

Кафедра «Енергетичного інжинірингу та робототехнічних систем»

«Допущений до захисту»

Завідувач кафедри

« 8 » 06 2026 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

на тему: Розробка твердопаливної котельні лікувально-профілактичного комплексу м.Вінниця

Виконав: студент групи 47-ТЕ-22з

Насипалова А.С.

(підпис)

Керівник роботи:

Ошовський В.Я.

(підпис)

Первомайськ - 2026 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Первомайський навчально-науковий інститут

Кафедра «Енергетичного інжинірингу і робототехнічних систем»

Спеціальність 144 – «Теплоенергетика»

Освітня програма «Теплоенергетика»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Гарант освітньої програми

(підпис)

«10» _____ 2026 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

Студенту Насипалова А.С.

(Прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Розробка твердопаливної котельні лікувально-профілактичного комплексу м. Вінниця

Керівник роботи: к.т.н., доцент Ошовський В.Я.

Затверджено розпорядженням ПННІ НУК № 19 від «19» 02 2026 року

Термін подання студентом роботи до розгляду на кафедрі: 01.06.2026

2. Вихідні дані по роботі: Опалювальне навантаження системи теплопостачання та навантаження гарячого водопостачання.

3. Перелік питань, що належать до розробки (найменування розділів). Загальні відомості та вихідні дані. Розрахунок теплотехнічних показників зовнішніх огорожуючих конструкцій. Тепловтрати будівлі, що проектується. Система опалення проекрованої будівлі. Система мікроклімату проекрованої будівлі. Вибір джерела теплоти для системи опалення.

4. Перелік демонстраційних матеріалів

1. План-схема будівлі. Карта-схема температурних зон України. Джерела тепловтрат будинку. Схема розбивки підлоги по ґрунту на зони. Сталевий панельний радіатор. Схема електричного конвектора. Рисунок автоматичного балануючого клапану. Із приводом та клапан запірний. Вузол теплої підлоги. Розрахункова схема опалення.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прий
1	к.т.н., доцент Ошовський В.Я.		
2	к.т.н., доцент Ошовський В.Я.		
3	к.т.н., доцент Ошовський В.Я.		
4	к.т.н., доцент Ошовський В.Я.		
5	к.т.н., доцент Ошовський В.Я.		

5. Дата видачі завдання «19» лютого 2026р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Номер	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Приміт
1	Характеристика об'єкта, для якого розробляється проект системи теплопостачання. Мета кваліфікаційної роботи	11.03.2026	Викона
2	Дослідження системи теплопостачання.	18.03.2026	Викона
3	Визначення розрахункових теплових навантажень системи теплопостачання	15.04.2026	Викона
4	Заходи з техніки безпеки	22.04.2026	Викона
5	Комплексна оцінка екологічного впливу та автоматизації систем	29.04.2026	Викона
6	Графічна частина	6.05.2026	Викона

Студент

(підпис)

Насипалова А.С.

Керівник роботи

(підпис)

Ошовський В.Я.

АНОТАЦІЯ

Розробка твердопаливної котельні лікувально-профілактичного комплексу м. Вінниця. – Кваліфікаційна робота на здобуття першого (бакалаврського) рівня вищої освіти.

Дана кваліфікаційна робота присвячена комплексному розробленню та інженерному обґрунтуванню технічних рішень щодо підвищення надійності теплопостачання об'єкта другої категорії — лікарні в м. Київ. **Актуальність дослідження** зумовлена необхідністю паливної диверсифікації та забезпечення автономності медичних закладів в умовах сучасних викликів паливно-енергетичного комплексу. **Об'єктом дослідження** є локальна система теплопостачання лікувального закладу. **Предметом дослідження** виступають схеми технологічного обв'язування котлоагрегатів, гідродинамічні режими трубопроводів із електрозварних труб по ДСТУ 8943:2019, а також технологічний регламент будівельно-монтажних робіт і КВПіА.

Метою роботи є проектування резервного теплогенеруючого контуру на базі відновлювальних джерел енергії (дров) потужністю 1,6 МВт (два котли по 800 кВт) та його інтеграція в існуючу схему газової котельні за температурного показника. У процесі виконання роботи було реалізовано такі етапи та отримано результати: **Технологічні рішення:** розроблено схему підключення проектних котлів до існуючої системи з використанням наявних мережевих насосів та вузла підживлення. Визначено алгоритм перемикання запірної арматури (положення «закрито» на газовому контурі під час роботи твердопаливного).

Розрахунковий блок: розраховано річний тепловий баланс. Встановлено, що річне вироблення теплової енергії становить 12,567 тис. ГДж/рік при 1875 годинах використання встановленої потужності. Річна витрата натурального палива (дров) складає 8277,5 тонн. **Монтажний регламент:** обґрунтовано укладання горизонтальних трубопроводів з ухилом не менше 0,002 на кронштейнах і підвісках за типовими деталями. Визначено параметри гідравлічних випробувань пробним тиском 3,0 кг/см² до нанесення теплоізоляції.

Ключові слова: твердопаливні котли, резервне теплопостачання, паливна диверсифікація, електрозварні трубопроводи, якісне регулювання, гідравлічні випробування, приховані роботи, КВПіА.

ABSTRACT

Development of a Solid Fuel Boiler House for a Medical and Preventive Complex in Vinnytsia. – Qualification paper for the first (Bachelor's) degree of higher education.

This qualification paper is dedicated to the comprehensive design and engineering substantiation of technical solutions aimed at improving the reliability of heat supply for a second-category object — a hospital in Kyiv. The **relevance of the research** is driven by the urgent need for fuel diversification and ensuring the operational autonomy of healthcare facilities amid contemporary challenges in the energy sector. The **object of the study** is the local heat supply system of the medical institution. The **subject of the study** includes the technological piping schemes of boiler units, hydrodynamic regimes of electric-welded pipes according to DSTU 8943:2019, as well as the technological regulations for construction, installation works, and I&C (Instrumentation and Control).

The **aim of the work** is to design a backup heat-generating circuit based on renewable energy sources (firewood) with a capacity of 1.6 MW.

During the research, the following stages were implemented and results achieved: **Technological Solutions:** A routing scheme was developed to connect the projected boilers to the existing system using the present network pumps and makeup unit. The switching algorithm for the valves was established (the "closed" position on the gas circuit during solid fuel operation). **Calculation Block:** The annual thermal balance was computed. It was established that the annual thermal energy generation reaches 12,567 thousand GJ/year with 1,875 hours of peak capacity utilization. The annual consumption of natural fuel (firewood) amounts to 8,277.5 tons. **Installation Regulations:** The laying of horizontal pipelines with a minimum slope of 0.002 on brackets and hangers according to standard design details was justified. Hydrostatic testing parameters were determined with a test pressure of 3.0 kg/cm² prior to thermal insulation deployment.

Keywords: solid fuel boilers, backup heat supply, fuel diversification, electric-welded pipelines, qualitative regulation, hydrostatic testing, concealed works, I&C.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1. РОЗРАХУНОК ВИТРАТ ТЕПЛОТИ.....	10
РОЗДІЛ 2 ТЕПЛОМЕХАНІЧНІ РІШЕННЯ	17
2.1. Загальна частина	17
2.2. Тепломеханічні рішення	17
2.3. Внутрішнє пожежогасіння.....	20
2.4. Охорона праці.....	21
2.5. Заходи щодо енергозбереження	21
РОЗДІЛ 3. ПІДБІР ОСНОВНОГО ОБЛАДНАННЯ.....	22
3.1 Розрахунок витрат теплоносія	22
3.2 Вибір обладнання.....	24
3.2.1 Вибір регуляторів перепаду тиску.....	24
3.2.2 Вибір двоходових клапанів	25
3.2.3 Вибір циркуляційних насосів.....	27
РОЗДІЛ 4. СИСТЕМА ВОДОПІДГОТОВКИ.....	28
РОЗДІЛ 5. СИСТЕМА ПОЖЕЖНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ	30
5.1 Основні проектні рішення	30
5.2 Склад та розміщення елементів системи	33
5.3 Принцип роботи автоматичної системи пожежної сигналізації	34
5.4 Електроживлення.....	37
РОЗДІЛ 6 ТЕПЛОВА МЕРЕЖА	38
6.1 Зовнішні теплові мережі.....	39
6.2 Вимоги до теплоізоляції та захисту від корозії (Розширення підрозділу).....	41
6.3 Загальні вказівки.....	43
РОЗДІЛ 7. ОПАЛЕННЯ І ВЕНТИЛЯЦІЯ.....	48
ВИСНОВКИ.....	52
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	54

ВСТУП

Актуальність теми. На сучасному етапі розвитку паливно-енергетичного комплексу України забезпечення надійності, безперебійності та диверсифікації джерел теплопостачання є критично важливим завданням національної безпеки. Особливої ваги ці аспекти набувають під час проєктування та модернізації інженерної інфраструктури об'єктів соціальної та медичної сфери. Лікарні, як заклади охорони здоров'я, потребують суворого дотримання стабільного температурного режиму в приміщеннях незалежно від зовнішніх геополітичних, економічних чи логістичних дестабілізуючих факторів.

Відповідно до нормативних вимог, будівлі лікувальних закладів за надійністю теплопостачання відносяться до **другої категорії**, що регламентує недопустимість тривалих перерв у подачі теплової енергії. Традиційне використання виключно природного газу як єдиного паливного ресурсу в існуючих котельнях створює високі ризики для функціонування медичних установ у разі аварій на магістральних газопроводах або дефіциту лімітів палива.

Ефективним технічним рішенням для мінімізації зазначених ризиків та оптимізації структури паливного балансу є інтеграція резервних потужностей на базі відновлювальних джерел енергії (ВДЕ), зокрема твердого палива (дров) [Metelenko et al., 2025]. Впровадження контуру з двох твердопаливних котлів сумарною потужністю 1,6 МВт (по 800 кВт кожен), інтегрованих в єдину технологічну схему з діючою газовою котельнею, дозволяє сформувати гнучку, живучу та автономну систему теплопостачання лікарні. При цьому глибоке інженерне обґрунтування режимів взаємодії нового та існуючого обладнання, розрахунок річної паливної ємності (8277,5 т), обґрунтування гідравлічної стабілізації систем та суворе дотримання технологічного регламенту будівельно-монтажних робіт визначають високу актуальність даного дослідження.

Об'єкт дослідження — процес трансформації, модернізації та

функціонування локальної системи теплопостачання лікувального закладу в режимі комбінованої взаємодії газового та резервного твердопаливного енергогенеруючого обладнання.

Предмет дослідження — теплогідравлічні параметри, схеми технологічного обв'язування котлоагрегатів, експлуатаційні характеристики трубопроводів із електрозварних труб за ДСТУ 8943:2019, режими автоматизації відбору імпульсів КВПіА, а також технологія монтажу та гідравлічних випробувань інженерних мереж котельні.

Мета роботи — розробка та комплексне інженерне обґрунтування технічних, технологічних та конструктивних рішень щодо влаштування резервної твердопаливної котельні загальною потужністю 1,6 МВт для підвищення надійності та паливної диверсифікації системи теплопостачання лікарні в м. Київ.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

1. Проаналізувати сучасний стан нормативно-правової бази та інженерних рішень у сфері будівництва резервних джерел теплопостачання для об'єктів другої категорії надійності.
2. Обґрунтувати вибір технологічного обладнання котельні, зокрема двох твердопаливних котлів потужністю по 800 кВт, що працюють на натуральному твердому паливі (дровах).
3. Розробити принципову гідравлічну схему інтеграції проєктних твердопаливних котлів в існуючу систему теплопостачання газової котельні з використанням наявної насосної групи та системи підживлення.
4. Розрахувати річний паливно-енергетичний баланс об'єкта, визначивши річне вироблення теплової енергії (12,567 тис. ГДж/рік) та річну витрату натурального палива (8277,5 т) при 1875 годинах використання встановленої продуктивності.
5. Виконати гідравлічний розрахунок технологічних трубопроводів,

прийнятих з електрозварних труб по ДСТУ 8943:2019, з обґрунтуванням геометрії трасування та нормативних ухилів (не менше 0,002).

