

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Навчально–науковий інститут атомної та теплової енергетики

Кафедра теплової та альтернативної енергетики

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

_____ Віталій ПЕШКО
(підпис) (Власне ім'я, ПРИЗВИЩЕ)

“ ____ ” _____ 2026 р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

за освітньо–професійною програмою

«Теплоенергетика та теплоенергетичні установки електростанцій»

зі спеціальності 144 «Теплоенергетика»

**на тему: «Облаштування газової водогрійної котельні в будівлі центрального
теплового пункту у місті Лозова, Харківської області»**

Виконав: студент IV курсу, групи TU–22

Сергій ПИВОВАРОВ

(Власне ім'я, ПРИЗВИЩЕ)

(підпис)

Науковий керівник доцент, кандидат техн. наук, доцент

(Посада, науковий ступінь, вчене звання)

Наталія ПРИТУЛА

(Власне ім'я, ПРИЗВИЩЕ)

(підпис)

Консультант
охорони праці

(назва розділу)

з питань доцент, кандидат техн. наук, доцент

(Посада, науковий ступінь, вчене звання)

Сергій КАШТАНОВ

(Власне ім'я, ПРИЗВИЩЕ)

(підпис)

Рецензент ПВНП "НІКОІНТЕРМ" Олексій ОЗЕРУГА

(Посада, науковий ступінь, вчене звання, власне ім'я, ПРИЗВИЩЕ)

(підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному
проєкті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань

Студент

_____ (підпис)

Керівник

_____ (підпис)

Київ – 2026 року

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Навчально–науковий інститут атомної та теплової енергетики
Кафедра теплової та альтернативної енергетики

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність 144 «Теплоенергетика»

Освітньо–професійна програма

«Теплоенергетика та теплоенергетичні установки електростанцій»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Віталій ПЕШКО

(підпис)

(Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

“ ” _____ 2026 р.

**ЗАВДАННЯ
на дипломний проєкт студенту**

Пивоварову Сергію

(Ім'я, прізвище)

1. Тема проєкту: «Облаштування газової водогрійної котельні в будівлі центрального теплового пункту у місті Лозова, Харківської області», Керівник проєкту Наталя Притула, кандидат техн. наук, доцент,

(Ім'я, прізвище, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «28» травня 2026р. №1992-с

2. Термін подання студентом проєкту _____ .2026 р.

3. Вихідні дані до проєкту:

- Теплове навантаження – 13,21МВт;
- Температурний графік від котельні до мережі: $T_1=105^{\circ}\text{C}$, $T_2=62^{\circ}\text{C}$;
- Температура мережевої води: $T_1=95^{\circ}\text{C}$, $T_2=62^{\circ}\text{C}$;
- Котли фірми Bosch, типу Unimat UT-M 34.

4.Зміст пояснювальної записки:

- згідно з вихідними даними визначити потреби на опалення, їх річну кількість та середню;
- провести розрахунки теплової схеми даного об'єкту, підібрати обладнання під задані параметри з ціллю повного забезпечення споживачів теплом;
- розрахувати баланс котельні та її кліматичні умови, а також систему вентиляції;
- розрахувати газоповітряний тракт.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо)

- Принципова теплова схема – 1 аркуш, формат А1
- Розташування обладнання – 1 аркуш, формат А1
- Розташування трубопроводів – 1 аркуш, формат А1

6. Консультанти розділів проєкту*

Розділ	Ім'я, прізвище та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Сергій КАШТАНОВ, доцент		

7. Дата видачі завдання _____ р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Примітка
1	Загальні положення	20.05.2026	
2	Проектні рішення системи тепломеханіки	23.05.2026	
3	Підбір основного обладнання і допоміжного	26.05.2026	
4	Рішення по опаленню і вентиляції	29.05.2026	
5	Газоповітряний тракт	01.06.2026	
6	Охорона праці	02.06.2026	
7	Висновок	03.06.2026	
8	Оформлення графічної частини	05.06.2026	
9	Оформлення пояснювальної записки	05.06.2026	

Студент

(підпис)

Сергій ПИВОВАРОВ

(ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Керівник проєкту

(підпис)

Наталія ПРИТУЛА

(ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

* Консультантом не може бути зазначено керівника дипломного проєкту.

АНОТАЦІЯ

Даний дипломний проєкт темою «Облаштування газової водогрійної котельні в будівлі центрального теплового пункту у місті Лозова, Харківської області» містить 72 с. пояснювальної записки, 3 креслення формату А1, для його виконання було використано 19 джерел.

Проєкт розроблявся з метою облаштування газової водогрійної котельні в приміщення центрального теплового пункту. Це забезпечить стабільне теплопостачання за рахунок модернізації й встановлення нового обладнання, а також розосередження даних стратегічних об'єктів.

Під час роботи над проєктом були виконані розрахунки середніх й річних навантажень. Для даного об'єкту розроблена залежна схема теплопостачання по двотрубній закритій системі базі котлів типу Unimat UT-M 34. Згідно проведених розрахунків підібране основне та допоміжне обладнання, що забезпечує безперебійну роботу котельні її економічну вигідність. Також проведені розрахунки систем вентиляції й опалення та підібране обладнання, що відповідає даним потребам. Також проведений розрахунок газоповітряного тракту в ході якого були визначені опори на ділянках, розрахована самотяга, обрано оптимальний варіант труби.

В графічній частині наявні три креслення: «Теплова схема», «План обладнання на відм. +0.000» та «Розташування трубопроводів на відм. +0.000». Що відображають компоновку основного та допоміжного обладнання об'єкту. Всі креслення виконані згідно чинних вимог державних будівельних норм України.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: котельня, котел, обладнання, модернізація, теплопостачання, вентиляція, опалення, газоповітряний, самотяга.

SUMMARY

This diploma project on the topic "Installation of a gas water-heating boiler house in the building of a central heating station in the city of Lozova, Kharkiv region" contains 72 pages of explanatory notes, 3 A1 format drawings, 19 sources were used for its implementation.

The project was developed with the aim of installing a gas water-heating boiler house in the premises of a central heating station. This will ensure stable heat supply through modernization and installation of new equipment, as well as the dispersion of these strategic facilities.

During the work on the project, calculations of average and annual loads were performed. For this facility, a dependent heat supply scheme was developed for a two-pipe closed system based on boilers of the Unimat UT-M 34 type. According to the calculations, the main and auxiliary equipment was selected, which ensures uninterrupted operation of the boiler house and its economic profitability. Calculations of ventilation and heating systems were also performed and equipment was selected that meets these needs. A calculation of the gas-air tract was also carried out, during which the supports on the sections were determined, the self-traction was calculated, and the optimal pipe option was selected.

The graphic part contains three drawings: "Thermal diagram", "Equipment plan at elevation +0.000" and "Position of pipelines at elevation +0.000". Which reflect the layout of the main and auxiliary equipment of the facility. All drawings are made in accordance with the current requirements of the state building codes of Ukraine.

KEYWORDS: boiler room, boiler, equipment, modernization, heat supply, ventilation, heating, gas-air, self-traction.

Пояснювальна записка
до дипломного проєкту

на тему: «Облаштування газової водогрійної котельні в будівлі центрального теплового пункту у місті Лозова, Харківської області»

ЗМІСТ

	ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ	9
	ВСТУП	10
1	ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ	11
1.1	Характеристики об'єкта	11
1.2	Вихідні дані для розрахунку теплових витрат котельні	12
1.3	Існуючий стан об'єкту	13
1.4	Теплові навантаження.	15
1.5	Теплові втрати теплоти через котельню (вікон, стін, перекриття та підлоги)	16
1.6	Висновок до розділу 1	23
2	ТЕПЛОМЕХАНІЧНІ РІШЕННЯ КОТЕЛЬНОЇ	24
2.1	Загальна концепція теплової схеми	24
2.2	Розрахунок принципової схеми котельні	28
2.3	Висновки до розділу 2	32
3	ПІДБІР ОСНОВНОГО ОБЛАДНАННЯ І ДОПОМІЖНОГО	33
3.1	Підбір котлоагрегату з його характеристиками	33
3.2	Комплексні пристрої котла (пальник, економайзер)	34
3.3	Насосне забезпечення	35
3.4	Трьох ходовий клапан	38
3.5	Бак розширювальний методика підбору	40
3.6	Висновок до розділу 3	42
4	РІШЕННЯ ПО ОПАЛЕННЮ ТА ВЕНТИЛЯЦІЇ	44
4.1	Вузол власних потреб котельні	44
4.2	Тепловий баланс котельні та кліматичні умови	44
4.3	Система вентиляції	46
4.4	Система опалення	47
4.5	Висновки до розділу 4	49

						ДПБ 26 144 89 08 ПЗ		
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата			
Студент	Пивоваров					Стадія	Аркуш	Аркушів
Керівник	Притула					ДП	8	72
Т.конт.	Власенко					Облаштування газової водогрійної котельні в будівлі центрального теплового пункту у місті Лозова, Харківської області Пояснювальна записка КПІ ім. Ігоря Сікорського, Кафедра ТАЕ гр. ТУ-22		
Н.контр.	Соломаха							
Зав.каф.	Пешко							

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

Умовні позначення

Q – кількість теплоти;

t – температура;

Δt – різниця температур;

F – площа;

d – діаметр;

l – довжина.

Індекси

- Верхі:

max – максимальні;

в.п – власні потреби;

о.в – опалення і вентиляція;

пов – повітря.

- Нижні:

в – внутрішні;

підж – відживлення;

сер – середня;

гв – гаряча вода;

втр – витрати;

зовн – зовнішня;

мереж – мережевий.

Скорочення

ККД – коефіцієнт корисної дії;

ОВ – опалення і вентиляція;

ТПР – тепло розподільчий пункт.

						ДПБ 26 144 89 08 ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата		10

ВСТУП

В умовах сьогодення для комфортного життя людей одним з пріоритетних питань є теплопостачання. Особливо це стосується прифронтових міст таких як Лозова Харківської області. Навіть в таких умовах кількість будинків збільшується, а разом з цим зростають потреби опалення. Нажаль більшість котелень міста були збудовані ще за радянських часів і не проходили модернізацію їх обладнання застаріло що призводить до збільшення витрати палива, частих виходів з ладу або ж й до повного виведення об'єкта з експлуатації.

На даний момент більшу частину міста забезпечує опаленням котельня №1, яка являється однією з найбільших. В зв'язку з цим вона є постійною цілю для ракетних ударів. Саме через це гостро стоїть питання побудови нових об'єктів теплопостачання та їх розосередження, що в свою чергу забезпечить стабільне опалення.

З вище згаданих причин актуальною є реконструкція теплових пунктів й побудова нових котелень на їх базі. Дані заходи забезпечать підвищення ефективності витрати палива та стабільність постачання теплоти для мешканців міста.

						ДПБ 26 144 89 08 ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		11

1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

1.1 Характеристики об'єкта

При модернізації котельні “Облаштування газової водогрійної котельні в будівлі центрального теплового пункту у місті Лозова, Харківської області” необхідно передбачити:

– демонтаж існуючих:

- конструкцій теплорозподільчого пункту, в тому числі огорожуючих конструкцій, вікон, плит перекриття, покрівлі, несучих ферм, вимощення, частково фундаментів тощо;

- обладнання та трубопроводів теплорозподільчого пункту;

- майданчиків обслуговування, кімнат персоналу та інших приміщень.

– будівництво нової будівлі котельні, каркасного типу, огороження будівлі котельні – стінові сендвіч панелі, перекриття будівлі котельні – покрівельні сендвіч панелі; в якості несучих колон та ферм покрівлі використано металеві балки різного профілю;

– встановлення трьох нових водогрійних котлів фірми Bosch, типу Unimat UT-M 34 в комплекті з економайзером типу ECO 6 та пальниковим пристроєм фірми Weishaupt типу WM-G50/0-A, ZM-3LN;

– встановлення індивідуальних циркуляційних котлових насосів фірми Wilo, а також індивідуальних циркуляційних насосів економайзера фірми Wilo для кожного котлоагрегат;

– в якості установки водопідготовки обрано двоступеневу установку пом'якшення води фірми LWT;

– для захисту трубопроводів теплових мереж від високого вмісту кисню в підживлювальній воді, а також від некоректного рН, передбачається встановлення двох станцій дозування хім. реагентів фірми LWT;

– для відведення димових газів від котлів та нормативного розсіювання в атмосфері, передбачається будівництво трьох нових індивідуальних сталевих двостінних димових труб.

										ДПБ 26 144 89 08 ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата						12

Передбачене обладнання буде розміщене в приміщенні котельного залу, а теплова потужність після будівництва становитиме 13.21 МВт.

1.2 Вихідні дані для розрахунку теплових витрат котельні

При розрахунках теплової схеми котельні використовуються наступні розрахункові температури зовнішнього повітря, що прийняті згідно ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія» [1]:

- розрахункова температура найбільш холодної п'ятиденки (-22°C);
- середня температура за опалювальний період ($-0,8^{\circ}\text{C}$);
- тривалість опалювального сезону 178 діб.

По розміщенню будівля котельні та димові труби – окремо розташовані.

Робота котельні здійснюється в повністю автономному режимі без постійно присутнього обслуговуючого персоналу.

За призначенням, котельня є опалювальною.

За видом теплоносія, котельня відноситься до водяної системи тепlopостачання.

За кількістю паралельно прокладених трубопроводів, котельня відноситься до двотрубною системи тепlopостачання.

Резервне паливо відсутнє.

