштів, тис. грн.	Кумулятивний поток коштів, тис. грн.
0	28534,184	0	-28354,184	-28354,184
1	0	4405,031	4405,031	-23949,153
2	0	7609,71	6409,36	-17539,793
3	0	6409,36	6409,36	-11130,433
4	0	6409,36	6409,36	-4721,073
5	0	6409,36	6409,36	1688,287
6	0	6409,36	6409,36	8097,647
7	0	6409,36	6409,36	14504,007
8	0	6409,36	6409,36	20916,367
	28534,184	49270,551		

Розрахуємо термін окупності.

$$x_1 = 4;\ y_1 = -4721{,}073$$

$$x_2 = 5;\ y_2 = 1688{,}287$$

Для цього скористаємося рівнянням прямої [7]:

$$y = m \cdot x + b \tag{4.1}$$

де m - нахил прямої;

b - вільний член.

Знайдемо нахил m, використовуючи координати двох точок (x_1, y_1) і (x_2, y_2):

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \tag{4.2}$$

$$m = \frac{1688{,}287 - (-4721{,}073)}{5 - 4} = 6410{,}36$$

Використовуючи одну з точок (x_1, y_1) підставимо в рівняння (4.1), щоб знайти b:

$$y_1 = m \cdot x_1 + b \tag{4.3}$$

$$-4721{,}073 = 6410{,}36 \cdot 4 + b$$

$$b = -30362{,}513$$

Знайдемо x, при якому $y = 0$:

$$0 = 6410{,}36 \cdot x - 30362{,}513$$

$$x = \frac{30362{,}513}{6410{,}36} = 4{,}74$$

Термін окупності складає 4,74 року.

Знайдемо внутрішню норму прибутку (ВНП) для розглянутого вище проекту. Відповідні коефіцієнти дисконтування застосовуються для приведення потоку готівки і суми, що щорічно дисконтуються, складаються, щоб дати чисту приведену вартість, а для того, щоб проект виглядав привабливо, ЧПВ повинна бути більше нуля. Коефіцієнти дисконтування приймаються з таблиці Додатку А.

Для визначення ВНП підберемо облікові ставки дисконту таким чином, щоб здобути як позитивну, так і негативну ЧПВ.

Для цього скористаємося формулою [7]:

$$\text{ЧПВ} = \sum_{t=1}^{n} \frac{B_{t-K_t}}{(1+i)^t}, \text{ грн} \qquad (4.4)$$

де t - відповідний рік здійснення проекту заходу;

Вt, і Кt - повні вигоди і капіталовкладення, пов' язані із певним заходом у рік t, грн.;

n - термін здійснення заходу у роках;

і - ставка дисконту (процентна).

Розрахуємо ЧПВ при ставці дисконту 10%, 20 %, а також внутрішню норму прибутку на восьмирічний період, резльтати відобразимо в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 - Розрахунок приведеної вартості вигід

Рік	Поток коштів, тис.грн.	КД 10%	ДВ 10%, тис. грн.	КД 20%	ДВ 20%, тис. грн.
0	-28354,184	1	-28354,184	1	-28354,184
1	4405,031	0,909	4004,173	0,833	3669,391
2	6409,36	0,826	5294,131	0,694	4448,096

					Продовж. табл 4.5
3	6409,36	0,751	4813,429	0,579	3711,019
4	6409,36	0,683	4377,593	0,482	3089,312
5	6409,36	0,621	3980,213	0,402	2576,563
6	6409,36	0,564	3614,879	0,335	2147,136
7	6409,36	0,513	3288,002	0,279	1788,211
8	6409,36	0,467	2993,171	0,233	1493,381
		ЧПВ	4011,407	ЧПВ	-5431,075

Визначемо внутрішню норму прибутку (значення дисконтної ставки, при якій ЧПВ = 0).

$$x_1 = 10;\ y_1 = 4011{,}407$$

$$x_2 = 20;\ y_2 = -5431{,}075$$

Для цього скористаємося рівнянням прямої (4.1).

Знайдемо нахил m використовуючи координати двох точок (x_1, y_1) і (x_2, y_2), згідно (4.2):

$$m = \frac{-5431{,}075-4011{,}407}{20-10} = -944{,}248$$

Використовуючи одну з точок (x_1, y_1) підставимо в рівняння (4.3), щоб знайти b:

$$4011{,}407 = -944{,}248 \cdot 10 + b$$

$$b = 13453{,}889$$

Знайдемо x, при якому $y = 0$:

$$0 = -944{,}248 \cdot x + 13453{,}889$$

$$x = \frac{13453{,}889}{944{,}248} = 14{,}25$$

ВНП = 14,25 %

4.2 Висновок до розділу 4

У цьому розділі проведено розрахунок фінансової оцінки впровадження модульної котельні з водогрійними котлами. Для розрахунків використано метод чистої приведеної вартості та внутрішню норму прибутку. Данними для розрахунку слугували показання приладів обліку використання енергоносіїв існуючою котельнею депо та витрати на оплату праці працівників котельні за рік. Також було використано розрахункові дані витрат на будівництво запланованої модульної котельні та витрати на споживання енергоносіїв.

Проект будівництва модульної котельні з встановленням водогрійних котлів і заміною обладнання на сучасне, можна вважати ефективним, оскільки в розрахунках чиста приведена вартість при ставках дисконту, навіть 10%, більше нульового значення. Річна економія витрат становить 6409360 грн, а термін окупності складає 4,74 роки.

