

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

Навчально-науковий інститут атомної та теплової енергетики

Кафедра теплової та альтернативної енергетики

«На правах рукопису»

До захисту допущено:

УДК 620.9:697.32

Завідувачка кафедри

Ольга ЧЕРНОУСЕНКО

(підпис)

(Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

“ ” 2024 р.

Магістерська дисертація
на здобуття ступеня магістра
за освітньо-професійною програмою
«Теплоенергетика та теплоенергетичні установки електростанцій»
зі спеціальності 144«Теплоенергетика»

на тему: «Водогрійна котельня транспортного підприємства у

м. Бориспіль, Київської області»

Виконав: студент II курсу, групи ТУ-31мп

Василь ЧАСТОКОЛЯНИЙ

(Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

Науковий керівник доцент, кандидат техн. наук, с.н.с.

(Посада, науковий ступінь, вчене звання)

Петро БАРАБАШ

(Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

Консультант з питань доцент, кандидат техн. наук, доцент

охорони праці

(Посада, науковий ступінь, вчене звання)

(назва розділу)

Сергій КАШТАНОВ

(Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

Рецензент

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

(підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент

(підпис)

Науковий керівник

(підпис)

Київ – 2024 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 – другий (магістерський)
Спеціальність 144 «Теплоенергетика»
Освітньо-професійна програма
«Теплоенергетика та теплоенергетичні установки електростанцій»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувачка кафедри

Ольга ЧЕРНОУСЕНКО
(Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

“ ____ ” _____ 2024 р.

**ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту**

Василію Частоколяному
(Ім'я, прізвище)

1. Тема дисертації: «Водогрійна котельня транспортного підприємства у м. Бориспіль, Київської області».

Науковий керівник дисертації Петро Барабаш, к.т.н.,с.н.с.,

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

затверджені наказом по університету від « ____ » _____ 2024 р. № _____

2. Термін подання здобувачем дисертації 15.12.2024 р.

3. Об'єкт дослідження Водогрійна котельня

4. Вихідні данні: Потоки теплоти: на опалення $Q_0 = 2,8 \text{ МВт}$; на вентиляцію $Q_v = 2,2 \text{ МВт}$; на ГВП: зимовий режим $Q_{\text{ГВП}}^3 = 0,6 \text{ МВт}$; літній режим $Q_{\text{ГВП}}^л = 0,4 \text{ МВт}$;

5. Перелік завдань, які необхідно розробити:

- 1) Визначити загальне теплове навантаження котельні;
- 2) Розробити теплову схему котельні;
- 3) Розрахувати теплову схему котельні;
- 4) Розробити систему газопостачання;
- 5) Вибрати основне та допоміжне обладнання;
- 6) Розробити основні рішення з автоматизації;
- 7) Розробити заходи з охорони праці;

8) Розробити стартап-проект.

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:

- 1) Теплова схема – 1 арк. ф. А1;
- 2) Компоновка обладнання (план, розрізи) – 5 арк. ф. А1;
- 3) Схема автоматизації – 1 арк. ф. А1;
- 4) Внутрішнє газопостачання – 1 арк. ф. А1.

8. Консультанти розділів дисертації*

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

9. Дата видачі завдання 28.10.2024 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Теплові навантаження	04.11.2024 р.	
2	Основні технічні рішення	11.11.2024 р.	
3	Розробка теплової схеми	14.11.2024 р.	
4	Розрахунки тепломеханічної частини	20.11.2024 р.	
5	Вибір основного обладнання	22.11.2024 р.	
6	Вибір допоміжного обладнання	20.11.2024 р.	
7	Автоматизація технологічних процесів	25.11.2024 р.	
8	Розробка стартап-проекту	30.11.2024 р.	
9	Заходи з охорони праці	08.12.2024 р.	
10	Графічна частина	06.12.2024 р.	
11	Оформлення пояснювальної записки	15.12.2024 р.	

Студент

_____ (підпис)

Василь ЧАСТОКОЛЯНИЙ
(Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Науковий керівник

_____ (підпис)

Петро БАРАБАШ
(Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

* Консультантом не може бути зазначено наукового керівника магістерської дисертації.

АНОТАЦІЯ

Магістерська дисертація на здобуття ступеня магістра за освітньо-професійною програмою підготовки на тему: “Водогрійна котельня транспортного підприємства у м. Бориспіль»: пояснювальна записка на 120 с., 4 рис., 7 табл., 18 бібліографічних найменувань; 9 креслеників ф. А1.

Об’єкт дослідження – система теплопостачання транспортного підприємства.

Предмет дослідження – водогрійна котельня.

Мета роботи – проектування котельні, здатної ефективно функціонувати з урахуванням потреб існуючих та майбутніх об’єктів, забезпечуючи високий рівень енергоефективності, надійності та екологічної безпеки.

У дисертації проаналізовано особливості системи теплопостачання, що включають оцінку існуючих і прогнозованих теплових навантажень. Виконано вибір основного обладнання, включаючи водогрійні котли, та допоміжних елементів, таких як насоси і системи управління. Наведено схему розміщення котельні в існуючій будівлі з описом будівельних характеристик.

Дослідження включає розрахунки щодо теплових втрат, вибору обладнання, а також аналіз впливу на навколишнє середовище, зокрема викидів шкідливих речовин. Проведено оцінку відповідності проекту сучасним стандартам з охорони праці та пожежної безпеки. Особливу увагу приділено розробці рішень, які сприяють підвищенню надійності та ефективності роботи котельні за різних умов експлуатації.

На кресленнях наведені теплова схема водогрійної котельні, пластинчатого теплообмінника та розташування обладнання

Ключові слова: водогрійна котельня, проектування, теплопостачання, енергоефективність, автоматизація, екологічна безпека, охорона праці, насос, теплові навантаження.

SUMMARY

Master's thesis for obtaining a master's degree under the educational and professional training program on the topic: "Design of a water-heating boiler room of a transport enterprise in the city of Boryspil": explanatory note on 120 pages, 4 figures, 7 tables, 18 bibliographic references; 9 drawings f. A1.

The object of research is the heat supply system of a transport enterprise.

The subject of the research is a water heating boiler house.

The purpose of the work is to design a boiler house capable of functioning effectively taking into account the needs of existing and future facilities, ensuring a high level of energy efficiency, reliability and environmental safety.

The dissertation analyzes the features of the heat supply system, including the assessment of existing and projected heat loads. The selection of the main equipment, including water heating boilers, and auxiliary elements, such as pumps and control systems, has been carried out. The layout of the boiler room in the existing building with a description of construction characteristics is given.

The study includes calculations regarding heat losses, equipment selection, and analysis of the impact on the environment, in particular emissions of harmful substances. An assessment of the project's compliance with modern occupational health and fire safety standards was carried out. Special attention is paid to the development of solutions that contribute to increasing the reliability and efficiency of the boiler room under various operating conditions.

The drawings show the thermal scheme of the water heating boiler room, the plate heat exchanger and the location of the equipment

Keywords: water heating boiler house, design, heat supply, energy efficiency, automation, environmental safety, labor protection, pump, heat loads.

**Пояснювальна записка
до магістерської дисертації**

на тему: «Водогрійна котельня транспортного підприємства
у м. Бориспіль, Київської області»

Київ – 2024 року

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ	9
ВСТУП.....	12
1 РОЗРОБКА ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ КОТЕЛЬНОЇ	14
1.1 Основні проектні рішення.....	14
1.2 Основне та допоміжне обладнання	16
1.3 Відведення димових газів.....	17
1.4 Обладнання для водопідготовки	17
1.5 Висновки за розділом 1	18
2 РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ.....	19
2.1 Вихідні дані до розрахунку	20
2.2 Розрахунок теплової схеми котельні для максимального зимового режиму	22
2.3 Висновки за розділом 2	35
3 ГАЗОПОСТАЧАННЯ.....	37
3.1 Розрахунок процесу повного згоряння палива	36
3.2 Визначення витрат палива.....	44
3.3 Вузол обліку витрати природного газу	45
3.4 Розрахунок висоти димової труби.....	46
3.5 Висновки за розділом 3	53
4 РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ГВП	55
4.1 Вихідні дані.....	55

						МД 24 144 22 19 ПЗ											
Зм.	Кільк.	Акр.	№док.	Підпис	Дата												
Розробив		Частоколяний				Водогрійна котельня Пояснювальна записка					Стадія		Аркуш		Аркушів		
Перевірив		Барабаш									М	Д	п	6		122	
Т.контр		Пешко									КПІ ім. Ігоря Сікорського Кафедра ТАЕ, Гр ТУ-31мп						
Н.контр		Боженко															
Зав.каф		Черноусенко															

4.2	Тепловий розрахунок.....	56
4.3	Конструктивний розрахунок.....	61
4.4	Перевірка величини обраної площі.....	64
4.5	Гідромеханічний розрахунок.....	66
4.6	Висновки за розділом 4.....	69
5	ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ТРУБОПРОВОДІВ.....	70
5.1	Трубопровід подачі води для системи опалення та вентиляції.....	70
5.2	Висновки за розділом 5.....	74
6	ВИБІР ОСНОВНОГО ТА ДОПОМІЖНОГО ОБЛАДНАННЯ	75
6.1	Котлоагрегати та пристрої для спалювання.....	75
	Основні переваги котлоагрегатів “Vitoplex-100”	76
	Пристрої для спалювання палива.....	76
6.2	Насоси.....	76
	6.2.1 Рециркуляційні насоси котлоагрегатів	77
6.3	Обладнання водопідготовки	79
6.4	Розширювальні баки	79
6.5	Висновки за розділом 6.....	80
7	ОСНОВНІ РІШЕННЯ З АВТОМАТИЗАЦІЇ.....	81
7.1	Технологічний контроль.....	81
7.2	Автоматичне регулювання	82
7.3	Технологічна сигналізація.....	84
7.4	Технологічний захист та блокування.....	85
7.5	Живлення засобів автоматизації та контролю	85
7.6	Щит оперативного керування	86

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		7

7.7 Висновки за розділом 7	86
8 РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЄКТУ	88
8.1 Розрахунок капітальних вкладень в автономну котельню	88
8.2 Розрахунок річних експлуатаційних витрат, грн.....	91
8.3 Порівняння варіантів теплопостачання для комплексу	93
8.4 Висновки за розділом 8.....	94
9 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	95
9.1 Технічні рішення та організаційні заходи для забезпечення безпечної експлуатації котельного обладнання	96
9.2. Технічні рішення та організаційні заходи з гігієни праці та виробничої санітарії	101
9.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях	105
9.4 Висновки за розділом 9.....	113
ВИСНОВКИ.....	115
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	118
Додаток А Перевірка магістерської дисертації на академічну доброчесність...	120

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		8

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

Умовні позначення

V – об'єм;

m – кількість людей;

D – витрата пари;

P – тиск;

g – відсоток повернення конденсату;

t – температура;

n – кількість діб;

Q – тепловий потік, кількість теплоти;

q – питома опалювальна характеристика/питома кількість теплоти;

α – коефіцієнт;

a – норма витрати води;

b – норма витрати води;

β – поправковий коефіцієнт;

T – кількість годин;

i – питома ентальпія;

c – теплоємність;

k – коефіцієнт;

Π – міра безперервного продування;

h – питома ентальпія;

G – витрата води;

N – кількість;

η – ККД;

d – вологовміст / діаметр;

ρ – густина;

B – витрата палива;

L – витрата повітря / димових газів;

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
							9
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

ω – швидкість;
 K – коефіцієнт теплопередачі;
 Δt – температурний перепад;
 F – площа поверхні;
 ΔP – опір;
 l – довжина;
 φ – відносна вологість;
 θ – коефіцієнт байпасування;
 f – площа поперечного перерізу;
 Π – вартість одиниці;
 λ – опір на тертя;
 ζ – коефіцієнт місцевих опорів;
 ν – кінематична в'язкість;
 Re – число Рейнольдса;
 R – питомі втрати теплоти;
 μ – коефіцієнт;
 E – економічна ефективність освітленість;
 Z_n – нормативний термін окупності;
 Φ – термін зміни виробничої технології;
 M – молекулярна вага пари;
 I – сила струму;

Індекси

Нижні:

п – повітря;	макс – максимальний;
річн – річна;	о – опалення;
хв – холодна вода;	сист – система;
р – розрахункова;	пер – перепуск;

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		10

сер – середній;

гв – гаряча вода;

вн – внутрішній;

в – вода;

рец – рециркуляція;

вит – витікання;

в.к – водогрійний котел;
вентиляція;

п.к – паровий котел;

г – димові гази;

к.г – кількість димових газів;

вип – випар;

пр – продувальна

вода; Верхні:

в – відпуск;

в.п – власні потреби;

гв – гаряча вода;

ном – номінальна;

м – мережа;

котли. ж – житлові;

Скорочення

ДБН – Державні будівельні норми;

НПАОП – Нормативно-правові акти з охорони

праці; ДСН – Державні санітарні норми;

ДСТУ – Державні стандарти України.

мн – мережний насос;

зав – завантаження;

с.в – сира вода;

хво – хімічно очищена вода;

д – даератор;

о.в – опалення та

сп – споживачі;

к – конденсат;

тах – максимальний;

т - теплоутилізатор

г – громадські;

п – промислові;

сп – споживчі;

п – парові котли;

в – водогрійні

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
							11
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

ВСТУП

З огляду на високі темпи житлового будівництва, постійне збільшення чисельності населення та розвиток нових підприємств у місті Києві та Київській області, спостережувані за останні роки, зростає потреба в забезпеченні теплопостачання. Питання енергозбереження в Україні набуло значення одного з основних напрямів державної політики.

Нині значна частина теплопостачання в Україні забезпечується через систему теплофікації від великих теплоелектроцентралей (ТЕЦ). Однак організація теплопостачання за допомогою ТЕЦ не завжди є можливим варіантом через низку обмежень. Наприклад, для промислових підприємств, де використовують пару для технологічних процесів, є обмеження щодо радіусу транспортування, який становить близько 8-10 км. На такій відстані не завжди можна зосередити достатню кількість промислових об'єктів, що забезпечили б економічну доцільність будівництва ТЕЦ. Крім того, навіть у випадку успішного розміщення таких об'єктів, місця для житлових будинків там зазвичай вже не вистачає. Економічні розрахунки показують, що будівництво ТЕЦ виправдане лише за умови, що її теплова потужність на території перевищує 465 МВт.

У зв'язку з цим, у багатьох випадках більш економічно обґрунтованим і зручним є використання системи окремого енергопостачання: електричну енергію постачають електростанції, а теплову енергію у вигляді гарячої води та пари – місцеві котельні.

Магістерська дисертація присвячена проектуванню водогрійної котельні для транспортного підприємства в місті Бориспіль, Київської області. До складу об'єкта входять два адміністративні будинки та складське приміщення, а також передбачається будівництво житлових будинків (гуртожитків). Проектована котельня повинна мати можливість забезпечити не лише поточні потреби, але й покрити навантаження, які з'являться в майбутньому. Оскільки котельня буде єдиним джерелом теплопостачання для всього комплексу, вона повинна

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		12

забезпечувати енергетичні потреби систем опалення, вентиляції та гарячого водопостачання. Температурний режим роботи котельні встановлюється на рівні 95/70.