Сумарне теплове навантаження – 13,21 МВт

Паливом слугує природний газ з теплотворною здатністю 8050 ккал/м^3 .

Передача теплової енергії від котельні до теплової мережі відбувається по температурному графіку: $T_1 = 102^{\circ}\text{C}$, $T_2 = 62^{\circ}\text{C}$.

Забезпечення споживачів здійснюється по двотрубній системі мережевою водою за температурним графіком $95/62^{\circ}\text{C}$. Розрахунковим перепадом температури теплоносія, який забезпечується нормативним тепловим навантаженням на опалення та вентиляцію.

										ДПБ 26 144 89 08 ПЗ	Арк.
											13
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата						

1.3 Існуючий стан об'єкту

Нежитлова будівля ТРП – одноповерхова будівля прямокутної форми в плані із розмірами 25,70×12,75м. Висота основних приміщень від підлоги до низу балок покриття складає 5,75м.

Будівля збудована за індивідуальним проектом, розробленим інститутом «Укрміськбудпроект», на початку 80-х років ХХ сторіччя.

Конструктивна схема будівлі – бескаркасна, з несучими зовнішніми і внутрішніми стінами.

Жорсткість і стійкість будівлі забезпечена повздовжніми та поперечними цегляними стінами, які з'єднує жорсткий диск покриття.

Підлога – монолітна бетонна.

На час обстеження показники нежитлової будівлі наступні:

1. Площа забудови – 330,4 м²;
2. Площа будівлі – 316,7 м²;
3. Будівельний об'єм – 2438 м³.

Нежитлова будівля ТРП передбачалась для підігрівання та постачання води в мережі гарячого водопостачання житлових будинків, громадських та інших будівель.

В ТРП було розміщено: водяні підігрівачі, насоси, ємності запасу гарячої води.

З 2002 року гаряче водопостачання житлових та громадських будинків було припинено. Технологічне обладнання для підігріву та постачання гарячої води демонтовано.

Технічний стан окремої будівельної конструкції характеризують однією з чотирьох категорій: "1" – нормальний; "2" – задовільний; "3" – не придатний до нормальної експлуатації; "4" – аварійний.

На підставі виконаних робіт, які включали в себе збір і аналіз технічної документації, натурні обстеження будівельних конструкцій нежитлової будівлі тепло-розподільчого пункту, інструментальні дослідження, контрольні вимірювання перерізів конструкцій, аналіз виявлених дефектів, пошкоджень встановлено стан окремих елементів будівлі, що продемонстровано в табл. 1.1.

						ДПБ 26 144 89 08 ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		14

Таблиця 1.1 – Зведена таблиця виконаних робіт з відповідними пошкодженнями

Конструктив	Оцінка стану	
Фундаменти	"3"	Непридатний для нормальної експлуатації
Зовнішні і внутрішні стіни	"3"	Непридатний для нормальної експлуатації
Перегородки	"2"	Задовільний
Перемички	"2"	Задовільний
Балки покриття	"2"	Задовільний
Плити покриття	"3"	Непридатний для нормальної експлуатації
Покрівля	"4"	Аварійний
Підлога	"3"	Непридатний для нормальної експлуатації
Вікна	"4"	Аварійний
Двері	"4"	Аварійний
Вимощення	"3"	Непридатний для нормальної експлуатації
Сталева драбина	"2"	Задовільний

Відповідно до результатів технічного обстеження будівлі ТРП було виконано аналіз її конструктивних характеристик, технічного стану та можливості подальшого використання за новим функціональним призначенням. Проведена перевірка показала, що об'ємно-планувальні рішення будівлі, її габаритні розміри та висота приміщень дозволяють розміщення сучасного котельного обладнання після виконання необхідних ремонтно-відновлювальних робіт. Незважаючи на виявлені дефекти окремих будівельних конструкцій, які потребують усунення та підсилення відповідно до рекомендацій технічного обстеження, встановлено принципову можливість реконструкції існуючого приміщення ІТП під газову водогрійну котельню. Запропонована модернізація дозволяє ефективно використати наявну будівлю, мінімізувати витрати на нове будівництво та забезпечити виконання вимог чинних нормативних документів щодо надійності, безпеки та експлуатаційної придатності об'єкта.

						ДПБ 26 144 89 08 ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		15

1.4 Теплові навантаження

Дані обчислення допоможуть комплексно оцінити коефіцієнт корисної дії опалювального контуру та гарантувати його безперебійне функціонування під час зимового періоду. Завдяки даним розрахункам здійснюється підбір обладнання під фактичні потреби, що запобігає роботі котлів на граничних режимах чи навпаки вхолосту, а також суттєво оптимізує грошові витрати на енергоносії.

Розрахунок середніх теплових витрат здійснюється згідно з формулою [2], МВт:

$$Q_{cp.o} = Q_{max} \frac{t_{нормат} - t_{сер.о}}{t_{нормат} - t_{р.о}}; \quad (1.1)$$

де $t_{сер.о}$ – середня температура зовнішнього повітря під час опалювального періоду;

$t_{нормат}$ – температура згідно нормативним вимогам для опалюваних приміщень $20^{\circ}C$.

Для даних вихідних параметрів, маємо значення максимального теплового навантаження $Q_{max} = 13,41 \text{ МВт}$:

$$Q_{cp.o} = 13,41 \frac{20 - (-0,8)}{20 - (-22)} = 6,641 \text{ МВт}.$$

Розрахунок середніх тепловитрат дозволяє визначити загальну кількість відпуску теплоти протягом опалювального сезону для забезпечення стабільної температури в приміщеннях.

Для даних обчислень використовуємо формулу [2], МДж/рік:

$$Q_{рiч.он} = Q_{cp.o} \cdot n_o \cdot 24 \cdot 3600; \quad (1.2)$$

$$Q_{рiч.он} = 6,641 \cdot 178 \cdot 24 \cdot 3600 = 1,021 \cdot 10^8 \text{ МДж/рік};$$

$$Q_{рiч.он} = 5,71 \cdot 178 \cdot 24 = 24393,12 \text{ Гкал/рік}.$$

Максимальні річні та середні теплонавантаження на власні потреби:

$$Q_{max}^{max.n.} = Q_{max.n.} - Q_{max} \quad (1.3)$$

$$Q_{max}^{max.n.} = 13,41 - 13,21 = 0,2 \text{ МВт};$$

$$Q_{сер}^{max} = 0,2 \frac{20 - (-0,8)}{20 - (-22)} = 0,099 \text{ МВт}.$$

						ДПБ 26 144 89 08 ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		16

$$Q_{річ.мех} = 0,099 \cdot 178 \cdot 8 \cdot 3600 = 5,075 \cdot 10^5 \text{ МДж/рік};$$

$$Q_{річ.мех} = 0,085 \cdot 178 \cdot 8 = 121,04 \text{ Гкал/рік.}$$

Згідно розрахункам загальні теплонавантаження на об'єкт розраховані за формулою [3]:

$$\sum Q_{річ.}^{теп.нав.} = Q_{річ.оп.} + Q_{річ.макс.н.}; \quad (1.4)$$

$$\sum Q_{річ.}^{теп.нав.} = 1,021 \cdot 10^8 + 5,075 \cdot 10^5 = 1,026 \cdot 10^8 \text{ МДж/рік};$$

$$\sum Q_{річ.}^{теп.нав.} = 24393,12 + 121,04 = 24514,16 \text{ Гкал/рік.}$$

Річні теплові витрати на власні потреби об'єкту в залежності від палива та параметрів вибраного обладнання, розрахунок проводиться за формулою [3]:

$$Q_{річ.}^{вл.п.к-ні.} = \sum Q_{річ.}^{вл.п.к-ні.} \cdot \%_{відн.}, \quad (1.5)$$

$\%_{відн.}$ – рівень ефективного використання енергії, за порівнянням дійсної енергії яку отримали споживачі, для палива даного об'єкту – 3%, згідно з [3]:

$$Q_{річ.}^{вл.п.к-ні.} = 24514,16 \cdot 0,03 = 735,4 \text{ Гкал/рік}; \quad (1.6)$$

$$\sum Q_{річ.}^{вит.} = 24514,16 + 735,4 = 25249,6 \text{ Гкал/рік.}$$

Дійсний час роботи котельного обладнання за рік враховуючі режим навантаження згідно [3]:

$$h_{вих}^{мак} = Q_{вих}^{рік} / Q_{вст}^{кот}; \quad (1.7)$$

$$h_{вих}^{мак} = 25249,6 / \left(\frac{15,6}{1,163} \right) = 1882 \text{ год.}$$

1.5 Теплові втрати теплоти через котельню (вікон, стін, перекриття та підлоги)

Висота від підлоги включаючи перекриття котельної складає $H_k=7,5$ м, а висота приміщень для обслуговуючого персоналу складає $H_{о.п.}=3$ м. Розрахунок теплових втрат через зовнішні огорожувальні конструкції будівлі котельні здійснюється з урахуванням як основних втрат теплоти через стіни, перекриття, вікна та двері, так і додаткових втрат, пов'язаних з орієнтацією конструкцій та впливом вітру. Проводжу обчислення за формулою [4]:

									ДПБ 26 144 89 08 ПЗ	Арк.
										17
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата					

$$Q_{обг.i} = K_i F_i \Delta t_i \cdot (1 + \sum \beta)_i n_i \cdot 10^{-3}, \quad (1.8)$$

де K_i – коефіцієнт теплопередачі конструкції, який характеризує інтенсивність передачі теплоти через 1 м² поверхні при різниці температур 1 °С, Вт/(м²·К);

F_i – площа зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції (стіни, вікна, двері, перекриття), через яку відбувається теплообмін, м²;

Δt_i – температурний перепад між повітрям всередині і зовні, °С;

$\sum \beta$ – сума додаткових коефіцієнтів втрат теплоти, через щілини та інші негерметичності;

n_i – залежність поправкового коефіцієнта від різниці температур огорожувальної конструкції.

Характеристика інтенсивності передачі теплоти через конструкції, визначаю за відношення [4], Вт/м²·К:

$$K = \frac{1}{r_i} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{вн}} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_3}}, \quad (1.9)$$

де r_i – коефіцієнт термічного опору, м²·К/Вт.

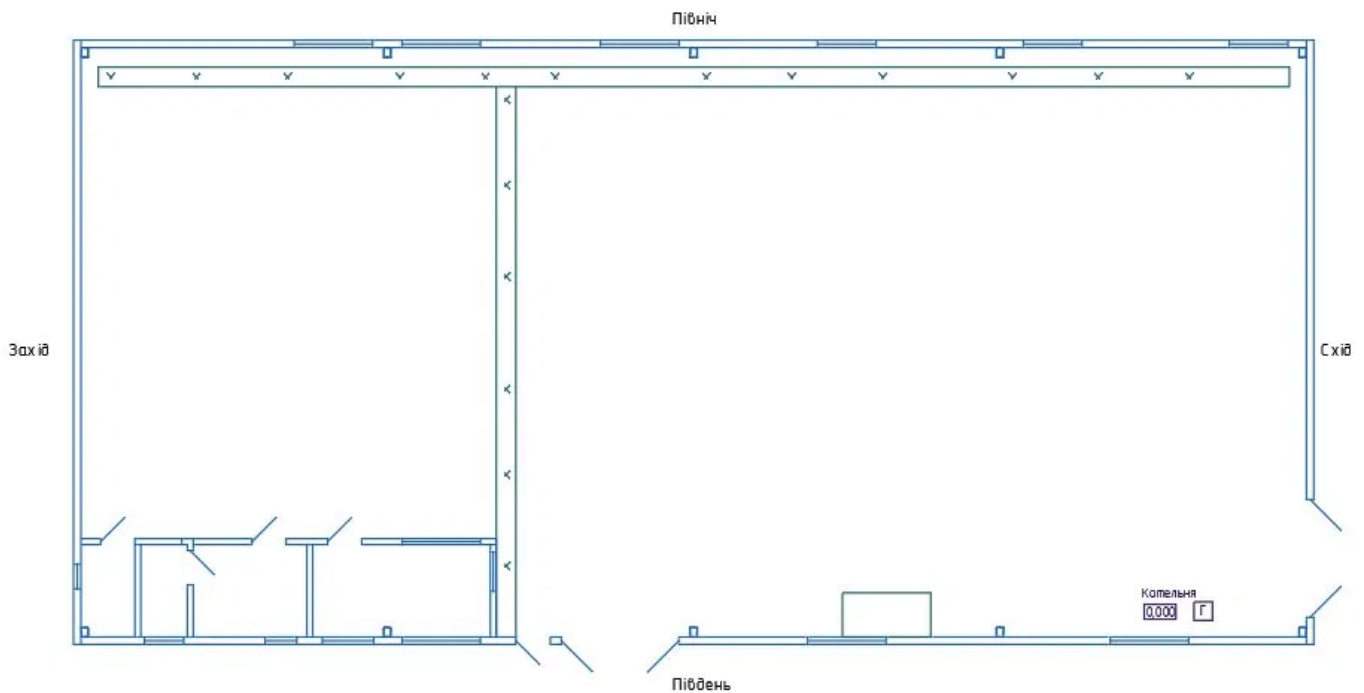


Рисунок 1.1 – Розташування всіх приміщень з позначенням їхніх орієнтацій відносно сторін світу

										ДПБ 26 144 89 08 ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата						18

Таблиця 1.2 – Теплофізичні характеристики огорожувальних конструкцій [5]

Конструкція	Тип/товщина	Коефіцієнту термічного опору, r_i , м ² ·К/Вт	Коефіцієнт теплопередачі, K_i , Вт/(м ² ·К)
Стіни	Сендвіч-панель /150мм	1,96	1 / 1,96 = 0,51
Перекрыття	Сендвіч-панель /150мм	1,96	1 / 1,96 = 0,51
Підлога	Залізобетон, без утеплення /200мм	–	–
Двері	Металеві утеплені	0,35	1 / 0,35 = 2,86
Вікна	Одинарний склопакет	0,14	1 / 0,14 = 7,14

При розрахунку теплових втрат у промислових та громадських будівлях, висота яких перевищує 4 метри, необхідно враховувати, [6] °С:

$$\Delta t_1 = t_{\text{вн}} - t_{\text{р.о}}, \quad (1.10)$$

для всього котельного залу: $\Delta t_1 = 10 - (-22) = 32^\circ\text{C}$.