Таким чином, впровадження модульної котельні є вигідним рішенням для енергозбереження.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1.Загальні відомості щодо безпеки праці

Основною вимогою до модульної котельні є її відповідність призначенню та здатність підтримувати необхідні експлуатаційні характеристики на протязі всього терміну експлуатації.

К основним вимогам відносяться:

- безпека для здоров’я та життя людей, збереження майна і охорони навколишнього середовища;

- збереження котельні та її ключових частин, забезпечення виконання всіх вимог для нормального функціонування, зокрема щодо жорсткості конструкцій і основ, тепло - та звукоізоляції, герметичності, акустичних характеристик тощо;

- забезпечення комфортних умов для персоналу, включаючи контроль за кліматичними параметрами (температура, вологість, освітленість, повітрообмін) та доступністю для технічних оглядів, ремонту і модернізації обладнання;

- зменшення ризику аварій завдяки виконанню вимог щодо вогнестійкості, безвідмовної роботи захисних систем, надійності комунікацій та конструкцій.

Основними заходами попередження аварій є:

- регулярні огляди та профілактичні роботи, а також усунення виявлених дефектів у конструкціях і обладнанні;

- забезпечення справного стану котлів та безпечних умов для їх експлуатації, організація ремонту та обслуговування;

- підтримка необхідного санітарного стану в приміщеннях.

5.2 Основні небезпечні фактори в котельні

В котельні розташоване значне технічне обладнання, таке як котли, вентилятори та насоси, а також численні комунікації, зокрема газопроводи, трубопроводи гарячої та холодної води, електричні мережі. Всі ці елементи є джерелами потенційно шкідливих і небезпечних факторів.

Процес генерації гарячої води супроводжується виділенням тепла, тепловим випромінюванням, шумом та вібрацією.

В повітря може потрапляти також токсичні речовини. Котельня оснащена котлоагрегатами, що працюють на природному газі. Недостатня подача повітря під час згоряння газу або низька тяга можуть призвести до викиду оксидів вуглецю, азоту і сірки. У випадку витоків через несправності в газопроводах чи арматурі, в повітря можуть потрапляти вуглеводні, зокрема метан, етан і пропан, що є токсичними і вибухонебезпечними.

Для живлення електродвигунів котельні використовується напруга 380/220В, щостановить небезпеку для життя.

Шум і вібрація від роботи котлів, насосів, вентиляторів, трубопроводів і пальників створюють додаткові небезпеки. В основному, шум є середньочастотним механічним або аеродинамічним.

Температура повітря в зоні роботи працівників може підвищуватися до + 28 … + 32°С через тепловиділення від котлів, газоходів і трубопроводів.

5.3 Заходи з забезпечення безпеки

Заходи з охорони праці в котельні повинні відповідати вимогам наступних нормативних документів:

- Закон України «Про охорону праці»;

- НПАОП 0.00 - 4.12 - 05 «Типове положення про порядок навчання та перевірки знань з питань охорони праці»;

- НПАОП 40.1 - 1.32 - 01 «Правила будови електроустановок»;

- НПАОП 40.1 - 1.21 - 98 «Правила безпечної експлуатації електроустановок»;

- НПАОП 0.00 - 1.71 - 13 «Правила охорони праці під час роботи з інструментом»;

- НАПБ А.01.001 - 2014 «Правила пожежної безпеки в Україні»;

- ДБН В.2.5 - 77 : 2014 «Котельні».

Створення безпечних умов праці в котельні є надзвичайно важливим. Щоб забезпечити безпечне обслуговування котельні, виконуються такі заходи:

- проходи між обладнанням для обслуговування мають необхідну ширину;

- виконана ізоляція трубопроводів та обладнання з температурою поверхні понад + 35°С;

- організовано аварійне та робоче освітлення для обслуговуючого персонала;

- арматура розташована на висоті не більше 1,8 м;

- виконано заземлення для захисту від ураження електричним струмом;

- заземлені всі металеві конструкції та трубопроводи;

- котли і допоміжне обладнання оснащені приладами захисту від аварій;

- котли і газоходи обладнані вибуховими клапанами;

- передбачено автоматичне включення резервних двигунів.

Також здійснюються заходи для зменшення шуму та підтримки комфортних умов для персоналу:

- встановлено звукопоглинальні матеріали та теплову ізоляцію;

- приміщення для персоналу відокремлене від котельного залу.

Технічне обслуговування котельні повинно проводитись кваліфікованим персоналом, який пройшов відповідне навчання та здав іспит. Тільки після технічного обстеження котли можуть бути пущені в експлуатацію. Перед пуском котла перевіряється справність усіх важливих елементів, таких як топки, газоходи, вентилятори та насосні системи.

Персонал котельні зобов'язаний стежити за станом котлів і обладнання, а всі несправності реєструвати в журнал.

Аварійна зупинка котла здійснюється у випадку:

- несправності запобіжного клапана;
- зупинки циркуляційних насосів;
- загасання факела пальника;
- появи тріщин або пошкоджень на котлі;
- припинення подачі електроенергії;
- виникнення пожежі чи інших небезпечних ситуацій.

Всі причини аварійної зупинки повинні фіксуватися в змінному журналі.

5.4 Пожежна безпека

Будівля котельні обладнана системами протипожежного захисту і оповіщенням. Система пожежної сигналізації працює цілодобово в автоматичному режимі і призначена для виявлення пожежі, передачі сигналу тривоги на пульт централізованого спостерігання по каналу GSM і оповіщення людей про пожежу за допомогою світлозвукових сповіщувачів, встановлених у приміщеннях. Контроль за її роботою відображується на передній панелі пожежного приймально - контрольного приладу «Тірас - 4П» з кімнати оператора, де постійно перебуває черговий персонал.