Котельня розміщуватиметься в уже існуючій будівлі на рівні 0,000. Будівля має цегляні стіни завтовшки 400 мм, а перекриття виконано з багатопустотних плит, що спираються на цегляні стіни. Покрівля – плоска.

Виробничий режим будівлі наступний:

- Котельня відноситься до категорії пожежної безпеки «Г»;
- Вогнестійкість – II ступінь;
- Клас відповідальності – II;
- Котельня працює в автоматичному режимі, що не передбачає наявність постійного обслуговуючого персоналу.

Цей дипломний проект охоплює такі питання:

- Проектування та розрахунок теплової схеми котельні;
- Розрахунок системи гарячого водопостачання;
- Газопостачання;
- Аеродинамічні та гідравлічні розрахунки трубопроводів і димоходів котельні;
- Вибір основного та допоміжного обладнання котельні на основі проведених розрахунків;
- Впровадження автоматизаційних систем та заходів охорони праці;
- Техніко-економічне обґрунтування доцільності будівництва котельні.

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
							13
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

1 РОЗРОБКА ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ КОТЕЛЬНОЇ

Теплова схема була створена з урахуванням потреб комплексу та призначення котельні. Схема передбачає:

- подачу гарячої води з температурним режимом 95-70 °С для забезпечення опалення та вентиляційних потреб транспортного підприємства в м. Бориспіль, Київської області, у достатній кількості для покриття теплових навантажень цих систем;
- підготовку води для системи гарячого водопостачання майнового комплексу.

1.1 Основні проектні рішення

Підігріта мережева вода з температурою 95 °С подається від котлів до розподільчого колектора, розташованого в приміщенні котельні. Від колектора вода розподіляється до систем опалення та вентиляції, а також до контуру для підготовки теплоносія для гарячого водопостачання.

Регулювання температури теплоносія для системи опалення залежно від температури зовнішнього середовища здійснюється безпосередньо в котельні завдяки застосуванню систем автоматизації, що забезпечують погодозалежне управління теплогенерацією.

Підтримка необхідної температури теплоносія (70 °С) на вході в кожний котел забезпечується за допомогою рециркуляційних насосів.

Підготовка води для потреб гарячого водопостачання споживачів комплексу виконується в пластинчастому теплообміннику. Бак-акумулятор води та насоси системи гарячого водопостачання розташовані поза межами котельні, у тепловій пункті комплексу.

Зворотна мережева вода з температурою 70 °С після проходження через систему опалення надходить у водогрійні котли, де підігрівається до 95 °С. Пальне для роботи котлів – природний газ. Кожен котел обладнаний окремою

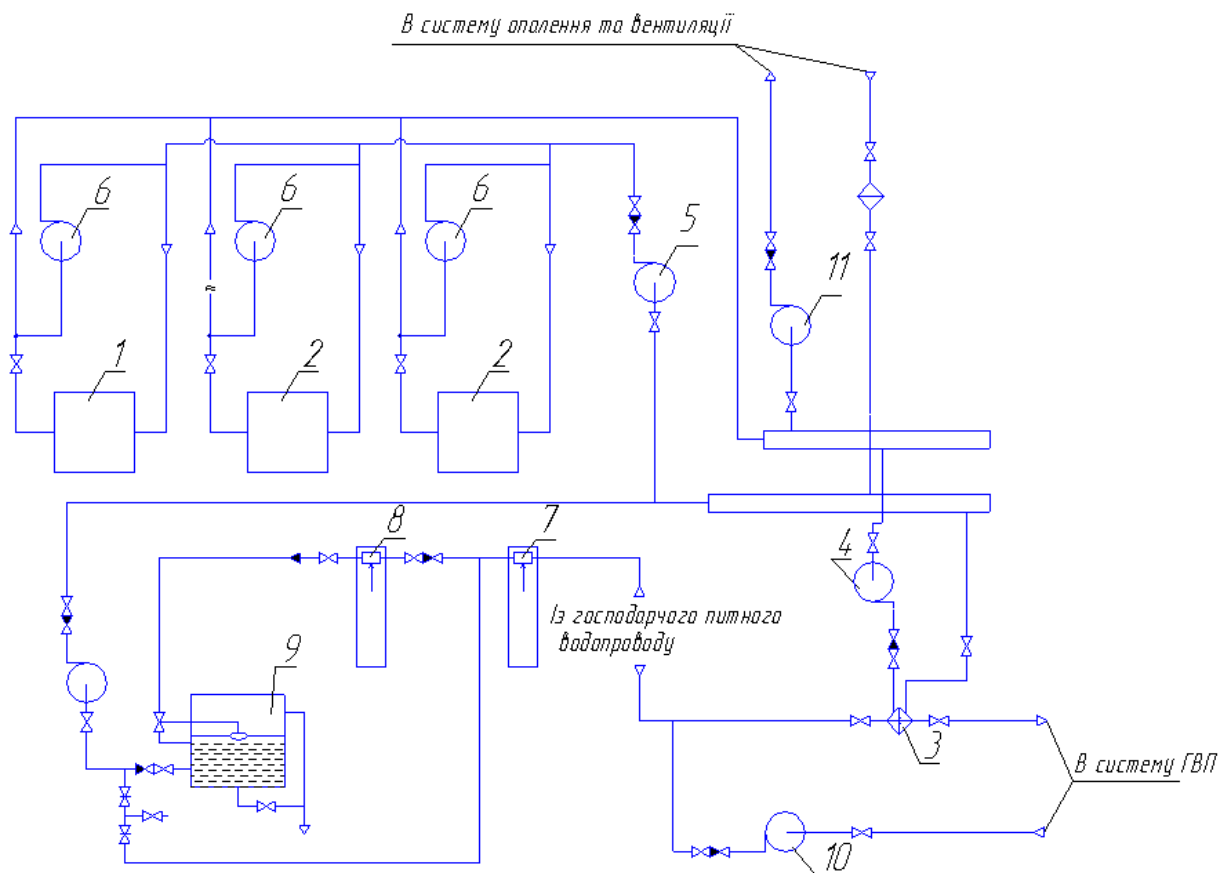
						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		14

димовою трубою, яка забезпечує відведення димових газів за допомогою природної тяги.

Підтримка необхідного статичного тиску в системі опалення, а також підживлення цих систем виконується за допомогою підживлювальних насосів.

Для стабілізації та врівноваження циклів підживлення біля кожного котла встановлено розширювальний бак марки "Reflex".

Схематичне зображення теплової схеми котельні наведено на рисунку 2.1.



1-котел постійної теплогенерації; 2-котел погодозалежної теплогенерації; 3- ТОА для підігріву води на ГВП; 4-циркуляційний насос ГВП; 5-циркуляційний насос мережевої води; 6-рециркуляційний насос котла; 7- пом'якшувальна установка; 8-установка хімічної деаерації; 9-бак ХВО; 10- рециркуляційний насос ГВП споживача; 11 – циркуляційний насос води систему опалення та вентиляції.

Рисунок 2.1 – Принципова тепла схема котельні.

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		15

1.2 Основне та допоміжне обладнання

1.2.1 Котлоагрегати

Для забезпечення необхідних теплових потреб було прийнято рішення використовувати котли марки "Vitoplex-100" від німецької компанії "Viessman", які будуть оснащені стандартним обладнанням і системою регулювання, що враховує зовнішні погодні умови.

Основні переваги таких котлоагрегатів включають:

а) Програмована теплогенерація з можливістю змінної температури теплоносія, що забезпечує ефективність і екологічну економію.

б) Трикамерна схема газових каналів у котловому блоці з низьким тепловим навантаженням у камері згоряння, що сприяє мінімальному виділенню оксидів азоту.

в) Коефіцієнт корисної дії на рівні 94%.

г) Компактна конструкція, що полегшує транспортування і встановлення котла на об'єкті.

д) Великі водяні об'єми і широкі канали між жаровими трубами забезпечують ефективну природну циркуляцію і стабільний нагрів води до заданої температури.

е) Ефективність і надійність роботи котлів підтримується цифровою системою управління "Vitoltronic".

Котли серії "Vitoplex" мають сертифікацію Держстандарту України та дозволені для використання відповідно до вимог Держнагляду з охорони праці України.

1.2.2 Пристрої для спалювання палива

Як паливо використовується природний газ, що надходить із середньотискового газопроводу, прокладеного в місті Бориспіль. Для його спалювання встановлені газові пальники двоступеневого типу WG40/1-A, ZM-LN потужністю 972 кВт від компанії "Weishaupt". Ці пальники відзначаються високими екологічними стандартами, мають сертифікацію Держстандарту

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		16

України та дозволені до експлуатації згідно з вимогами Держнагляду з охорони праці України.

1.2.3 Насоси

Для забезпечення перекачування теплоносія на всі потреби котельні було обрано насоси від компанії "Wilo", які постачаються з електродвигунами. Ці насоси характеризуються високими експлуатаційними та економічними показниками, а також гарантують стабільну та безперебійну роботу системи. Насоси "Wilo" мають сертифікацію Держстандарту України і відповідають вимогам Держнагляду з охорони праці України.

1.3 Відведення димових газів

Відведення димових газів здійснюється за допомогою окремих димових труб для кожного котла. Кожна труба має діаметр 500 мм і висоту 20 м, що забезпечує необхідну природну тягу для видалення димових газів і дотримання умов комфорту для сусідніх будівель. Труби та газоходи виготовляються в блочному виконанні з нержавіючої сталі з ізоляційним покриттям. Виготовлення та монтаж проводяться компанією "Соф'я" за технологією німецької фірми "Joset Shahl".

1.4 Обладнання для водопідготовки

Підготовка підживлювальної води здійснюється безпосередньо у приміщенні котельні. Автоматичне підживлення теплової мережі виконується установкою "Hidrojet", яка включає підживлювальний насос та резервуар для хімічно очищеної води (ємність резервуара становить 1 м³). Сира вода з господарського водопроводу надходить через систему фільтрів для очищення від механічних домішок до автоматичної водопом'якшувальної установки S100F виробництва компанії "Ecowater Sistem". Система водопідготовки також містить установку для хімічної деаерації та видалення залишкової жорсткості, оснащену насосом типу "Medomat" від фірми "BWT".

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
							17
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

1.5 Висновки за розділом 1

Розроблена теплова схема котельні в м. Бориспіль відповідає потребам комплексу, забезпечуючи ефективну подачу тепла для систем опалення, вентиляції та гарячого водопостачання. Основні проектні рішення передбачають використання сучасних котлів "Vitoplex-100", пальників "Weishaupt" і насосів "Wilo", які гарантують високу ефективність і надійність роботи системи. Застосовані компоненти сертифіковані та відповідають національним стандартам безпеки і якості. Всі елементи котельні, включаючи систему димоходів та водопідготовки, інтегровані для забезпечення безперебійної роботи, екологічної відповідності та комфорту споживачів.

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
							18
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

2 РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ

У цьому розділі буде виконано розрахунок теплової схеми котельні для закритої системи теплопостачання, що передбачає приготування води для гарячого водопостачання. Розрахунок проводиться відповідно до джерела [1]. Теплова схема розраховується для трьох режимів:

I – максимальний зимовий режим із розрахунковою температурою зовнішнього повітря для проєктування опалення $t_{po} = -22^{\circ}\text{C}$;

II – режим із середньою температурою найбільш холодного місяця, $t_{ср.х.м} = -5,9^{\circ}\text{C}$;

III – літній режим.

Результати для режиму I використовуються для визначення основного обладнання котельні.

На основі режиму II обирається одинична потужність котлоагрегатів і вирішується питання про встановлення резервних котлів. У випадку виходу з ладу одного (найпотужнішого) котла, решта обладнання повинна забезпечувати достатнє теплопостачання для систем опалення, вентиляції та гарячого водопостачання при середній температурі найбільш холодного місяця.

Режим III демонструє використання встановленого обладнання та середні витрати тепла на власні потреби котельні, що є основою для розрахунку собівартості тепла, яке постачається.

Вхідні дані для всіх режимів узагальнені у таблиці 3.1, результати наведені в таблиці 3.2, а детальні розрахунки подаються лише для максимального зимового режиму.

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		19

2.1 Вихідні дані до розрахунку

Таблиця 2.1 – Вихідні дані до розрахунку теплової схеми котельні.

Показник	Позначення	Одиниця	Розрахункові режими		
			I	II	III
1	2	3	4	5	6
1. Температура зовнішнього повітря, для О/В	t_z	$^{\circ}\text{C}$	-22	-5.9	-
2. Температура повітря всередині опалювальних приміщень	$t_{\text{вн}}$	$^{\circ}\text{C}$	18	18	-
3. Максимальний (розрахунковий) потік теплоти на опалення і вентиляцію	$Q_{\text{о.в. м.}}$	МВт	5.0	5.0	-
4. Середній потік теплоти на гаряче водопостачання	$Q_{\text{г.в. ср.}}$	МВт	0.6	0.6	0.4
5. Номінальна потужність одного водогрійного котла	$Q_{\text{к}}^{\text{ном}}$	МВт	1.895	1.895	1.895

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	8
6. Номінальна витрата води через один котел	$G_K^{\text{ном}}$	кг/с	19,6	19.6	19.6
7. Питомий об'єм води в системі теплопостачання відносно сумарного відпуску теплоти	$g_{\text{сис}}$	кг/МВт	56000	-	-
8. Коефіцієнт зниження витікання води в системі теплопостачання	$k_{\text{вит}}$	-	1	1	0,5
9. Максимальна температура прямої мережевої води	$t_{1 \text{ мах}}$	$^{\circ}\text{C}$	95	-	-
10. Максимальна температура зворотної мережевої води	$t_{2 \text{ мах}}$	$^{\circ}\text{C}$	70	-	-
11. Температура сирі води на вході в котельню	T_1	$^{\circ}\text{C}$	5	5	15

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		21

2.2 Розрахунок теплової схеми котельні для максимального зимового режиму

2.2.1 Температура зовнішнього повітря в точці злому температурного графіка мережевої води, $^{\circ}\text{C}$

$$t_{\text{х.зл}} = t_{\text{т.зл}} = t_{\text{вн}} - 0,354(t_{\text{вн}} - t_{\text{р.о.}}), \quad (2.1)$$

де $t_{\text{вн}}$ – розрахункова температура внутрішнього повітря, $^{\circ}\text{C}$;

$t_{\text{р.о.}}$ – розрахункова температура зовнішнього повітря для опалювання, $^{\circ}\text{C}$.

$$t_{\text{х.зл}} = 18 - 0,354(18 + 22) = 3,48^{\circ}\text{C}.$$

2.2.2 Коефіцієнт зниження витрати теплоти на опалення і вентиляцію в залежності від температури зовнішнього повітря

$$K_{\text{о.в.}} = \frac{t_{\text{вн}} - t_3}{t_{\text{вн}} - t_{\text{р.о.}}}, \quad (2.2)$$

де t_3 – розрахункова температура зовнішнього повітря, $^{\circ}\text{C}$;

$t_{\text{вн}}$ – розрахункова температура внутрішнього повітря, $^{\circ}\text{C}$;

$t_{\text{р.о.}}$ – розрахункова температура зовнішнього повітря для опалювання, $^{\circ}\text{C}$.

$$K_{\text{о.в.}} = \frac{18 - (-22)}{18 - (-22)} = 1.$$

2.2.3 Сумарний потік теплоти на опалення і вентиляцію, МВт

$$Q_{\text{о.в.}} = Q_{\text{о.в.м}} \cdot K_{\text{о.в.}}, \quad (2.3)$$

де $Q_{\text{о.в.}}$ – сумарний потік теплоти на опалення та вентиляцію, МВт;

$K_{\text{о.в.}}$ – коефіцієнт зниження потоку теплоти на опалення та вентиляцію в залежності від температури зовнішнього повітря.