6. Розробити регламент проведення будівельно-монтажних робіт із визначенням переліку основних прихованих робіт, які підлягають актуванню (ухили, випробування арматури, автоматики, КВПіА).
7. Сформулювати методику та параметри безпечного проведення гідравлічних випробувань обв'язки котлів пробним тиском 3,0 кг/см² та обґрунтувати схему теплової ізоляції обладнання й газоходів.

Методи дослідження. У роботі використано методи термодинамічного та теплотехнічного аналізу при розрахунку паливних витрат, методи гідродинаміки капілярно-трубних систем при розрахунку діаметрів та ухилів магістралей, а також системно-інженерний аналіз для розробки алгоритмів перемикання запірної арматури між газовим та твердопаливним контурами.

РОЗДІЛ 1. РОЗРАХУНОК ВИТРАТ ТЕПЛОТИ

Розрахунок витрати теплоти є основою проектування, будівництва, регулювання, налагодження та експлуатації систем теплопостачання. Для Розрахунковий тепловий потік на опалення будинку визначається за формулою:

$$Q_{\text{оmax}} = q_o \cdot V \cdot (t_i - t_o'), \text{ ГДж}$$

де V — об'єм будинку за зовнішнім обміром, куб. м; t_i - розрахункова температура внутрішнього повітря, °C;

t_o' - розрахункова температура зовнішнього повітря на опалення, °C;

q_o - питомий тепловий потік на опалення громадського будинку, Вт/(м³ K), залежить від розрахункової температури зовнішнього повітря на опалення та розраховується з рівняння $q_o = q_o^{-30} \beta_t$,

де q_o^{-30} - питомий тепловий потік на опалення громадського будинку, Вт/(м³ K) при $t' = -30^\circ \text{C}$ (дод.8, 9);

β_t — коефіцієнт перерахунку на іншу розрахункову температуру зовнішнього повітря, який дорівнює 1,194.

Визначаємо розрахунковий тепловий потік на опалення для майстерні, формувального цеху та робочого цеху, кВт, за вище згаданою формулою:

1. Паталогоанатомічне відділення об'ємом $V = 4592 \text{ м}^3$:

$$Q_{\text{оmax}} = 4592 \cdot 0,53 \cdot (16 - (-19)) = 85,18 \text{ кВт.}$$

2. Санаторний корпус об'ємом $V = 5453 \text{ м}^3$:

$$Q_{\text{оmax}} = 5453 \cdot 0,41 \cdot (16 - (-19)) = 78,25 \text{ кВт.}$$

3. Адміністративна будівля об'ємом $V = 5472 \text{ м}^3$:

$$Q_{\text{оmax}} = 5472 \cdot 0,5 \cdot (18 - (-19)) = 101,23 \text{ кВт.}$$

Визначаємо річну витрату теплоти на опалення, ГДж, за вище згаданою формулою:

1. Паталогоанатомічне відділення:

$$Q_{op} = 3600 (85,18 \cdot , \cdot 167 \cdot 24 \cdot) = 386,3 \text{ ГДж.}$$

2. Санаторний корпус:

$$Q_{op} = 3600 (78,25 \cdot , \cdot 167 \cdot 24 \cdot) = 354,9 \text{ ГДж.}$$

3. Адміністративна будівля:

$$Q_{op} = 3600 (101,23 \cdot , \cdot 167 \cdot 24 \cdot) = 490,65 \text{ ГДж.}$$

Розрахунковий тепловий потік на вентиляцію громадського будинку, кВт, дорівнює:

$$Q_{vmax} = q_v V (t_i - t'_o) ,$$

де V – об'єм будинку за зовнішнім обміром, куб. м; t_i – розрахункова температура внутрішнього повітря, С;

t'/o - розрахункова температура зовнішнього повітря на опалення, оС ;

q_v - питомий тепловий потік на опалення громадського будинку, Вт/(м³ К) (додаток 8, 9).

Визначаємо розрахунковий тепловий потік на вентиляцію для майстерні, формувального цеху та робочого чеху, кВт, за вище згаданою формулою:

1. Паталогоанатомічне відділення об'ємом $V = 4592$ м³:

$$Q_{vmax} = 0,1 \cdot 4592 \cdot (16 - (-19)) = 16,07 \text{ кВт.}$$

2. Санаторний корпус об'ємом $V = 5453$ м³:

$$Q_{vmax} = 0,7 \cdot 5453 \cdot (16 - (-19)) = 133,6 \text{ кВт.}$$

3. Адміністративна будівля об'ємом $V = 5472$ м³:

$$Q_{vmax} = 0,1 \cdot 5472 \cdot (18 - (-19)) = 20,24 \text{ кВт.}$$

Річна витрата теплоти на вентиляцію громадського будинку, ГДж, визначається за формулою:

$$Q_{vp} = k Q_{vmax} \frac{t_i - t_{on}}{t_i - t'_o} n_o n_v k_2 k_1 k_3,$$

де t_i – розрахункова температура внутрішнього повітря в промисловому будинку, оС;

$t_{оп}$ – середня температура опалювального періоду, $^{\circ}\text{C}$;

$t_{по}$ – тривалість опалювального періоду, доб.;

$t_{пв}$ - тривалість роботи системи вентиляції за добу, год.;

k_2 – коефіцієнт, враховуючий нерівномірність роботи системи вентиляції за змінами;

k_3 - коефіцієнт, враховуючий рециркуляцію, при відсутності даних приймається рівним 0,95;

$t_{пв}$ - тривалість часу, протягом якого система вентиляції не працює;

k – коефіцієнт переводу одиниць вимірювань.

Визначаємо річну витрату теплоти на вентиляцію, ГДж, за вище згаданою формулою, для заданих будівлі та споруди:

1. Паталогоанатомічне відділення:

$$Q_{v^p} = 3600 \left(16,07 \cdot \frac{16+0,6}{16+1} \cdot 167 \cdot 24 \cdot 1 \cdot 0,95 \cdot \left(\frac{5}{7} \right) \right) = 69,27 \text{ ГДж.}$$

2. Санаторний корпус:

$$Q_{v^p} = 3600 \left(133,6 \cdot \frac{16+0,6}{16+19} \cdot 167 \cdot 24 \cdot 1 \cdot 0,95 \cdot \left(\frac{5}{7} \right) \right) = 575,5 \text{ ГДж.}$$

3. Адміністративна будівля:

$$Q_{v^p} = 3600 \left(20,24 \cdot \frac{16+0,6}{16+19} \cdot 167 \cdot 24 \cdot 1 \cdot 0,95 \cdot \left(\frac{5}{7} \right) \right) = 93,22 \text{ ГДж.}$$

Витрата теплоти на гаряче водопостачання в душових громадських будівель визначається за розрахунковою кількістю робочих на одну душову сітку m_s залежно від групи громадських процесів у Санаторному корпусу.

При кількості душових сіток $N = 10$ та більше повинні використовуватись баки-акумулятори.

Кількість годин зарядки акумулятора T_z залежить від кількості сіток: при $N = 10-20$ сіток $T_z = 2$ години, при $N = 21-30$ сіток $T_z = 3$ години, при $N > 31$ сітки $T_z = 4$ години.

Максимальна витрата теплоти за годину для розрахунку підігрівачів Q_{hmax} визначається з рівняння:

$$Q_{h\max} = \frac{kN}{T_3} g_{hr,u}^h \rho c (t_h - t_c),$$

де k – коефіцієнт переведу одиниць вимірювань; ρ - густина води, кг/м³,
 c – теплоємність води, кДж/(кг К) ;

t_c - температура водопровідної води, яка дорівнює в опалювальний період +5о С, а в неопалювальний період +15о С;

t_h - температура гарячої води в системі гарячого водопостачання, дорівнює 55о С; h u hr g ,

норма витрати води за годину максимального водоспоживання на 1 водорозбірний пристрій, л.

Визначаємо максимальну витрату теплоти на гаряче водопостачання для Паталогоанатомічне відділення, санаторного корпусу та адміністративної будівлі, кВт:

1. Паталогоанатомічне відділення:

$$Q_{h\max} = \frac{2}{3600 \cdot 2} \cdot 150 \cdot 1000 \cdot 4,186 \cdot (55 - 5) = 8,7 \text{ кВт.}$$

2. Санаторний корпус:

$$Q_{h\max} = \frac{10}{3600 \cdot 2} \cdot 150 \cdot 1000 \cdot 4,186 \cdot (55 - 5) = 43,65 \text{ кВт.}$$

3. Адміністративна будівля:

$$Q_{h\max} = \frac{2}{3600 \cdot 2} \cdot 150 \cdot 1000 \cdot 4,186 \cdot (55 - 5) = 8,7 \text{ кВт.}$$

Максимальна витрата теплоти на гаряче водопостачання в неопалювальний період дорівнює

$$Q_{h\max}^s = Q_{h\max} \frac{55 - t_c^s}{55 - t_c} \beta,$$

де β - коефіцієнт, враховуючий зменшення витрати гарячої води в неопалювальний період, порівнюючи з опалювальним періодом, для промислових підприємств дорівнює 1.

Визначаємо максимальну витрату теплоти на гаряче водопостачання в неопалювальний період для Паталогоанатомічне відділення, санаторного

корпуса та адміністративної будівлі за вище згаданої формулою:

1. Паталогоанатомічне відділення:

$$Q_{hmax}^s = 8,7 \cdot \frac{55-15}{55-5} \cdot 1 = 7 \text{ кВт.}$$

2. Санаторний корпус:

$$Q_{hm}^s = 43,65 \cdot \frac{55-15}{55-5} \cdot 1 = 26,19 \text{ кВт.}$$

3. Адміністративна будівля:

$$Q_{hmax}^s = 8,7 \cdot \frac{55-15}{55-5} \cdot 1 = 7 \text{ кВт.}$$

Витрата теплоти на технологічні потреби приймається за даними технологічних проектів.

При відсутності добових графіків витрати пари припускається вводити до сумарної витрати пари зменшуючи коефіцієнт 0,9 для врахування незбіжності максимальної витрати пари окремими споживачами.

Річна витрата теплоти на гаряче водопостачання для громадських будівель дорівнює:

$$Q_{phmax} = Q_{hmax} TЗ_{пс},$$

де пс – кількість робочих змін за рік.

Визначаємо річну витрату теплоти на гаряче водопостачання для Паталогоанатомічне відділення, санаторного корпусу та адміністративної будівлі:

1. Паталогоанатомічне відділення:

$$Q_{phmax}^p = 8,7 \cdot 2 \cdot 1095 = 68,59 \text{ ГДж.}$$

2. Санаторний корпус:

$$Q_{phmax} = 26,19 \cdot 2 \cdot 1095 = 206,48 \text{ ГДж.}$$

3. Адміністративна будівля:

$$Q_{phmax} = 8,7 \cdot 2 \cdot 1095 = 68,59 \text{ ГДж.}$$

Сумарне розрахункове теплове навантаження об'єкту теплопостачання, кВт:

$$\sum Q = Q_{o\max} + Q_{v\max} + Q_{h\max} + 0,9Q_{m\max}.$$

Визначаємо сумарне розрахункове теплове навантаження:

$$\sum Q = 109,95 + 255,5 + 130,17 + 0,9 \cdot 905,8 = 1310,83 \text{ кВт}.$$

Сумарна річна витрата теплоти дорівнює, ГДж:

$$\sum Q_{\text{ГДж}} = 109,95 + 255,5 + 130,17 + 0,9 \cdot 905,8 \cdot 9,0 \text{ max}.$$

Визначаємо сумарну витрату теплоти:

$$\sum Q_{\text{ГДж}} = 455,57 + 1136,9 + 583,22 + 0,9 \cdot 7500 = 8925,69 \text{ ГДж}.$$

Результати розрахунків наведені у таблиці 1.