В котельні встановлено пожежні сповіщувачі:

- теплові у вибухозахищеному виконанні у котельній залі;
- димові і ручні у останніх приміщеннях.

Для оповіщення людей про пожежу передбачено оповіщувачи:

- у котельній залі - іскро безпечні світлозвукові;
- у гардеробній - світлозвуковий.

При надходжені сигналу про пожежу від пожежних сповіщувачів на прилад «Тірас - 4П», він видає світловий і звуковий сигнали тривоги. При

цьому сигнал про пожежу, для включення системи оповіщення про пожежу і передачу сигналу тривоги на пульт централізованого спостерігання, формується при спрацюванні одного автоматичного або ручного сповіщувача. При отриманні сигналу про пожежу або несправність від пожежних сповіщувачів на прилад «Тірас - 4П» останній передає відповідний сигнал на модуль цифрового автодозвону по GSM каналу, який в свою чергу транслює сигнал на пульт централізованого пожежного спостерігання.

Система протипожежного водопостачання призначена для подачі водопровідної води до пожежних кран - комплектів, розміщених в котельній залі і включає в себе поворотну засувку в комплекті з електроприводом.

Система протипожежного водопостачання за ступенем відповідальності електропостачання відноситься до I категорії надійності електроспоживання.

Відкриття засувки для подачі води до пожежних кран - комплектів здійснюється:

- від кнопок, встановлених в шафах пожежних кран - комплектів;

- від кнопки, встановленої на шафі управління електроприводом засувки;

- від кнопки, встановленої на щиті сигналізації протипожежного водопостачання.

Закриття засувки здійснюється:

- від кнопки, встановленої на шафі управління електроприводом засувки;

- від кнопки, встановленої на електроприводі;

- від кнопки, встановленої на щиті сигналізації протипожежного водопостачання.

Для місцевого управління електроприводом засувки біля неї встановлюється шафа управління. Пристрої автоматики і комутації, які розташовані у шафі, забезпечують захист від перевантаження і струмів коротких замикань.

На шафі управління відображена світлова сигналізація про стан роботи системи протипожежного водопостачання:

- світло - звукова про заклинювання засувки;
- світлова - засувка відкрита;
- звукова - сигналізація відключена;
- наявність напруги в щиті сигналізації.

Пристрій, який сигналізує про загазованість, встановлюється в приміщенні оператора котельні окремо від освітлювальних приладів. Він має інформацію:«Увага! Всім залишити приміщення! Аварійний витік газу. Викликати службу 104».

Автоматична система контролю наявності природнього і чадного газу, а також автоматична система протипожежного водопостачання працює в черговому режимі цілодобово. Пристрої дистанційного пуску установок системи протипожежного водопостачання захищені від несанкціонованого включення.

У разі виникнення пожежі в котельні працівники повинні терміново викликати пожежну охорону та вжити всіх можливих заходів для гасіння вогню, при цьому продовжуючи контролювати стан котлів. Якщо пожежа загрожує обладнанню і її неможливо оперативно ліквідувати, потрібно терміново зупинити котли в аварійному режимі, евакуювати персонал до безпечного місця, надати постраждалим медичну допомогу, викликати швидку допомогу, а також повідомити про інцидент керівнику ділянки, цеху та диспетчеру газової служби.

Не допускаються до виконання робіт особи, які не пройшли відповідного протипожежного інструктажу та перевірки знань з питань пожежної безпеки.

Первинні засоби для гасіння пожеж повинні бути завжди в належному стані та готові до негайного використання.

ВИСНОВКИ

В дипломній роботі проведено аналіз роботи та технічних характеристик існуючої котельні депо. Було встановлено, що зміни в технологічному процесі, а саме зменшення потреби у виробництві пари та зниження навантаження на котли в опалювальний період, призвели до значного зниження ефективності існуючої системи опалення.

Завданням роботи стала модернізація котельні з метою зниження витрат на її експлуатацію та підвищення енергоефективності. В результаті проведеного порівняльного аналізу були запропановані енергозберігаючі заходи які повністю вирішують наявні проблеми.

Оптимальним рішенням для модернізації, є встановлення модульної котельної установки з водогрійними жаротрубними котлами, хімводопідготовкою та системами автоматики. Така установка має високі показники енергоефективності, компактність і здатність до адаптації під змінні умови експлуатації. Модульна котельня здатна забезпечити оптимальний розподіл теплової енергії при мінімальних витратах енергоресурсів. Сучасне обладнання відповідає вимогам енергоефективності та надійності, а також сприяє застосуванню високоекономічної технології виробництва теплової енергії.

Було запропановано застосування жаротрубних котлів, які мають низку переваг, серед яких можна виділити:

- менші початкові витрати на закупівлю та монтаж;

- простота конструкції, що знижує витрати на встановлення та технічне обслуговування в довгостроковій перспективі;

- висока ефективність при змінних навантаженнях;

- низький гідравлічний опір, що дозволяє зменшити енергетичні витрати на насосні системи та робить всю систему більш енергоефективною.

Встановлення сучасних водогрійних котлів, хімводопідготовки та іншого обладнання, автоматизація технологічних процесів та модернізація

інфраструктури дозволять значно покращити технічний стан котельні, знизити витрати на енергоресурси, оптимізувати технічне обслуговування та зменшити негативний вплив на навколишнє середовище. Крім того, завдяки автоматизації та механізації процесів, відбудеться скорочення чисельності обслуговуючого персоналу, що зменшить витрати на обслуговування та підвищить ефективність роботи котельні.