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		22

$$Q_{o.B}=5.0 \cdot 1=5.0 \text{ МВт.}$$

2.2.4 Сумарний потік теплоти на гаряче водопостачання, МВт

$$Q_{Г.В.} = Q_{Г.В.ср.} \quad (2.4)$$

де $Q_{Г.В.ср.}$ – середній потік теплоти на ГВП за опалювальний період, МВт.

$$Q_{Г.В.}=0.6 \text{ МВт.}$$

2.2.5 Загальне теплове навантаження котельні, МВт

$$Q = Q_{o.B} + Q_{Г.В.}, \quad (2.5)$$

де $Q_{o.B}$ – сумарний потік теплоти на опалення та вентиляцію, МВт;

$Q_{Г.В.}$ - сумарний потік теплоти на гаряче водопостачання, МВт.

$$Q = 5.0 + 0.6 = 5.6 \text{ МВт.}$$

2.2.6 Температура мережевої води в подаючому трубопроводі до споживача при температурному графіку води 95-70, °С

$$t_1 = 18 + \left(\frac{95+70}{2} - 18 \right) \cdot K_{o.B.}^{0.8} + \left[95 - \frac{95+70}{2} \right] \cdot K_{o.B.}, \quad (2.6)$$

де $K_{o.B.}$ - коефіцієнт зниження витрат теплоти на опалення та вентиляцію в залежності від температури зовнішнього повітря.

$$t_1 = 18 + \left(\frac{95+70}{2} - 18 \right) \cdot 1 + \left[(95-70) - \frac{95-70}{2} \right] \cdot 1 = 95^\circ \text{C.}$$

2.2.7 Температура зворотної мережевої води після систем опалення і вентиляції, °С

$$t_2^{o.B.} = t_1 - (95 - 70) \cdot K_{o.B.}, \quad (2.7)$$

де t_1 - температура мережевої води в подаючому трубопроводі до споживача, °С;

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		23

$K_{o.b.}$ - коефіцієнт зниження витрат теплоти на опалення та вентиляцію в залежності від температури зовнішнього повітря.

$$t_2^{o.b.} = 95 - (95 - 70) \cdot 1 = 70^0 \text{C}.$$

2.2.8 Розрахункова витрата мережевої води для потреб опалення і вентиляції, кг/с

$$G_{ov} = \frac{Q_{ov} \cdot 10^6}{c_b \cdot (t_1 - t_2^{o.b.})}, \quad (2.8)$$

де $Q_{o.b.}$ – сумарний потік теплоти на опалення та вентиляцію, МВт;

c_b – питома масова теплоємність води $c_b = 4187 \text{ Дж} / (\text{кг} \cdot ^0 \text{C})$;

t_1 - температура мережевої води в подаючому трубопроводі до споживача, $^0 \text{C}$;

$t_2^{o.b.}$ - температура зворотної мережевої води після систем опалення і вентиляції, $^0 \text{C}$.

$$G_{o.b.} = \frac{5,0 \cdot 10^6}{4187 \cdot (95 - 70)} = 47,76 \text{ кг/с}.$$

2.2.9 Витрати води на потреби ГВП у споживачів, кг/с

$$G_{г.в.}^{сп} = \frac{Q_{г.в.} \cdot 10^6}{c_b \cdot (t_{г.в.} - T_1)}, \quad (2.9)$$

де $Q_{г.в.}$ – сумарний відпуск теплоти на ГВП, МВт;

c_b – питома масова теплоємність води $C_b = 4187 \text{ Дж} / (\text{кг} \cdot \text{K})$;

$t_{г.в.}$ - розрахункова температура гарячої води в системи теплопостачання (для всіх режимів $t_{г.в.} = 60^0 \text{C}$);

T_1 - температура сирої води на вході в котельню ($T_1 = 5^0 \text{C}$).

$$G_{г.в.}^{сп} = \frac{0,6 \cdot 10^6}{4187 \cdot (60 - 5)} = 2,6 \text{ кг/с}.$$

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		24

Підігрівачі систем ГВП можуть під'єднуватись по змішаній або паралельній схемі. Якщо $0.2 > Q_{Г.В.} / Q_{О.В.} > 1.0$ то підігрівачі під'єднуються за паралельною схемою, інакше за змішаною.

$$Q_{Г.В.} / Q_{О.В.} = \frac{0,6}{5,0} = 0.12$$

У нашому випадку вони під'єднуються за паралельною схемою.

2.2.10 При вмиканні підігрівачів ГВП за паралельною схемою додаткова витрата мережної води на ці підігрівачі, кг/с.

$$G_{Г.В.} = \frac{Q_{Г.В.} \cdot 10^6}{c_B \cdot (t_1 - t^{О.В.}_2)}, \quad (2.10)$$

де $Q_{Г.В.}$ – сумарний потік теплоти на ГВП, МВт;

c_B – питома масова теплоємність води $C_B = 4187$ Дж / (кг · К);

t_1 - температура мережевої води в подаючому трубопроводі до споживача, °С;

$t^{О.В.}_2$ - температура зворотної мережевої води після систем опалення і вентиляції, °С.

$$G_{Г.В.} = \frac{0.6 \cdot 10^6}{4187 \cdot (95 - 70)} = 5,73 \text{ кг/с.}$$

2.2.11 Загальна витрата мережевої води на виході з котельні (в подаючому трубопроводі)

$$G_{мер.} = G_{О.В.} + G_{Г.В.}, \quad (2.11)$$

де $G_{О.В.}$ - Розрахункова витрата мережевої води для потреб опалення і вентиляції, кг/с;

$G_{Г.В.}$ - Витрати води на підігрівачі системи ГВП, кг/с.

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		25

$$G_{\text{мер.}} = 47,76 + 5,73 = 53,5 \text{ кг/с.}$$

2.2.12 Витрата води для підживлення на поповнення витікання в тепловій мережі (постійна для всіх зимових режимів), кг/с

$$G_{\text{вит}} = \frac{0,75}{100 \cdot 3600} (Q_{\text{о.в.}} + Q_{\text{г.в.}}) \cdot g_{\text{сист.}} \cdot k_{\text{вит}}, \quad (2.12)$$

де $Q_{\text{о.в.}}$ – сумарний відпуск теплоти на опалення та вентиляцію, МВт;

$Q_{\text{г.в.}}$ - сумарний відпуск теплоти на гаряче водопостачання, МВт;

$g_{\text{сист.}}$ - питомий об'єм води в системі теплопостачання відносно сумарного відпуску теплоти на опалення вентиляцію та ГВП, кг/МВт;

$k_{\text{вит}}$ - коефіцієнт зменшення витоків в системі теплопостачання.

$$G_{\text{вит}} = \frac{0,75}{100 \cdot 3600} (5 + 0,6) \cdot 56000 \cdot 1 = 0,653 \text{ кг/с.}$$

2.2.13 Витрата зворотної мережевої води на вході в котельню, кг/с

$$G_{\text{мер}}^{\text{зв}} = G_{\text{мер}} - G_{\text{вит}}, \quad (2.13)$$

де $G_{\text{мер}}$ - загальна витрата мережевої води на виході з котельні, кг/с;

$G_{\text{вит}}$ - витрата води на поповнення витікання в тепловій мережі.

$$G_{\text{мер}}^{\text{зв}} = 53,5 - 0,653 = 52,847 \text{ кг/с.}$$

2.2.14 Необхідна кількість водогрійних котлів з округленням до найближчого більшого числа, шт.

$$N = \frac{Q}{Q_{\text{к}}^{\text{ном}}} \quad (2.14)$$

де Q - Загальне теплове навантаження котельні, МВт;

$Q_{\text{к}}^{\text{ном}}$ - номінальна теплова потужність одного котла (в проекті прийняті котли “Vitoplex-100” фірми “Viessman” номінальною потужністю 1.895 МВт).

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		26

$$N = \frac{5,6}{1.895} = 2,95 \approx 3 \text{ котлів}$$

2.2.15 Відсоток завантаження працюючих водогрійних котлів

$$k_{\text{зав}} = \frac{Q}{Q_{\text{к}}^{\text{ном}} \cdot N} \quad (2.15)$$

де Q - Загальне теплове навантаження котельні, МВт;

$Q_{\text{к}}^{\text{ном}}$ - номінальна теплова потужність одного котла;

N - кількість працюючих водогрійних котлів.

$$k_{\text{зав}} = \frac{5,6}{1,895 \cdot 3} \cdot 100\% = 98\%.$$

2.2.16 Теплове навантаження на один працюючий котел, МВт

$$Q_{\text{к}} = \frac{Q}{N}, \quad (2.16)$$

де Q - Загальне теплове навантаження котельні, МВт;

N - кількість працюючих водогрійних котлів.

$$Q_{\text{к}} = \frac{5,6}{3} = 1,86 \text{ МВт.}$$

2.2.17 Витрата мережевої води через один працюючий котел, кг/с

$$G_{\text{к}} = \frac{Q_{\text{к}}}{c_{\text{в}} \cdot (t_1 - t_2^{\text{о.в.}})}, \quad (2.17)$$

де $Q_{\text{к}}$ - теплове навантаження на один працюючий котел;

$c_{\text{в}}$ – питома масова теплоємність води $C_{\text{в}} = 4187 \text{ Дж / (кг} \cdot ^{\circ}\text{C)}$;

t_1 - температура мережевої води в подаючому трубопроводі до споживача, $^{\circ}\text{C}$;

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		27

$t_{2}^{o.B.}$ - температура зворотної мережевої води після систем опалення і вентиляції, $^{\circ}\text{C}$.

$$G_{\kappa} = \frac{1,86 \cdot 10^6}{4187 \cdot (95 - 70)} = 17,7 \text{ кг/с.}$$

так як $G_{\kappa} < G_{\text{BK}}$ (номінальної витрати води крізь один котел), приймаємо

$$G_{\kappa} = G_{\text{BK}} = 19,6 \text{ кг/с.}$$

2.2.18 Витрата мережевої води через всі працюючі котли, кг/с

$$G_{\kappa}^{\text{заг}} = N \cdot G_{\kappa}, \quad (2.18)$$

де N - кількість працюючих котлів;

G_{κ} - витрата мережевої води через один працюючий котел.

$$G_{\kappa}^{\text{заг}} = 3 \cdot 19,6 = 58,8 \text{ кг/с.}$$

2.2.19 Температура мережевої води на виході з котлоагрегатів, $^{\circ}\text{C}$

$$t_{\text{BK1}} = t_{\text{BK2}} + \frac{Q}{c_{\text{B}} \cdot G_{\kappa}^{\text{заг}}}, \quad (2.19)$$

де t_{BK2} - температура мережної води на вході у водогрійні котли (при спалюванні природного газу $t_{\text{BK2}} = 70^{\circ}\text{C}$ для всіх режимів);

Q - Загальне теплове навантаження котельні, МВт;

c_{B} – питома масова теплоємність води $C_{\text{B}} = 4187 \text{ Дж / (кг} \cdot \text{K)}$;

$G_{\kappa}^{\text{заг}}$ - витрата мережевої води через всі працюючі котли.

для першого режиму $t_{\text{BK1}} = 95^{\circ}\text{C}$.

2.2.20 Температура зворотної мережевої води перед насосами

$$t_3 = \frac{t_2^{o.B.} \cdot G_{\text{мер.зв.}} + T' \cdot G_{\text{вит}}}{G_{\text{мер}}} \quad (2.20)$$

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		28

де $t_{2}^{o.B}$ - температура зворотної мережевої води після систем опалення і вентиляції, $^{\circ}\text{C}$;

T' - температура води для підживлення ($T'=70^{\circ}\text{C}$);

$G_{\text{мер.зв}}$ - витрата мережевої води на вході в котельню, кг/с ;

$G_{\text{мер}}$ - загальна витрата мережевої води на виході з котельні, кг/с ;

$G_{\text{вит}}$ - витрата води на поповнення витікання в тепловій мережі для першого режиму $t_3 = 70^{\circ}\text{C}$.

2.2.21 Витрата води на рециркуляцію, кг/с

для режиму I

$$G_{\text{рец}} = G_{\text{к}}^{\text{заг}} - G_{\text{мер}}, \quad (2.21)$$

де $G_{\text{к}}^{\text{заг}}$ - витрата мережевої води через всі працюючі котли, кг/с ;

$G_{\text{мер}}$ - загальна витрата мережевої води на виході з котельні, кг/с ;

$$G_{\text{рец}} = 58,8 - 53,5 = 5,3 \text{ кг/с}$$

для режимів II-III

$$G_{\text{рец}} = G_{\text{к}}^{\text{заг}} \cdot \frac{t_{\text{вк2}} - t_3}{t_{\text{вк1}} - t_3}, \quad (2.22)$$

де $G_{\text{к}}^{\text{заг}}$ - витрата мережевої води через всі працюючі котли, кг/с ;

$t_{\text{вк2}}$ - температура мережної води на вході у водогрійні котли (при спалюванні природного газу $t_{\text{вк2}}=70^{\circ}\text{C}$ для всіх режимів);

$t_{\text{вк1}}$ - температура мережевої води на виході з котлоагрегатів, $^{\circ}\text{C}$;

t_3 - температура зворотної мережевої води перед насосами, $^{\circ}\text{C}$.

2.2.22 Витрата води крізь перепуск що регулюється, кг/с

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		29

$$G_{\text{пер}} = G_{\text{мер}} \cdot \frac{t_{\text{вн}} - t_1}{t_{\text{вкл}} - t_3}, \quad (2.23)$$

де $G_{\text{мер}}$ - загальна витрата мережевої води на виході з котельні, кг/с;

$t_{\text{вн}}$ - розрахункова температура внутрішнього повітря, °С;

t_1 - температура мережевої води в подаючому трубопроводі до споживача, °С;

$t_{\text{вкл}}$ - температура мережевої води на виході з котлоагрегатів, °С;

t_3 - температура зворотної мережевої води перед насосами, °С.