Температура повітря в приміщенні не є однорідною – вона зростає від низу до верху через природну конвекцію гарячого повітря. Тому такі приміщення розраховуються у двох окремих зонах з урахуванням різної температури в кожній зоні.

В верхній зоні, що розташована вище 4 метрів, температура повітря вище, ніж внизу. Ця температура розраховується, [6] °С:

$$\Delta t_{\text{верх}} = t_{\text{вн}} + k_n \cdot (H - 4), \quad (1.11)$$

де k_n – коефіцієнт, що характеризує швидкість наростання температури по висоті зазвичай приймається від 0,2 до 1,5 К/м.

$$\Delta t_{\text{верх}} = 10 + 0,85 \cdot (7,5 - 4) = 12,98^\circ\text{C}.$$

При розрахунку втрат теплоти через покрівлю та горизонтальні перекрыття в верхній частині приміщення використовується температурна різниця верхньої зони, [6] °С:

$$\Delta t_3 = t_{\text{верх}} - t_{\text{р.о}}, \quad (1.12)$$

$$\Delta t_3 = 12,98 - (-22) = 34,98^\circ\text{C}.$$

Таблиця 1.4 – Результати розрахунків для всіх елементів огороження

Зовнішні огороження	Орієнтація відносно сторін світу	Площі зовнішніх огорожень $F_i, \text{м}^2$	Різниця температур $\Delta t_i, ^\circ\text{C}$	Коефіцієнт теплопередачі $K_i, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$	Додаткові втрати теплоти $\Sigma\beta$	Втрати теплоти $Q_{\text{обг.}i}, \text{кВт}$		
1	2	3	4	5	6	7		
Вікна	Пн	10,51	34,98	7,14	0,05	2,639		
	Пд	19,68				4,94		
	Зх	0,25				0,063		
	Сх	–				–		
Двері	Пн	–		2,86		0,51	–	
	Пд	7,16					0,719	
	Зх	–					–	
	Сх	5,76					0,579	
Стіни	Пн	173,96		0,51		0,51	3,12	
	Пд	168,96					3,03	
	Зх	90,16					1,62	
	Сх	84,65					1,52	
Поверхня перекриття	–	317,23		31,51		0,51	–	5,69
Підлога	–	318,5		34,98		–	–	3,45
Сумарні втрати складатимуть:						27,37		

Крім основних теплових втрат через огорожувальні конструкції (стіни, вікна, двері, перекриття), при розрахунку теплового балансу приміщення необхідно враховувати додаткові втрати теплоти; ці втрати можуть становити значну частину від загальних теплових втрат котельні, тому слід враховувати втрати теплоти на нагрівання інфільтраційного повітря.

Інфільтраційне повітря – це холодне зовнішнє повітря, яке проникає в приміщення через щілини та недосконалість в конструкціях огороження. Воно потребує нагрівання до внутрішньої температури, розрахунок теплової потужності на нагрівання цього повітря користують формулою (1.18) [2], кВт:

										ДПБ 26 144 89 08 ПЗ	Арк.
											23
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата						

Таблиця 2.1 – Умовні позначення обладнання теплової схеми на рис. 2.1.

Позиція	Найменування	Кількість
К1	Водогрійний газовий котел	3
К2	Теплообмінник димових газів (економайзер) – для утилізації теплоти димових газів та додаткового підігріву зворотного теплоносія перед входом до котла	3
К3	Пальник газовий	3
К4	Насос циркуляційний котловий	3
К5	Клапан 3-ходовий регулювальний	3
К6	Насос циркуляційний економайзера	3
К7	Бак розширювальний	3
К8	Нейтралізатор конденсату	3

До котлового контуру також входять:

- зворотні клапани – для запобігання реверсу потоку при зупинці окремого котла;
- запірна арматура – для відключення котлів на технічне обслуговування;
- манометри та термометри – для контролю параметрів теплоносія в певних точках контуру.

У верхніх точках трубопровідної системи для видалення повітря встановлюються гребінки повітровідведення з автоматичними повітряними клапанами.

Скидні й дренажні води вилучаються через спеціальні трубопровідні системи і надходять до дренажних колекторів. Вони розташовані у приміщенні котельні, в каналах, після чого відводяться в існуючий охолоджувальний колодезь.

2.1.2 Мережний контур

Мережевий контур котельні має один вихід теплової мережі, який забезпечує транспортування теплоносія до споживачів. Регулювання відпуску теплоносія здійснюється за якісною схемою.

						ДПБ 26 144 89 08 ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		26

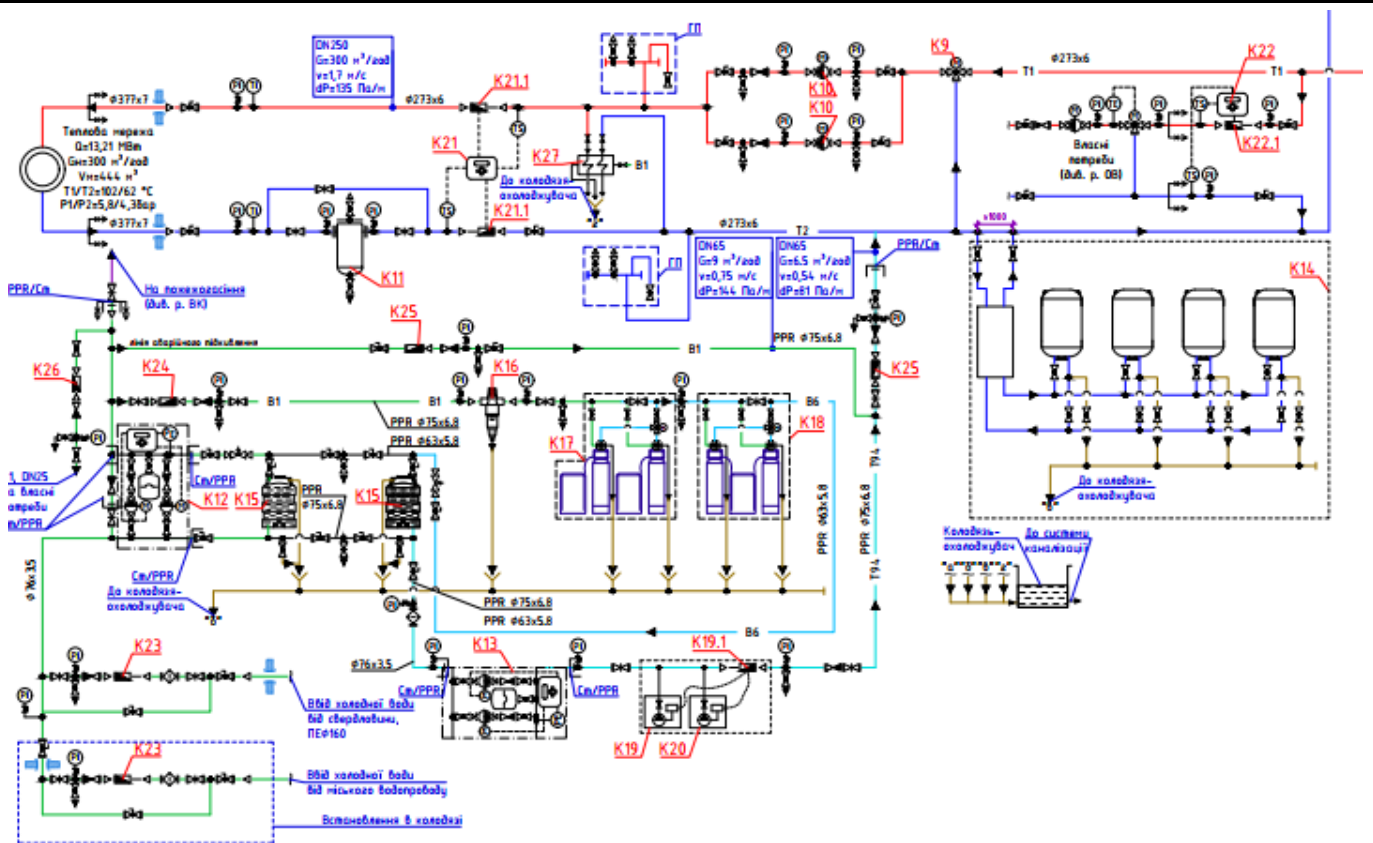


Рисунок 2.2 – Теплова схема мережного контуру котельні

Перед мережними насосами передбачено встановлення триходового клапана, за допомогою якого здійснюється регулювання температури теплоносія, що подається в теплову мережу.

Подача теплоносія забезпечується мережними насосами фірми Wilo. Для забезпечення резервування встановлено два насоси: один робочий та один резервний. Робота насосного обладнання регулюється за допомогою зовнішніх частотних перетворювачів.

Таблиця 2.2 – Умовні позначення обладнання теплової схеми на рис. 2.2.

Позиція	Найменування	Кількість
K10	Насос циркуляційний мережний	2
K11	Сепаратор бруду	1
K12	Насосна станція підвищення тиску	1
K13	Насосна станція підвищення тиску мережі	1
K14	Система компенсації теплових розширень мережі	1

Продовження таблиці 2.2

K14.1	Насосний модуль з двома насосами	1
K14.2	Основний бак	1
K14.3	Додатковий бак	3
K15	Бак запасу води	2
K16	Фільтр з автоматичною зворотною промивкою	1
K17	Установка пом'якшення безперервної дії	1
K18	Установка пом'якшення безперервної дії	1
K19	Установка хімічної деаерації	1
K20	Установка корекції рН	1
K22	Лічильник теплової енергії	1
K21	Лічильники холодної води	1
K23		2
K24		1
K25		2
K26		1
K27		Охолоджувач відбору проби двоточковий

До мережевого контуру також входять:

- вузол підживлення – компенсує витоки теплоносія та підтримує робочий тиск у мережі;

- запірні та регулювальні арматури;
- контрольно-вимірювальні прилади.

Відповідно до прийнятої теплової схеми вода з господарсько-питного водопроводу подається на двоступеневу установку водопідготовки, для контролю об'ємів води, передбачено встановлення лічильників фірми Apator Powogaz.

						ДПБ 26 144 89 08 ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		28

Для компенсації втрат теплоносія у системі теплопостачання передбачена водопідготовча установка безперервної дії з автоматичною регенерацією продуктивністю 6,5 м³/год. Джерелом вихідної води є господарсько-питний водопровід, у процесі якої використовується катіонообмінна речовина як іонообмінний матеріал, а для регенерації застосовується таблетована кухонна сіль.

2.2 Розрахунок принципової схеми котельні

Розрахунок теплової схеми котельні виконую для двох характерних режимів роботи, які охоплюють всю функцію експлуатаційних умов опалювального сезону [2]:

- Режим I – максимальний зимовий, що відповідає розрахунковій температурі зовнішнього повітря найбільшої холодної п'ятиденки $t_{p.o} = -22^{\circ}\text{C}$ [1]. Визначає пікове теплове навантаження та максимальні витрати теплоносія, на які розраховується все обладнання котельні.

- Режим II – середньозимовий, що відповідає середній температурі найбільшого холодного місяця опального періоду $t_{cp.x.m} = -0,8^{\circ}\text{C}$ [1].

Розрахункова внутрішня температура повітря в опалювальних приміщеннях потребується відповідно до нормативних вимог $t_{вн} = 20^{\circ}\text{C}$ [7].

- Третій режим – літній – для даного об'єкта не розглядається, оскільки котельня призначена виключно для забезпечення потреб опалення. У літній період теплопостачання споживачів не планується, система гарячого водопостачання в складі котельні не передбачена.

Для обох режимів роботи температура сирі води, що надходить до котельні від господарсько-побутового водопроводу, є однаковою – як на вході до котельні, так і перед установкою хімічного очищення обох режимів роботи [8] $T_{13}^I = T_{13}^{II} = 5^{\circ}\text{C}$.

В системі опалення питомий об'єм теплоносія незалежно від загального відпуску теплоти на теплопостачання для всіх режимів є незмінним [8]

$$g_{\text{сист}} = 35000 \text{ кг/МВт.}$$

						ДПБ 26 144 89 08 ПЗ	Арк.
							29
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

2.2.1 Режим максимально зимовий (I)

Розрахунок точки зламу температурного графіка теплової мережі за наступним виразом, °C [2]:

$$t_{зовн}^{зл} = t_{вн} - 0,3455 \cdot (t_{вн} - t_{р.о}); \quad (2.1)$$

$$t_{зовн}^{зл} = 20 - 0,3455 \cdot (20 - (-22)) = 5,49 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Для визначення витоків теплоносія в системі тепlopостачання застосовується коефіцієнт зниження втрат води, який характеризує ступінь герметичності трубопроводної мережі, його розраховую згідно з [8]:

$$k_{вум} = \frac{t_{вн} - t_{зовн}}{t_{вн} - t_{р.о}}; \quad (2.2)$$

$$k_{вум} = \frac{20 - (-22)}{20 - (-22)} = 1.$$

Коефіцієнти власної потреби котельні на водопідготовку допустимі в межах нормативних значень [8]: $k_{х.в.}^{б.п.} = 1,1 \dots 1,25$.