З метою оцінки фінансової доцільності впровадження модульної котельні, було проведено розрахунки за методами чистої приведеної вартості та внутрішньої норми прибутку. Дані для розрахунків включали показання приладів обліку використання енергоносіїв існуючою котельнею, витрати на оплату праці працівників, а також розрахункові витрати на будівництво нової котельні та споживання енергоносіїв. Результати показали, що проект модернізації є економічно обґрунтованим, чиста приведена вартість проекту при ставці дисконту 10% залишалася позитивною, а річна економія після модернізації котельні становить 6,4 млн грн. при терміні окупності- 4,74 роки.

Прийняті теплотехнічні рішення дозволили зменшити загальні витрати з експлуатації котельні на 28%, витрати на споживання газу на 26%, води - на 7%, електроенергії - на 34%, а витрати на утримання обслуговуючого персоналу скоротити на 50%. Це підтверджує, що модернізація котельні є вигідним і економічно доцільним кроком.

Таким чином, проведення модернізації котельні з впровадженням водогрійних котлів і автоматизацією технологічних процесів, дозволить значно покращити енергоефективність, знизити витрати на енергоресурси, зменшити негативний вплив на навколишнє середовище та оптимізувати обслуговування котельного обладнання. Цей проект є економічно вигідним і технічно обґрунтованим, що робить його доцільним для реалізації в межах наявних умов підприємства.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. ДСТУ Н Б.В.1.1.27:2010. Будівельна кліматологія. Київ: :Мінрегіонбуд, 2010. 128 с.

2. Братковська К.О. Маркетинг та ціноутворення на ринках енергії: навч.-метод. посіб. Запоріжжя: ЗДІА, 2014. 90 с.

3. ДБН В 2577: 2014. Котельні. [Чинний від 26.09.2023]. Вид. офіц. Київ, 2014. 26 с.

4. Крючков Є.М. Енергетичний менеджмент: навч.-метод. посіб. Запоріжжя : ЗДІА, 2010. 303 с.

5. Поржезінський Ю.Г. Основи проектування водопідготовки ТЕЦ і котелень харчових підприємств: навч. посіб. Київ: РВЦ НУХТ, 2008. 206 с.

6. Боженко М.Ф. Водогрійні котельні для систем децентралізованого та помірноцентралізованого теплопостачання: навч. посіб. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 170 с.

7. Башлій С.В. Енергозбереження в чорній металургії: методичні вказівки д. Запоріжжя : ЗДІА, 2006.37с.

8. Газові котли. Жаротрубні котли Колві. URL: https://eurothermgroup.com.ua/gazovie-kotli-otopleniya/zharotrubnnie/jarotrubni kotly kolvi (дата звернення: 5.10.2024).

9. Промислові котли. Парові котли серії ДЕ. URL: https://mmzavod.com.ua/index.php/parovye-kotly/kotly-parovye-de-me(дата звернення: 10.11.2024).

10. Фільтри комплексного очищення. Фільтр пом’якшення та знезалізнення Ecosoft FK 1354 CE Twin. URL: https://alfafiltr.com/ua/ecosoft-fk-1235-cab-ce.html (дата звернення: 21.09.2024).

11. ДСТУ Б В1136:2016. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною безпекою.[Чинний від 15.06.2016]. Вид. офіц. Київ, 2016. 27 с.

12. ДБН В 2523:2010 Інженерне обладнання будинків і споруд. Проектування електрообладнання об`єктів цивільного призначення.[Чинний від 01.10. 2010]. Вид. офіц. Київ, 2010. 163 с.

13. ДБН В 122:2006 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об`єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування. [Чинний від 01.01.2007]. Вид. офіц. Київ, 2006. 63 с.

14. Теплотехніка: підручник / Драганов Б.Х., Долінський А.А., Міщенко А.В., Письменний Є.М. Київ : ІНКОС, 2005. 504 с.

15. Сердюк Л.С. Методичні вказівки до виконання організаційної і економічної частин дипломних проектів. Запоріжжя: ЗДІА, 2017. 15 с.

16. Боженко М.Ф. Системи опалення, вентиляції і кондиціювання повітря будівель: навч. посіб. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 380 с.

17. НПАОП 000176:15. Правила безпеки систем газопостачання. [Чинний від 2015.07.07]. Вид. офіц. Київ: Міністерство енергетики та вугільної промисловості України., 2015. 67 с.

18. Варламов Г.Б., Любчик Г.М., Мшяренко В.А. Теплоенергетичні установки та екологічні аспекти виробництва енергії : підручник. Київ: ТВІ Видавництво Політехніка, 2003. 232 с.

19. Любарець О.П., Зайцев О.М., Любарець В.О. Проектування систем водяного опалення. Київ, 2010. 201 с.

20. Прокопенко В.В., Закладний О.М., Кульбачний П.В. Енергетичний аудит з прикладами та ілюстраціями : авчальний посібник. Освіта України, 2009. 438с.

21. 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.

22. Падалка Д.Г., Тимакова Т.М., Данильченко В.Д. Опалення від А до Я. Київ,2010. 47 с.

23. ДСТУ Н Б А 2213:2015. Інформація та документація. Енергетична ефективність будівель. Настанова з проведення енергетичної оцінки

будівель.[Чинний від 01.01.2016]. Вид. офіц. Київ. Мінрегіонбуд України, 2015. 137с.