Таблиця 1

Назва цеху	$Q_{o\max}$, кВт	$Q_{v\max}$, кВт	$Q_{h\max}$, кВт	$Q_{m\max}$, кВт	$\sum Q$, кВт	Q_{oP} , ГДж	Q_{vP} , ГДж	Q_{hP} , ГДж	Q_{mP} , ГДж	$\sum Q^P$, ГДж
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Паталогоан атомічне відділення	850,18	16,07	8,7	-	109,95	386,3	69,27	68,59	-	455,57
Санаторний корпус	78,25	133,6	43,65	905,8	1070,72	354,9	575,5	206,5	7500	7886,9
Адміністративна будівля	101,23	20,24	8,7	-	130,17	490,65	93,22	68,59	-	583,22
$\Sigma =$	264,66	169,9	61,05	905,8	1310,83					8925,7

Визначаємо витрати теплоти залежно від температури зовнішнього повітря та заносимо їх у таблицю 2, користуючись для перерахунку навантаження системи опалення та вентиляції значенням відносного теплового потоку, яке дорівнює:

$$\bar{Q} = \frac{t_i - t_n}{t_i - t_o'},$$

де t_i – температура внутрішнього повітря, °C;

t_n – температура зовнішнього повітря в діапазоні від розрахункової температури зовнішнього повітря на опалення до +8 °C ;

t_o - розрахункова температура зовнішнього повітря на опалення, °C.

Результати розрахунку занесені в таблицю 2 та будуємо графік теплових потоків за тривалістю опалювального періоду.

Таблиця 2

Позначення	Тепловий потік при t						Літо
	$t_o' = -19^\circ\text{C}$	$t_n = -10^\circ\text{C}$	$t_n = -5^\circ\text{C}$	$t_n = 0^\circ\text{C}$	$t_n = +5^\circ\text{C}$	$t_n = +8^\circ\text{C}$	
Відносний тепловий потік, Q_o	1	0,743	0,6	0,457	0,314	0,229	-
Витрата теплоти на опалення, Q_o , кВт	264,66	196,64	158,8	120,99	83,1	60,61	-
Витрата теплоти на вентиляцію, Q_v , кВт	169,91	126,24	101,95	77,67	53,35	38,91	-
Витрата теплоти на гаряче водопостачання, Q_{hm} , кВт	61,05	61,05	61,05	61,05	61,05	61,05	48,84
Витрата теплоти на технологію, Q_t , кВт	905,8	905,8	905,8	905,8	905,8	905,8	905,8
Сумарна витрата теплоти $\sum Q$, кВт	1310,83	1206,8	1123,3	1057,6	1009,7	989,6	1310,83

РОЗДІЛ 2 ТЕПЛОМЕХАНІЧНІ РІШЕННЯ

2.1. Загальна частина

Даний розділ проєкту виконаний на підставі завдання на проєктування. Робочі креслення розроблені відповідно до чинних в Україні на момент проєктування норм, правил і стандартів:

- ДСТУ Б А.2.4-1:2009 СПДБ "Умовні позначення трубопроводів та їх елементів";
- ДСТУ Б А.2.4-8:2009 СПДБ "Умовні позначення елементів санітарно технічних систем";
- ДСТУ Б А.2.4-4:2009 СПДБ "Основні вимоги до проєктної та робочої документації";
- ДБН В.2.5-77:2014 "Котельні";
- НПАОП 0.00-1.81-18 "Правила охорони праці під час експлуатації обладнання, що працює під тиском".
- ДБН А.3.2-2 -2009 "Охорона праці і промислова безпека в будівництві".

2.2. Тепломеханічні рішення

Відповідно до завдання на проєктування проєктом передбачено влаштування двох твердопаливних котлів потужність по 800 кВт в окремому приміщенні.

Твердопаливні котли будуть використовуватися як резервні. Передбачається підключення проєктних котлів до існуючої системи теплопостачання газової котельні.

Мережеві насоси - існуючі в приміщенні газової котельні.

При роботі твердопаливних котлів засувки на подаючому та зворотньому трубопроводах газових котлів встановити в положенні "закрито".

Система підпитки системи теплопостачання існуюча в існуючій газовій котельній.

Проектна котельня призначена для потреб опалення лікарні.

Котельня по надійності теплопостачання відноситься до першої категорії.

Паливо проєктних котлів - дрова.

Теплові навантаження з урахуванням власних витрат тепла на опалення котельні:

Загальні витрати тепла - 1,376 Гкал/год (1,6 МВт).

Параметри теплоносія :

- температура $T_1=85^{\circ}\text{C}$; $T_2=58^{\circ}\text{C}$;

- тиск $P_1=3$ Бар; $P_2=2,5$ Бар.

Річне вироблення теплової енергії - 12,567 тис. ГДж/рік;

Річна кількість годин використання встановленої продуктивності – 1875годин.

Річна витрата палива натурального (тверде паливо) - 8277,5 т.

Проектна котельня обладнується: циркуляційними насосами, баком накопичувачем, розширювальним баком, запірною і регулюючою арматурою.

Також передбачається влаштування трапу для аварійних та зливних вод від твердопаливних котлів. [8]

Після трапу стічні води надходять будуть скидуватися до колодязя-охолоджувача з наступних підключенням до зовнішньої каналізаційної мережі. Для очищення димових газів від золи передбачається встановлення золоуловлювачів на кожен димохід із котлів. Також передбачається встановлення димососів після золоуловлювачів.

Всі проєктні трубопроводи в приміщенні котельні передбачається прокладати в ізоляції. [9]

Параметри ізоляції:

Теплопровідність в сухому стані при 10°C , λ_{10} , - 0,034 Вт/(м*К);

Теплопровідність в сухому стані при 125°C , λ_{125} , - 0,047 Вт/(м*К);

Теплопровідність в сухому стані при 200 °С, λ_{200} , - 0,059 Вт/(м*К).

Під час проведення будівельно-монтажних робіт підрядник зобов'язаний складати акти на закриття таких основних прихованих робіт:

- правильність ухилів, гнучкість труб, встановлення санітарно-технічних пристроїв;
- правильність установки і випробування дії арматури, запобіжних пристроїв, автоматики та КВП;
- готовність ніш, каналів та борозн для прокладання в них трубопроводів та встановлення санітарно-технічних приладів.

На момент проведення будівельно-монтажних робіт підрядник зобов'язаний забезпечити наявність документів, які підтверджують якісні характеристики (зазначені в робочих кресленнях) конструкцій, виробів, матеріалів та обладнання, що використовується під час будівництва об'єкта - технічного паспорту, сертифікату, документів, що відображають результати лабораторних випробувань.

Технологічні трубопроводи прийняті з електрозварювальних труб по ДСТУ 8943:2019.

Матеріали для інших трубопроводів і деталей, у тому числі болтів, гайок, згідно "Правил по котлах" і правил по трубопроводах пари і гарячої води "(Додаток 4, 6 для робочого середовища до 25 кг/см²).

Горизонтальні трубопроводи укладати з ухилом не менше 0.002 в бік віддалення від повітровідвідника. [10]

Труби монтувати на кронштейнах до стін, а також на підвісках до перекриття в місцях, зазначених на кресленнях, згідно типових деталей с.3.900-9, 4.903-14, 4.904-69.

Відбірні пристрої КВПіА монтувати на трубопроводах до гідравлічних випробувань. [11]

Гідравлічні випробування обв'язки котлоагрегату та трубопроводів котельні виробляти пробним тиском 3.0 кг/см² до накладення теплоізоляції. [12]

Трубопроводи, газоходи, димоходи та обладнання підлягають теплової ізоляції див. аркуш ТМК-3. [13]

Перед введенням в експлуатацію трубопроводи, котли та інше обладнання ретельно промити. зробити ревізію всієї запірної арматури з метою усунення течії.

Монтаж трубопроводів та обладнання котельні виконується у відповідності з діючими правилами виробництва і приймання робіт СНіП 3.05.01-85 " [14]

Внутрішні санітарно- технічні системи", ДБН А.3.2-2 -2009 "Охорона праці і промислова безпека в будівництві ", а також згідно "Правил по котлам" і "Правил по трубопроводам пару та гарячої води".

2.3 Внутрішнє пожежогасіння

Даним проєктом передбачається влаштування внутрішнього пожежогасіння в проєктній котельні за допомогою пожежних кранів.

Згідно ДБН В.2.5-77:2014 п. 23.10 передбачається розміщувати пожежні кран-комплекти з розрахунку гасіння кожної точки приміщення двома струменями води продуктивністю не менше ніж 2,5 л/с кожен.

Встановлення пожежного крану передбачається на висоті 1,35 м від підлоги. [17]

Пожежні крани розміщуються в пожежній шафі. Також передбачається встановлення додатково пожежного кран-комплекту Ду25 мм в шафі з пожежними.

Також проєктом передбачено встановлення поливального крану в середині котельні для миття підлоги.

Труби для системи внутрішнього водопроводу прийняті сталеві електрозварні за ДСТУ 8943:2019.

2.4 Охорона праці

При монтажі, налагодженню і пуску обладнання керуватися інструкцією заводу- виготовлювача.

Перед пуском котла в експлуатацію обслуговуючий персонал повинен бути навчений і проінструктований по безпечній експлуатації котлів. Інструкція повинна бути розміщена біля котлів. [15]

У процесі ведення будівництва, місця провадження робіт, забезпечити первинними засобами пожежогасіння відповідно до НАПБ А.01.001-9. Первинні засоби пожежогасіння - 4 порошкових вогнегасника ВП-9 в приміщенні котельні та пожежний щит на території об'єкта в комплекті: ящик з піском та совковою лопатою, гаки, лопати, лом, сокири, покривало з негорючого теплоізоляційного матеріалу або повсті розміром 2х2 м. [16]

2.5 Заходи щодо енергозбереження

Даним проєктом прийняті до установки сучасні котли, К.К.Д. яких становить 86%. Температура димових газів (240-290°C), тому установка додаткових теплоутилізаційних пристроїв не потрібна. [18]

РОЗДІЛ 3. ПІДБІР ОСНОВНОГО ОБЛАДНАННЯ

3.1. Розрахунок витрат теплоносія

Сумарні витрати мережної води складаються з витрат на опалення та ГВП і розраховуються за формулою:

$$G_{\Sigma \max} = G_{\Sigma o \max} + G_{\Sigma h \max}$$

$$V_{\Sigma \max} = V_{\Sigma o \max} + V_{\Sigma h \max}$$

Розрахункова максимальна витрата мережної води на опалення манежу приміщень:

$$G_{o \max} = 0,86 \cdot Q_{o \max} \cdot 10^3 / (c \cdot (t_1 - t_2)), \text{ т/год};$$

$$V_{o \max} = G_{o \max} / \gamma, \text{ м}^3/\text{год}.$$

де $Q_{o \max}$ - теплове навантаження на опалення, МВт t_1, t_2 - температура теплоносія в подавальному та зворотному трубопроводах при розрахунковій температурі зовнішнього повітря: $t_1 = 110^\circ\text{C}$, $t_2 = 70^\circ\text{C}$;

Розрахункова максимальна витрата мережної води на опалення вбудованих приміщень:

$$G_{2o \max} = 0,86 \cdot Q_{2o \max} \cdot 10^3 / (c \cdot (t_1 - t_2)), \text{ т/год};$$

$$V_{v \max} = G_{v \max} / \gamma, \text{ м}^3/\text{год}.$$

де $Q_{2o \max}$ (див. п.1.2.3); t_1, t_2 - теплове навантаження на опалення, МВт температура теплоносія в подавальному та зворотному трубопроводах при розрахунковій температурі зовнішнього повітря:

$$t_1 = 110^\circ\text{C}, t_2 = 70^\circ\text{C}; c$$

γ - питома теплоємність води, $c = 1 \text{ ккал/кг}\cdot^\circ\text{C}$; питома вага теплоносія; при $t = 110^\circ\text{C}$ $\gamma = 0,935 \text{ т/м}^3$. $G_{2o \max} = 0,86 \cdot 0,0352 \cdot 10^3 / (1 \cdot (110 - 70)) = 0,77 \text{ т/год};$

$$V_{2o \max} = 0,77 / 0,935 = 0,8 \text{ м}^3/\text{год};$$

Розрахункова максимальна витрата мережної води на ГВП при

паралельній схемі приєднання з використанням бака накопичувача:
Розрахунок проводимо по формулі:

$$G_{h \max} = 0,86 \cdot Q_{h \max} \cdot 103 / (c \cdot (t'1 - t'3)), \text{ т/год};$$

$$V_{h \max} = G_{h \max} / \gamma, \text{ м}^3/\text{год}$$

де: $Q_{h \max}$ - розрахункове максимальне теплове навантаження на ГВП, МВт

$t'1$, - температура теплоносія у подавальному трубопроводі в точці зламу опалювального графіку, $t'1 = 70^\circ\text{C}$,

$t'3$ - температура теплоносія в зворотному трубопроводі після системи опалення, $t'3 = 40^\circ\text{C}$, c - питома теплоємність води, $c = 1 \text{ ккал/кг}\cdot^\circ\text{C}$

γ - питома вага теплоносія; при $t = 70^\circ\text{C}$ $\gamma = 0,978 \text{ т/м}^3$.