Для даного розрахунку прийнято конкретне значення відповідно до технічних умов 1,22.

Температура максимальна мережевої води на виході з котельні за залежностями, °C [2]:

$$t_1 = 20 + 60 \cdot k_{о.в.}^{0,8} + 22 \cdot k_{о.в.}; \quad (2.3)$$

$$t_1 = 20 + 60 \cdot 1 + 22 \cdot 1 = 102 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Максимальна поворотна мережева вода після системи опалення, °C [2]:

$$t_2^{ог} = t_1 - 40 \cdot k_{о.в.}; \quad (2.4)$$

$$t_2^{ог} = 102 - 40 \cdot 1 = 62 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Визначаю витрати теплоносія:

➤ мережевої води на опалення за формулою (2.5), кг/с» [9]:

$$G_{о.} = \frac{Q_{о.}}{c_{в.}(t_1 - t_2^{ог})}, \quad (2.5)$$

де $Q_{о.}$ – розрахункове теплове навантаження на опалення, МВт або кВт, приймаю з попереднього розділу 1;

										ДПБ 26 144 89 08 ПЗ	Арк.
											30
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата						

c_w – характеристика теплоємності води, яка для розрахунків береться 4,187 кДж/(кг·К);

$t_1, t_2^{об}$ – температури мережевої води у подавальному та зворотному трубопроводах, °С.

$$G_o^I = \frac{13,21 \cdot 10^3}{4,187 \cdot (102 - 62)} = 78,88 \text{ кг/с.}$$

➤ на виході з водогрійної котельні, на опалення житлового будинку за виразом (2.6), кг/с [10]:

$$G_M = G_{o.в.}; \quad (2.6)$$

$$G_M = 78,88 \text{ кг/с.}$$

➤ система підживлення розраховується за формулою (2.7), кг/с [10]:

$$G_{\text{виг}} = \frac{0,75}{100 \cdot 3600} ((Q_{o.в}^{\max} + Q_T^h) \cdot 10^{-3}) g_{\text{сист}} k_{\text{виг}} \quad (2.7)$$

де враховуються теплове навантаження та коефіцієнт зниження рівня води в системі теплопостачання,

Q_T^h – теплове навантаження на гаряче водопостачання, МВт.

$$G_{\text{виг}} = \frac{0,75}{100 \cdot 3600} (13,21 + 0) \cdot 35000 \cdot 1 = 0,963 \text{ кг/с.}$$

➤ мережевої поворотної, на вході до котельні водогрійної, кг/с [8]:

$$G_{n.м.} = G_o - G_{\text{виг}}; \quad (2.8)$$

$$G_{n.м.} = 78,88 - 0,963 = 77,917 \text{ кг/с.}$$

➤ сирі вода, яка направляється на хімічну очистку, кг/с [10]:

$$G_{с.в.} = k_{х.в.}^{с.н.} \cdot G_{\text{виг}}; \quad (2.9)$$

$$G_{с.в.} = 1,22 \cdot 0,963 = 1,175 \text{ кг/с.}$$

Загальний відпуск теплоти котлоагрегатами на опалення, без урахування навантаження на гаряче водопостачання, розраховується за формулою, МВт [7]:

$$Q_k^6 = Q_{o.в.} + Q_{г.в.}; \quad (2.10)$$

$$Q_k^6 = 13,21 + 0 = 13,21 \text{ МВт.}$$

2.2.2 Режим середньозимовий (II)

									ДПБ 26 144 89 08 ПЗ	Арк. 31
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата					

Наступні розрахунки проводяться в аналогічній послідовності із застосуванням тих самих розрахункових формул.

$$k_{\text{ввт}} = \frac{20 - (-0,8)}{20 - (-22)} = 0,495;$$

$$t_2^{\text{он.}} = 62 - 40 \cdot 0,495 = 42,2^\circ\text{C};$$

$$G_o^{\text{II}} = \frac{13,21 \cdot 10^3}{4,187(62 - 42,2)} = 159,34 \text{ кг/с};$$

$$G_m^{\text{II}} = 159,34 \text{ кг/с};$$

$$G_{\text{ввт}}^{\text{I, II}} = \frac{0,75}{100 \cdot 3600} (13,21 + 0) 35000 \cdot 1 = 0,963 \text{ кг/с};$$

$$G_{\text{н.м.}}^{\text{II}} = 159,34 - 0,963 = 158,371 \text{ кг/с};$$

$$G_{\text{с.в.}}^{\text{I, II}} = 1,22 \cdot 0,963 = 1,175 \text{ кг/с}.$$

Отримані значення є основою для підбору основного та допоміжного обладнання котельні, тож формую та зводжу результати в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Зведені результати теплової схеми

Найменування	Величина	Розмірність	Режими	
			I	II
1	2	3	4	5
Загальні:				
Теплове навантаження на опалення	Q_o	$MВт$	13,21	
Коефіцієнт зниження втрат води	$k_{o.в}$	-	1	0,495
Температури:				
Зовнішнього повітря	$t_{\text{р.о}}$	$^\circ\text{C}$	-22	-0,8
Подачі мережної води	t_1	$^\circ\text{C}$	102	62
Зворотньої мережної води	t_2	$^\circ\text{C}$	62	42,2
Витрати теплоносія:				
Мережної води на опалення	G_o		78,88	159,34
На виході з водогрійної котельні	G_m		78,88	159,34

						ДНБ 26 144 89 08 ПЗ	Арк. 32
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 2.3

Система підживлення	$G_{\text{вип}}$		0,963	
Мережевої поворотної, на вході до котельні	$G_{\text{п.м.}}$	$\frac{\text{кг}}{\text{с}}$	77,917	158,371
Сира вода, яка піддається на хімічну очистку	$G_{\text{с.в.}}$	$\frac{\text{кг}}{\text{с}}$	1,175	
Загальний відпуск теплоти	Q_0	МВт	13,21	

2.3 Висновки до розділу 2

Теплова схема котельні реалізована за залежною схемою підключення з якісним регулюванням відпуску теплоносія. У даному розділі виконано розрахунок теплової схеми водогрійної котельні для двох характерних режимів роботи: максимально зимового та середньозимового. Визначено температурні режими мережевої води для обох умов експлуатації відповідно до температурного графіка 102/62°C. На підставі отриманих параметрів розраховано витрати мережевої води, витрати на підживлення системи і інші, а також загальний відпуск теплоти котлоагрегатами. Отримані результати розрахунку зведено до таблиці 2.3.

3 ПІДБІР ОСНОВНОГО ОБЛАДНАННЯ І ДОПОМІЖНОГО

Для забезпечення безперебійної роботи котельня потребує комплексного підбору взаємопов'язаного обладнання, а саме:

- водогрійний котлоагрегат;
- пальник;
- теплообмінники;
- циркуляційні насоси;
- система автоматичного керування;
- розширювальні баки для компенсації теплового розширення теплоносія;
- фільтраційні системи очистки води і тд.

Кожен з цих елементів виконує специфічну функцію у загальному технологічному процесі виробництва та розподілення теплоти. Підбір ґрунтується на розрахункових параметрах теплової схеми, отриманих для максимально зимового режиму експлуатації.

3.1 Підбір котлоагрегату з його характеристиками

Котлоагрегат є основним елементом котельні, де здійснюється перетворення хімічної енергії палива на теплову енергію.

Для визначення необхідної кількості котлових агрегатів використовую, [8]: формулу:

$$N_{к.п.}^6 = \frac{Q_{к}^6}{Q_{к}^{ном}}; \quad (3.1)$$

де $Q_{к}^{ном}$ – паспортна теплова потужність для одного котла, МВт;

$Q_{к}^6$ – максимальне теплове навантаження на опалення, зазначених в технічному завданні, МВт.

$$N_{к.п.}^6 = \frac{13,21}{4,667} = 3 \text{ компл.}$$

За результатами розрахунку приймаю до встановлення три газових водогрійних котла фірми Bosch типу Unimat UT-M 34, який має номінальну теплову потужність 4667 кВт (кожен), номінальний робочий тиск складає – 10 бар.

						ДПБ 26 144 89 08 ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		34

Це дає змогу забезпечити необхідний резерв потужності для компенсації можливих втрат чи в забезпеченні стабільності системи при змінних умовах роботи.

Тож проводжу розрахунок щодо рівня використання встановленої потужності всіх котлів, % за формулою [11]:

$$K_{зав}^e = \frac{Q_{\kappa}^e}{N_{\kappa.п.}^e \cdot Q_{\kappa}^{ном}} \cdot 100\%; \quad (3.2)$$

$$K_{зав}^e = \frac{13,21}{3 \cdot 4,667} \cdot 100\% = 94,35\%.$$

Даний показник вважається оптимальним режимом роботи для централізованих котельнь, завантаження котельного обладнання в розрахунковому режимі дозволив оцінити резервну потужність котельні і можливість покриття пікових теплових навантажень без залучення додаткових джерел теплопостачання.

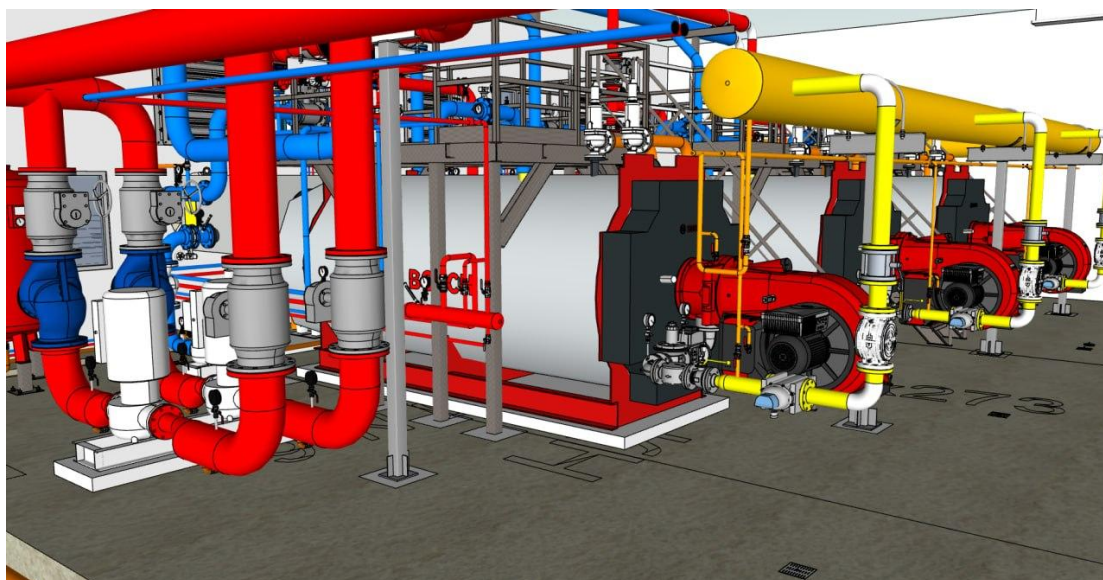


Рисунок 3.1 – Котел Bosch типу Unimat UT-M 34

3.2 Комплексні пристрої котла (пальник, економайзер)

На кожному котлі встановлюється газовий пальник фірми Weishaupt типу WM-G50/0-A, ZM-3LN, який забезпечує розпилення та розпалювання газоповітряної суміші у топці котла.

Пальник складається з кількох основних компонентів, серед яких електричний вентилятор потужністю 16,5 кВт, що створює необхідний тиск повітря для подачі його в топку. Повітря надходить через регулюючі дросельні клапана, які дозують

									ДПБ 26 144 89 08 ПЗ	Арк. 35
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата					

– котлів, трубопроводів, арматури та споживачів. Схема теплопостачання включає кілька функціонально різних груп агрегатів.

3.3.1 Циркуляційні насоси

Циркуляційні насоси котлових контурів – призначені для забезпечення примусової циркуляції теплоносія через корпус кожного котлоагрегату та пов'язаного з ним обладнання (економайзера).