24. ТкаченкоС. Й., Степанов Д. В., Боднар Л. А. Котельні установки: навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2016. 185 с.

25. НПАОП 000181:18. Правила охорони праці під час експлуатації обладнання, що працює під тиском.[Чинний від 2018.05.25]. Вид. офіц. Київ : Міністерство соціальної політики України, 2018. 44 с.

26. ДБН В 2556:2014 Системи протипожежного захисту [Чинні від 2015.07. 01]. Вид. офіц. Київ , 2015. 134 с.

27. ДБН В 2539:2008. Теплові мережі.[Чинний від 01.07.2018]. Вид. офіц. Київ, 53с.

28. СНіП 2.04.14-88 Теплова ізоляція обладнання і трубопроводів.[Чинний від 01.01.1990]. Вид. офіц. Київ, 26с.

29. Виноградов Ю. І. Промислове теплопостачання. Київ : Техніка, 1995.57 с.

30. Боженко М. Ф., Сало В. П. Джерела теплопостачання та споживачі теплоти: навч. посіб. Київ : Політехніка, 2004. 192 с.

31. ДБН В 2564:2012. Інформація та документація. Внутрішній водопровід та каналізація.[Чинний від 01.03.2019]. Вид. офіц. Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. 121с.

32. ДБН В 2574:2013. Інформація та документація. Водопостачання зовнішні мережі та споруди.[Чинний від 01.02.2019]. Вид. офіц. Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. 180с.

33. ДБН В 2631:2021.Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. [Чинний від 01.09.2022]. Вид. офіц. Київ: Міністерство розвитку громад на території України, 2022. 22с.

34. Іванов С.Г., Коваленко І.І., Чорнобай В.О. Котельні установки. Проектування, експлуатація, ремонт. Київ: Техніка, 2004. 141с.

35. Гречаник В.В., Кривенко О.О. Технічне обслуговування та ремонт котлів та котельного устаткування. Харків: ХНУМГ, 2008. 97с.

36. Стахов В.І., Левченко О.П. Автоматика теплових установок і процесів. Київ: НТУУ КПІ, 2010. 87 с.

37. Куц І.М., Луценко В.П., Хоменко О.М. Котли та теплообмінники. Київ: Вища школа, 2005. 163с.

38. Бузько В.С., Кунгурцев В.І. Теплотехніка та теплові установки. Київ: Освіта, 2011. 65с.

39. ДСТУ Б А 2441:2009. Опалення, вентиляція і кондиціювання повітря.[Чинний від 01.01.2010]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіонбуд Укрнаїни, 2009. 32с.

40. Чернявський Є. Дослідження енергетичних та екологічних аспектів використання інфрачервоного опалення на підприємства. Збірник наукових праць студентів, аспірантів, докторантів і молодих вчених . Молода наука-2024.у 5т./ Запорізький національний університет. Запоріжжя: ЗНУ, 2024.Т.5.с.125-127.

41. Карпенко Г.В. Чернявський Є.І. Дослідження впливу на енергоефективність промислових підприємств після відмови від парового опалення та модернізації систем опалення. Матеріали Всеукраїнської науково - практичної конференції за участю молодих учених та здобувачів вищої освіти «Актуальні питання суспільства у сферах екологічної та цивільної безпеки, енергозбереження, менеджменту та економіки.» Запорізький національний університет. Запоріжжя: ЗНУ, 2024.