для першого режиму $G_{\text{пер}} = 0$ кг/с .

2.2.23 Дійсна витрата мережевої води, кг/с

$$G_{\text{мер}}^{\text{д}} = (G_{\text{к}}^{\text{заг}} - G_{\text{рец}}) + G_{\text{пер}}, \quad (2.24)$$

де $G_{\text{к}}^{\text{заг}}$ - витрата мережевої води через всі працюючі котли, кг/с;

$G_{\text{пер}}$ - витрата води крізь перепуск що регулюється, кг/с;

$G_{\text{рец}}$ - витрата води на рециркуляцію, кг/с.

$$G_{\text{мер}}^{\text{д}} = 58,8 - 5,3 = 53,5 \text{ кг/с}$$

2.2.24 Нев'язка балансу

$$\Delta G = \frac{|G_{\text{мер}}^{\text{д}} - G_{\text{мер}}|}{G_{\text{мер}}} \cdot 100\% \quad (2.25)$$

де $G_{\text{мер}}^{\text{д}}$ - дійсна витрата мережевої води;

$G_{\text{мер}}$ - загальна витрата мережевої води на виході з котельні, кг/с.

$$\Delta G = \frac{|53,5 - 53,5|}{53,5} \cdot 100\% = 0\%$$

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		30

Таблиця 2.2 – Результати розрахунків для всіх режимів.

Показник	Позначення	Одиниця	Розрахункові режими		
			I	II	III
1	2	3	4	5	6
1. Температура зовнішнього повітря	t_3	$^{\circ}\text{C}$	-22	-5.9	-
2. Коефіцієнт зниження витрати теплоти на опалення і вентиляцію в залежності від температури зовнішнього повітря	$K_{o.b.}$	-	1	0,6	-
3. Сумарний потік теплотинаопалення і вентиляцію	$Q_{o.b.}$	МВт	5,0	3	-
4. Сумарний потік теплоти на гаряче водопостачання	$Q_{г.в.}$	МВт	0.6	0.6	0.4
5. Загальне теплове навантаження котельні	Q	МВт	5,6	3,6	0,4

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6
6. Температура мережевої води в подаючому трубопроводі	t_1	$^{\circ}\text{C}$	95	90	70
7. Температура зворотної мережевої води після систем опалення і вентиляції	$t_2^{\text{о.в.}}$	$^{\circ}\text{C}$	70	53.5	60.9
8. Розрахункова витрата мережевої води для потреб опалення і вентиляції	$G_{\text{о.в.}}$	кг/с	47,76	47,76	-
9. Витрати води на потреби ГВП у споживачів	$G_{\text{Г.В.}}^{\text{сп}}$	кг/с	2,6	2,6	1,9
10. Загальна витрата мережної води на виході з котельні	$G_{\text{мер}}$	кг/с	53,5	56,17	9,12

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6
11. Витрата води для підживлення на поповнення витікання в тепловій мережі	$G_{\text{вит}}$	кг/с	0,653	0,458	0.11
12. Витрата зворотної мережевої води на вході в котельню	$G^{\text{зв}}_{\text{мер}}$	кг/с	52,847	55,367	8,869
13. Кількість працюючих котлів	N	шт.	3	2	1
14. Відсоток завантаження працюючих водогрійних котлів	$k_{\text{зав}}$	%	98,5	94,6	25,87
15. Теплове навантаження на працюючий котел	$Q_{\text{к}}$	МВт	1,86	1,83	0.184

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6
16. Витрата мережевої води через працюючий котел	G_k	кг/с	17,7	17,7	17,7
17. Витрата води через всі працюючі котли	$G_k^{заг}$	кг/с	58,8	58,8	17,7
18. Температура мережевої води на виході з котлоагрегатів	$t_{вк1}$	$^{\circ}\text{C}$	95	89.14	74.15
19. Температура мережевої води на вході в котлоагрегати	$t_{вк2}$	$^{\circ}\text{C}$	70	70	70
20. Температура мережевої води перед насосами	t_3	$^{\circ}\text{C}$	70	53.8	42.3
21. Витрата води на рециркуляцію	$G_{рец}$	кг/с	5,3	8,82	7.23
22. Витрата води крізь перепуск що регулюється	$G_{пер}$	кг/с	0	13.15	1.53

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6
23. Дійсна витрата мережевої води	$G_{\text{мер}}^{\text{д}}$	кг/с	53,5	55,76	8,8
Нев'язка	ΔG	%	0	1.3	1.7

2.3 Висновки за розділом 2

Цей уривок містить детальний розрахунок теплової схеми котельні для забезпечення закритої системи тепlopостачання з приготуванням води для гарячого водопостачання. Описані параметри та формули охоплюють різні режими роботи системи, включаючи максимальний зимовий, середній за холодний місяць, середній за опалювальний період, та літній режими.

Під час розрахунку визначаються ключові параметри:

- сумарні теплові потоки,
- температури води в системі,
- витрати води через котли,
- кількість необхідних котлоагрегатів,
- теплове навантаження на котли,
- витрата мережевої води на рециркуляцію.

Також розглядаються витрати води на підживлення системи та температура зворотної мережевої води перед насосами. Важливо, що підігрівачі систем ГВП підключаються за паралельною схемою у разі виконання певних умов. Кожна формула та рівняння використовуються для визначення специфічних показників, важливих для роботи котельні та підтримання оптимальних умов тепlopостачання.

3 ГАЗОПОСТАЧАННЯ

Цей розділ магістерської дисертації присвячено аналізу питань, пов'язаних із визначенням витрат палива для котельні та підбором обладнання для вузла обліку. Також проведено розрахунок висоти димової труби, враховуючи забезпечення самотяги для відведення продуктів згоряння, а також розсіювання шкідливих речовин у атмосфері.

3.1 Розрахунок процесу повного згоряння палива

Використовуваним паливом є природний газ, який постачається через газопровід середнього тиску, розташований у м. Бориспіль. Склад природного газу за сухою масою включає:

В якості палива використовується природний газ із газопроводу середнього тиску прокладеного у м. Бориспіль.

Склад природного газу по сухій масі складає:

$$CH_4 = 91,394 \% ;$$

$$C_2H_6 = 4,193 \% ;$$

$$C_3H_8 = 1,197 \% ;$$

$$C_4H_{10} = 0,322 \% ;$$

$$C_5H_{12} = 0,089 \% ;$$

$$C_6H_{14} = 0,067 \% ;$$

$$N_2 = 1,505 \% ;$$

$$CO_2 = 1,280 \% .$$

$$Q_H^p = 34,647 \text{ МДж} / \text{нм}^3 .$$

Вологовміст повітря, що надходить на горіння: $d_B = 10 \text{ г/кг с.п}$

Вологовміст газоподібного палива: $d_T = 3,5 \text{ г/кг с.п}$

Абсолютний тиск $P_{\text{абс}} = 101.3 \text{ кПа} .$

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
							36
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Коефіцієнт надлишку повітря складає $\alpha = 1,2$

3.1.1 Правильність завдання складу палива

$$\sum_{i=1}^4 G_i = 100 \%, \quad (3.1)$$

$$\sum_{i=1}^4 G_i = CH_4 + C_2H_6 + C_3H_8 + C_4H_{10} + C_5H_{12} + C_6H_{14} + C_2H_6 + N_2 + CO_2$$

$$\sum_{i=1}^4 G_i = 91,349 + 4,193 + 1,197 + 0,322 + 0,089 + 0,067 + 1,505 + 1,208 = 100\%$$

тобто, склад палива заданий вірно.

3.1.2 Коефіцієнт перерахування на вологий газ

$$k_r = \frac{804}{804 + d_r}, \quad (3.2)$$

$$k_r = \frac{804}{804 + 3,5} = 0.996.$$

3.1.3 Склад вологого газу

3.1.3.1 Відсотковий вміст CH_4 у вологому газі, %

$$CH_4^{вл} = CH_4 \cdot k_r, \quad (3.3)$$

$$CH_4^{вл} = 91,349 \cdot 0,996 = 90,98\%$$

3.1.3.2 Відсотковий вміст C_2H_6 у вологому газі, %

$$C_2H_6^{вл} = C_2H_6 \cdot k_r, \quad (3.4)$$

$$C_2H_6^{вл} = 4,193 \cdot 0,996 = 4,18\%$$

3.1.3.3 Відсотковий вміст C_3H_8 у вологому газі, %

$$C_3H_8^{вл} = C_3H_8 \cdot k_r, \quad (3.5)$$

$$C_3H_8^{вл} = 1,197 \cdot 0,996 = 1,19\%$$

3.1.3.4 Відсотковий вміст C_4H_{10} у вологому газі, %

$$C_4H_{10}^{вл} = C_4H_{10} \cdot k_r, \quad (3.6)$$

$$C_4H_{10}^{вл} = 0,322 \cdot 0,996 = 0,32\%$$

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		37

3.1.3.5 Відсотковий вміст C_5H_{12} у вологому газі, %

$$C_5H_{12}^{вл} = C_5H_{12} \cdot k_r, \quad (3.7)$$

$$C_5H_{12}^{вл} = 0,089 \cdot 0,996 = 0,09\%$$

3.1.3.6 Відсотковий вміст C_6H_{14} у вологому газі, %

$$C_6H_{14}^{вл} = C_6H_{14} \cdot k_r, \quad (3.8)$$

$$C_6H_{14}^{вл} = 0,067 \cdot 0,996 = 0,07\%$$

3.1.3.7 Відсотковий вміст N_2 у вологому газі, %

$$N_2^{вл} = N_2 \cdot k_r, \quad (3.9)$$

$$N_2^{вл} = 1,505 \cdot 0,996 = 1,45\%$$

3.1.3.8 Відсотковий вміст CO_2 у вологому газі, %

$$CO_2^{вл} = CO_2 \cdot k_r, \quad (3.10)$$

$$CO_2^{вл} = 1,280 \cdot 0,996 = 1,27\%$$

3.1.3.9 Відсотковий вміст H_2O у вологому газі, %

$$H_2O = 100 - (CH_4^{вл} + C_2H_6^{вл} + C_2H_6^{вл} + C_3H_8^{вл} + C_4H_{10}^{вл} + C_5H_{12}^{вл} + C_6H_{14}^{вл} + N_2^{вл} + CO_2^{вл}), \quad (3.11)$$

$$H_2O = 100 - (90,98 + 4,18 + 1,19 + 0,32 + 0,09 + 0,07 + 1,45 + 1,27) = 0,45\%$$

3.1.4 Поправка на вологовміст повітря

$$\varepsilon = \frac{\alpha \cdot B \cdot d_B}{\rho_{H_2O}^{н.у.}}, \quad (3.12)$$

де $\alpha \cdot B$ - теоретично необхідна кількість повітря для спалення палива з врахуванням вологовмісту повітря.

$$\varepsilon' = \frac{1 \cdot 980,59 \cdot 10}{804} = 12,20 \text{ нм}^3 / 100 \text{ нм}^3,$$

$$\varepsilon'' = \frac{1,2 \cdot 980,59 \cdot 10}{804} = 14,64 \text{ нм}^3 / 100 \text{ нм}^3.$$

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		38

3.1.5 Теоретичні об'єми компонентів

3.1.5.1 Повітря

$$V_{\pi}^0 = \frac{V_{\pi}^{0\text{табл}}}{100}, \quad (3.13)$$

$$V_{\pi}^0 = \frac{992,79}{100} = 9,928 \text{ нм}^3/100 \text{ нм}^3.$$

3.1.5.2 Діоксидів

$$V_{\text{RO}_2}^0 = \frac{V_{\text{RO}_2}^{0\text{табл}}}{100}, \quad (3.14)$$

$$V_{\text{RO}_2}^0 = \frac{106.33}{100} = 1.063 \text{ нм}^3/100 \text{ нм}^3.$$

3.1.5.3 Азоту

$$V_{\text{N}_2}^0 = \frac{V_{\text{N}_2}^{0\text{табл}}}{100}, \quad (3.15)$$

$$V_{\text{N}_2}^0 = \frac{776.03}{100} = 7.760 \text{ нм}^3/100 \text{ нм}^3.$$

3.1.5.4 Водяної пари

$$V_{\text{H}_2\text{O}}^0 = \frac{V_{\text{H}_2\text{O}}^{0\text{табл}}}{100}, \quad (3.16)$$

$$V_{\text{H}_2\text{O}}^0 = \frac{214.54}{100} = 2.145 \text{ нм}^3/100 \text{ нм}^3.$$

3.1.5.5 Продуктів згоряння

$$V_{\text{ПГ}}^0 = \frac{V_{\text{ПГ}}^{0\text{табл}}}{100}, \quad (3.17)$$

$$V_{\text{ПГ}}^0 = \frac{1096,9}{100} = 10,696 \text{ нм}^3/100 \text{ нм}^3.$$

3.1.6 Дійсні об'єми компонентів

3.1.6.1 Повітря

$$V_{\pi}^{\text{д}} = \frac{V_{\pi}^{\text{табл}}}{100}, \quad (3.18)$$

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		39

$$V_{\Pi}^{\text{д}} = \frac{1191,35}{100} = 11,914 \text{ нм}^3/100 \text{ нм}^3.$$

3.1.6.2 Діоксидів

$$V_{\text{RO}_2}^{\text{д}} = \frac{V_{\text{RO}_2}^{\text{табл}}}{100}, \quad (3.19)$$

$$V_{\text{RO}_2}^{\text{д}} = \frac{106.33}{100} = 1.063 \text{ нм}^3/100 \text{ нм}^3.$$

3.1.6.3 Азоту

$$V_{\text{N}_2}^{\text{д}} = \frac{V_{\text{N}_2}^{\text{табл}}}{100}, \quad (3.20)$$

$$V_{\text{N}_2}^{\text{д}} = \frac{930,95}{100} = 9,310 \text{ нм}^3/100 \text{ нм}^3.$$

3.1.6.4 Водяної пари

$$V_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{д}} = \frac{V_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{табл}}}{100}, \quad (3.21)$$

$$V_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{д}} = \frac{216.98}{100} = 2.170 \text{ нм}^3/100 \text{ нм}^3.$$

3.1.6.5 Кисню

$$V_{\text{O}_2}^{\text{д}} = \frac{V_{\text{O}_2}^{\text{табл}}}{100}, \quad (3.22)$$

$$V_{\text{O}_2}^{\text{д}} = \frac{41,20}{100} = 0,412 \text{ нм}^3/100 \text{ нм}^3.$$

3.1.6.6 Продуктів згоряння

$$V_{\text{ПГ}}^{\text{д}} = \frac{V_{\text{ПГ}}^{\text{табл}}}{100}, \quad (3.23)$$

$$V_{\text{ПГ}}^{\text{д}} = \frac{1295,46}{100} = 12,995 \text{ нм}^3/100 \text{ нм}^3.$$

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
							40
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