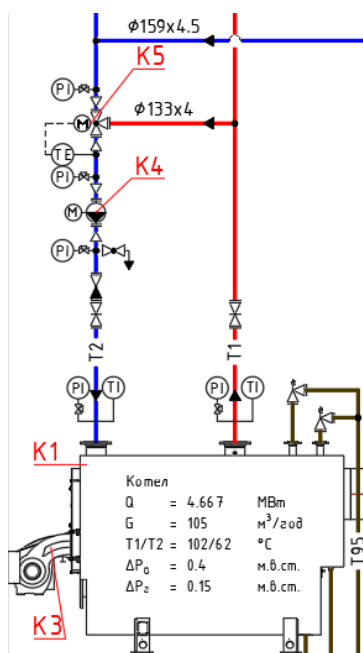


Рисунок 3.4 – Принципова схема обв'язки одного котла Bosch

Подачу насоса для одного котлового контуру, у м³/год, обчислюю за формулою [2]:

$$G_k^H = \frac{Q_k \cdot 10^6 \cdot 3600}{c_w \cdot \rho_w (t_1 - t_2)}, \quad (3.3)$$

де Q_k – «теплова потужність котла, МВт;

ρ_w – густина води, кг/м³

c_w – теплоємність води, кДж / кг · К» [2].

$$G_k^H = \frac{4,667 \cdot 10^6 \cdot 3600}{4187 \cdot 1000 \cdot (102 - 62)} = 100,3 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Гідравлічний опір системи визначають як суму опору водогрійного котла 0,4 м.вод.ст, трубопроводів, місцевих опорів і триходового клапана 2,3 м.вод.ст

(повністю відкритого), МПа [2]:

$$H_{\kappa}^H = 1,1 \cdot \Delta P_{\text{в.к}} + \Delta P_{\text{тр}} + \Delta P_{\text{м.о.}} + \Delta P_{\sigma} + \Delta P_{\text{кл}}, \quad (3.4)$$

$$H_{\kappa}^H = 1,1 \cdot 0,00392 + 0,00726 + 0,05886 + 0,01236 + 0,02256 = 0,1054 \text{ МПа} \approx 10,74 \text{ м.вод.ст.}$$

Робочий напір насоса забезпечує потрібний опір системи, а необхідний експлуатаційний резерв по напорі буде оптимізований під час пусконаладження шляхом використання вбудованого частотного перетворювача для електронного регулювання обертів. Для кожного котла встановлюється окремий насос, що дозволяє керувати режимом роботи окремого котлоагрегату незалежно від інших. Тому в даному контурі прийнято циркуляційний насос фірми Wilo типу Stratos GIGA 80/3-38/11 з напором 20 м.вод.ст.

Гідравлічний опір контуру утилізації теплоти (економайзера):

$$H_{\text{еко}}^H = 1,1 \cdot 0,00461 + 0,01216 + 0,02942 = 0,0467 \text{ МПа} \approx 4,76 \text{ м.вод.ст.}$$

Для забезпечення циркуляції теплоносія у даному контурі прийнято циркуляційний насос фірми Wilo типу Stratos GIGA2.0-I 100/1-9/3,0 з напором 7 м.вод.ст. Наявний гідравлічний запас, який буде покривати поступове внутрішнє забруднення економайзера.

3.3.2 Мережні насоси

Мережні насоси – забезпечують циркуляцію теплоносія в зовнішніх теплопровідних мережах та подолання гідравлічного опору всієї системи розподілення теплоти. За нормативами, на мережну систему встановлюється мінімум два насоси – один робочий та один резервний.

Подача насоса для насоса мережної води [2], м³/год:

$$V_{\text{м}} = \frac{G_{\text{м}} \cdot 3600}{\rho_{\text{в}}}, \quad (3.5)$$

$$V_{\text{м}} = \frac{78,88 \cdot 3600}{1000} = 284 \text{ м}^3 / \text{год.}$$

Гідравлічний опір контуру мережі:

$$H_{\kappa}^H = 1,1 \cdot \Delta P_{\text{в.к}} + \Delta P_{\text{тр}} + \Delta P_{\text{мереж.}} + \Delta P_{\text{м.о.}}$$

$$\Delta P_{\text{мереж.}} = 5,8 - 4,3 = 1,5 \text{ бар} \approx 15,3 \text{ м.вод.ст.}$$

									ДПБ 26 144 89 08 ПЗ	Арк.
										38
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата					

$$H_{\text{мереж}}^n = 1,1 \cdot 0,00392 + 0,00726 + 0,149 + 0,02942 = 0,2553 \text{ МПа} \approx 26 \text{ м.вод.ст.}$$

Для забезпечення циркуляції теплоносія у даному контурі прийнято циркуляційний насос фірми Wilo типу Atmos GIGA-I 125/160-30/2 з напором 27 м.вод.ст.

3.4 Трьох ходовий клапан

Проектом передбачено встановлення на зворотному трубопроводі 3-х ходовий клапан для підтримки температури перед котлами та для підігріву води при холодному пуску. Це забезпечує підтримання мінімальної допустимої температури теплоносія на вході в котел, що перешкоджає утворенню конденсату на нагрівальних поверхнях котла і захищає його від корозії при низьких температурах.

Під час холодного запуску клапан забезпечує поступовий прогрів котлового контуру шляхом рециркуляції теплоносія. Положення заслінки керується електроприводом на основі сигналів з датчика температури. На далі проводжу підбір клапану, а саме визначення умовного діаметра регульовального клапана, мм, за формулою [12]:

$$d_{y_{\min}} = \sqrt{\frac{4 \cdot G \cdot 1000}{3,6 \cdot \pi \cdot v_{\max}}}, \quad (3.5)$$

де G – «витрата теплоносія через клапан, м³/год; з теплової схеми для котлового контуру значення витрати складає 105 м³/год.

v_{\max} – швидкість теплоносія, м/с» [12]. Приймаю максимальну швидкість для першого перерахунку 2,5 м/с.

Діаметр регульовального клапана обирають за умови цього співвідношення: $d_{y_{\text{кл}}} \geq d_{y_{\min}}$ ($d_{y_{\text{кл}}}$ – діаметр номінальний знайденого клапана; $d_{y_{\min}}$ – діаметр мінімальний, розрахований).

$$d_{y_{\min}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 105 \cdot 1000}{3,6 \cdot \pi \cdot 2,5}} = 122 \text{ мм.}$$

Діаметр підбираю ближчий по значенню номінального з каталогу [12] $d_{y_{\text{кл}}} = 125 \text{ мм}$. Згідно нормативних обмежень швидкість має становити менше або

						ДПБ 26 144 89 08 ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		39

дорівнювати 3,5 м/с. Тоді фактична швидкість потоку через регулювальний клапан, може бути перерахована м/с [15]:

$$v = \frac{4 \cdot G \cdot 1000}{3,6 \cdot \pi \cdot dy^2} \leq 3,5 \text{ м/с}; \quad (3.6)$$

$$v = \frac{4 \cdot 105 \cdot 1000}{3,6 \cdot \pi \cdot 125^2} = 2,38 \leq 3,5 \text{ м/с}.$$

Отримане значення відповідає встановленим вимогам, продовжую розрахунок. Втрати тиску на повністю відкритому запірно-регулювальному клапані при заданій об'ємній витраті обчислюю за залежністю, бар [12]:

$$\Delta P_{кл} = \left(\frac{G}{k_{vs}} \right)^2, \quad (3.7)$$

де k_{vs} – максимальна гранична пропускна спроможність підбраного регулювального пристрою, м³/год. Оскільки тип клапану VF3 (фірми Danfoss) обираю з каталогу [13], пропускну здатність 220 м³/год.

$$\Delta P_{кл} = \left(\frac{105}{220} \right)^2 = 0,23 \text{ бар}.$$

Знайдені втрати напору приймаються як цільова величина для налаштування автоматичного регулятора перепаду тиску [13]. Для подальшого розрахунку та налаштування задають 0,3 барами.

Розрахунок поточного ступеню відкриття клапана, % [12]:

$$x = \frac{k_v}{k_{vs}} \cdot 100\%, \quad (3.8)$$

де k_v – розрахункова гранична пропускна спроможність пристрою, м³/год.

Правильність підбору клапана підтверджується виконанням такої умови щодо його пропускну здатності $k_{vs} > k_v$.

$$k_v = \frac{G}{\sqrt{\Delta P}}. \quad (3.9)$$

Функціонування запірно-регулювальної арматури при ступені відкриття нижче 30% спричиняє відхилення від лінійної характеристики регулювання та погіршення якості підтримання необхідних робочих параметрів.

										ДПБ 26 144 89 08 ПЗ	Арк.
											40
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата						

У даному діапазоні (зоні мінімальних витрат) навіть незначне дискретне переміщення штока призводить до непропорційних коливань об'ємної витрати теплоносія.

$$k_v = \frac{105}{\sqrt{0,3}} = 191,7 \text{ м}^3/\text{год};$$

$$x = \frac{191,7}{220} \cdot 100\% = 87,14\%.$$

Для мережного контуру котельні підбираю регулювальний клапан із номінальною пропускною здатністю $k_{vs} = 220 \text{ м}^3/\text{год}$. Даний підбір забезпечує лінійність гідравлічної характеристики регулювання, виключаючи ризик виникнення кавітації.

3.5 Бак розширювальний методика підбору

Розширювальний бак використовують для компенсації збільшення об'єму теплоносія внаслідок його нагрівання у внутрішній системі водяного опалення котельні, а також для підтримання необхідного гідравлічного режиму в системі. Його розрахунок виконую згідно з вимогами [7].

Початковий тиск теплоносія в системі приймають таким, щоб забезпечити стійку й безпечну роботу опалювальної системи, бар [7]:

$$P_0 \geq P_{ST} + P_D. \quad (3.10)$$

Як правило, мінімальне значення приймають на рівні 70 кПа (0,7 бар). При цьому граничне значення абсолютного тиску пари води, яке додають до гідростатичного тиску, становить 30 кПа (0,3 бар).

Тоді загальний об'єм теплоносія в котловому контурі включає об'єм котлів, трубопроводів і арматури, м^3 [7]:

$$V_{\kappa} = n \cdot V_{\kappa}^{вод}, \quad (3.11)$$

де n – кількість котлів;

$V_{\kappa}^{вод}$ – об'єм теплоносія в котлі, з паспорту 3,8 м^3 .

$$V_{\kappa} = 3 \cdot 3,8 = 11,4 \text{ м}^3.$$

						ДПБ 26 144 89 08 ПЗ	Арк.
							41
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

e – 4,53%, відносне температурне розширення рідини, визначене за нормативними таблицями [7].

$$V_{м.б} = \frac{19,38 \cdot 0,0453 \cdot 1,15}{1 - \frac{1,8}{10,5}} = \frac{1,009}{1 - 0,1714} = 1,22 \text{ м}^3.$$

На підставі виконаних обчислень передбачено встановлення трьох мембранних баків серії для кожного котла фірми Flamco типу Contra-Flex 1000/2,5 місткістю по 1000 л кожен. Сумарний фактичний об'єм становить:

$$V_{факт} = 3 \cdot 1 = 3 \text{ м}^3.$$

Фактичний об'єм обладнання повністю покриває розрахунковий дефіцит простору з експлуатаційним запасом $3 \text{ м}^3 > 1,22 \text{ м}^3$; повністю унеможливорює аварійне скидання теплоносія через запобіжні пристрої.

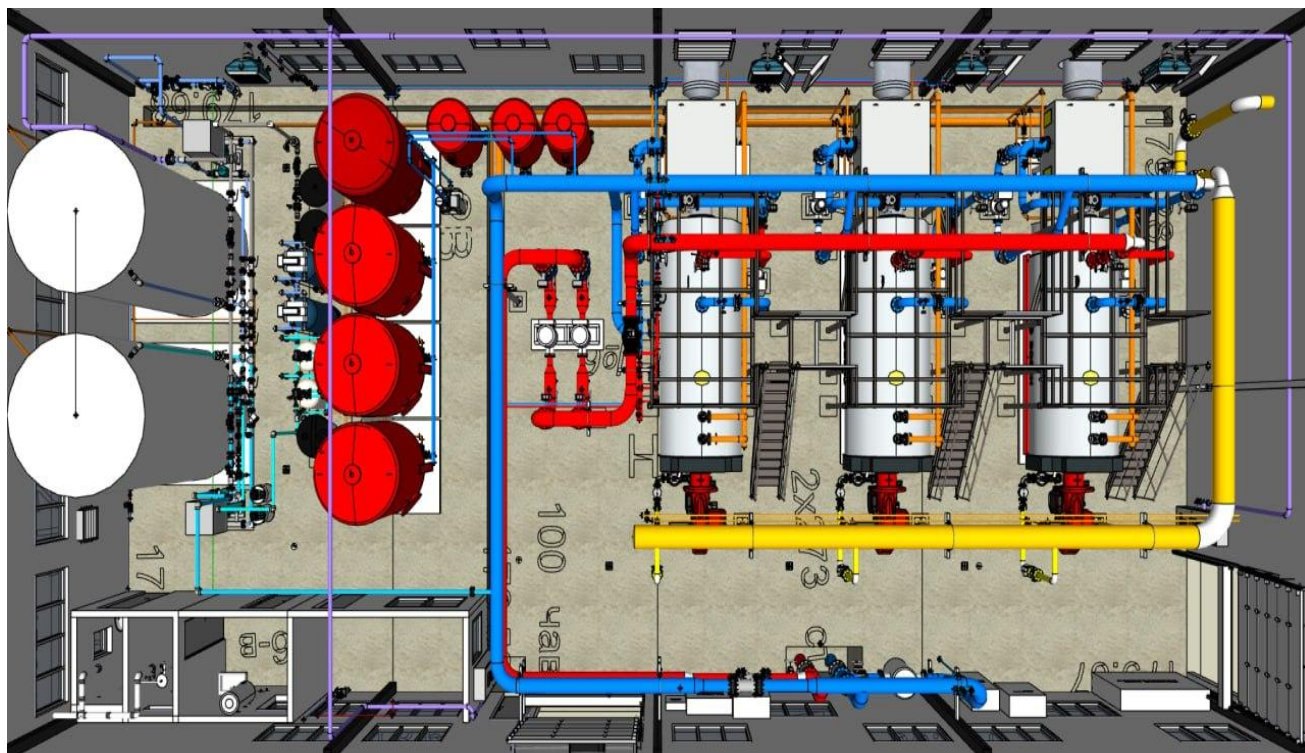


Рисунок 3.5 – Розташування обладнання та трубопроводів всередині котельні

3.6 Висновок до розділу 3

На основі техніко-економічного аналізу для реконструкції газової котельні було обрано три водогрійні котельні установки типу UNIMAT UT-M 34 (Bosch) з тепловою

										ДПБ 26 144 89 08 ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата						43

потужністю 4667 кВт кожний, для кожного котлоагрегату підібрано газові пальники Weishaupt WM-G50/0-A, ZM-3LN та економайзери ECO 6. На основі розрахунків витрат теплоносія та гідравлічних опорів контурів виконано підбір циркуляційних насосів котлових контурів, контуру економайзерів та мережних насосів. Також виконано підбір триходових регулювальних клапанів. Для компенсації температурного розширення теплоносія визначено необхідний об'єм мембранних розширювальних баків.