Додаток А

Коефіцієнт дисконтування

	Ставка дисконту %																			
Роки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	0,990	0,980	0,971	0,962	0,952	0,943	0,935	0,926	0,917	0,909	0,901	0,893	0,885	0,877	0,870	0,862	0,855	0,847	0,840	0,833
2	0,980	0,961	0,943	0,925	0,907	0,890	0,873	0,857	0,842	0,826	0,812	0,797	0,783	0,769	0,756	0,743	0,731	0,718	0,706	0,694
3	0,971	0,942	0,915	0,889	0,864	0,840	0,816	0,794	0,772	0,751	0,731	0,712	0,693	0,675	0,658	0,641	0,624	0,609	0,593	0,579
4	0,961	0,924	0,888	0,855	0,823	0,792	0,763	0,735	0,708	0,683	0,659	0,636	0,613	0,592	0,572	0,552	0,534	0,516	0,499	0,482
5	0,951	0,906	0,863	0,822	0,784	0,747	0,713	0,681	0,650	0,621	0,593	0,567	0,543	0,519	0,497	0,476	0,456	0,437	0,419	0,402
6	0,942	0,888	0,837	0,790	0,746	0,705	0,666	0,630	0,596	0,564	0,535	0,507	0,480	0,456	0,432	0,410	0,390	0,370	0,352	0,335
7	0,933	0,871	0,813	0,760	0,711	0,665	0,623	0,583	0,547	0,513	0,482	0,452	0,425	0,400	0,376	0,354	0,333	0,314	0,296	0,279
8	0,923	0,853	0,789	0,731	0,677	0,627	0,582	0,540	0,502	0,467	0,434	0,404	0,376	0,351	0,327	0,305	0,285	0,266	0,249	0,233
9	0,914	0,837	0,766	0,703	0,645	0,592	0,544	0,500	0,460	0,424	0,391	0,361	0,333	0,308	0,284	0,263	0,243	0,225	0,209	0,194
10	0,905	0,820	0,744	0,676	0,614	0,558	0,508	0,463	0,422	0,386	0,352	0,322	0,295	0,270	0,247	0,227	0,208	0,191	0,176	0,162
11	0,896	0,804	0,722	0,650	0,585	0,527	0,475	0,429	0,388	0,350	0,317	0,287	0,261	0,237	0,215	0,195	0,178	0,162	0,148	0,135
12	0,887	0,788	0,701	0,625	0,557	0,497	0,444	0,397	0,356	0,319	0,286	0,257	0,231	0,208	0,187	0,168	0,152	0,137	0,124	0,112
13	0,879	0,773	0,681	0,601	0,530	0,469	0,415	0,368	0,326	0,290	0,258	0,229	0,204	0,182	0,163	0,145	0,130	0,116	0,104	0,093
14	0,870	0,758	0,661	0,577	0,505	0,442	0,388	0,340	0,299	0,263	0,232	0,205	0,181	0,160	0,141	0,125	0,111	0,099	0,088	0,078
15	0,861	0,743	0,642	0,555	0,481	0,417	0,362	0,315	0,275	0,239	0,209	0,183	0,160	0,140	0,123	0,108	0,095	0,084	0,074	0,065
16	0,853	0,728	0,623	0,534	0,458	0,394	0,339	0,292	0,252	0,218	0,188	0,163	0,141	0,123	0,107	0,093	0,081	0,071	0,062	0,054
17	0,844	0,714	0,605	0,513	0,436	0,371	0,317	0,270	0,231	0,198	0,170	0,146	0,125	0,108	0,093	0,080	0,069	0,060	0,052	0,045
18	0,836	0,700	0,587	0,494	0,416	0,350	0,296	0,250	0,212	0,180	0,153	0,130	0,111	0,095	0,081	0,069	0,059	0,051	0,044	0,038
19	0,828	0,686	0,570	0,475	0,396	0,331	0,277	0,232	0,194	0,164	0,138	0,116	0,098	0,083	0,070	0,060	0,051	0,043	0,037	0,031
20	0,820	0,673	0,554	0,456	0,377	0,312	0,258	0,215	0,178	0,149	0,124	0,104	0,087	0,073	0,061	0,051	0,043	0,037	0,031	0,026

Додаток Б

Презентації доповіді

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

КАФЕДРА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА КІБЕРФІЗИЧНИХ СИСТЕМ

Кваліфікаційна робота

на тему: «МОДЕРНІЗАЦІЯ КОТЕЛЬНІ ЗАПОРІЗЬКОГО МОТОРВАГОННОГО ДЕПО З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ »

Виконав: студент II курсу, Чернявський Є.І.

групи 8.1443-дн

Керівник : доц., к.т.н., Таратута К.В.

ВСТУП

Мета роботи

Модернізація котельні з метою підвищення рівня енергоефективності системи опалення.

Задачі дослідження

Для реалізації поставленої мети в роботі передбачається вирішення таких основних завдань:

- аналіз ефективності використання енергоресурсів у котельні;
- розробка заходів організаційного та технічного характеру для зниження енергоспоживання;
- економічне обґрунтування запропонованих рішень.



Об'єкт дослідження

Котельня Запорізького моторвагонного депо м. Запоріжжя. В котельні встановлено парові котли ДЕ - 6,5 - 14ГМ - 2шт. В котельні є ділянка хімводопідготовки, де встановлено 4 натрій - катіонітні фільтри, деаератор з деаераційною атмосферною колонкою. Паливом для котельні служить природний газ. Тривалість опалювального періоду складає 166 діб. Розміри котельні 45,6 м×15,8 м висотою 6,9 м. Площа будівлі - 687,2 м², об'єм - 4536,4 м³.Через зміни в технологічному процесі і переходу з парового на водяне опалення, в опалювальний період використовується по черзі тільки один котел і при цьому, через необхідність постійної економії газу, потужність котла використовується в середньому на 30 - 50 %, без можливості точного регулювання витрат палива при споживанні газу на мінімальному рівні, що знижує ефективність роботи котельні.

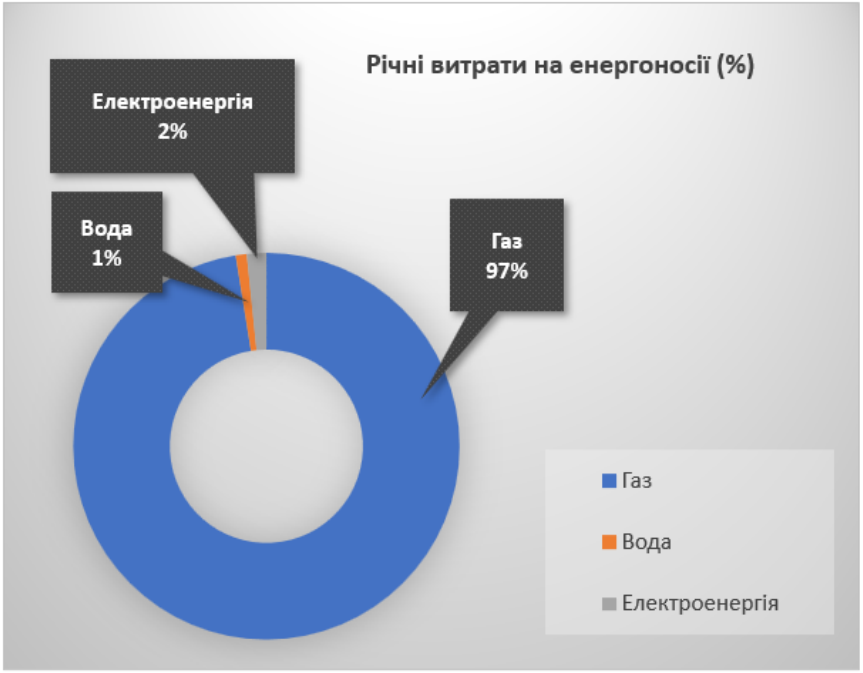
Аналіз енергоспоживань

Котельня моторвагонного депо під час роботи споживає електроенергію, природний газ та холодну воду. Для аналізу енергоспоживання котельні використанні данні газових, електричних та водяних лічильників підприемства протягом року.