3.1.7 Теоретичні об'ємні долі продуктів горіння

3.1.7.1 Диоксидів

$$r_{\text{RO}_2}^0 = \frac{V_{\text{RO}_2}^{0\text{табл}}}{V_{\text{ПГ}}^{0\text{табл}}}, \quad (3.24)$$

$$r_{\text{RO}_2}^0 = \frac{106.33}{1096.9} = 0.097.$$

3.1.7.2 Водяної пари

$$r_{\text{H}_2\text{O}}^0 = \frac{V_{\text{H}_2\text{O}}^{0\text{табл}}}{V_{\text{ПГ}}^{0\text{табл}}}, \quad (3.25)$$

$$r_{\text{H}_2\text{O}}^0 = \frac{214.54}{1096.9} = 0.196.$$

3.1.7.3 Азоту

$$r_{\text{N}_2}^0 = \frac{V_{\text{N}_2}^{0\text{табл}}}{V_{\text{ПГ}}^{0\text{табл}}}, \quad (3.26)$$

$$r_{\text{N}_2}^0 = \frac{776.03}{1096.9} = 0.707.$$

3.1.7.4 Вірність визначення об'ємних долей

$$\sum r_i^0 = 1.0, \quad (3.27)$$

$$\sum r_i^0 = 0.097 + 0.196 + 0.707 = 1.0$$

3.1.8 Дійсні об'ємні долі продуктів горіння

3.1.8.1 діоксидів

$$r_{\text{RO}_2}^{\text{д}} = \frac{V_{\text{RO}_2}^{\text{табл}}}{V_{\text{ПГ}}^{\text{табл}}}, \quad (3.28)$$

$$r_{\text{RO}_2}^{\text{д}} = \frac{106.33}{1295,46} = 0.082.$$

3.1.8.2 Водяної пари

$$r_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{д}} = \frac{V_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{табл}}}{V_{\text{ПГ}}^{\text{табл}}}, \quad (3.29)$$

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		41

$$r_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{д}} = \frac{216,98}{1295,46} = 0.167.$$

3.1.8.3 Азоту

$$r_{\text{N}_2}^{\text{д}} = \frac{V_{\text{N}_2}^{\text{табл}}}{V_{\text{ПГ}}^{\text{табл}}}, \quad (3.30)$$

$$r_{\text{N}_2}^{\text{д}} = \frac{930,95}{1295,46} = 0.719.$$

3.1.8.4 Кисню

$$r_{\text{O}_2}^{\text{д}} = \frac{V_{\text{O}_2}^{\text{табл}}}{V_{\text{ПГ}}^{\text{табл}}}, \quad (3.31)$$

$$r_{\text{O}_2}^{\text{д}} = \frac{41,20}{1295,46} = 0.032.$$

3.1.8.5 Вірність визначення об'ємних долей

$$\sum r_i^{\text{д}} = 1.0, \quad (3.32)$$

$$\sum r_i^{\text{д}} = 0,082 + 0.719 + 0.167 + 0,032 = 1.0.$$

3.1.9 Теоретичні парціальні тиски продуктів горіння

3.1.9.1 Діоксидів

$$P_{\text{RO}_2}^0 = P_{\text{абс}} \cdot r_{\text{RO}_2}^0, \quad (3.33)$$

$$P_{\text{RO}_2}^0 = 101.3 \cdot 0.097 = 9.83 \text{ кПа.}$$

3.1.9.2 Азоту

$$P_{\text{N}_2}^0 = P_{\text{абс}} \cdot r_{\text{N}_2}^0, \quad (3.34)$$

$$P_{\text{N}_2}^0 = 101.3 \cdot 0.707 = 71.62 \text{ кПа.}$$

3.1.9.3 Водяної пари

$$P_{\text{H}_2\text{O}}^0 = P_{\text{абс}} \cdot r_{\text{H}_2\text{O}}^0, \quad (3.35)$$

$$P_{\text{H}_2\text{O}}^0 = 101.3 \cdot 0.196 = 19.85 \text{ кПа.}$$

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
							42
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

3.1.9.4 Вірність визначення об'ємних долей

$$\sum P_i^0 = 101.3 \text{ кПа},$$

(3.36)

$$\sum r_i^0 = 9.83 + 71.62 + 19.85 = 101.3 \text{ кПа}.$$

3.1.10 Дійсні парціальні тиски продуктів горіння

3.1.10.1 Діоксидів

$$P_{\text{RO}_2}^{\text{д}} = P_{\text{абс}} \cdot r_{\text{RO}_2}^{\text{д}},$$

(3.37)

$$P_{\text{RO}_2}^{\text{д}} = 101.3 \cdot 0.082 = 8.31 \text{ кПа}.$$

3.1.10.2 Азоту

$$P_{\text{N}_2}^{\text{д}} = P_{\text{абс}} \cdot r_{\text{N}_2}^{\text{д}},$$

(3.38)

$$P_{\text{N}_2}^{\text{д}} = 101.3 \cdot 0.719 = 72.83 \text{ кПа}.$$

3.1.10.3 Водяної пари

$$P_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{д}} = P_{\text{абс}} \cdot r_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{д}},$$

(3.39)

$$P_{\text{H}_2\text{O}}^0 = 101.3 \cdot 0.167 = 16.92 \text{ кПа}.$$

3.1.10.4 Кисню

$$P_{\text{O}_2}^{\text{д}} = P_{\text{абс}} \cdot r_{\text{O}_2}^{\text{д}},$$

(3.40)

$$P_{\text{O}_2}^{\text{д}} = 101.3 \cdot 0.032 = 3.24 \text{ кПа}.$$

3.1.10.5 Вірність визначення об'ємних долей

$$\sum P_i^{\text{д}} = 101.3 \text{ кПа},$$

(3.41)

$$\sum r_i^{\text{д}} = 8.31 + 72.83 + 16.92 + 3.24 = 101.3 \text{ кПа}.$$

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
							43
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

3.2 Визначення витрат палива

3.2.1 Річна витрата теплоти користувачам (із розрахунку теплових навантажень), МДж/рік

$$Q_{\text{РІК}} = 53,006 \cdot 10^6 \text{ МДж/рік}.$$

3.2.2 Річне вироблення теплоти в котельні, МДж

$$\sum Q_{\text{РІК}} = Q_{\text{РІК}} \cdot k, \quad (3.42)$$

де k – коефіцієнт враховуючий втрати теплоти в котельні та теплових мережах, а також теплоти на власні потреби котельні. Приймаю $k = 1.07$.

$$\sum Q_{\text{РІК}} = 53,006 \cdot 10^6 \cdot 1.07 = 56,716 \cdot 10^6 \text{ МДж}.$$

3.2.3 Річна витрата природного газу в котельні, $\text{м}^3/\text{рік}$

$$B_{\text{РІК}} = \frac{\sum Q_{\text{РІК}}}{Q_{\text{н}}^{\text{р}} \cdot \eta \cdot \eta_{\text{реж}}}, \quad (3.43)$$

де $\sum Q_{\text{РІК}}$ - річне вироблення теплоти в котельні, МДж;

$\eta_{\text{реж}}$ - режимний коефіцієнт котельні, необхідність його урахування обумовлена тим що котлоагрегати не завжди працюють при номінальному навантаженні ($\eta_{\text{реж}} = 0.94$);

$Q_{\text{н}}^{\text{р}}$ - нижча теплота згоряння природного газу ($Q_{\text{н}}^{\text{р}} = 34.647 \text{ (МДж/нм}^3\text{)}$).

$$B_{\text{РІК}} = \frac{56,716 \cdot 10^6}{34.647 \cdot 0.94 \cdot 0.97} = 1,795 \cdot 10^6 \text{ м}^3/\text{рік}$$

3.2.4 Річна витрата умовного палива в котельні, $\text{м}^3/\text{рік}$

$$B_{\text{РІК}}^{\text{у}} = \frac{B_{\text{РІК}} \cdot Q_{\text{н}}^{\text{р}}}{(Q_{\text{н}}^{\text{р}})^{\text{у}}}, \quad (3.44)$$

де $(Q_{\text{н}}^{\text{р}})^{\text{у}}$ - нижча теплота згоряння умовного палива

$$(Q_{\text{н}}^{\text{р}})^{\text{у}} = 29.309 \text{ МДж/кг}.$$

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
							44
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

$$B_{\text{РІК}}^y = \frac{1,795 \cdot 10^6 \cdot 34.647}{29.309} = 2,121 \cdot 10^6 \text{ кг}.$$

3.2.5 Питома витрата умовного палива

$$b_y = \frac{B_{\text{РІК}}^y}{\sum Q_{\text{РІК}}}, \quad (3.45)$$

$$b_y = \frac{2,121 \cdot 10^6}{56,716 \cdot 10^6} = 0.0375 \text{ кг/МДж}.$$

3.2.6 Годинна витрата природного газу в котельні

$$B_{\text{ГОД}} = \frac{Q_0 + Q_{\text{В}} + Q_{\text{ГВС}}}{Q_{\text{н}} \cdot \eta} \cdot 3600, \quad (3.46)$$

$$B_{\text{ГОД}}^{\text{max}} = \frac{2,8 + 2,2 + 0,6}{34.647 \cdot 0.94} \cdot 3600 = 619 \text{ м}^3 / \text{год};$$

$$B_{\text{ГОД}}^{\text{min}} = \frac{0,4}{34.647 \cdot 0.94} \cdot 3600 = 44,21 \text{ м}^3 / \text{год}.$$

3.3 Вузол обліку витрати природного газу

Для обліку газу приймаю лічильник GMS 250-80-01-У2-НЧ, із наступними характеристиками:

- максимальна витрата газу крізь лічильник $Q_{\text{ліч}}^{\text{max}} = 1000 \text{ м}^3 / \text{год};$
- мінімальна витрата газу крізь лічильник $Q_{\text{ліч}}^{\text{min}} = 10,0 \text{ м}^3 / \text{год};$
- втрати тиску не більше 300Па;
- робочий тиск 1.0 МПа.

3.3.1 Максимальна границя вимірювань лічильника природного газу, $\text{м}^3 / \text{год}$

$$Q_{\text{max}} = Q_{\text{ліч}}^{\text{max}} \cdot \frac{P_{\text{min}}}{P_{\text{ат}}} \cdot \frac{T_{\text{ат}}}{T_{\text{max}}} \cdot \frac{1}{K}, \quad (3.47)$$

де $P_{\text{min}} = 0,7 \text{ кгс/см}^2 (68.6 \text{ кПа}),$ $T_{\text{max}} = 40^\circ \text{C} (313 \text{ К}),$ $K = 0.99888,$ РД50-213-80, додаток 17.

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		45

$$Q_{\max} = 1000 \cdot \frac{68,6}{101,3} \cdot \frac{273}{313} \cdot \frac{1}{0,99888} = 628,3 \text{ м}^3 / \text{год}$$

3.3.2 Мінімальна границя вимірювань лічильника природного газу, м³ / год

$$Q_{\min} = Q_{\text{ліч}}^{\min} \cdot \frac{P_{\max}}{P_{\text{ат}}} \cdot \frac{T_{\text{ат}}}{T_{\min}} \cdot \frac{1}{K}, \quad (3.48)$$

де $P_{\min} = 3,5 \text{ кгс/см}^2$ (340,3кПа), $T_{\max} = -20^{\circ}\text{C}$ (273К), $K = 0,9879$, РД50-213-80, додаток 17.

$$Q_{\min} = 10 \cdot \frac{343}{101,3} \cdot \frac{273}{253} \cdot \frac{1}{0,9879} = 41,9 \text{ м}^3 / \text{год}.$$

3.3.3 Перевірка придатності лічильника

Для придатності лічильника має виконуватися наступна умова

$$Q_{\min} < B_{\text{ГОД}}^{\min} \dots B_{\text{ГОД}}^{\max} < Q_{\max}, \quad (3.49)$$

$$41,9 < 44,21 \dots 619,0 < 628,3.$$

3.3.4 Параметри вузла обліку газу:

- лічильник газу роторний GMS 250-80-01-Y2-НЧ
- датчик температури ТСП-1187, діапазон виміру від -50°C до $+200^{\circ}\text{C}$
- датчик абсолютного тиску “МИДА-ДА-13П-0.5/0.6 МПа-01-М2Д-П”, діапазон вимірювання від 0 до 0.6 МПа.

3.4 Розрахунок висоти димової труби

Призначення димової труби котельні полягає у створенні природної тяги, відведенні та ефективному розсіюванні газоподібних продуктів згоряння палива в атмосферу, щоб дотримуватися встановлених санітарних норм. Оскільки кожен котел у проєктованій котельні обладнаний окремим димарем, висоту труби розраховуємо для одного котла.

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		46

3.4.1 Розрахунок висоти димової труби при природній тязі.

3.4.1.1 Вихідні дані для розрахунку

- теоретичні обсяги повітря й продуктів згоряння палива

$$V_b^0 = 9,93 \text{ м}^3 / \text{м}^3;$$

$$V_r^0 = 10,97 \text{ нм}^3 / \text{нм}^3;$$

- коефіцієнт надлишку повітря $\alpha = 1,2$

- витрата палива на один котел $B = 97.3 \text{ м}^3/\text{ч} = 0,027 \text{ м}^3/\text{с};$

- температура димових газів на виході з котла $t_k'' = 180^\circ\text{C}.$

- висота димової труби не менша 20 м з умов комфорту прилеглих будинків.

3.4.1.2 Питомий об'єм димових газів за нормальних умов, $\text{м}^3/\text{нм}^3$

$$V_r = V_r^0 + (\alpha - 1)V_b^0, \quad (3.50)$$

$$V_r = 10,97 + (1,2 - 1) \cdot 9,93 = 12,96 \text{ нм}^3 / \text{нм}^3.$$

3.4.1.3 Середня температура димових газів, $^\circ\text{C}$

$$t_r^{\text{cp}} = \frac{t_r' + t_r''}{2} = \frac{t_r' + (t_r' - \Delta t \cdot H)}{2}, \quad (3.51)$$

де t_r' - температура димових газів на вході в димар, $^\circ\text{C};$

Δt - зниження температури на кожен метр труби, $^\circ\text{C}/\text{м}$ (для металевих труб з ізоляцією $\Delta t = 1^\circ\text{C}/\text{м}.$);

H - висота димаря, м.

Беремо до уваги зниження температури димових газів у газоходах котлів. Довжина газоходу становить 9 м. Отже, температура димових газів на вході до димової труби: $t_r' = t_k'' - \Delta t \cdot 1 = 180 - 1 \cdot 9 = 171^\circ\text{C}.$

$$t_r^{\text{cp}} = \frac{171 + (171 - 1 \cdot 20)}{2} = 161^\circ\text{C}.$$

3.4.1.4 Об'ємна витрата димових газів, $\text{м}^3/\text{с}$

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
							47
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

$$V_{\text{д.г.}} = V_{\text{г}} \cdot B \frac{273 + t_{\text{г}}^{\text{сп}}}{273}, \quad (3.52)$$

$$V_{\text{д.г.}} = 12.97 \cdot 0.027 \frac{273 + 161}{273} = 0.56 \text{ м}^3 / \text{с}.$$

3.4.1.5 Діаметр вихідного перетину димаря, м

$$d_o = 1,13 \sqrt{\frac{V_{\text{д.г.}}}{\omega_{\text{г}}}}, \quad (3.53)$$

де $\omega_{\text{г}}$ - швидкість димових газів, м/с (приймаю $\omega_{\text{г}} = 3$ м/с).

$$d_o = 1,13 \sqrt{\frac{0,56}{3}} = 0,488 \text{ м}.$$

Приймаю $d_o = 500 \text{ мм}$, труба металева.