						ДПБ 26 144 89 08 ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		44

4 РІШЕННЯ ПО ОПАЛЕННЮ ТА ВЕНТИЛЯЦІЇ

4.1 Вузол власних потреб котельні

На схемі 4.1 зображено вузол підключення системи власних потреб котельні, призначеного для опалення та вентиляції приміщення котельного залу.

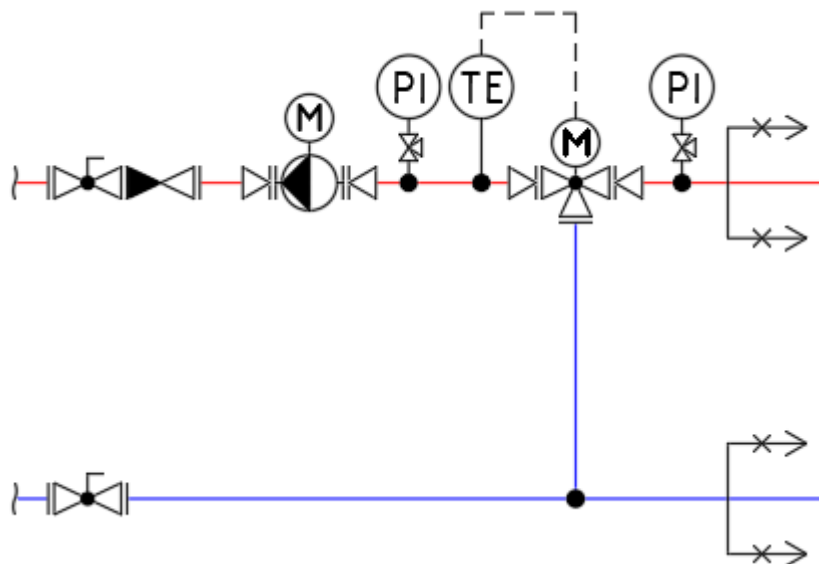


Рисунок 4.1 – Вузол підключення системи власних потреб

Даний вузол забезпечує системи теплопостачання приміщень самої котельні, відбираючи теплоносій лише з основного мережевого трубопроводу. Гаряча вода з подавального трубопроводу надходить до триходового змішуючого клапана, де здійснюється регулювання температури теплоносія до оптимального рівня 95°C для забезпечення комфортних умов опалення приміщення без перегріву.

Регульована вода подається через запірну арматуру та розподільчий колектор до теплових вентиляторів типу Volcano.

Насос забезпечує примусову циркуляцію теплоносія через всі гілки вузла, долаючи гідравлічний опір, а охолоджена вода при температурі 62°C повертається в зворотній трубопровід основної системи через окремий запірний кран. Ця система дозволяє оперативно відключатися, без зупинки основної роботи.

4.2 Тепловий баланс котельні та кліматичні умови

Розробка системи теплопостачання котельні базується на аналізі кліматичних умов м. Лозова з дотримання вимог нормативних документів [1]. На основі цього

						ДПБ 26 144 89 08 ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підпис	Дата		45

стандарту встановлено розрахункові температури зовнішнього повітря вказані в розділі 1.

Температурні умови в приміщенні котельні встановлюються згідно з технологічними вимогами. За ДБН В.2.5-67:2013 [10], та ДБН В.2.5-77:2014 [14]:

- ✓ котельний зал +10 °С;
- ✓ службове приміщення +20 °С;
- ✓ роздягальня +20 °С;
- ✓ санвузол +20 °С;
- ✓ духова +20 °С.

Розподіл теплових втрат для приміщень становить всієї котельні:

- ✓ котельний зал – 45,3 кВт;
- ✓ службового приміщення – 1,4 кВт;
- ✓ роздягальня – 0,65 кВт;
- ✓ санвузол – 0,29 кВт;
- ✓ духова – 0,26 кВт.

Відповідно сумарні втрати теплоти становлять 47,9 кВт. Тепловий баланс приміщення котельні формується за рахунок системи опалення і теплових надходжень від внутрішніх джерел.

Основними з них є:

- теплові втрати через зовнішню ізоляцію котлоагрегатів (в холодний період), кВт [15]:

$$Q_{\text{котл}}^{\text{вод}} = Q \cdot q_5, \quad (4.1)$$

де q_5 - зовнішня теплова ізоляція (від котла і економайзера), прийнята згідно [14] 0,0015.

$$Q_{\text{котл}}^{\text{вод}} = 4667 \cdot 0,0015 = 7 \text{ кВт}.$$

З урахуванням n-ої кількості котлів:

$$Q_{3\text{котл}}^{\text{вод}} = 7 \cdot 3 = 21 \text{ кВт}.$$

- через трубопроводи подавального та зворотного контурів та устаткування, кВт [15]:

$$Q_{\text{об}} = \alpha \cdot (t_{\text{із}} - t_{\text{нр}}) \cdot F, \quad (4.2)$$

								ДПБ 26 144 89 08 ПЗ	Арк.
									46
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата				

де F – сумарна площа всіх ізольованих поверхонь котельні складає – 215 м²;

$t_{із}$, $t_{пр}$ – значення температур на поверхні ізоляції та в приміщенні відповідно, °С;

α – коефіцієнт тепловіддачі (режиму руху повітря) в приміщенні при природній конвекції, приймається як 8,6 Вт/(м² · К).

$$Q_{об} = 8,6 \cdot (45 - 10) \cdot 215 = 64,72 \text{ кВт.}$$

– теплота, що виділяється при роботі електричних двигунів насосного обладнання, кВт [15]:

$$Q_{ел.дв.} = N \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot \frac{1 - \eta}{\eta}. \quad (4.3)$$

Таблиця 4.1 – Обчислені теплові надходження від електродвигунів

Розрахунок теплових надходжень від працюючих електродвигунів							
Поз.	Найменування	К-ть, шт	Нод., кВт	K_1	K_2	η	Q_e , кВт
К3	WM-G50/0-A, ZM-3LN	3	16,5	0,9	1	0,9	4,95
К4	Stratos GIGA 80/2-31/11	3	11	0,9	1	0,9	3,3
К6	Stratos GIGA 80/2-31/11	3	11	0,9	1	0,9	3,3
К10	Atmos GIGA-I 125/160-30/2	2	30	0,9	0,5	0,936	1,85
К12	HELIX V605	2	1,1	0,9	0,5	0,82	0,22
К13	HELIX V609	2	2,2	0,9	0,5	0,862	0,32
Загалом, кВт, $Q_e =$							13,93

Врахування цих теплових надходжень важливе для коректного розрахунку системи вентиляції та опалення котельного залу, тож загальні навантаження складають 99,65 кВт.

4.3 Система вентиляції

Система вентиляції котельного залу запроєктована для умов асиміляції теплопритоків від працюючого обладнання та забезпечення однократного повітрообміну за годину, згідно вимогам ДБН В.2.5-77:2014 «Котельні» [14].

Вентиляція котельні запроєктована припливно-витяжна з природним спонуканням.

Проводжу розрахунки витрати повітря на горіння палива в котлах, м³/год [7]:

$$G_{нов}^{гор} = \alpha \cdot V \cdot V^0 \cdot n, \quad (4.4)$$

де « α – коефіцієнт надлишку повітря;

								Арк.
								47
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата	ДПБ 26 144 89 08 ПЗ		

B – витрата палива, м³/год;

V^0 – теоретично необхідна кількість повітря для спалювання 1 м³ газу;

n – кількість обладнання, шт» [7].

Та на витрату газу нового обладнання, яке використовує газ, м³/год [7], що входить до формули (5.4):

$$B = \frac{Q \cdot 10^6}{Q_n^p \cdot \eta}, \quad (4.5)$$

де « Q_n^p - нижча теплотворна здатність палива ($Q_n^p = 8050$ ккал/м³);

Q – теплопродуктивність котла, Гкал/год;

η – ККД котла (його значення становить $\eta=92.0\%$, за паспортом)» [7].

$$G_{нов}^{зоп} = 1,15 \cdot 10^6 \cdot 9,52 \frac{\left(\frac{4443 \cdot 3}{1000 \cdot 1,163} \right)}{8050 \cdot 0,92} = 16942,2 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Організація повітрообміну в приміщенні котельні здійснюється за рахунок двох окремих систем припливу та видалення повітря.

Подача повітря для забезпечення процесу горіння в котлоагрегатах, необхідна витрата зовнішнього повітря для горіння трьох котлів BOSCH Unimat UT-M 34 складає 16 942,2 м³/год. Забезпечуватиметься трьома повітряними клапанами типу УВК, які встановлюються в зовнішній стіні котельні та мають автоматичне регулювання відповідно до режиму роботи обладнання. До кожного клапана підключена нерегульована припливна решітка розмірам 1100x1100мм фірми «AEROSTAR» типу 1-HP-25-35.

Додатково, для забезпечення однократного повітрообміну в приміщенні котельні та видалення накопиченої вологи та забруднень, передбачена регульована припливна решітка розмірами 600x600мм фірми «AEROSTAR» типу 2-DP-25-65, через яку надходить 1560 м³/год свіжого зовнішнього повітря.

Для видалення теплого повітря з верхньої зони приміщення та забезпечення рівномірного температурного розподілу, передбачені три дефлектори діаметром 400мм, які встановлюються в покрівлі котельні.

						ДПБ 26 144 89 08 ПЗ	Арк.
							48
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		

Таблиця 4.2 – Зведені результати теплового балансу приміщень котельні

Приміщення	Витрата повітря, м ³ /год	Температура		Тепло на підігрів кВТ	Теплові втрати, кВТ	Необхідна потужність кВТ	Обладнання (кількість/ тип/ потужність)
		Вн-ня $t_{вн}$, °С	Зовні $t_{зовн.}$, °С				
Котельний зал	18 875,6	+10	-22	208,4	99,65	154,05	4× тепло-ри VOLCANO VR2, 50 кВТ кожен
Службове приміщення	49,74	+20	-22	0,72	2,12	1,4	2× радіатори Кермі FTV 400/1000, 1,688 кВТ
Роздягальня	24	+20	-22	0,35	1	0,65	1× радіатор Кермі FTV 400/1000, 1,688 кВТ
Санвузол	50	+20	-22	0,72	1,01	0,29	1× радіатор Кермі FTV 400/800, 1,35 кВТ
Душова	75	+20	-22	1,09	1,35	—	—

4.5 Висновки до розділу 4

Теплопостачання власних потреб котельні здійснюється через окремий вузол підключення, який відбирає теплоносій з основного мережевого трубопроводу та забезпечує його подачу до системи опалення з регулюванням температури до 95°С через триходовий змішуючий клапан. Для системи опалення передбачено встановлення чотирьох тепловентиляторів фірми VOLCANO типу VR2 теплопродуктивністю 50 кВТ на кожну. Для службових приміщень, роздягальні та санвузла передбачено встановлення радіаторів фірми Кермі.

Система вентиляції котельні забезпечують загальний об'єм повітрообміну в котельні 18 502,2 м³/год, з них: на забезпечення процесу горіння палива у котлах 16 942,2 м³/год; витрати повітря на однократний повітрообмін у кількості котельного залу 1560 м³/год.

										Арк.
										50
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата	ДПБ 26 144 89 08 ПЗ				

5. ГАЗОПОВІТРЯНИЙ ТРАКТ

5.1 Вихідні дані

Згідно з ДСТУ-Н Б В.1.1-27-2010 «Будівельна кліматологія» [1] для м. Лозова для розрахунку приймаються такі значення:

- розрахункова температура повітря взимку -22°C ;
- середня температура -1°C .

5.1.1 Розрахунок витрати палива на котлоагрегат, м/с [16]:

$$B = \frac{Q \cdot 10^6}{(Q_n^p \cdot \eta)}, \quad (5.1)$$

де Q – потужність одного котла, ($Q = 4667$ кВт або $Q = 4,0136$ Гкал/м³);

Q_n^p – нижча теплотворна здатність палива, (природній газ $Q_n^p = 8050$ ккал/м³);

η – ККД котла, ($\eta = 0,97$).

$$B = \frac{4,0136 \cdot 10^6}{(8050 \cdot 0,97)} = 515,5 \text{ м/с.}$$

5.1.2 Розрахунок витрати димових газів

Теоретична кількість повітря необхідна для згорання 1 м³ природнього газу становить - $V_{O_2} = 9,52$ м₃/м₃.

Об'єм димових газів, який утворюється при спалюванні 1 м³ природнього газу - $V_{G_0} = 11,63$ м₃/м₃.