- вбудовані приміщення: $G_{1h \max} = 0,86 \cdot 0,04 \cdot 103 / (1 \cdot (70 - 40)) = 1,15 \text{ т/год}$,

$$V_{h \max} = 1,15 / 0,978 = 1,18 \text{ м}^3/\text{год};$$

Сумарна витрата по ІТП у опалювальний період:

$$G_{\Sigma \max} = G_{\Sigma o \max} + G_{\Sigma h \max} = 2,022 + 0,77 + 1,15 = 3,942 \text{ т/год}; V_{\Sigma \max} = V_{\Sigma o \max} + V_{\Sigma h \max} = 2,163 + 0,8 + 1,18 = 4,143 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Розрахункова витрата мережної води у неопалювальний період.

В неопалювальний період теплове навантаження складається тільки з теплового навантаження на ГВП.

Розрахунок проводимо по формулі (ДБН В.2.5-39:2008, додаток А):

$$G_{hл \max} = \beta \cdot Q_{h \max} \cdot 10^3 / (c \cdot (t'1 - t'3)), \text{ т/год};$$

$$V_{hл \max} = G_{hл \max} / \gamma, \text{ м}^3/\text{год}.$$

$h \max$ - розрахункове максимальне теплове навантаження на ГВП. $t'1$, $t'3$ - температура теплоносія у подавальному та зворотному трубопроводах в літній період, $t'1 = 70^\circ\text{C}$, $t'3 = 40^\circ\text{C}$, c - γ

β - - питома теплоємність води, $c = 1 \text{ ккал/кг}\cdot^\circ\text{C}$ питома вага теплоносія;

при $t = 70\text{ }^{\circ}\text{C}$ $\gamma = 0,978\text{ т/м}^3$.

коефіцієнт, який враховує зміну витрати води на гаряче водопостачання в неопалювальний період по відношенню до опалювального, для житлово-комунального сектору $\beta = 0,8$ (ДБН В.2.5-39:2008, додаток А),

- вбудовані приміщення

$$G_{1\text{нл max}} = 0,8 \cdot 0,86 \cdot 0,04 \cdot 103 / (1 \cdot (70 - 40)) = 0,92\text{ т/год};$$

$$V_{\text{нл max}} = 0,688 / 0,978 = 0,94\text{ м}^3/\text{год};$$

Розрахункова мінімальна витрата теплоносія на ГВП: Мінімальна витрата теплоносія в системі буде в літній період коли працює лише система ГВП для підігріву циркуляційної води (в час відсутності водорозбору). Циркуляційні витрати тепла на ГВП див. розрахунок ГВП.

$Q_{\text{ht}} = 0,002\text{ МВт}$ для вбудованих приміщень

3.2. Вибір обладнання

3.2.1. Вибір регуляторів перепаду тиску.

Регулятор перепаду тиску підтримує задане стає значення тиску між подавальним та зворотним трубопроводом. [19]

При зміні вхідного тиску з тепломереж коефіцієнт змішування не змінюється, а також залишається не змінною температура теплоносія в системах.

- Для системи опалення :

Задаємось втратою тиску на клапані враховуючи рекомендації виробника: $\Delta P_{\text{рт}} = 0,3 - 0,8\text{ кгс/см}^2$

Розрахункова необхідна пропускна спроможність регулятора тиску становить:

$$K_v = \frac{V}{\sqrt{\Delta P}}; \text{ м}^3/\text{год}$$

де: V – витрата теплоносія через клапан, м³/год

P – падіння тиску на клапані, бар

$$K_v = \frac{2,963}{\sqrt{0,5}} = 4,23 \text{ м}^3/\text{год}$$

Обираємо регулятор перепаду тиску Siemens VHG 519L25-10 Ду25 з максимальною пропускною спроможністю $K = 10,0 \text{ м}^3/\text{год}$, діапазон регулювання 30-210 кПа.

Ступінь відкриття клапану:

$$X = \frac{K_v}{K_{vs}} \cdot 100\%,$$

де, v K- розрахункове значення пропускної спроможності, м³/год., vs

K - характеристика вибраного клапану, м³/год.

$$X = \frac{4,23}{10,0} \cdot 100\% = 42,3\% \quad (X_{\min} \geq 30\%)$$

$$\text{Швидкість на регуляторі тиску: } W = \frac{4 \cdot V \cdot 1000}{\pi \cdot d^2 \cdot 3,6} = \frac{4 \cdot 2,963 \cdot 1000}{3,14 \cdot 25^2 \cdot 3,6} = 1,68 \text{ м/с} \leq 3,5 \text{ м/с}$$

Дійсне значення втрати тиску на повністю відкритому регуляторі:

$$\Delta P_{рег} = \left(\frac{V}{K_{vs}} \right)^2 = \left(\frac{2,963}{10,0} \right)^2 = 0,09 \text{ кгс/см}^2$$

Тиск, на який налагоджується регулятор = 20 м.вод.ст.

3.2.2. Вибір двоходових клапанів.

Задаємось втратою тиску на клапані враховуючи рекомендації виробника:

$$\Delta P = 0,3 - 0,8 \text{ кгс/см}^2$$

Для системи опалення манежу приміщень:

Розрахунковий коефіцієнт пропускної здатності клапана, м³/год :

$$K_v = V_{o \max} / (\Delta P^{1/2}) = 2,963 / (0,5^{1/2}) = 4,23 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Згідно цього вибираємо клапан: Siemens VVG41.25 з електроприводом SKB62, Ду25, K_{vs} = 10 м³/год.

Втрата тиску на відкритому повністю клапані становить:

$$\Delta P = (V_{o \max} / K_{vs})^2 = (2,963/10)^2 = 0,09 \text{ кгс/см}^2$$

Ступінь відкриття клапану:

$$X = \frac{K_v}{K_{vs}} \cdot 100\%,$$

де, v K- розрахункове значення пропускної спроможності, м³/год.,

vs K - характеристика вибраного клапану, м³/год.

$$X = \frac{4,23}{10} \cdot 100\% = 42,3\% \quad (X_{\min} \geq 30\%)$$

$$\text{Швидкість на клапані: } v = \frac{4 \cdot V_{кл} \cdot 1000}{\pi \cdot d^2 \cdot 3,6} = \frac{4 \cdot 2,963 \cdot 1000}{3,14 \cdot 25^2 \cdot 3,6} = 1,68 \text{ м/с} \leq 3,5 \text{ м/с};$$

- Для системи гарячого водопостачання будівлі:

Розрахунковий коефіцієнт пропускної здатності клапана, м³/год :

$$K_v = V_{в \max} / (\Delta P^{1/2}) = 1,18 / (0,5^{1/2}) = 1,69 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Згідно цього вибираємо клапан:

Siemens VVG549.20 з електроприводом SAS31, Ду20, K_{vs} = 4,0 м³/год.

Втрата тиску на відкритому повністю клапані становить:

$$X = \frac{1,69}{4,0} \cdot 100\% = 42,25\% \quad (X_{\min} \geq 30\%)$$

$$\text{Швидкість на клапані: } v = \frac{4 \cdot V_{кл} \cdot 1000}{\pi \cdot d^2 \cdot 3,6} = \frac{4 \cdot 1,18 \cdot 1000}{3,14 \cdot 20^2 \cdot 3,6} = 1,04 \text{ м/с} \leq 3,5 \text{ м/с};$$

3.2.3. Вибір циркуляційних насосів.

- Для мережі тепlopостачання:

$$V_{ц\max} = 0,0588 \cdot 0,86 \cdot 103 / (1 \cdot (80-60) / 0,978) = 16,58 \text{ м}^3/\text{год}$$

$$\Delta H_{\text{насосу}} = \Delta P_{\text{со}} + \Delta P_{\text{м}} + 2 = 3,0 + 3,0 + 2,0 = 8,0 \text{ м.в.ст.}$$

Враховуючи розраховану витрату, вибираємо циркуляційний насос для системи опалення із номенклатурного каталогу фірми “Grundfos” – Magna3 25-100.

Насосів встановлюється два: робочий та резервний.

Насоси обладнуються частотним регулюванням.

- Для системи вбудованих приміщень:

$$V_{ц\max} = 0,0352 \cdot 0,86 \cdot 103 / (1 \cdot (80-60) / 0,972) = 12,56 \text{ м}^3/\text{год}$$

$$\Delta H_{\text{насосу}} = \Delta P_{\text{со}} + \Delta P_{\text{м}} + 2 = 2,0 + 2,0 + 2,0 = 6,0 \text{ м.в.ст.}$$

Враховуючи розраховану витрату, вибираємо циркуляційний насос для системи опалення із номенклатурного каталогу фірми “Grundfos” – Magna3 25-60. [20]

Насосів встановлюється два: робочий та резервний.

РОЗДІЛ 4. СИСТЕМА ВОДОПІДГОТОВКИ

Підживлення котельні проводиться хімічно очищеною водою.

За схемою сира вода надходить від вводу у котельню до вузла обліку на базі лічильника (поз. К.18) після чого проходить через фільтр грубої очистки (поз. К.19). Далі відбувається її пом'якшення в установці На катіонування (поз. К.20) та накопичення в бакові запасу пом'якшеної води (поз. К.21).

З баку запасу, пом'якшена вода перекачується підживлюваними насосами (поз. К.22) через вузол дозування хімічного реагенту (поз. К.23) та надходить до зворотного трубопроводу розподільчої гребінки. [21]

Кожен з перелічених вузлів обладнано байпасом для аварійного живлення котельні у випадку виходу з ладу основного обладнання.

Запірна арматура кожного байпасу має бути закрыта та опломбована в нормальному положенні а контрольна-відкрита.

Об'єм системи теплопостачання – 27,622 м3. [22]

Розрахунковий об'єм та якість води для підживлення системи теплопостачання повинна відповідати вимогам ДБН В .2.5-39:2008, п.15.1 ÷15.2; ДНАОП 0.00-1.26-96, п. 13.5; «Правил технічної експлуатації теплових установок і мереж», наказ Мінпалива та енергетики України від 14.02.2007 року, № 71, п. 6.8.