3.4.1.6 Уточнюю швидкість димових газів:

$$\omega = \frac{4 \cdot V_{\text{д.г.}}}{\pi \cdot d_o^2}, \quad (3.54)$$

$$\omega = \frac{4 \cdot 0,56}{\pi \cdot 0,5^2} = 2,85 \text{ м} / \text{с}.$$

3.4.1.7 Висота димової труби при природній тязі, м

$$H = \frac{1,2 \cdot \Delta h + h_{\text{д}} + h_{\text{т}}}{(\rho_{\text{в}} - \rho_{\text{г}})g}, \quad (3.55)$$

де 1,2-коефіцієнт запасу по тязі;

Δh - перепад повних тисків газового тракту котлоагрегату без врахування самотяги й опори труби, Па;

$h_{\text{д}}$ - втрати напору на місцеві опори на виході із труби, Па;

$h_{\text{т}}$ - втрати тиску на тертя в димарі, Па;

$\rho_{\text{в}}$ - густина атмосферного повітря, кг/м³;

$\rho_{\text{г}}$ - густина димових газів у трубі, кг/м³;

g - прискорення вільного падіння, м/с².

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
							48
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

3.4.1.7.1 Густина атмосферного повітря й димових газів,

$$\rho_{\text{в}} = \rho_{\text{в}}^0 \cdot \frac{273}{273 + t_{\text{н}}} \cdot \frac{B}{760}, \quad (3.56)$$

$$\rho_{\text{г}} = \rho_{\text{г}}^0 \cdot \frac{273}{273 + t_{\text{г}}^{\text{ср}}} \cdot \frac{B}{760}, \quad (3.57)$$

де $\rho_{\text{в}}^0, \rho_{\text{г}}^0$ - густини відповідно атмосферного повітря й димових газів при нормальних умовах (температура 0°C, тиск 760мм рт. ст.) відповідно складає $\rho_{\text{в}}^0 = 1,293 \text{ кг / м}^3$; $\rho_{\text{г}}^0 = 1,295 \text{ кг / м}^3$;

$t_{\text{н}}$ - температура зовнішнього повітря, для Києва $t_{\text{н}} = 23,7^{\circ} \text{C}$;

$t_{\text{г}}^{\text{ср}}$ - середня температура газів у трубі, °C;

B - барометричний тиск, мм рт. ст.

$$\rho_{\text{в}} = 1,293 \cdot \frac{273}{273 + 23,7} \cdot \frac{750}{760} = 1,2 \text{ кг / м}^3;$$

$$\rho_{\text{г}} = 1,295 \cdot \frac{273}{273 + 161} \cdot \frac{750}{760} = 0,8 \text{ кг / м}^3.$$

3.4.1.7.2 Втрати тиску на місцеві опори на виході із труби, Па

$$h_{\text{д}} = 1,1 \frac{\rho_{\text{г}} \cdot \omega_{\text{г}}^2}{2}, \quad (3.58)$$

$$h_{\text{д}} = 1,1 \frac{0,8 \cdot 2,85^2}{2} = 3,6 \text{ Па}.$$

3.4.1.7.3 Втрати тиску на тертя в циліндричному димарі, Па

$$\Delta h_{\text{т}} = \lambda \frac{H}{d_0} \rho_{\text{г}} \frac{\omega_{\text{г}}^2}{2}, \quad (3.59)$$

де λ - коефіцієнт опору тертя, $\lambda = 0,03$ (для нефутерованої труби).

$$\Delta h_{\text{т}} = 0,03 \frac{20}{0,5} 0,8 \frac{2,85^2}{2} = 3,9 \text{ Па}.$$

3.4.1.7.4 Втрати тиску в газоходах, Па

$$\Delta h = \sum (Rl + Z), \quad (3.60)$$

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
							49
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

а) Критерій Рейнольдса

$$Re = \frac{\omega_r d_o}{\nu}, \quad (3.61)$$

де $\nu = 19,4 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ при середній температурі газу

$$t_r^{\text{cp}} = t_k'' - \Delta t \cdot 1/2 = 180 - 1 \cdot 4.5 = 175.5^\circ \text{C}.$$

$$Re = \frac{2,85 \cdot 0,5}{19,4 \cdot 10^{-6}} = 73453.$$

б) коефіцієнт опору тертя в газоходах

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{\kappa_g}{d_o} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25}, \quad (3.62)$$

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{0,1}{500} + \frac{68}{73453} \right)^{0,25} = 0,02$$

в) питомий опір тертя на 1м газоходу, Па/м

$$R = 0,02 \cdot \frac{0,8 \cdot 2,85^2}{2} \cdot \frac{9}{0,5} = 2,34 \text{ Па / м}.$$

в) втрати тиску на місцеві опори

$$Z = \sum \xi \cdot \frac{\rho_r \cdot \omega_r^2}{2}, \quad (3.63)$$

до місцевих опорів відносяться:

- раптове звуження при виході з котла $\xi = 0,5$
- поворот на 90° $\xi = 0,5$
- раптове розширення при вході і димову трубу $\xi = 1,1$

$$Z = 2,1 \cdot \frac{0,8 \cdot 2,85^2}{2} = 6,82 \text{ Па}.$$

Втрати тиску в газоході за (3.60) становлять

$$\Delta h = 2,34 \cdot 9 + 6,82 = 27,9 \text{ Па}.$$

Висота труби за (3.55) становить

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		50

$$H = \frac{1.2 \cdot 3.9 + 3.6 + 27.9}{(1.2 - 0.8) \cdot 9.81} = 9.22 \text{ м.}$$

Отримана висота труби досить близька до прийнятого, тому остаточно висота труби $H=20$ м.

3.4.2 Розрахунок розсіювання шкідливих викидів в атмосферу.

Розрахунок розсіювання шкідливих речовин в атмосферу здійснюється для найменш сприятливих природних умов, що залежать від швидкості вітру та температури зовнішнього повітря, за методикою згідно з [7].

3.4.2.1 Максимальна приземна концентрація окису вуглецю [7]

$$C = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V \cdot \Delta t}}, \quad (3.64)$$

де A - коефіцієнт, який залежить від температурної стратифікації атмосфери, $A=160$ [7];

F - коефіцієнт, що враховує швидкість осідання шкідливих речовин в атмосферному повітрі, $F=1$ [7];

m, n - коефіцієнти, що враховують умови виходу димових газів з труби;

V - об'ємна витрата димових газів, $\text{м}^3/\text{с}$;

M - сумарна кількість шкідливих речовин, що викидаються в атмосферу, г/с ;

Δt - різниця між температурою шкідливих речовин, що викидаються, і середньою температурою самого гарячого місяця в південь.

У наближених розрахунках, згідно з [7], значення коефіцієнта m визначається залежно від швидкості виходу газів з труби і становить $m=0,88$. Коефіцієнт n приймається рівним 1.

3.4.2.2 Викид оксидів азоту (в перерахунку на його діоксид) [7]

$$M_{\text{NO}_2} = 0,034 \cdot B \cdot Q_{\text{H}}^{\text{p}} \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot k \cdot \left(1 - \frac{q_4}{100}\right), \quad (3.65)$$

де B - витрата природного газу на один котел, кг/с ;

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		51

Q_n^p - нижча об'ємна теплота згорання природного газу, МДж/м³_н;

β_1 - коефіцієнт, що враховує кількість палива і спосіб шлаковидалення (для природного газу $\beta_1=0,85$ [7]);

β_2 - коефіцієнт, що враховує конструкцію горілок);

k - коефіцієнт, що характеризує вихід оксидів азоту на 1000 кг спаленого умовного палива, кг/т;

q_4 - втрати тепла від недоспалювання палива ($q_4=0$).

3.4.2.3 Коефіцієнт, що характеризує вихід оксидів азоту на 1000 кг спаленого умовного палива

$$k = \frac{2,5 \cdot Q}{20 + Q_{\text{ном}}}, \quad (3.66)$$

де Q - фактична теплопродуктивність котлів, МВт;

$Q_{\text{ном}}$ - номінальна теплопродуктивність котлів, МВт.

$$k = \frac{2,5 \cdot 1,895}{20 + 1,895} = 0,216.$$

По (3.65) викид оксидів азоту (в перерахунку на його діоксид) складає

$$M_{\text{NO}_2} = 0,034 \cdot 0,027 \cdot 29,309 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 0,216 \cdot \left(1 - \frac{0}{100}\right) = 5 \cdot 10^{-3}.$$

По (3.64) максимальна приземна концентрація шкідливих речовин, що викидаються трубою

$$C = \frac{160 \cdot 1 \cdot 5 \cdot 10^{-3} \cdot 1 \cdot 1}{7^2 \cdot \sqrt[3]{0,56 \cdot (151 - 35)}} = 3 \cdot 10^{-4} \frac{\text{мг}}{\text{м}^3}.$$

3.4.2.4 Мінімальна висота димової труби з умов розсіювання в атмосфері шкідливих речовин

$$H = \sqrt{\frac{A \cdot M \cdot m \cdot n}{\text{ПДК}}} \cdot \sqrt[3]{\frac{Z}{V \cdot \Delta t}}, \quad (3.67)$$

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		52

де A - коефіцієнт, який залежить від температурної стратифікації атмосфери, $A=160$ [7];

F - коефіцієнт, що враховує швидкість осідання шкідливих речовин в атмосферному повітрі, $F=1$ [7];

m, n - коефіцієнти, що враховують умови виходу димових газів з труби;

V - об'ємна витрата димових газів, $\text{м}^3/\text{с}$;

M - сумарна кількість шкідливих речовин, що викидаються в атмосферу, г/с ;

Δt - різниця між температурою шкідливих речовин, що викидаються, і середньою температурою самого гарячого місяця в південь.

ПДК - гранично допустима концентрація шкідливої речовини ($\text{ПДК} = 0,085 \frac{\text{мг}}{\text{м}^3}$ [7]) ;

Z - кількість димових труб котельні.

$$H = \sqrt{\frac{160 \cdot 5 \cdot 10^{-3} \cdot 1 \cdot 1}{0,085}} \cdot \sqrt[3]{\frac{1}{0,56 \cdot (151 - 35)}} = 1,21 \text{ м.}$$

Таким чином, висота труби 20 м гарантує ефективне розсіювання шкідливих речовин в атмосферу, що дозволяє уникнути перевищення гранично допустимих концентрацій, визначених відповідно до норм [7].

3.5 Висновки за розділом 3

Цей розділ магістерської дисертації надає глибокий аналіз системи газопостачання, починаючи з розрахунку витрат палива, вибору обладнання для обліку газу та підбору параметрів димової труби. Основна увага приділяється забезпеченню ефективної роботи котельні та дотриманню екологічних вимог.

Зміст основних підрозділів:

- Розрахунок процесу згоряння палива: проведено аналіз складу природного газу, враховано вологовміст повітря, визначено теоретичні та фактичні об'єми компонентів, що утворюються під час згоряння.

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		53

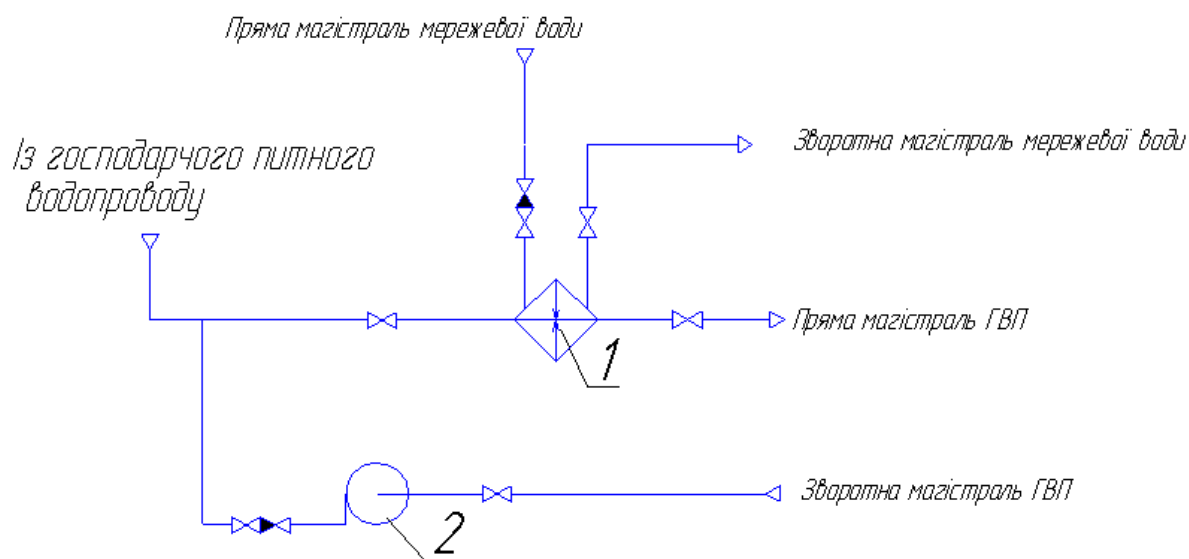
- Обладнання вузла обліку газу: обґрунтовано вибір роторного лічильника з відповідними параметрами.
- Розрахунок висоти димової труби: розглянуто вимоги до забезпечення самотяги, оптимальної швидкості димових газів та втрат тиску на тертя, що дозволяє забезпечити належне розсіювання продуктів згоряння.

Це дослідження слугує базисом для забезпечення стабільної та ефективної роботи котельні з мінімальним впливом на навколишнє середовище.

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
							54
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

4 РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ГВП

Підготовка води для системи гарячого водопостачання підприємства здійснюється безпосередньо в котельні. Процес підігріву води відбувається через пластинчастий теплообмінник. Принципова схема підготовки води для ГВП наведена на рисунку 4.1.



1 – пластинчастий теплообмінний апарат для нагріву води; 2 – насос циркуляційний системи гарячого водопостачання.

Рисунок 4.1 – Принципова схема приготування води для системи ГВП.

4.1 Вихідні дані

а) Витрата гріючого теплоносія (пряма вода з теплогенератора)

$$G_1 = 5,73 \text{ кг/с } (V_1 = 20,63 \text{ м}^3/\text{ч}).$$

б) Витрата теплоносія, що нагрівається, (вода на ГВП)

$$G_2 = 2,6 \text{ кг/с } (V_1 = 9,36 \text{ м}^3/\text{ч}).$$

в) Початкова температура гріючого теплоносія, $t_1' = 70^\circ\text{C}$.