Об'єм димових газів, що утворюються при згоранні палива за номінального навантаження на 1 котлоагрегат, складає [16], м³/год:

$$V = B \cdot (V_{G_0} + (\alpha - 1) \cdot V_{O_2}) \cdot ((\theta + 273) / 273), \quad (5.2)$$

де B – витрата палива котлом при відповідному навантаженні;

V_{G_0} – питомий об'єм димових газів на 1 м³ палива;

α – коефіцієнт надлишку повітря, $\alpha = 1,15$;

θ – температура димових газів на виході з котлоагрегату, $\theta = 96^{\circ}\text{C}$.

$$V = 515,5 \cdot (11,63 + (1,15 - 1) \cdot 9,52) \cdot ((96 + 273) / 273) = 8976,6 \text{ м}^3/\text{год.}$$

										ДПБ 26 144 89 08 ПЗ	Арк.
											51
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата						

Таблиця 5.1 – Прийняті місцеві опори для ділянок

Елемент	Ділянка №1 (DN750, L = 5660 мм)		Ділянка №2 (DN750, L = 8340 мм)	
	Кількість елементів, шт.	Коефіцієнт місцевого опору, ξ	Кількість елементів, шт.	Коефіцієнт місцевого опору, ξ
Дифузор	1	0,1	1	0.1
Регулятор(повністю відкритий)	1	0,1	1	0.1
Вибуховий клапан	1	0,1	1	0.1
Коліно 45 ⁰	1	0,4	2	0.4
Ревізія	1	0,1	2	0.1
Вхід в димову трубу	1	0,7	1	0.7
Сума місцевих опорів	6	1,5	7	2

5.2 Розрахунки опору на ділянках 1 й 2

5.2.1 Розрахунок опору ділянки 1 [16]:

- середня температура газів ділянки 1, $T_{сер} = 95^{\circ} C$;
- середня температура газів ділянки 2, $T_{сер} = 94,6^{\circ} C$;
- витрата димових газів $V = 8976,6 \text{ м}^3/\text{год}$;
- площа прийнятого газоходу DN750 мм, $F = 0,442 \text{ м}^2$.

Швидкість газів для ділянок 1 і 2, м/с [16]:

$$w = \frac{\left(\frac{V}{F}\right)}{3600}, \quad (5.3)$$

$$w = \frac{\left(\frac{8976.6}{0.442}\right)}{3600} = 5.6 \text{ м/с}.$$

Густина газів для ділянок 1 і 2, кг/м³ [16]:

$$\rho_e = \frac{\rho_0 \cdot 273}{(273 + T_{сер})}, \quad (5.4)$$

									ДПБ 26 144 89 08 ПЗ	Арк.
										53
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата					

$$P_{sp} = 0,0345 \cdot H \cdot \left(\frac{1}{273+t_3} - \frac{1}{273+t_{cep}^2} \right) \cdot P_{бар}, \quad (5.13)$$

$$P_{sp} = 0,0345 \cdot 22,23 \cdot \left(\frac{1}{273+8} - \frac{1}{273+96} \right) \cdot 101325 = 65 \text{ Па.}$$

Згідно з розрахунками, найбільші витрати тиску від котла наявні на ділянці 2. Отже приймаємо до розрахунку її.

Сумарні витрати по газоповітряному тракту складають 63,07 Па.

В зимовий період самотяга перевищує витрати на 35.93 Па.

Самотяга в перехідний режим перевищує на 11.93 Па.

Висота димової труби обрана з урахуванням вимог ДБН В.2.5-77:2014 «Котельні» [14], проведеного аеродинамічного розрахунку та забезпеченню необхідних екологічних вимог розсіювання.

5.3 Висновки до розділу 5

До встановлення приймається димова труба $\emptyset 750/820$ з відміткою верху +23.94м (ефективна висота 22.23 м, за відмітку 0.000 прийнято рівень підлоги котельні). В якості газоходів обрані двостінні утеплені газоходи $\emptyset 750/820$. Обраний варіант забезпечує безперебійне відведення димових газів від котлоагрегату в оточуюче середовище та дозволяє використання будь якого з котлів на повну потужність в перехідний період.

						ДПБ 26 144 89 08 ПЗ	Арк.
							57
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата		

6 ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці на котельні є сукупністю правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних та лікувально-профілактичних заходів і засобів, основною цілю яких являється збереження життя, здоров'я та працездатності особи під час виконання трудових обов'язків.

Дана дипломний проєкт «Облаштування газової водогрійної котельні в будівлі центрального теплового пункту у місті Лозова, Харківської області» виконувався з урахуванням діючих вимог ДБН В.2.5-77:2014 «Котельні» та інших нормативно правових актів в сфері охорони здоров'я і безпеки праці та пожежної безпеки з метою забезпечення працівників даного об'єкту належними та безпечними умовами праці при виконанні своїх службових обов'язків.

Також згідно з вимогами ДБН В.1.2-4:2019, при роботі котельні потрібно врахувати низку інженерно-технічних заходів у сфері цивільного захисту. Вони охоплюють сукупність організаційних та технічних кроків, спрямованих на гарантування безпеки працівників і самої споруди у разі настання природних або техногенних катастроф.

У цьому розділі на основі проведеного аналізу небезпечних і шкідливих виробничих факторів та можливих ризиків запропоновані необхідні технічні рішення та організаційні заходи з безпеки експлуатації технологічного устаткування та визначені основні заходи щодо створення здорових і безпечних умов праці та забезпечення пожежної безпеки на об'єкті.

6.1 Технічні рішення та організаційні заходи з безпеки експлуатації технологічного обладнання котельні

Нижче наведено перелік основних виробничих небезпек, які можуть виникнути під час монтажних, експлуатаційних чи ремонтних робіт, а також комплекс захисних рішень для їх нейтралізації:

- електричний струм (до 380В) це ризик термічних опіків, загроза летальних наслідків, вирішенням даного питання є ізоляція струмопровідних елементів, заземлення металевого корпусу обладнання, застосування зниженої напруги під час ремонтів;

						ДПБ 26 144 89 08 ПЗ	Арк.
							58
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

- високі температури поверхонь це ризик термічних опіків різного ступеню тяжкості, рішенням є нанесення шару теплоізоляції на всі вузли та трубопроводи, де температура перевищує 45 °С;

- загазованість приміщення це ризик інтоксикації персоналу, а також виникнення вибухонебезпечного середовища рішенням даного питання є монтаж систем автоматичного моніторингу загазованості та впровадження автоматики безпеки котельного обладнання;

- викиди CO_2 , CO й NO_x що є ризиком негативного впливу на здоров'я та навколишнє середовище, рішенням є дотримання висот димових труб для забезпечення розсіювання викидів згідно з нормами.

6.1.1 Заходи з безпеки функціонування технологічного устаткування

Для безпечного функціонування технологічного устаткування котельню обладнано механізмами екстреного блокування технологічного устаткування. Ці системи автоматично реагують на будь-які критичні зміни робочих показників, наприклад: перегрів, стрибки тиску чи виявлення загазованості. Крім того, просторове планування будівлі враховує всі вимоги щодо евакуаційних шляхів: їхня ширина та віддаленість відповідають чинним нормам, що гарантує оперативне й безпечне виведення людей під час аварій.

Для гарантування безпеки під час експлуатації об'єкта, передбачено автоматичний контроль рівня загазованості приміщення. Якщо концентрація природного газу перевищить дозволені межі, система автоматично перекриває подачу. Також, передбачено мережу сповіщення працівників про аварійні ситуації: на всіх робочих місцях у межах прямої видимості встановлено пристрої світлової та звукової сигналізації. Що стосується самої будівлі, то її конструктивні особливості відповідають нормам вогнестійкості. Огороджувальні конструкції виконуються таким чином, щоб у разі займання вогонь залишався локалізованим у межах одного приміщення і не міг перейти на сусідні будівлі.

Експлуатація технологічного устаткування котельні має здійснюватися дотриманням НПАОП 0.00-1.81-18. Цей документ встановлює вимоги до безпеки праці під час обслуговування систем, що функціонують під тиском, зокрема теплообмінних апаратів, трубопровідних мереж та котлоагрегатів.

							ДПБ 26 144 89 08 ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата			59

Електротехнічні рішення на котельні прийняті за стандартами ПУЕ-2017 і НПАОП 40.1-1.32-01, що повинно гарантувати як стабільну роботу електричних установок об'єкта, так і захист працівників від ураження струмом. Організація будівельно-монтажних процесів та дотримання техніки безпеки під час зведення приміщень виконані згідно ДБН А.3.2-2-2009, а також ДБН А.3.1-5-2016.

Безпечна робота котельні забезпечується комплексним використанням систем автоматичного захисту. Їхнє головне призначення – постійний моніторинг рівня загазованості й оперативне сповіщення персоналу про аварії чи відхилення від технологічних норм. У разі утворення вибухонебезпечної концентрації газоповітряної суміші, а також при раптовому зникненні електроживлення або припиненні подачі газу, автоматика здійснює безпечну зупинку окремих агрегатів або всього об'єкта.

Технологічні рішення передбачають виведення продувних та скидних газопроводів на висоту 1,0 м над рівнем покрівлі. На вході газова магістраль оснащена автоматичним клапаном, який миттєво блокує надходження палива у випадку знеструмлення або виявлення витoku газу в приміщенні. Працівники котельні експлуатують обладнання тільки за зазначеним на підприємстві регламентом, затвердженим відповідними посадовими інструкціями. Для пожежогасіння в залі змонтовано пожежні шафи, кожна з яких укомплектована пожежним кран-комплектom і двома вогнегасниками порошкового типу.

Експлуатаційний персонал зобов'язаний суворо дотримуватися робочих інструкцій та правил техніки безпеки. До обов'язків чергових входить регулярна перевірка справності запірно-регулювальної арматури, вимірювальної техніки та запобіжних пристроїв.

Проведення будь-яких ремонтних чи налагоджувальних робіт на діючому обладнанні суворо заборонено.

6.1.2 Вимоги до виробничих приміщень

Згідно з нормами ДСТУ Б В.1.1-36:2016, котельний зал класифікується за категорією вибухопожежної небезпеки «Г». До цієї групи належать об'єкти, де

						ДПБ 26 144 89 08 ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		60

технологічний процес передбачає спалювання твердого, рідкого чи газоподібного палива, а також обробку негорючих речовин у розплавленому або розжареному стані, що супроводжується виділенням іскор, полум'я та теплової енергії.

Споруда спроектована з дотриманням вимог ДБН В.1.1-7-2016 [17], що забезпечує її вогнестійкість. Усі ключові елементи будівлі (стіни, перекриття, колони) зведені з негорючих матеріалів із чітко регламентованими межами вогнестійкості. Це рішення повинно стримувати розповсюдження вогню та диму в разі загоряння. Разом з тим дах котельні виконано з полегшених конструкцій, що мінімізує ризик руйнування основного каркаса під час аварій. Умови всередині приміщення визначаються як нормальні: тут немає агресивного хімічного впливу, критичних температурних перепадів чи надмірної вологості, які б загрожували ресурсу обладнання та довговічності самої споруди.

6.1.3 Безпека процесів і виробництва

Безпечна та надійна експлуатація об'єкта досягається завдяки облаштуванню приміщення нормативними системами опалення, вентиляції та освітлення згідно вимог ДБН В.2.5 – 67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування».

Усе котельне й допоміжне устаткування оснащено комплексом автоматичного технологічного захисту. У разі виникнення Аварійних ситуацій автоматика самостійно блокує роботу агрегатів і миттєво подає тривожний сигнал диспетчеру.

Комплекс заходів з охорони праці включає:

- термоізоляцію - усі труби та вузли, що нагріваються понад 45°C, вкрито ізоляційним шаром задля захисту працівників від опікових травм;
- газовий моніторинг – що включає інтегровано систему аналізу загазованості. Якщо виявлено концентрація газу що перевищує безпечний поріг, вона вмикає сигналізацію та миттєво перекриває газопостачання (НПАОП 0.00-1.76-15);
- автоматику котлів – робота агрегатів контролюється датчиками тиску, температури та рівня води, що зводить до мінімуму ризик виникнення аварії;
- сигналізацію - оповіщення миттєво інформує персонал у разі будь-яких збоїв у штатному режимі роботи (ДБН В.3.5-56-2014);
- освітлення - для безпечного виконання всіх видів робіт змонтовано мережі

						ДПБ 26 144 89 08 ПЗ	Арк.
							61
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		

робочого та аварійно-ремонтного освітлення, що відповідають чинним нормам (ДБН В.2.5-28-2018);

- шляхи пересування – відстані між обладнанням сплановані з чітким дотриманням мінімальних габаритів, що гарантує вільний доступ для обслуговування й безперешкодну евакуацію в разі небезпеки (ДБН В.1.1-7-2016);

- вентиляційна система за всіма нормами й орієнтована на забезпечення однократного повітрообміну за годину, що дозволяє підтримувати оптимальні умови та своєчасне відведення ймовірних витоків газу (ДБН В.2.5 – 67:2013);

- блискавкозахист – споруду обладнано зовнішнім захистом від грозових розрядів відповідно до її пожежної категорії ДСТУ Б В.2.5-38-2008;

- електробезпеку – усі електричні прилади під'єднані до контурів захисного заземлення що запобігає ураженню струмом у разі пошкодження ізоляційного шару (ПУЕ-2017).

Відповідно до положень Закону України «Про охорону праці», компанія, відповідальна за зведення та подальше обслуговування котельні, повністю інтегрувала у свою діяльність систему управління охороною праці. Для безперервного моніторингу за дотриманням норм безпеки – як під час будівельно-монтажних робіт, так і в робочому процесі – сформовано спеціалізовану службу. До обслуговування об'єкта допускаються виключно кваліфіковані працівники. Увесь персонал в обов'язковому порядку проходить навчання з питань пожежної безпеки, специфіки роботи з газовими установками та охорони праці. Лише після успішного складання атестації співробітники отримують офіційні допуски до виконання своїх обов'язків.