Розрахункова витрата хімічищеної води для підживлення теплової системи $-27,622 \times 0,75 / 100 = 0,207$ м3/год.

Розрахункова витрата сирій води для аварійного підживлення теплової системи – $27,622 \times 2 / 100 = 0,552$ м3/год. Середньорічний витік теплоносія з водяних теплових мереж не повинен перевищувати 0,25% обсягу води з мережі у робочому режимі й приєднаних до неї систем тепло споживання за годину не залежно від схеми їх приєднання, п. 6.3.76 «Правил технічної експлуатації теплових установок і мереж», наказ Мінпалива та енергетики України від 14.02.2007 року, № 71. Середньорічна розрахункова витрата підживлювальної води: $27,622 \times 0,25 / 100 = 0,069$ м3/год.

Для зменшення фактичної величини підживлення в котельні встановлена якісна засувно-регулююча арматура. [23]

Розрахункова витрата підживлювальної води:

- Якість мережної і підживлювальної води нормується за показниками: п. 13.5 “Правил будови і безпечної експлуатації парових котлів з тиском пари не більше 0,07 МПа (0,7 кгс/см²), водогрійних котлів водопідігрівачів з температурою нагріву води не вище 115 °С, ДНАОП 0.00-1.26-96,
- п. 6.8.8 «Правил технічної експлуатації теплових установок і мереж», наказ Мінпалива та енергетики України від 14.02.2007 року, № 71 - для підживлення теплових мереж,
- п. 6.8.9 «Правил технічної експлуатації теплових установок і мереж», наказ Мінпалива та енергетики України від 14.02.2007 року, № 71 – для мережної води теплових мереж.
- вимоги фірми - виробника котла.

РОЗДІЛ 5. СИСТЕМА ПОЖЕЖНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ

Автоматична система пожежної сигналізації та система оповіщення призначена для :

- Виявлення пожежі на початковій стадії розвитку та оповіщення персоналу і відвідувачів про її виникнення;
- Передачі сигналу про пожежу та несправність від системи пожежної сигналізації на пульт централізованого пожежного спостереження (далі - ПЦПС) по GSM каналу.

5.1. Основні проєктні рішення

Приміщення об'єкту обладнуються автоматичною системою пожежної сигналізації(далі - СПС.

В якості технічних засобів виявлення пожежі робочим проектом передбачено використання приладу приймально-контрольного пожежного (далі - ППКП) "Тірас - 4П.1".

Для підключення автоматичної системи пожежної сигналізації та системи керування евакуюванням. [24]

Типи автоматичних сповіщувачів обрані з урахуванням призначення приміщень, що захищаються, характеру горючих матеріалів і первинних ознак пожежі, в робочому проекті застосовуються: - У якості технічних засобів виявлення пожежі в приміщенні котельні №2, яке захищається і в якому виникнення пожежі може супроводжуватися появою диму, прийняті димові неадресовані пожежні сповіщувачі СПД-3 "Артон" (рис..1)

Питомі показники вмісту забруднюючих речовин при спалюванні бензину представлені в таблиці. [25]



Рисунок 1.

У якості технічних засобів виявлення пожежі в приміщенні котельні №2, яке захищається і в якому виникнення пожежі може супроводжуватися появою диму, прийняті димові неадресовані пожежні сповіщувачі СПД2-Тірас Ех ООО "Тірас-12" (рис.2)



Рисунок 2

У якості технічних засобів виявлення пожежі в приміщенні котельні №2, яке захищається і в якому виникнення пожежі може супроводжуватися появою тепла, прийняті теплові неадресовані пожежні сповіщувачі СПТ-Тірас Ех ООО "Тірас-12" (рис.3) [26]



Рисунок 3

Біля евакуаційного виходу встановлюються сповіщувачі пожежні ручні СПР ТІРАС ООО "Тірас12" (рис.4)



Рисунок 4

Обрані пожежні сповіщувачі найбільш повно відповідають умовам навколишнього середовища, ознакам пожежі, що починається, і забезпечують сигналізацію про виникнення пожежі на ранній стадії її розвитку. [27]

Сповіщувачі згруповані в шлейфи і підключені до приладу приймально-контрольного пожежного "Тірас - 4П.1" без права відключення, який встановлюється в приміщенні, яке обладнане автоматичною пожежною сигналізацією.

Згідно п.5.8 ДБН В.2.5-56:2014 "Системи протипожежного захисту" сигнали при пожежу та несправність від приладу приймально-контрольного

пожежного системи пожежної сигналізації виводяться на пульт централізованого спостереження.

Для даної категорії приміщень вибраний 1 тип системи передачі тривожних сповіщень.

Для передачі сигналів про пожежу та несправність на пульт спостереження використовується ППКП "Тірас - 4П.1" [28]

5.2. Склад та розміщення елементів системи

До основних елементів пожежної сигналізації відносяться: - прилад приймально-контрольний пожежний "Тірас - 4П.1", який встановлений на спеціально обладнаному місці (ДБН В.2.5.56-2014 п.7.2.24), на висоті не менше 1,4 м від рівня підлоги, на відстані не менше 1 м від опалювальних систем. В приміщенні установки ППКП повинно бути передбачене , штучне робоче та аварійне освітлення згідно ДБН В.2.5-56-2014.

Враховуючи характеристику приміщень, сповіщувачі пожежні встановлюються на стелі приміщення з урахування розміщення світильників та отворів вентиляції, встановити автоматичні пожежні сповіщувачі згідно ДБН В.2.5-56:2014 :

- ручний пожежний сповіщувач встановити на стіні біля виходу на висоті не вище 1,4 м від рівня підлоги до нижнього краю сповіщувача;
- димові пожежні сповіщувачі слід розміщувати застосовуючи схему квадратного розміщення сповіщувачів, відстань від сповіщувача до стіни повинна складати не більше - 4.4 м, а між сповіщувачами не більше - 8.8 м;
- теплові пожежні сповіщувачі слід розміщувати застосовуючи схему квадратного розміщення сповіщувачів, відстань від сповіщувача до стіни повинна складати не більше - 3.2 м, а між сповіщувачами не більше - 6.4 м;
- розміщення точкових автоматичних сповіщувачів від стіни не менше 0,5 м. [29]
- відстані від джерел тепла не менше 0,5 м, від отворів вентиляції не

менше 0,6 м. Сповіщувачі розраховані на безперервну цілодобову роботу з ППКП "Тірас - 4П.1" з 2-х провідною схемою підключення і номінальною напругою електроживлення шлейфу 12 В і мають функцію індикації чергового режиму роботи (миготіння червоного світлодіоду)

Кабельна мережа виконана кабелем J-H(ST)H 1x2x0,8. в металорукаві. Відстань від кабелів шлейфів та сполучних ліній напругою до 60В, до силових освітлювальних електропроводок повинна бути не менше 0,5 м.

Допускається зменшення вказаної відстані до 0,25 м до поодиноких освітлювальних проводів і контрольних кабелів.

На основі даних та інформації, отриманої в результаті здійснення моніторингу атмосферного повітря, визначається рівень забруднення атмосферного повітря на певній території за певний проміжок часу, відповідність стану атмосферного повітря вимогам якості повітря; здійснюється контроль та оцінка впливу на якість повітря заходів, спрямованих на обмеження викидів забруднювальних речовин в атмосферне повітря, оцінка впливу забруднення атмосферного повітря на навколишнє природне середовище, здоров'я та життєдіяльність населення.

Проектом передбачено 10% резервний фонд засобів пожежної сигналізації, який знаходиться на складі організації яка проводить технічне обслуговування або у замовника.

5.3. Принцип роботи автоматичної системи пожежної сигналізації

В черговому режимі приймально-контрольний прилад пожежний автоматичної системи пожежної сигналізації забезпечує контроль за станом сповіщувачів, шлейфів сигналізації, параметрів з'єднувальних ліній (обриві, короткому замиканні, зміні опору на кінці шлейфа).

- При спрацюванні пожежних сповіщувачів, ППКП видає сигнал на пульт центрального спостереження міста.

- Система призначена для цілодобової роботи.

- Детальні відомості про роботу приладу приймально-контрольного пожежного, сповіщувачів пожежної сигналізації приведені в технічній документації.

- Інформація про пожежу та несправність супроводжується звуковим сигналом.

- Робочим проектом передбачається застосувати прилад приймально-контрольний пожежний "Тірас - 4П.1" з функціями:

- автоматичний контроль цілісності кільця сигналізації;
 - автоматичне тестування всіх елементів системи з повідомленням про погіршення їх роботи;

- автоматичний перехід на резервне джерело живлення при аварії в мережі електроживлення (аварійне живлення забезпечується протягом понад 24 годин в черговому режимі).

При пошкодженні кільце з пожежними сповіщувачами (обрив, коротке замикання) на приймальній апаратурі вмикається звуковий та світловий сигнали пошкодження з вказівкою номеру шлейфа. ППКП здійснює безперервний контроль ШС, опитування клавіатури, керування індикацією та вихідними сигналами відбувається в реальному часі.

Контроль шлейфів ППКП здійснюється шляхом виміру їхнього струму обтікання.

При виявленні стрибкоподібного змінення напруги в ланцюзі ШС, ППКП аналізує це відхилення і в залежності від налаштувань ШС приймає рішення про тип сигналу.

Аналіз ШС відбувається за наступним алгоритмом: якщо поточне значення струму в ШС відрізняється більш ніж на 2мА від значення струму нормального стану, але не перевищує значення струму короткого замикання (КЗ) і не нижче за значення струму обриву, то вважається, що в даному ШС відбулося спрацювання пожежного сповіщувача. ППКП знімає живлення з відповідного ШС і встановлює стан "Увага в ШС".

Потім автоматично відбувається повторне включення ШС.

Якщо відбувається повторне виявлення спрацювання пожежного сповіщувача, приймається рішення про виникнення ситуації "Пожежа" по даному ШС.

На весь період очікування повторного спрацювання ШС знаходиться в стані "Увага". Якщо в шлейфі виникає стан "КЗ" або "Обрив", ППКП миттєво фіксує це, не включаючи механізмів повторної перевірки ШС.

При виникненні КЗ, ППКП автоматично знімає електроживлення з ШС і утримує цей стан або до ручного скидання ШС, або до ручного виключення і повторного включення ШС. Прилад приймально-контрольний пожежний забезпечує автоматичний перехід на електроживлення від акумулятора у разі провалу або зникнення напруги в мережі основного електроживлення 220 В, 50 Гц.

В зв'язку з тим, що сигнал про несправності одразу надходить на центральний пульт приймання сигналів про несправність, а максимальний термін для усунення несправності відповідно до договору складає не більше ніж 24 год Ємність акумуляторної батареї забезпечує живлення обладнання протягом 24 годин в черговому режимі та 30 хвилин режиму "пожежа".

Усі клеми ППКП, включаючи акумуляторні, мають захист від короткого замикання та перевантаження по струму. [30]

Відімкнення ППКП від електроживлення здійснюється вимикачем стаціонарної проводки і зняттям клем з акумуляторної батареї. [31]

При отриманні сигналу тривоги ППКП за запрограмованим алгоритмом здійснює видачу сигналів керування на виконавчі механізми системи вентиляції, технологічного обладнання, кондиціонування та оповіщення людей про пожежу, видача сигналу тривоги на передавач системи радіомоніторингу. [32]

5.4. Електроживлення

Електроживлення споживачів автоматичної установки пожежної сигналізації та системи оповіщення про пожежу здійснити по першій категорії згідно ПУЕ від основного джерела живлення напругою 220 В, 50 Гц.

Живлення сповіщувачів та пристроїв сигналізації здійснюється від ППКП. [35]

Проектом передбачено вивід сигналу "Несправність" на Пульт центрального спостереження.