Річні витрати енергоносіїв в котельні:

- витрати газу 1169,622 тис.м³ на суму 21053,196 тис. грн;
- витрати води 5517м³ на суму 108,298 тис. грн;
- витрати електроенергії 130 тис. кВт·год на суму 351 тис. грн.

Витрати на газ складають 97%, на електроенергію - 2%, на воду - 1% від річних витрат котельні



Енергозберігаючі рішення

Модульні котельні порівняно з традиційними мають ряд переваг:

- можливість встановлення в обмеженому просторі завдяки компактним розмірам і модульній конструкції;
- вища ефективність використання палива та енергії;
- легкість адаптації та модернізації котельних установок під специфічні потреби;
- швидкість монтажу і обслуговування



Вибір виду палива

Вартість 1 кВт теплової енергії за різними видами палива становить:

- на природному газі - 2 грн;
- на електроенергії - 6,7 грн;
- на пелетах - 1,6 грн.

З огляду на постійну доступність природного газу, наявність діючих газопроводів на території підприємства, а також відсутність потреби в складах палива і постійній логістиці, використання природного газу залишається найбільш економічно доцільним варіантом.

Переваги жаротрубного водогрійного котла

• **Менші початкові витрати на покупку та монтаж**. Завдяки простоті конструкції і меншим вимогам до складності монтажу, витрати на закупівлю та установку котлів зменшуються;

• **Простота конструкції та обслуговування.** Знижує витрати на експлуатацію і технічне обслуговування;

• **Компактність і економію простору.** Дозволяє ефективно використовувати обмежений простір модульної котельні, що важливо при зведенні компактних установок;

• **Економічність при змінних навантаженнях.** Показує високу ефективність при середніх навантаженнях, що є типовим для модульних котельнь, де котел може працювати з різними рівнями теплового навантаження;

• **Низький гідравлічний опір.** Зменшує енергетичні витрати на насосні системи, що робить систему більш енергоефективною.



Таким чином, жаротрубний котел є кращим варіантом для модульної котельні з потужністю 3 МВт з точки зору економічності, ефективності, зручності монтажу та обслуговування. Це дозволяє забезпечити високу ефективність при помірних навантаженнях.

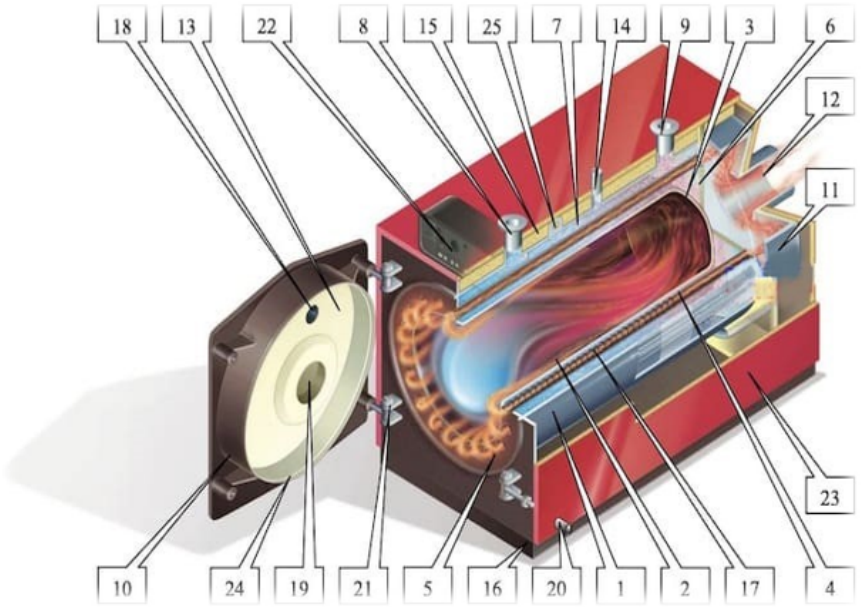
Енергозберігаючі рішення

ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОГО ВИКОРИСТАННЯ ПРИРОДНОГО ГАЗУ, ВОДИ ТА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В КОТЕЛЬНІ ПЕРЕДБАЧАЄТЬСЯ:

- застосування високо економічних автоматизованих водогрійних котлів з ККД не менш 92 %;
- оснащення котлів приладами і системами контролю і регулювання процесів горіння;
- застосування автоматичного регулювання температури води в системі опалення враховуючи температуру зовнішнього повітря;
- застосування автоматичної хімводоочистки для пом'якшення підсилюючої води;
- оснащення газопроводів, що підводять природний газ до котлів, системою продувок;
- установка лічильників для рахування підживлюючої води;
- установка ультразвукового теплового лічильника;
- застосування високоекономічних насосів;
- установка системи автоматики, яка забезпечує повну автоматизацію котельні і економічне спалювання природнього газу;
- застосування економічних електронних цифрових приладів;
- застосування перетворювача частоти для регулювання швидкості обертання двигуна вентилятора припливної вентустановки, що дає економію споживання електроенергії.