г) Кінцева температура гріючого теплоносія, $t_1'' = 42,13^\circ\text{C}$.

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
							55
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

д) Початкова температура теплоносія, що нагрівається, $t_2' = 5^\circ\text{C}$.

е) Кінцева температура теплоносія, що нагрівається, $t_1' = 60^\circ\text{C}$.

ж) Максимально припустимий гідравлічний опір по стороні ходу гріючої води, $\Delta P_1 = 160000 \text{ Па}$.

з) Максимально припустимий гідравлічний опір по стороні ходу води, що нагрівається, $\Delta P_2 = 110000 \text{ Па}$.

і) Теплообмінник компонується із пластин типу 0,3 зі сталі марки 12X18Н10Т.

й) Визначальні розміри пластин й утворених ними каналів:

- 1) поверхня теплообміну пластини $F_1 = 0.3 \text{ м}^2$;
- 2) еквівалентний діаметр каналу $d_s = 0.008 \text{ м}$;
- 3) площа поперечного перерізу каналу $f_1 = 0.001 \text{ м}^2$;
- 4) приведена довжина каналу $L_n = 1.12 \text{ м}$;
- 5) умовний діаметр кутового отвору $D_y = 65 \text{ мм}$.

4.2 Тепловий розрахунок.

4.2.1 Середньологаріфмічна різниця температур, $^\circ\text{C}$

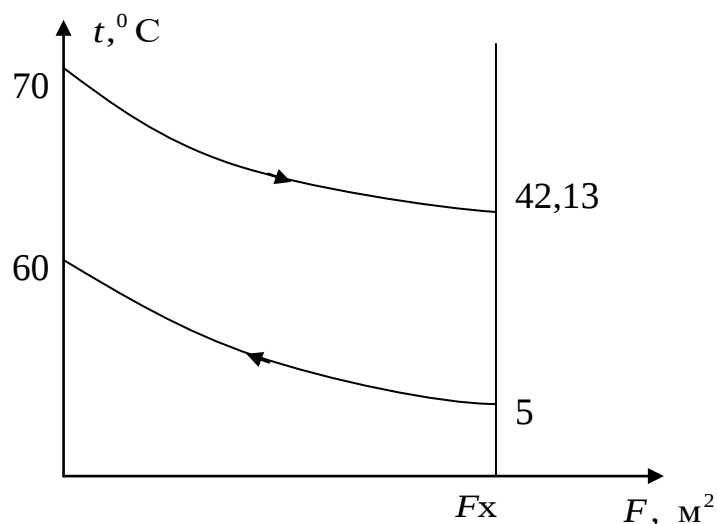


Рисунок 4.2 - графік зміни температур теплоносіїв.

Середній температурний напір для протитоку, $^{\circ}\text{C}$

$$\Delta t_{\text{cp}} = \frac{\Delta t_{\text{б}} - \Delta t_{\text{м}}}{\ln \frac{\Delta t_{\text{б}}}{\Delta t_{\text{м}}}}, \quad (4.1)$$

де $\Delta t_{\text{б}}$ - більша різниця температур, $\Delta t_{\text{б}} = t_1'' - t_2' = 42,13 - 5 = 37,13 \text{ }^{\circ}\text{C}$;

$\Delta t_{\text{м}}$ - менша різниця температур, $\Delta t_{\text{м}} = t_1' - t_1'' = 70 - 60 = 10 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

$$\Delta t_{\text{cp}} = \frac{37,13 - 10}{\ln \frac{37,13}{10}} = 20,7 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

4.2.2 Теплофізичні властивості води, що нагрівається, при середній

температурі $t_{\text{cp2}} = \frac{t_2'' + t_2'}{2} = \frac{60 + 5}{2} = 32,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$:

- $\rho_2 = f(t_{\text{cp2}}) = 994,5 \text{ кг / м}^3$;
- $\lambda_2 = f(t_{\text{cp2}}) = 62,1 \cdot 10^{-2} \text{ Вт/(м} \cdot ^{\circ}\text{C)}$;
- $\nu_2 = f(t_{\text{cp2}}) = 0,773 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$;
- $Pr_2 = f(t_{\text{cp2}}) = 5,23$.

4.2.3 Теплофізичні властивості гріючої води, при середній температурі,

$t_{\text{cp1}} = \frac{t_1'' + t_1'}{2} = \frac{70 + 42,13}{2} = 56 \text{ }^{\circ}\text{C}$:

- $\rho_1 = f(t_{\text{cp1}}) = 971,1 \text{ кг / м}^3$;
- $\lambda_1 = f(t_{\text{cp1}}) = 68,8 \cdot 10^{-2} \text{ Вт/(м} \cdot \text{K)}$;
- $\nu_1 = f(t_{\text{cp1}}) = 0,336 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$;
- $Pr_1 = f(t_{\text{cp1}}) = 1,75$.

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		57

4.2.4 Рациональна швидкість руху гріючої води, у каналах теплообмінника з урахуванням заданого ΔP_1

$$W_1 = 2 \cdot \sqrt[3]{\frac{K \cdot \Delta t_{cp} \cdot \Delta P_1}{c_B \cdot (t'_1 - t''_1) \cdot \rho_1^2 \cdot \zeta_1}}, \quad (4.2)$$

де K - коефіцієнт теплопередачі, для попереднього розрахунку приймаємо $K = 1420 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;

Δt_{cp} - середньологаріфмічна різниця температур, $^{\circ}\text{C}$;

ΔP_1 - максимально припустимий гідравлічний опір по стороні ходу гріючої води, Па;

c_B - питома масова теплоємність води $c_B = 4187 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C})$

ζ - коефіцієнт загального гідравлічного опору одиниці відносної довжини каналу, для попереднього розрахунку приймаємо $\zeta = 1.7$.

$$W_1 = 2 \cdot \sqrt[3]{\frac{1420 \cdot 20,7 \cdot 160000}{4187 \cdot (70 - 42,13) \cdot 971,1^2 \cdot 1,6}} = 0,6 \text{ м/с}.$$

4.2.5 Критерій Рейнольдса

$$Re_1 = \frac{W_1 \cdot d_{\text{э}}}{\nu_1}, \quad (4.3)$$

де W_1 - раціональна швидкість руху гріючої води, м/с;

$d_{\text{э}}$ - еквівалентний діаметр каналу, м;

$$Re_1 = \frac{0,6 \cdot 0,008}{0,336 \cdot 10^{-6}} = 14285.$$

4.2.6 Перевіряємо прийняте значення загального гідравлічного опору

$$\zeta_1 = \frac{19,3}{Re_1^{0,25}}, \quad (4.4)$$

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		58

$$\zeta_1 = \frac{19,3}{14285^{0,25}} = 1.76.$$

що досить близько до прийнятої величини ζ_1 .

4.2.7 Критерій Нуссельта

$$N_{u1} = 0,1 \cdot Re_1^{0,73} \cdot Pr_1^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr_1}{Pr_{cr1}} \right)^{0,25}, \quad (4.5)$$

$$\text{де } Pr_{cm1} = f \left(t_{cr1} = \frac{t_{cp1} + t_{cp2}}{2} = \frac{56 + 32,5}{2} = 44,25^\circ \text{C} \right) = 2,18.$$

$$N_{u1} = 0,1 \cdot 14285^{0,73} \cdot 1,75^{0,43} \cdot \left(\frac{1,75}{2,18} \right)^{0,25} = 129,93.$$

4.2.8 Коефіцієнт тепловіддачі від гріючої води, до стінки

$$\alpha_1 = Nu_1 \cdot \frac{\lambda_1}{d_s}, \quad (4.6)$$

$$\alpha_1 = 129,93 \cdot \frac{68,8 \cdot 10^{-2}}{0,008} = 11173 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

4.2.9 Раціональна швидкість руху води, що нагрівається, у каналах теплообмінника з урахуванням заданого ΔP_2

$$W_2 = 2 \cdot \sqrt[3]{\frac{K \cdot \Delta t_{cp} \cdot \Delta P_2}{c_2 \cdot (t_2'' - t_2') \cdot \rho_2^2 \cdot \zeta_2}}, \quad (4.7)$$

де K - коефіцієнт теплопередачі, для попереднього розрахунку приймаємо $K = 1420 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;

ζ - коефіцієнт загального гідравлічного опору одиниці відносної довжини каналу, для попереднього розрахунку приймаємо $\zeta = 1.7$.

$$W_2 = 2 \cdot \sqrt[3]{\frac{1420 \cdot 20,7 \cdot 110000}{4187 \cdot (60 - 5) \cdot 994,5^2 \cdot 2,3}} = 0,366 \text{ м/с}.$$

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		59

4.2.10 Критерій Рейнольдса

$$Re_2 = \frac{W_2 \cdot d_3}{v_2}, \quad (4.8)$$

де d_3 - еквівалентний діаметр каналу, м;

$$Re_2 = \frac{0,366 \cdot 0,008}{0,773 \cdot 10^{-6}} = 3787.$$

4.2.11 Перевіряємо прийняте значення загального гідравлічного опору

$$\zeta_2 = \frac{19,3}{Re_2^{0,25}}, \quad (4.9)$$

$$\zeta_2 = \frac{19,3}{3787^{0,25}} = 2,46.$$

що досить близько до прийнятої величини ζ_2 .

4.2.12 Критерій Нуссельта

$$Nu_2 = 0,1 \cdot Re_2^{0,73} \cdot Pr_2^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr_2}{Pr_{ст2}} \right)^{0,25}, \quad (4.10)$$

де $Pr_{ст2} = Pr_{ст1} = 2,18$.

$$Nu_2 = 0,1 \cdot 3787^{0,73} \cdot 5,23^{0,43} \cdot \left(\frac{5,23}{2,18} \right)^{0,25} = 103,8.$$

4.2.13 Коефіцієнт тепловіддачі від стінки до води, що нагрівається

$$\alpha_2 = Nu_2 \cdot \frac{\lambda_2}{d_3}, \quad (4.11)$$

$$\alpha_2 = 103,8 \cdot \frac{62,1 \cdot 10^{-2}}{0,008} = 8057,5 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}.$$

4.2.14 Термічний опір стінки пластини й забруднень на ній

а) термічний опір забруднень на стінці з боку гріючої води

$$\frac{\delta_1}{\lambda_1} = 0,00023 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)/Вт};$$

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		60

б) термічний опір стінки зі сталі марки 12Х18Н10Т при її товщині
 $\delta_{\text{ст}} = 0,001 \text{ м}$

$$\frac{\delta_{\text{ст}}}{\lambda_{\text{ст}}} = 0,000063 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт};$$

в) термічний опір забруднень на стінці з боку води, що нагрівається

$$\frac{\delta_2}{\lambda_2} = 0,00023 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}.$$

4.2.15 Коефіцієнт теплопередачі

$$K = \left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_{\text{ст}}}{\lambda_{\text{ст}}} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_2} \right)^{-1}, \quad (4.12)$$

$$K = \left(\frac{1}{11173} + 0,00023 + 0,000063 + 0,00023 + \frac{1}{8057,5} \right)^{-1} = 1358 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

4.2.16 Площа поверхні теплообміну апарата

$$F_A = \frac{Q_{\text{г.в.ср}}}{K \cdot \Delta t_{\text{ср}}}, \quad (4.13)$$

$$F_A = \frac{600000}{1358 \cdot 20,7} = 21,34 \text{ м}^2.$$

Приймаємо з урахуванням росту забруднень площу поверхні теплообміну

$$F_A = 22 \text{ м}^2.$$

4.3 Конструктивний розрахунок

4.3.1 Площа поперечного переріза пакета

а) по стороні ходу гріючої води:

$$f_{\text{н1}} = \frac{V_1}{3600 \cdot W_1}, \quad (4.14)$$

$$f_{\text{н1}} = \frac{20,63}{3600 \cdot 0,6} = 9,55 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2.$$

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		61

б) по стороні ходу води, що нагрівається

$$f_{n2} = \frac{V_2}{3600 \cdot W_2}, \quad (4.15)$$

$$f_{n2} = \frac{9,36}{3600 \cdot 0,366} = 7,1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2.$$

4.3.2 Число каналів в одному пакеті

а) для гріючої води

$$m_1 = \frac{f_{n1}}{f_1}, \quad (4.16)$$

$$m_1 = \frac{9,55 \cdot 10^{-3}}{0,0011} = 8,68.$$

приймаємо $m_1 = 10$ шт ;

б) для води, що нагрівається

$$m_2 = \frac{f_{n2}}{f_1}, \quad (4.17)$$

$$m_2 = \frac{7,1 \cdot 10^{-3}}{0,0011} = 6,44.$$

приймаємо $m_1 = m_2 = 10$ шт .

4.3.3 Число пластин в одному пакеті

а) для гріючої води

$$n_1 = 2 \cdot m_1, \quad (4.18)$$

$$n_1 = 2 \cdot 10 = 20 \text{ шт ;}$$

б) для води, що нагрівається

$$n_2 = 2 \cdot m_2, \quad (4.19)$$

$$n_2 = 2 \cdot 10 = 20 \text{ шт.}$$

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
							62
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

4.3.4 Площа поверхні теплообміну одного пакета

а) для гріючої води

$$F_{n1} = F_1 \cdot n_1, \quad (4.20)$$

$$F_{n1} = 0,3 \cdot 20 = 6 \text{ м}^2.$$

б) для води, що нагрівається

$$F_{n2} = F_1 \cdot n_2, \quad (4.21)$$

$$F_{n2} = 0,3 \cdot 20 = 6 \text{ м}^2.$$

4.3.5 Число пакетів (ходів) в апарату

а) по стороні ходу гріючої води

$$X_1 = \frac{F_a}{F_{n1}}, \quad (4.22)$$

$$X_1 = \frac{22}{6} = 3,6.$$

б) по стороні ходу води, що нагрівається

$$X_2 = \frac{F_a}{F_{n2}}, \quad (4.23)$$

$$X_2 = \frac{22}{6} = 3,6.$$

Вибираю більше значення та приймаю $X_1=X_2=4$, що надасть можливість організувати протитокову течію теплоносіїв у теплообміннику.