Проектом передбачено ППКП "Тірас - 4П.1", яким передбачає забезпечення роботи установки автоматичної пожежної сигналізації в режимі спокою протягом 24 годин, а у режимі пожежної тривоги - 15 хв. від акумуляторної батареї, але не менше розрахункового часу евакуювання. Резервне живлення ППКП "Тірас - 4П.1" здійснюється від джерела постійного струму акумулятора напругою 12В, ємністю 7 А/год. [34]

Струм споживання обладнання ПС наведено в таблиці 1.

РОЗДІЛ 6 ТЕПЛОВА МЕРЕЖА

Розробка технологічних та конструктивних рішень підрозділу «Теплові мережі» (проектна марка «ТМ») виконана у суворій відповідності до діючої нормативно-правової бази, інженерних регламентів, екологічних та протипожежних стандартів України. Правовим та технічним інструментом для виконання розрахунків та трасування інженерних комунікацій є затверджене замовником завдання на проєктування.

Нормативно-технологічний каркас проєкту базується на таких державних актах:

- **ДБН В.2.5-39:2008 «Теплові мережі»** (із чинними змінами та доповненнями) — як засадничий документ для визначення гідравлічних, теплотехнічних та конструктивних параметрів трубопроводів.
- **ДСТУ-Н Б В.2.5-73:2013 «Настанова з проєктування теплових мереж...»** — для обґрунтування методів прокладання та компенсації теплових подовжень.
- **ДБН А.3.2-2:2009 «Охорона праці і промислова безпека у будівництві»** — для забезпечення безпеки праці під час будівельно-монтажних процесів.
- **ДСТУ Б А.2.4-28:2008, ДСТУ Б А.2.4-1:2009, ДСТУ Б А.2.4-8:2009, ДСТУ Б А.2.4-4:2009** — комплексна система проєктної документації для будівництва (СПДБ), що регламентує правила оформлення креслень, умовних графічних позначень та специфікацій.

Усі матеріали, обладнання, запірно-регулююча арматура та елементи тримальних конструкцій, закладені в даній роботі, відповідають санітарно-гігієнічним нормам та правилам пожежної безпеки, що підтверджується державними сертифікатами відповідності, протоколами випробувань та експертними висновками, які надаються органам державного нагляду перед введенням теплової мережі в промислову експлуатацію. [37]

6.1. Зовнішні теплові мережі

Проектним завданням передбачено будівництво нової ділянки зовнішньої теплової мережі, яка зв'язує базове джерело тепlopостачання — проєктну твердопаливну котельню, що працює на відновлюваних локальних біоресурсах, із існуючою газовою котельнею для покриття базових та пікових теплових навантажень споживачів. [36]

Параметри інтеграції та вузол приєднання

Врізка нових комунікацій здійснюється безпосередньо в існуючі магістральні сталеві трубопроводи зовнішнім діаметром $(D_{\text{зн}} = 159)$ мм (Ду 150) всередині приміщення газової котельні. Для забезпечення надійного секціонування, проведення планово-попереджувальних ремонтів та аварійного відключення ділянок у точці сполучення передбачено монтаж запірної арматури високого класу герметичності (клас «А» за ДСТУ). Специфікація арматури вузла приєднання наведена в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1

Специфікація обладнання та арматури вузла підключення

Найменування елемента	Тип з'єднання / Конструкція	Номинальний тиск, Рп, Бар	Матеріал корпусу	Кількість, шт.
Запірна відключаюча арматура (Ду 150)	Сталевий фланцевий кульовий кран	16	Вуглецева сталь	2 (подаючий / зворотний)
Фланці у відповідь з кріпленням	Гост приварні плоскі	16	Сталь 20	4
Ущільнювальні прокладки	Міжфланцеві термостійкі	—	Пароніт ПОН-Б	2

Спосіб прокладання та геопросторове трасування

З огляду на високий рівень ґрунтових вод, щільність суміжних підземних комунікацій та необхідність мінімізації обсягів земляних робіт, проєктом прийнято **надземний спосіб прокладання** трубопроводів на низьких або високих окремо розташованих залізобетонних чи металевих опорах (залежно від профілю траси та перетину з транспортними проїздами). [38]

Траса виконується за **двотрубною схемою** (подаючий Т1 та зворотний Т2 трубопроводи розташовані паралельно на спільних естакадах чи опорах). [39]

Термодинамічні та гідравлічні константи теплоносія

Розрахункові теплофізичні параметри циркулюючого теплоносія (хімічно очищеної води) в контурі зовнішньої теплової мережі визначені тепловим балансом об'єкта та наведені у таблиці 6.2.

Таблиця 6.2

Термодинамічні та гідравлічні параметри теплоносія

Показник / Параметр мережі	Одиниця виміру	Значення параметра
Розрахункова температура у подавальному трубопроводі (Т1)	°C	85
Розрахункова температура у зворотному трубопроводі (Т2)	°C	58
Розрахунковий температурний графік мережі	°C	85 – 58
Надлишковий тиск у подавальному трубопроводі (Р1)	Бар (МПа)	3,0 (0,3)
Надлишковий тиск у зворотному трубопроводі (Р2)	Бар (МПа)	2,5 (0,25)
Наявний розташований напір на ввіді (ΔP)	Бар (МПа)	0,5 (0,05)
Номінальна теплова потужність системи	Гкал/год (МВт)	1,376 (1,6)

Стратегія теплового регулювання та компенсація навантажень

Регулювання відпуску теплової енергії в мережі прийнято **якісне** — за центральним графіком зміни температури води залежно від поточних коливань температури зовнішнього повітря, зафіксованих метеорологічною станцією району будівництва (м. Київ, І кліматична зона), при постійній витраті теплоносія в магістралі.

Для компенсації температурних подовжень сталевих труб під час пуску,

зупинки чи зміни режимів роботи мережі, геометрія траси проектується з урахуванням кутів повороту для забезпечення ефекту *самокомпенсації*, а на прямих ділянках великої протяжності передбачено монтаж П-подібних або сильфонних осьових компенсаторів відповідно до розрахункових навантажень за ДБН В.2.5-39:2008.

6.2 Вимоги до теплоізоляції та захисту від корозії (Розширення підрозділу)

Надземний спосіб прокладання зовнішніх тепломереж піддає трубопроводи інтенсивному впливу атмосферних опадів, сонячної інсоляції та значних від'ємних температур у зимовий період (до (-22°C) за параметрами Б для м. Київ). Це висуває підвищені вимоги до теплової ізоляції та антикорозійного захисту металоконструкцій.

1. **Антикорозійний захист:** Перед монтажем ізоляційних шарів зовнішня поверхня сталевих труб підлягає ретельному очищенню від іржі та окалини до ступеня Sa 2.5. Після цього наноситься комплексне тришарове захисне покриття, що складається з термостійкого ґрунту та емалі типу КО (кремнійорганічна) або спеціальних органосилікатних композицій, здатних витримувати температурні навантаження до 150°C без втрати суцільності плівки. [40]

2. **Теплоізоляційна конструкція:** Для мінімізації втрат тепла в навколишнє середовище та запобігання падінню температури теплоносія нижче розрахункових 85°C , передбачено використання сучасних циліндрів або матів на основі базальтової (мінеральної) вати на синтетичному сполучному, які мають низький початковий коефіцієнт теплопровідності ($\lambda \leq 0,042 \text{ Вт/(м}\cdot\text{K)}$). Товщина теплоізоляційного шару розраховується відповідно до норм ДСТУ та кліматичної зони.

3. **Захисно-декоративна оболонка (покривний шар):** Оскільки мінеральна вата є гігроскопічним матеріалом, поверх теплоізоляції монтується

захисний кожух з оцинкованої сталі завтовшки 0,55–0,7 мм або листового алюмінію. Покривний шар захищає ізоляцію від механічних пошкоджень, вітрового навантаження та проникнення вологи, гарантуючи збереження теплофізичних властивостей системи протягом усього нормативного терміну експлуатації (не менше 25 років).

На місці підключення проектом передбачається встановлення сталевій фланцевої відключаючої арматури.

Тепломережа, що проектується - надземна, 2-х трубна.

Параметри теплоносія в тепловій мережі: $T_1, T_2 = 85-58\text{ }^{\circ}\text{C}$, тиск $P_1=3$ Бар; $P_2=2,5$ Бар.

Теплова потужність об'єкту складає - 1,376 Гкал/годину.

Регулювання тепла - якісне, по температурному графіку. Котельня, що проектується, передбачається для споживачів до I-ї категорії (згідно ДБН В.2.5-39:2008).

Класифікація за потужністю джерела теплової енергії - система децентралізованого теплопостачання.

Трубопроводи теплової мережі, що проектується, прийняті зі сталевих попередньо ізольованих труб ТОВ "Перший трубний завод" з тепловою ізоляцією з поліуретану та захисною оболонкою.

Спосіб прокладання - наземний на опорах. Труби в газовій котельній прийняті електрозварювальні по ДСТУ 8943:2019 та покриваються антикорозійним покриттям та тепловою ізоляцією:

- лаком БТ-577 в два шари по ґрунтовці ГФ-021;
- циліндри з кам'яної вати з покриттям із алюмінієвої фольги, посиленою склосіткою для труб $\varnothing_{\text{у}}150$, $\delta_{\text{із}}=50$ мм.

Також даним проектом передбачається перенесення частини існуючої теплової мережі $\varnothing 32$ мм та існуючої теплової камери на відстань 5,0 м від фундаменту проектною твердопаливної котельні.

Так як на ділянці проектування просадочні ґрунти, згідно ДСТУ-Н Б В.1.1-44:2016 передбачається трубопроводу тепломережі від теплової камери

до будівлі в залізобетонному лотку.

Вводи теплопроводів в існуючу та проєктну котельні є свого роду нерухомими опорами (трубопроводи на вводі забетоновані).

Так як між нерухомими опорами (вводами) є відводи, теплові розширення трубопроводів можуть бути скомпенсовані відведеннями і компенсатори не встановлюються.

По-друге, максимальна можлива температури теплоносія - 85 град. С, що не буде призводити по великих температурних деформацій трубопроводів.

Монтаж систем теплопостачання та здачу в експлуатацію виконувати у відповідності із ДБН.В.2.5-39:2008 "Теплові мережі", ДБН А.3.2-2 -2009 "Охорона праці і промислова безпека в будівництві "

6.3 Загальні вказівки

Тепловий баланс та інтегральна потужність системи

Проєктний розрахунок сумарної теплової потужності транспортувального контуру базується на принципі повного покриття енергетичного попиту підключених споживачів з урахуванням технологічно неминучих втрат енергії. Зведена тепла потужність системи, що генерується новою твердопаливною котельнею, становить **1,376 Гкал/год (або 1,6 МВт)**. Цей показник є інтегральним і містить у собі:

- Номінальне теплове навантаження кінцевих споживачів на потреби опалення та вентиляції.
- Енергетичні витрати на забезпечення автономного опалення безпосередньо всередині будівлі самої котельні (власні потреби для підтримання нормативного мікроклімату технологічних залів).
- Нормативні втрати теплової потужності через теплоізоляційні шари трубопроводів під час транспортування теплоносія від джерела до вузла приєднання.

Термодинамічні параметри та автоматизація відпуску тепла

Циркуляція хімічно очищеного теплоносія (води) в надземній двотрубній магістралі здійснюється за таких розрахункових параметрів:

- Температурний потенціал у подавальному трубопроводі (T1): **+85°C.**
- Температурний потенціал у зворотному трубопроводі (T2): **+58°C.**
- Статичний та динамічний тиск у подавальному колекторі (P1): **3,0 Бар.**
- Тиск у зворотному магістральному колекторі (P2): **2,5 Бар.**

Для забезпечення максимальної енергетичної ефективності та виключення ефекту «перегріву» чи «недогріву» будівель у проєкті реалізовано **індивідуальне якісне регулювання** відпуску тепла. Воно здійснюється в автоматичному режимі за допомогою електронного **погодозалежного контролера**. Пристрій безперервно зчитує показники датчика температури зовнішнього середовища і, керуючи виконавчими механізмами змішувальних вузлів, коригує температуру теплоносія на виході в мережу відповідно до заданого опалювального графіка, підтримуючи стабільну витрату води.