6.1.4 Компоновка

Згідно з нормами НПАОП 0.00-1.81-18 «Правила охорони праці під час експлуатації обладнання, що працює під тиском», просторове компонування основного й допоміжного устаткування в об'єкті сплановано таким чином, щоб забезпечити безперешкодний монтаж або демонтаж котлоагрегатів без необхідності зупинки робочого процесу. Габарити проходів відповідають нормам: відстань від фронту котлів до центральної осі колони становить 5 м, а від пальників до тієї ж

						ДПБ 26 144 89 08 ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		62

колони – 4 м. Передбачено облаштування індивідуального газоходу (цегляну димову трубу) для котлів. Загалом для кожного котла наявна своя димова труба заввишки 22,23 м. Для безпечної та стабільної роботи водогрійні котли разом із допоміжним обладнанням повністю укомплектовані засобами автоматизації та контрольно-вимірювальними приладами.

6.1.5 Особливості організації робочого простору

Розміщення всього технологічного устаткування, ширина проходів між агрегатами та регламентні відстані повністю відповідають чинним інженерно-технічним нормативам. Щоб персонал мав зручний та безпечний доступ до запірно-регулювальної арматури, розташованої у верхньому ярусі котлоагрегатів, передбачаються спеціальні майданчики обслуговування з огорожею.

В залі котельні й в усіх регламентованих місцях на помітному й доступному місці закріплено актуальну технологічну схему. На ній чітко маркування та нумерація всього обладнання і запірні пристрої відповідно до технічної специфікації. Також, кожне робоче місце укомплектоване детальними покроковими інструкціями, які регламентують процеси запуску, обслуговування та аварійного чи планового ремонту основних і допоміжних вузлів.

Трубопроводи та технічні елементи підібрані з урахуванням суворих вимог до міцності матеріалів. Завдяки цьому здатні безперебійно функціонувати не лише за номінальних експлуатаційних параметрів, а й витримувати критичні коливання тиску під час аварійних ситуацій, від моменту її виникнення й до моменту спрацьовування захисної арматури. Самі ж запобіжні клапани відрегульовані на гранично допустимі показники відповідно до правил техніки безпеки.

6.1.6 Автоматичні системи захисту

Для забезпечення безпечної роботи котельні впроваджено комплекс автоматики безпеки, який виконує такі ключові функції:

- аварійна сигналізація своєчасне сповіщення персоналу про виникнення позаштатних ситуацій у виробничому циклі;
- технологічний моніторинг який контролює регламентні параметри

						ДПБ 26 144 89 08 ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		63

- ізолювання робочого місця;
- мала напруга; захисне вимкнення;
- попереджувальна сигналізація (звукова, світлова тощо);
- блокування;
- встановлення знаків безпеки;
- електрозахисні засоби; засоби індивідуального захисту.

Для запобігання ураженню електричним струмом під час дотику до металевих неструмовідних частин ЕУ, які можуть опинитися під напругою внаслідок пошкодження ізоляції, застосовують окремо або в поєднанні такі види захисту:

- захисне заземлення (система TN);
- автоматичне вимкнення живлення;
- зрівнювання потенціалів;
- застосування обладнання відповідного класу за електрозахистом;
- захисний електричний поділ кіл;
- системи наднизької напруги (безпечної, захисної).

Щоб знизити ризик ураження працівників електричним струмом у разі пошкодження ізоляції, всі металеві й неструмовідні елементи обладнання, які можуть опинитися під напругою, підлягають обов'язковому захисному заземленню (безпосередньо захисні заходи стосуються корпусів технологічних агрегатів, електроустановок, а також металевих трубопроводів.) Цей захист забезпечується шляхом їхнього надійного з'єднання з глухо заземленою нейтраллю будівлі за допомогою захисних «PEN»- або «PE»- провідників. При цьому внутрішній контур заземлення котельні інтегровано в наявну зовнішню заземлювальну мережу.

Також згідно з вимогами ДСТУ Б В.2.5-38-2008 прийняті заходи для блискавкозахисту будівлі:

Для прямих ударів – для протидії прямим атмосферним розрядам до загального контуру заземлення підключають димові труби.

Для вторинних проявів – захист споруд та апаратів від вторинних ефектів блискавки забезпечується приєднанням металевих корпусів обладнання до заземлювального пристрою.

Для високих потенціалів – щоб упередити занесення високих потенціалів через

						ДПБ 26 144 89 08 ПЗ	Арк.
							65
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		

зовнішні надземні комунікації, їхні металеві частини з'єднують із контуром заземлення безпосередньо на вході в приміщення.

6.2 Технічні рішення та організаційні заходи з гігієни праці та виробничої санітарії

6.2.1 Освітлення, шум й вібрації

Організація освітлення на робочих місцях базується на комбінованому підході: вдень використовується природне світло, що потрапляє через вікна у зовнішніх стінах, а в інший час штучні джерела (енергоєфективні).

Що стосується безпосередньо зон обслуговування устаткування, то тут змонтовано мережі робочого, ремонтного та аварійного електроосвітлення, які відповідають чинним нормам ДБН В.2.5-28:2018.

Акустичний та вібраційний вплив від роботи технологічних агрегатів знаходиться в межах нормативних значень у відповідності до вимог ДСН 3.3.6-037-99 та ДСН 3.3.6-039-99. З огляду на це, впровадження додаткових конструктивних або інженерних рішень для шумо- та вібро ізоляції не заплановано.

6.2.2 Організація праці, побутові умови, санітарно-гігієнічні вимоги

Для комфортного перебування та дотримання санітарно-гігієнічних норм працівники котельні повною мірою забезпечені санітарно-побутовим комплексом, до складу якого входять:

1. Кімната оператора;
2. Гардеробна (роздягальня);
3. Душова кабіна;
4. Санвузол.

Повітрообмін у приміщенні котельного залу реалізовано за рахунок природної вентиляції. Розрахунковий об'єм припливного повітря повністю покриває потреби котлоагрегатів для спалювання палива (забір повітря здійснюється безпосередньо з котельні), а також забезпечує додатковий однократний обмін повітряного середовища в залі протягом години, що забезпечує захист обладнання й працівників.

6.3 Пожежна безпека та профілактика

Згідно з ДСТУ Б.В.1.1-36:2016 котельне приміщення відноситься до категорії Г

						ДПБ 26 144 89 08 ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		66

із ступенем вогнестійкості III (основні несучі конструкції не згорають (залізобетонне перекриття), а не несучі конструкції – важко згорають) [18].

У котельному приміщенні встановлена сигналізація про вміст в повітрі природного, доменного і коксового газів для аварійної зупинки котла і попередження вибуху і пожежі. Також встановлена окрема система автоматичної пожежної сигналізації (ДБН В.2.5-56-2014).

Елементи котельної, які в процесі роботи можуть іскритися і стати причиною спалаху встановлені в металевих шафах (щити управління). Кабелі і ланцюги живлення прокладені окремо і знаходяться під екранами в захисних коробах і трубах. Для захисту від короткого замикання на ланцюгах живлення щита встановлені автоматичні запобіжники.

Зварювальні роботи при ремонті або реконструкції устаткування в приміщенні теплосилових цехів допускається тільки на деталях, які не можуть бути винесені в спеціальні приміщення. Роботи повинні виконуватися з письмового дозволу особи, відповідальної за пожежну безпеку в цеху, при умовах:

- дотримання правил проведення вибухонебезпечних робіт і виконання необхідних заходів, що указуються в нарядній графі (умови проведення робіт);
- проведення робіт на зупиненому устаткуванні;
- ретельного очищення зварюваних деталей від пилу;
- огорожі місця роботи з метою представлення місця для розльоту іскр і окалини.

При виконанні зварювальних робіт усередині резервуарів, барабанів, баків і інших ємкостей або бункерів необхідно забезпечити надійну вентиляцію робочих місць.

Одночасне виконання електрозварювальних та газозварювальних робіт усередині резервуарів, барабанів, баків, бункерів і інших ємкостей забороняється.

Також передбачено забезпечення котельного приміщення первинними засобами пожежогасіння згідно вимог НАПБ Б.01.008-2018 «Правила експлуатації та типові норми належності вогнегасників»:

- пінними вогнегасниками місткістю 10 л - 8 шт.;
- вуглекислотними вогнегасниками ВВ-5 - 3 шт.;

						ДПБ 26 144 89 08 ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		67

- ящиком з піском місткістю 0,5 м³ - 4 шт.

Дані засоби використовуються для локалізації і ліквідації пожеж в їх початковій стадії розвитку.

Для вказання місцезнаходження первинних засобів пожежогасіння та пожежних гідрантів встановлені вказівні знаки згідно ДСТУ ISO 16069:2012 та ДСТУ ISO 3864-1:2005.

При виникненні пожежі черговий, не залишаючи робочого місця і підсиливши нагляд за устаткуванням повинен:

- негайно повідомити начальника зміни;
- гасити пожежу своїми силами, не чекаючи пожежної команди;
- стежити за тим, щоб пожежа не розповсюдилася на устаткування;
- якщо пожежа спричинить зміну режиму роботи основного устаткування,

необхідно його зупинити.

При гасінні пожежі користуватися вуглекислотними, пінними вогнегасниками, піском, водою. Приймати необхідні заходи для захисту технологічного устаткування котельні.

Мінімальний час евакуації виробничого персоналу при пожежі, ширина виходів та проходів задовольняє вимогам ДБН В.1.1-007-2016.

В робочих приміщеннях виконано усі вимоги з пожежної безпеки і профілактики згідно з вимогами НАПБ А.01.001-2004 «Правила пожежної безпеки в Україні».

6.4 Висновок до розділу 6

На основі проведеного аналізу умов праці та вимог нормативно-правових документів у розділі «Охорона праці» розроблено комплекс технічних і організаційних заходів, спрямованих на забезпечення безпечної, надійної та ефективної експлуатації газової водогрійної котельні. Виконаний аналіз виробничих небезпек дозволив визначити основні ризики, пов'язані з експлуатацією котельного обладнання, зокрема вплив електричного струму, високих температур поверхонь, можливу загазованість приміщень, викиди продуктів згоряння та небезпеку виникнення пожеж і аварійних ситуацій.

						ДПБ 26 144 89 08 ПЗ	Арк.
							68
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

ВИСНОВОК

В дипломній роботі виконаний проєкт з облаштування газової водогрійної котельні максимальною потужністю 13.21 МВт.

В процесі роботи було розраховано середні навантаження на об'єкт. $Q_{cp.o} = 6,641$ МВт або $Q_{cp.o} = 5,71$ Гкал/год. На основі отриманих значень була розроблена теплова схема. Для забезпечення всіх потреб було підібране основне й допоміжне обладнання, в числі якого: котел фірми Bosch, а саме Unimat UT-M 34 потужність 5200кВт й робочий тиск 10 бар, пальники фірми Weishaupt - WM-G50/0-A, ZM-3LN, економайзер являє собою теплообмінник типу ECO 6. З допоміжного обладнання були підібрані циркуляційні насоси Wilo - Stratos GIGA 80/3-38/11 з напором 20 м.вод.ст., мережеві насоси Wilo - Atmos GIGA-I 125/160-30/2 з напором 27 м.вод.ст. Також для компенсації збільшення об'єму теплоносія були підібрані розширювальні баки в кількості 3 шт, фірми Flamco типу Contra-Flex 1000/2,5 місткістю по 1000 л кожен.

Проведено розрахунки системи опалення й вентиляції згідно з якими опалення передбачено встановлення чотирьох тепловентиляторів фірми VOLCANO типу VR2 теплопродуктивністю 50 кВт. Для службових приміщень передбачено встановлення окремих радіаторів фірми Kermi.

В розділі «Газоповітряний тракт» підібрана димова труба яка забезпечить безперебійне відведення димових газів від котлоагрегату.

В розділі «Охорони праці» були розглянуті організаційні й технічні заходи для забезпечення працівників від травм, пожежну безпеку, електробезпеку тощо. Всі заходи прийняті згідно чинних норм.

Даний проєкт дозволить забезпечити споживачів стабільним теплопостачанням, підвищить надійність об'єкту та його енергоефективність, й загалом зменшить вразливість системи опалення міста в нинішніх умовах.

										ДПБ 26 144 89 08 ПЗ	Арк.
											69
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата						

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проект	2	
2	A4	ДПБ 26 144 89 08 ПЗ	Пояснювальна записка	70	
3	A1	ДПБ 26 144 89 08 001 ТМК	Теплова схема	1	
4	A1	ДПБ 26 144 89 08 001 ТМК	План обладнання на відм. +0,000	1	
5	A1	ДПБ 26 144 89 08 001 ТМК	Розташування трубопроводів на відм. +0,000	1	
6	A3	ДПБ 26 144 89 08 ТМК.С	Специфікація	2	

Зам. інв. №	
Підпис та дата	
Інв. №	

ДПБ 26 144 89 08 ПЗ					
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата
Розробив		Пивоваров			
Перевірив		Притула			
Т.конт.		Власенко			
Н.контр.		Соломаха			
Зав.каф.		Пешко			
Відомість дипломного проекту				Аркуш	Аркушів
				КПІ ім. Ігоря Сікорського, НН ІАТЕ, Кафедра ТАЕ, гр. ТУ-22	