Конструкція водогрійного жаротрубного котла Колві - 1500

1-корпус котла; 2-топка котла (жарова камера); 3-нижня частина топки; 4-димові труби; 5-передня трубна решітка; 6-задня трубна решітка; 7-водяний тракт котла; 8-патрубок подачі теплоносія; 9-патрубок виводу теплоносія; 10-дверцята топки; 11-збірник димових газів; 12-патрубок виведення димових газів; 13-вогнетревкий бетон; 14-патрубок для встановлення запобіжного клапана; 15-теплоізоляція; 16-основна рама котла; 17-турбулізатор; 18-оглядове вікно; 19- отвір для установки пальника; 20-патрубок для дренажу; 21-петлі для кріплення дверцят; 22-БУС; 23-декоративна панель; 24-ущільнювальний шнур з азбесту; 25-підйомні провушини.



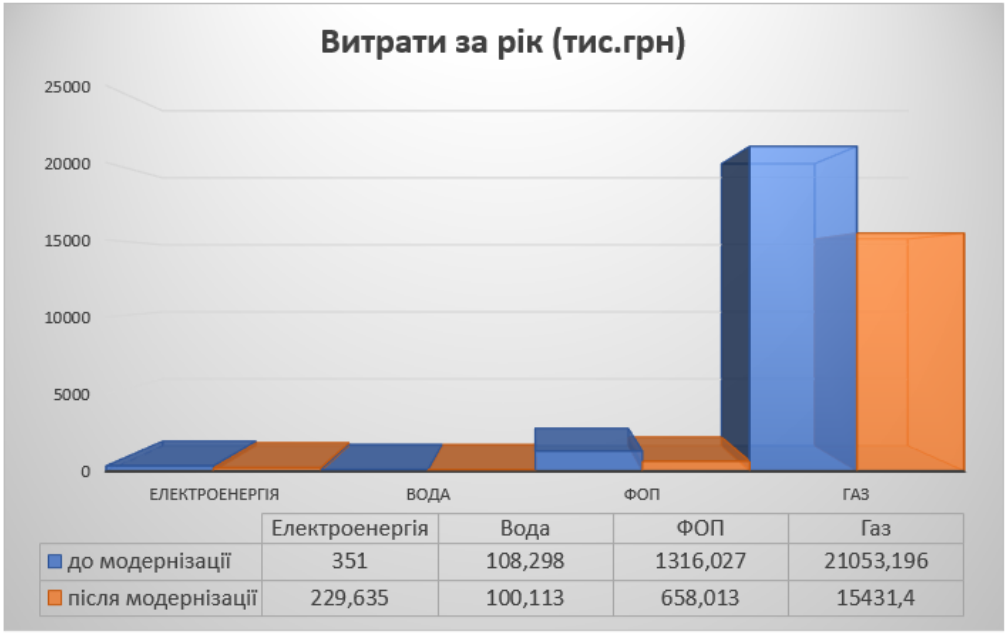
Хімводоочистка Ecosoft FK 13 54 CE Twin

КЛЮЧОВІ ПЕРЕВАГИ ФІЛЬТРА

- не потребує постійної уваги завдяки багатофункціональному клапану. У випадку будь-яких проблем, система повідомить користувача через текстове повідомлення на дисплеї;
- очищає воду, знижуючи вміст заліза, мангану, амонію та органічних домішок. Він також пом'якшує воду, що робить її більш придатною для використання в різних системах;
- замінює кілька спеціалізованих систем очищення, що дозволяє значно знизити витрати на придбання та обслуговування системи очищення води;
- високий ресурс фільтрувального матеріалу забезпечує надійну та ефективну роботу протягом 5 років, що робить його економічно вигідним.
- витрати на регенерацію мінімальні завдяки ефективному використанню солі.



Фінансова оцінка енергозберігаючого проекту



	Електроенергія	Вода	ФОП	Газ
до модернізації	351	108,298	1316,027	21053,196
після модернізації	229,635	100,113	658,013	15431,4

Діаграма річних витрат котельні до і після модернізації

ВИСНОВКИ

Прийняті теплотехнічні рішення дозволили зменшити загальні витрати з експлуатації котельні на 28%, витрати на споживання газу на 26%, води - на 7%, електроенергії - на 34%, а витрати на утримання обслуговуючого персоналу скоротити на 50%. Проект будівництва модульної котельні з встановленням водогрійних котлів і заміною обладнання на сучасне, можна вважати ефективним, оскільки в розрахунках чиста приведена вартість при ставках дисконту, навіть 10%, більше нульового значення. Річна економія витрат становить 6409360 грн, а термін окупності складає 4,74 роки. Це підтверджує, що модернізація котельні є вигідним і економічно доцільним кроком.

Річна економія витрат

Газ, тис. грн, (%)	Вода, тис. грн, (%)	Ел.енергія, тис. грн, (%)	ФОП, тис. грн, (%)	Всього, тис.грн, (%)
5621,796 (26)	8,185 (7)	121,365 (34)	658,014 (50)	6409,360 (28)

Таким чином, проведення модернізації котельні з впровадженням водогрійних котлів і автоматизацією технологічних процесів, дозволить значно покращити енергоефективність, знизити витрати на енергоресурси, зменшити негативний вплив на навколишнє середовище та оптимізувати обслуговування котельного обладнання. Цей проект є економічно вигідним і технічно обґрунтованим, що робить його доцільним для реалізації в межах наявних умов підприємства.