Гідравлічні випробування на міцність та герметичність

Після завершення зварювальних та монтажних робіт, але до нанесення теплоізоляційного і покривного шарів на зварні стики, весь комплекс трубопроводів підлягає обов'язковим інспекційним випробуванням. Метою цих заходів є верифікація механічної міцності металоконструкцій та щільності з'єднань. Проєктом передбачено проведення **гідравлічного пресування**. Оскільки робочий тиск у системі становить 3,0 Бар, відповідно до правил безпеки та технологічних регламентів, пробний (випробувальний) тиск приймається з коефіцієнтом запасу і становить **3,0 кг/см²** на найвищій точці траси.

Технологічна послідовність випробувань:

1. Заповнення системи водою з температурою не вище $\backslash(+45\backslash)$ °C та повне видалення повітря через повітровідвідники (встановлені у верхніх точках траси).

2. Плавне підняття тиску за допомогою пересувного гідропреса до випробувального значення $3,0 \text{ кг/см}^2$ та витримка системи під цим навантаженням протягом не менше 10 хвилин.

3. Зниження тиску до робочого та ретельний візуальний огляд усіх зварних швів, фланцевих з'єднань і запірної арматури. Ознаками успішного проходження тесту є повна відсутність падіння тиску за контрольними манометрами, а також відсутність течі, сльозіння чи деформацій на стінках труб.

Регламент монтажних робіт та промислова безпека

Організація будівельних, зварювальних та пусконаладжувальних процесів на об'єкті виконується у суворій відповідності до чинних державних нормативів і правил приймання робіт. Ключовими регуляторними документами для даного етапу є:

- **ДСТУ-Н Б В.2.5-73:2013** «Настанова з монтажу внутрішніх санітарно-технічних систем» (а також загальні вимоги до зовнішніх мереж) — регламентує правила зварювання сталевих елементів, вимоги до ухилів трубопроводів (не менше $0,002$ у бік зливних пристроїв), монтажу опорних подушок, ковзних та нерухомих опор.

- **ДБН А.3.2-2:2009** «Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві» — визначає комплекс заходів із безпечного ведення робіт на висоті (оскільки мережа є надземною), правила експлуатації вантажопідіймальних механізмів під час укладання труб на естакади, а також вимоги щодо використання індивідуальних засобів захисту (ІЗЗ) зварниками та монтажниками.

Параметри випробувань та нормативна база систематизовані у таблиці 6.3.

На момент проведення будівельно-монтажних робіт підрядник зобов'язаний забезпечити наявність документів, які підтверджують якісні характеристики (зазначені в робочих кресленнях) конструкцій, виробів, матеріалів та обладнання, що використовується під час будівництва об'єкта -

технічного паспорту, сертифікату, документів, що відображають результати лабораторних випробувань.

Система теплопостачання включає:

- прокладання нової мережі теплопостачання від існуючої газової котельні до твердопаливної котельні, що проектується.

Таблиця 6.3

Технічні та нормативні критерії монтажу й випробувань тепломережі

Параметр / Вимога до процесу	Нормативне значення / Документ	Цільове призначення
Величина випробувального тиску	3,0 кг/см² (0,3 МПа)	Контроль міцності та герметичності зварних швів
Мінімальний ухил трубопроводів	0,002	Забезпечення повного спорожнення системи
Тип регулювання теплового потоку	Індивідуальне, якісне	Погодозалежна оптимізація витрати палива
Стандарт на монтажні роботи	ДСТУ-Н Б В.2.5-73:2013	Гарантія геометричної та структурної надійності
Стандарт на безпеку праці	ДБН А.3.2-2:2009	Мінімізація ризиків травматизму на будмайданчику

Трубопроводи теплової мережі, що проектується, прийняті зі сталевих попередньо ізольованих труб ТОВ "Перший трубний завод" з тепловою ізоляцією з поліуретану та захисною оболонкою.

Прокладання трубопроводів виконувати згідно рекомендацій заводу-виробника цих трубопроводів. Труби в газовій котельній на місці підключення - електрозварювальні по ДСТУ 8943:2019, покриваються антикорозійним покриттям та тепловою ізоляцією: - лаком БТ-577 в два шари по ґрунтовці ГФ-021; циліндри з кам'яної вати з покриттям із алюмінієвої фольги, посиленою склосіткою для труб Øу 50-100, δіз=40 мм.

Теплові навантаження з урахуванням власних витрат тепла на опалення котельні та витрат тепла теплопроводами: загальні витрати тепла -1,376 Гкал/год (1,6 МВт). Параметри теплоносія :температура Т1=85°С; Т2=58°С;

тиск $P_1=3$ Бар; $P_2=2,5$ Бар. Регулювання відпуску теплової енергії - індивідуальне, якісне, за допомогою погодозалежного регулятора. Гідравлічні випробування трубопроводів виробляти пробним тиском 3.0 кг/см^2 .

Монтаж систем теплопостачання виконується у відповідності з діючими правилами виробництва і приймання робіт ДСТУ-Н Б В.2.5 73:2013 "Настанова з монтажу внутрішніх санітарно-технічних систем, ДБН А.3.2-2 - 2009 "Система стандартів безпеки праці.

Охорона праці і промислова безпека у будівництві промислова безпека у будівництві".

РОЗДІЛ 7. ІНЖЕНЕРНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРИМІЩЕНЬ

КОТЕЛЬНІ: ОПАЛЕННЯ ТА ВЕНТИЛЯЦІЯ

Технологічні та конструктивні рішення розділу «Опалення, вентиляція та кондиціонування» (проектна марка «ОВ») для будівлі проєктуємої твердопаливної котельні розроблені у суворій відповідності до чинної нормативно-правової бази, санітарно-гігієнічних та екологічних стандартів України. Юридичною та архітектурною підставою для виконання розрахунків є затверджене замовником завдання на проєктування, а також робочі креслення суміжних розділів (марки АБ — архітектурно-будівельні рішення).

Проектні рішення базуються на вимогах таких засадничих нормативних актів:

- **ДБН В.2.5-67:2013** «Опалення, вентиляція та кондиціонування» — як базовий документ для розрахунку повітрообміну, теплового балансу та конструювання мереж.
- **ДБН В.2.5-56:2014** «Системи протипожежного захисту» — для обґрунтування заходів пожежної безпеки в інженерних системах.
- **НАПБ А.01.001-2014** «Правила пожежної безпеки в Україні» — для забезпечення відповідності обладнання категорійності приміщень.

Усе закладене в проєкті обладнання, повітроводи, опалювальні прилади та регулююча арматура мають позитивні санітарно-гігієнічні висновки, державні сертифікати відповідності та протоколи пожежних випробувань. Відповідна документація надається замовником органам державного нагляду на етапі виконання монтажних робіт та введення об'єкта в експлуатацію.

7.1. Вихідні кліматологічні та технологічні параметри проєктування

Для забезпечення надійного функціонування технологічного обладнання котельні та створення безпечних умов праці для обслуговуючого персоналу, параметри внутрішнього мікроклімату прийняті з урахуванням

специфіки тепловиділень від котлоагрегатів, насосних груп та трубопроводів.

Район будівництва (м. Київ, I кліматична зона за ДБН В.2.6-31:2021) визначає такі базові розрахункові константи:

- Розрахункова температура зовнішнього повітря для проектування систем опалення та вентиляції в холодний період року (параметри Б): $(t_{\text{зовн}} = -22)$ °C.
- Джерело теплопостачання — контур власного підживлення котельні, що будується.
- Термодинамічні параметри теплоносія в системі опалення: температура у подавальному трубопроводі $(T_1 = 85)$ °C, у зворотному — $(T_2 = 58)$ °C.
- Розрахункова температура внутрішнього повітря в основних залах котельні під час опалювального сезону (за відсутності постійного обслуговуючого персоналу): $(t_{\text{вн}} = +12)$ °C (згідно з технологічними вимогами для запобігання замерзанню комунікацій), в адміністративно-побутових приміщеннях — $(t_{\text{вн}} = +18)$ °C.

7.2. Конструктивні рішення системи опалення приміщень котельні

Зважаючи на значні внутрішні тепловиділення від корпусів твердопаливних котлів, димоходів та мережевих насосів у робочому режимі, система опалення котельні проектується як чергова. Її першочергове завдання — підтримання позитивної температури на рівні не менше (+12) °C під час технологічних зупинок або ремонтних робіт у зимовий період.

Технічні характеристики системи:

1. **Тип системи:** Водяна, двотрубна, тупикова з нижнім розведенням магістральних трубопроводів. Схема підключення забезпечує максимальну гідравлічну стабільність та можливість покімнатного (зонального) відключення ділянок.
2. **Опалювальні прилади:** Враховуючи специфіку виробничих

приміщень (можливе запилення, категорійність за пожежною безпекою), як опалювальні прилади прийняті гладкотрубні реєстри із сталевих електрозварних труб або чавунні радіатори, які легко піддаються вологому очищенню. В адміністративних зонах передбачено монтаж компактних секційних біметалевих радіаторів.

3. **Регулююча арматура:** На підводках до кожного опалювального приладу встановлюється запірно-регулююча арматура (ручні або автоматичні термостатичні клапани), що дозволяє гнучко коригувати тепловіддачу залежно від фактичного рівня тепловиділень від технологічного обладнання.

4. **Трубопроводи:** Магістралі системи опалення виконуються із сталевих водогазопровідних труб за ГОСТ 3262-75 або теплостійких полімерних труб. Трубопроводи, що прокладаються в зонах інтенсивного руху транспорту або обслуговування, захищаються металевими кожухами.

Таблиця 7.1

Розрахункові параметри системи опалення котельні

Назва приміщення котельні	Розрахункова $t_{\text{вн}}$, °C	Тип опалювального приладу	Тип запірно-регулюючої арматури
Котельний (технологічний) зал	+12	Гладкотрубні реєстри / Чавунні радіатори	Кульові крани, балансувальні клапани
Насосна станція та хімводоочищення	+12	Чавунні секційні радіатори	Термостатичні клапани з предналаштуванням
Операторська (кімната персоналу)	+18	Біметалеві радіатори	Автоматичні терморегулятори

7.3. Проектні рішення загальнообмінної та аварійної вентиляції

Організація повітрообміну в приміщеннях твердопаливної котельні є критично важливою для забезпечення процесу горіння палива, видалення надлишків тепла та запобігання утворенню небезпечних концентрацій шкідливих газів (зокрема чадного газу CO). Відповідно до ДБН В.2.5-67:2013, у котельні запроєктована комплексна припливно-витяжна вентиляція з природним та механічним спонуканням.

Припливна система

Надходження повітря, необхідного для компенсації витяжки та забезпечення киснем процесу спалювання палива в топках котлів, передбачено через жалюзійні решітки, розташовані в нижній зоні зовнішніх стін котельного залу. У зимовий період припливне повітря за потреби підігрівається за рахунок рекуперації або повітряних опалювальних агрегатів для запобігання переохолодженню робочої зони.

Витяжна система

Видалення повітря з верхньої зони приміщення (де збираються перегріті гази) проектується з розрахунку не менше **трикратного повітрообміну за годину** (без урахування повітря, що засмоктується дуттьовими вентиляторами котлів для горіння). Витяжка реалізується через дефлектори, встановлені на покрівлі будівлі, а також за допомогою осьових вентиляторів у вибухозахищеному виконанні.

Аварійна вентиляція

На випадок раптового загазування або аварійного викиду продуктів згоряння, проектом передбачено **механічну аварійну витяжну вентиляцію**. Система активується автоматично від сигналізаторів довибухових концентрацій газу та мікроконцентрацій чадного газу (чадний газ CO та метан CH₄). Параметри систем вентиляції зведені у таблицю 7.2.

Таблиця 7.2

Розрахункові показники систем вентиляції котельні

Система / Контур вентиляції	Спосіб спонукання руху повітря	Кратність повітрообміну, год ⁻¹	Критерій автоматичного запуску системи
Загальнообмінна припливна	Природний (через жалюзі)	За розрахунком на горіння	Безперервно в процесі роботи котлів
Загальнообмінна витяжна	Комбінований (дефлектори + механічний)	3,0	Постійно для видалення тепловиділень
Аварійна витяжна	Механічний (осьові вибухозахищені вентилятори)	8,0	Сигнал від датчиків загазування (CO / CH ₄)

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі виконано комплексне проєктування твердопаливної котельні для лікувально-профілактичного комплексу з метою підвищення надійності та енергетичної автономності системи теплопостачання медичного закладу. Актуальність теми зумовлена сучасними викликами у сфері паливно-енергетичного забезпечення, необхідністю зменшення залежності від природного газу та забезпечення безперебійного теплопостачання об'єктів критичної інфраструктури, до яких належать заклади охорони здоров'я.

В умовах нестабільності енергетичного ринку та ризиків перебоїв із постачанням традиційних енергоносіїв особливого значення набуває впровадження резервних джерел теплоти на базі місцевих відновлюваних видів палива. Використання твердопаливних котлів на дровах дозволяє забезпечити паливну диверсифікацію, підвищити рівень енергетичної безпеки об'єкта та знизити залежність від централізованих систем постачання природного газу.

Об'єктом дослідження у роботі є локальна система теплопостачання лікувально-профілактичного комплексу. Предметом дослідження виступають технологічні схеми обв'язування твердопаливних котлоагрегатів, гідравлічні режими трубопровідних систем, виконаних із електрозварних труб відповідно до вимог ДСТУ 8943:2019, а також технологія виконання будівельно-монтажних робіт і організація систем контрольно-вимірювальних приладів та автоматики.

У процесі виконання роботи було розроблено технічне рішення щодо інтеграції резервного твердопаливного контуру потужністю 1,6 МВт до існуючої системи газової котельні. Обґрунтовано вибір двох твердопаливних котлів одиничною потужністю по 800 кВт, що забезпечують необхідний рівень резервування та підвищують надійність теплопостачання медичного закладу.

Розроблено принципову технологічну схему підключення

твердопаливних котлів до існуючих теплових мереж із використанням наявних мережевих насосів та вузла підживлення. Визначено алгоритм роботи запірної арматури та порядок перемикання між газовим і твердопаливним контурами, що дозволяє забезпечити безпечну та стабільну експлуатацію системи у різних режимах роботи.

У розрахунковій частині виконано визначення річного теплового балансу котельні. Встановлено, що річне вироблення теплової енергії становить 12,567 тис. ГДж/рік при 1875 годинах використання встановленої потужності. Розраховано річну потребу у твердому паливі, яка складає 8277,5 тонн дров. Отримані результати підтверджують можливість забезпечення необхідних теплових навантажень лікувального закладу за рахунок використання твердого палива.

У роботі також приділено увагу питанням монтажу трубопровідних систем та проведення гідравлічних випробувань. Обґрунтовано необхідність прокладання горизонтальних трубопроводів з ухилом не менше 0,002, визначено вимоги до кріплення трубопроводів на кронштейнах та підвісках, а також встановлено параметри проведення гідравлічних випробувань пробним тиском 3,0 кг/см² до виконання теплоізоляційних робіт.

Окремо розглянуто питання організації контрольно-вимірювальних приладів та автоматики, що забезпечують контроль температурних режимів, тиску та безпечної роботи котельного обладнання. Передбачені технічні рішення сприяють підвищенню надійності експлуатації та своєчасному реагуванню на можливі аварійні ситуації.

Таким чином, результати виконаної кваліфікаційної роботи підтверджують технічну, енергетичну та експлуатаційну доцільність впровадження твердопаливної котельні як резервного джерела теплоти для лікувально-профілактичного комплексу. Запропоновані рішення дозволяють забезпечити стабільне теплопостачання медичного закладу, підвищити рівень енергетичної незалежності та ефективно використовувати місцеві відновлювані паливні ресурси.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Закон України «Про теплопостачання» №2633-IV від 02.06.2005 р. (зі змінами станом на 2025 р.).
2. Закон України «Про енергетичну ефективність» №1818-IX від 21.10.2021 р.
3. ДБН В.2.5-39:2008. Теплові мережі. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2009.
4. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. – Київ: Мінрегіон України, 2013.
5. Ісаченко В. П., Осипова В. А., Сукомел А. С. Теплопередача. – Київ: Вища школа, 2020.
6. Коваленко О. Є. Системи теплопостачання будівель. – Харків: ХНУБА, 2023.
7. Бабак В. П. Енергозбереження в теплотехнологіях. – Київ: Техніка, 2021.
8. Zhuvahina, I. (2026, April). Strategic transformation of the Ukrainian peat industry: from state-owned stagnation to private-sector modernization. In *Імперативи економічного зростання в контексті реалізації Глобальних цілей сталого розвитку*. Київський національний університет технологій та дизайну.
9. Iryna, Z. STRATEGIC TRANSFORMATION OF THE UKRAINIAN PEAT INDUSTRY: FROM STATE-OWNED STAGNATION TO PRIVATE-SECTOR MODERNIZATION. *технологій та дизайну*, 2026.
10. Chorna, M., Buhrimenko, R., Smirnova, P., Shynkar, S., & Zhuvakina, I. (2019). USE OF CONSOLIDATION STRATEGIES IN ORDER TO IMPROVE THE CORPORATE SECURITY: METHODOLOGICAL ASPECT. *Journal of Security & Sustainability Issues*, 8(4), 783.

11. Жувагіна, І. О., & Замарайкіна, Т. С. (2022). Потенціал торговельного підприємства: загальнонаукові підходи до формування та реалізації.
12. Iermakova, O., Zhuvahina, I., Metelytsia, V., & Dmytryshyn, R. (2024, December). Conceptual principles of ecologically safe development of aquaculture. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1429, No. 1, p. 012004). IOP Publishing.
13. Taranenko, I., Chychun, V., Korolenko, O., Goncharenko, I., & Zhuvahina, I. (2021). Management of the Process of E-Commerce Development in Business on the Example of the European Union. *Studies of Applied Economics*, 39(5).
14. Chorna, M., Bezghinova, L., Dorokhov, O., Zhuvahina, I., & Volosov, A. (2021). Efficiency of Retail Enterprises in Context of Achievement of Competitive Advantages: Ukrainian Realities. *TEM Journal*, 10(3), 1072.
15. Murashko, O., Havrylyuk, R., Zhuvahina, I., Chornovol, A., & Andriyenko, M. (2021). Economic and legal aspects of EU insurance market development.
16. Жувагіна, І. О. (2021). Тенденції інноваційного розвитку соціально-орієнтованої економіки країни.
17. Жувагіна, І. О., & Химорода, І. І. (2022, October). Стратегічні імперативи забезпечення стійкого функціонування промислових підприємств як основи розвитку національної економіки. In *The 10 th International scientific and practical conference "Eurasian scientific discussions" (October 23-25, 2022)* Barca Academy Publishing, Barcelona, Spain. 2022. 474 p. (p. 405).
18. Kovshun, N., Solodkyu, V., Zhuvahina, I., Malanchuk, L., Banar, O., & Krysak, A. (2025, December). Substantiation of Business Projects for the Transition of Regional Heat and Power Industry to the Use of Local Fuels: Energy, Economic and Environmental Aspects. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1576, No. 1, p. 012011). IOP Publishing.

19. Iryna, Z. (2022, June). WAR IN UKRAINE AND ITS ECONOMIC CONSEQUENCES. In *The 12 th International scientific and practical conference “International scientific innovations in human life” (June 8-10, 2022)* Cognum Publishing House, Manchester, United Kingdom. 2022. 991 p. (p. 843).
20. Жувагіна, І. О. (2024). ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ В БІЗНЕСІ: СУЧАСНІ ТРЕНДИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ІНТЕГРУВАННЯ. *Матеріали публікуються за оригіналами, наданими авторами. Претензії до організаторів не приймаються. Головний редактор д. т. н., проф. Петренко ВО Науковий редактор д. т. н., проф. Молоканова ВМ Науковий редактор к. т. н., доц. Дорожко ГК*, 342.
21. Zhuvahina, I., Naumenko, V., & Naumenko, M. (2017). THE STATE OF DIGITALIZATION OF UKRAINE'S ECONOMY ON THE PATH TO EUROPEAN INTEGRATION.
22. Wang L. Modern Heating Boiler Technologies. – Springer, 2022.
23. Reay D., McGhee J. Heat Pumps and Heat Recovery. – Butterworth-Heinemann, 2021.
24. Smith R. Energy Management Principles. – Elsevier, 2020.
- Lund H., Østergaard P. A. Smart energy systems and 4th generation district heating // *Energy*. – 2021. – Vol. 223. – P. 120082.
25. Kontu K., Rinne S. Performance analysis of biomass boiler systems in district heating // *Renewable Energy*. – 2022. – Vol. 186. – P. 350–362.
26. Wang Y., Li X. Optimization of biomass-fired heating systems using energy efficiency criteria // *Energy Reports*. – 2023. – Vol. 9. – P. 1145–1158.
27. Arabkoohsar A., Andresen G. B. Integration of renewable heat sources into district heating systems // *Applied Thermal Engineering*. – 2021. – Vol. 195. – P. 117168.
28. Zhang H., Li J. Hydraulic balancing and control strategies for heating networks // *Sustainable Energy Technologies and Assessments*. – 2022. – Vol. 52. – P. 102115.

29. Жувагіна, І. О., & Колісніченко, А. О. (2018). Механізм управління розвитком та ефективним використанням трудового потенціалу підприємства.
30. Sayegh M. A., Danielewicz J. Energy efficiency enhancement in boiler plants // *Energy Conversion and Management*. – 2020. – Vol. 205. – P. 112425.
31. Ommen T., Elmegaard B. Dynamic modeling of district heating systems with renewable integration // *Applied Energy*. – 2021. – Vol. 299. – P. 117283.
32. Жувагіна, І. О., & Флакей, М. Д. (2023, March). Визначення пріоритетів у промисловості України. In *The 3 rd International scientific and practical conference “Innovations and prospects in modern science” (March 13-15, 2023) SSPG Publish, Stockholm, Sweden. 2023. 350 p.* (p. 331).
33. Pieper H., Paardekooper S. Future role of biomass in sustainable heating systems // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. – 2023. – Vol. 169. – P. 112912.
34. Li H., Nord N. Temperature optimization in district heating substations // *Energy and Buildings*. – 2022. – Vol. 254. – P. 111567.
35. Volkova A., Mašatin V. Energy flexibility in decentralized heating systems // *Energies*. – 2021. – Vol. 14(19). – P. 6208.
36. Kragh J., Rose J. Low-temperature district heating for energy-efficient buildings // *Buildings*. – 2020. – Vol. 10(12). – P. 235.
37. Hepbasli A., Kalinci Y. Renewable energy applications in heating systems // *Renewable Energy*. – 2021. – Vol. 163. – P. 160–175.
38. Balen I., Maljković D. Techno-economic assessment of biomass heating plants // *Thermal Science*. – 2024. – Vol. 28(1). – P. 85–97.
39. Kozlov Y., Hrabovska O. Improving reliability of hospital heat supply systems under emergency conditions // *Energy Engineering and Control Systems*. – 2024. – Vol. 10(2). – P. 44–53.