4.3.6 Розрахункове число пластин в апарату

$$n = \frac{F_a + F_1}{F_1}, \quad (4.24)$$

$$n = \frac{22 + 0,3}{0,3} = 74 \text{ шт.}$$

Схема компонування пластин в апарату при $n = 74$ шт. і $X_1 = X_2 = 10$

$$Cx = \frac{10 + 10 + 10 + 10}{10 + 10 + 10 + 10}$$

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		63

4.3.7 Фактична площа поперечного переріза пакетів

а) по стороні ходу гріючої води

$$f_{n1} = f_1 \cdot m_1, \quad (4.25)$$

$$f_{n1} = 0,0011 \cdot 10 = 0,011 \text{ м}^2.$$

б) по стороні ходу води, що нагрівається

$$f_{n2} = f_1 \cdot m_2, \quad (4.26)$$

$$f_{n2} = 0,0011 \cdot 10 = 0,011 \text{ м}^2.$$

4.3.8 Фактична швидкість руху гріючої води та води, що нагрівається в каналах теплообмінника:

а) по стороні ходу гріючої води

$$W_1 = \frac{G_1}{f_{n1} \cdot \rho_1}, \quad (4.27)$$

$$W_1 = \frac{5,73}{0,011 \cdot 971,1} = 0,54 \text{ м/с}.$$

б) по стороні ходу води, що нагрівається

$$W_2 = \frac{G_2}{f_{n2} \cdot \rho_2}, \quad (4.28)$$

$$W_2 = \frac{2,6}{0,011 \cdot 994,5} = 0,24 \text{ м/с}.$$

4.4 Перевірка величини обраної площі

4.4.1 критерій Рейнольдса

а) по стороні ходу гріючої води

$$Re_1 = \frac{W_1 \cdot d_3}{\nu_1}, \quad (4.29)$$

$$Re_1 = \frac{0,54 \cdot 0,008}{0,336 \cdot 10^{-6}} = 12860.$$

б) по стороні ходу води, що нагрівається

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
							64
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

$$Re_2 = \frac{W_2 \cdot d_3}{v_2}, \quad (4.30)$$

$$Re_2 = \frac{0,24 \cdot 0,008}{0,773 \cdot 10^{-6}} = 2483.$$

4.4.2 критерій Нуссельта

а) по стороні ходу гріючої води

$$N_{u1} = 0,1 \cdot Re_1^{0,73} \cdot Pr_1^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr_1}{Pr_{cr1}} \right)^{0,25}, \quad (4.31)$$

$$N_{u1} = 0,1 \cdot 12,860^{0,73} \cdot 1,75^{0,43} \cdot \left(\frac{1,75}{2,18} \right)^{0,25} = 113.$$

б) по стороні ходу води, що нагрівається

$$N_{u2} = 0,1 \cdot Re_2^{0,73} \cdot Pr_2^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr_2}{Pr_{cr2}} \right)^{0,25}, \quad (4.32)$$

$$N_{u2} = 0,1 \cdot 2483^{0,73} \cdot 5,42^{0,43} \cdot \left(\frac{5,42}{3,54} \right)^{0,25} = 86.$$

4.4.3 коефіцієнт тепловіддачі

а) по стороні ходу гріючої води

$$\alpha_1 = Nu_1 \cdot \frac{\lambda_1}{d_3}, \quad (4.33)$$

$$\alpha_1 = 113 \cdot \frac{68,8 \cdot 10^{-2}}{0,008} = 9778 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}.$$

б) по стороні ходу води, що нагрівається

$$\alpha_2 = Nu_2 \cdot \frac{\lambda_2}{d_3}, \quad (4.34)$$

$$\alpha_2 = 86 \cdot \frac{62,1 \cdot 10^{-2}}{0,008} = 6676 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}.$$

4.4.5 коефіцієнт теплопередачі

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
							65
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

$$K = \left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_{\text{ст}}}{\lambda_{\text{ст}}} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_2} \right)^{-1}, \quad (4.35)$$

$$K = \left(\frac{1}{9778} + 0,00023 + 0,000063 + 0,00023 + \frac{1}{6676} \right)^{-1} = 1320 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

4.4.6 площа поверхні теплообміну

$$F = \frac{Q_{\text{г.в.сп}}}{K \cdot \Delta t_{\text{сп}}}, \quad (4.36)$$

$$F_a = \frac{600000}{1320 \cdot 20,7} = 22,3 \text{ м}^2.$$

Обрана площа поверхні теплообміну $F_a = 23,7 \text{ м}^2$ та схема компонування достатні для заданих умов.

4.5 Гідромеханічний розрахунок.

4.5.1 Вхідні дані

Фактичні швидкості руху гріючої води та води, що нагрівається в каналах теплообмінника

- $W_1 = 0,54 \text{ м/с}$;
- $W_2 = 0,24 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;

критерій Рейнольдса

- $Re_1 = 12860$;
- $Re_2 = 2483$.

4.5.2 Коефіцієнти загального гідравлічного опору одиниці відносної довжини каналу

а) по стороні ходу гріючої води

$$\zeta_1 = \frac{19,3}{Re_1^{0,25}}, \quad (4.37)$$

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		66

$$\zeta_1 = \frac{19,3}{12860^{0,25}} = 1,8.$$

б) по стороні ходу води, що нагрівається

$$\zeta_2 = \frac{19,3}{Re_2^{0,25}}, \quad (4.38)$$

$$\zeta_2 = \frac{19,3}{2483^{0,25}} = 2,75.$$

4.5.3 Гідравлічний опір пакетів пластин

а) по стороні ходу гріючої води

$$\Delta P_1 = \zeta_1 \cdot \frac{L_n}{d_3} \cdot \rho_1 \cdot \frac{W_1^2}{2} \cdot X_1, \quad (4.39)$$

де L_n – приведена довжина одного каналу, м; $L_n = 1.12$ м;

$$\Delta P_1 = 1,8 \cdot \frac{1,12}{0,008} \cdot 971.1 \cdot \frac{0,54^2}{2} \cdot 4 = 146160 \text{ Па};$$

б) по стороні ходу води, що нагрівається

$$\Delta P_2 = \zeta_2 \cdot \frac{L_n}{d_3} \cdot \rho_2 \cdot \frac{W_2^2}{2} \cdot X_2, \quad (4.40)$$

$$\Delta P_2 = 2,75 \cdot \frac{1,12}{0,008} \cdot 994.5 \cdot \frac{0,24^2}{2} \cdot 4 = 46200 \text{ Па}.$$

4.5.4 Перевіримо швидкості руху теплоносіїв в штуцерах

а) по стороні ходу гріючої води

$$W_{шт1} = \frac{4 \cdot V_1}{3600 \cdot \pi \cdot D_y^2}, \quad (4.41)$$

де D_y – діаметр умовного проходу кутового отвору штуцера, м; $D_y = 0,065$ м;

$$W_{шт1} = \frac{4 \cdot 20,63}{3600 \cdot \pi \cdot 0,065^2} = 1,72 \text{ м/с}.$$

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		67

б) по стороні ходу води, що нагрівається

$$W_{шт2} = \frac{4 \cdot V_2}{3600 \cdot \pi \cdot D_y^2}, \quad (4.42)$$

$$W_{шт2} = \frac{4 \cdot 9,36}{3600 \cdot \pi \cdot 0,065^2} = 0,78 \text{ м/с}$$

Тому що швидкості теплоносіїв у штуцерах менше граничних ($1,72 < 2,5 \text{ м/с}$; $0,78 < 2,5 \text{ м/с}$), місцевий опір штуцерів врахований при розрахунку коефіцієнтів ζ_1 й ζ_2 .

4.5.5 Загальний гідравлічний опір теплообмінника

а) для гріючої води

$$\Delta P_{1д} = \Delta P_1' = 146160 \text{ Па};$$

б) для води, що нагрівається

$$\Delta P_{2д} = \Delta P_2' = 46200 \text{ Па};$$

4.5.6 Порівняємо задані максимально припустимі гідравлічні опори з розрахунковими, виходячи з умови

$$\frac{\Delta P_{\text{задан.}}}{\Delta P_{\text{д}}} \geq 1, \quad (4.43)$$

а) для гріючої води

$$\frac{\Delta P_{\text{задан.}}}{\Delta P_{\text{расч.}}} = \frac{160000}{146160} = 1,1;$$

б) для води, що нагрівається:

$$\frac{\Delta P_{\text{задан.}}}{\Delta P_{\text{д}}} = \frac{110000}{46200} = 2,38,$$

що задовольняє заданій умові.

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		68

Отже, розрахунок показав, що для заданих умов необхідно використовувати теплообмінник ТПР 0,3-5-I-2-10 з відповідною схемою компонування пластин. $C_x = \frac{10 + 10 + 10 + 10}{10 + 10 + 10 + 10}$

4.6 Висновки за розділом 4

Розрахунок системи гарячого водопостачання підприємства продемонстрував, що підготовка води може ефективно здійснюватися за допомогою пластинчастого теплообмінника, в якому застосовуються пластини типу 0,3 зі сталі марки 12X18H10T. В результаті виконаних теплових і гідромеханічних розрахунків було визначено:

1. Середньологарифмічна різниця температур і коефіцієнт теплопередачі забезпечують ефективне нагрівання води до потрібних температурних показників.
2. Площа теплообміну та кількість пластин були обрані оптимально для досягнення необхідних умов теплопередачі та з урахуванням забруднень.
3. Швидкість руху теплоносіїв та їх гідравлічний опір в межах допустимих значень, що підтверджує ефективність обраної конструкції.
4. Перевірка критеріїв Рейнольдса і Нуссельта, а також коефіцієнтів тепловіддачі та теплопередачі засвідчила правильність прийнятих значень і розрахунків.
5. Загальні гідравлічні опори не перевищують максимально допустимі значення, що забезпечує стабільну та безперебійну роботу системи. Таким чином, використання теплообмінника ТПР 0,3-5-I-2-10 з вибраною схемою компонування пластин є обґрунтованим та відповідає всім вимогам для забезпечення ефективного гарячого водопостачання.

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		69

5 ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ТРУБОПРОВODІВ

Мета розрахунку полягає у визначенні діаметра трубопроводів, оцінці втрати тиску, а також, за необхідності, у визначенні пропускної здатності трубопроводів при заданому діаметрі та відомих втратах тиску.

Результати гідравлічного розрахунку допомагають визначити необхідні параметри насосів, вибрати кількість і типи труб, а також розробити режими експлуатації.

5.1 Трубопровід подачі води для системи опалення та вентиляції

Даний трубопровід призначений для транспортування гарячого теплоносія від приміщення котельні до теплопункту для забезпечення роботи систем опалення та вентиляції. Принципова схема цього трубопроводу зображена на рисунку 5.1.

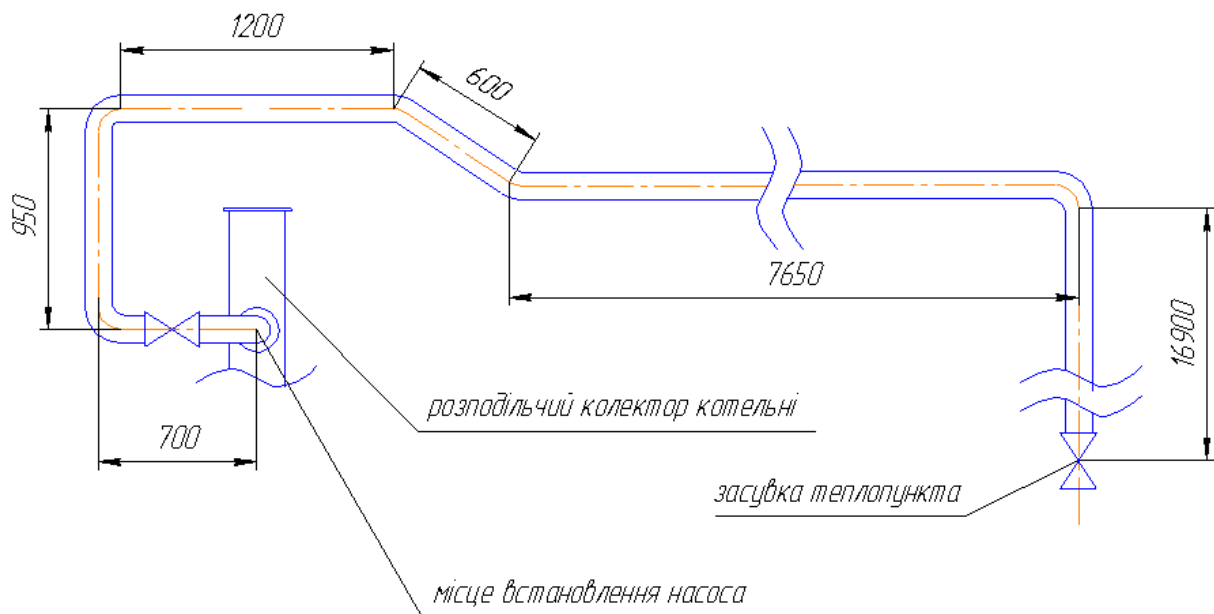


Рисунок 5.1 – Схема трубопроводу постачання теплоносія для системи опалення та вентиляції.

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
							70
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

5.1.1 Вихідні дані:

- витрата води для системи опалення та вентиляції $G = 47,76 \text{ кг/с}$ (з розрахунку теплової схеми);

- густина води $\rho = 975,3 \text{ кг/м}^3$;

- довжина розрахункової ділянки (включаючи відстань до теплопункта):
 $l = 28 \text{ м}$.

5.1.2 Подача насосу для систем опалення.

$$V = \frac{G}{\rho} \cdot 3600, \quad (5.1)$$

$$V = \frac{47,76}{975,3} \cdot 3600 = 176,3 \text{ м}^3 / \text{год}.$$

5.1.3 Приймаємо швидкість руху теплоносія $\omega = 1,5 \text{ м/с}$.

5.1.4 Діаметри трубопроводів

Із рівняння нерозривності потоку

$$V = \omega_B f, \quad (5.2)$$

де V – масова витрата води, кг/с ;

ω_B - швидкість води, м/с ;

f - площа перерізу каналу, м^2 , враховуючи, що $f = \frac{\pi d^2}{4} \text{ м}^2$, отримаємо формулу для визначення внутрішнього діаметра трубопроводу $d_{\text{вн.м}}$

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4V}{\pi \cdot \omega_B \cdot 3600}}, \quad (5.3)$$

діаметр трубопроводів

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 176,3}{3,14 \cdot 1,5 \cdot 3600}} = 0,2 \text{ м}.$$

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
							71
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Приймаємо стандартний діаметр $d_{\text{BH}}=0.2\text{м}$.

5.1.5 Знаходимо дійсну швидкість

$$\omega_{\text{в}} = \frac{4V}{\pi \cdot (d_{\text{BH}})^2}, \quad (5.4)$$

$$\omega_{\text{в}} = \frac{4 \cdot 176,3}{3,14 \cdot (0,2)^2 \cdot 3600} = 1,56 \text{ м/с}.$$

5.1.6 Число Рейнольда

$$Re = \frac{\omega_{\text{в}} \cdot d_{\text{BH}}}{\nu}, \quad (5.5)$$

де ν - коефіцієнт кінематичної в'язкості, $\nu = f(t = 95^\circ\text{C}) = 0.321 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$.

$$Re = \frac{1,56 \cdot 0,2}{0,321 \cdot 10^{-6}} = 971963.$$

5.1.7 Коефіцієнт гідравлічного тертя λ

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{K_{\text{е}}}{d'} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25}, \quad (5.6)$$

де $K_{\text{е}}$ – еквівалентний коефіцієнт абсолютної шорсткості внутрішньої поверхні труби; відповідно до «Правил Держтехнагляду» всі трубопроводи промислових та опалювальних котелень можуть вироблятися з сталевих безшовних зварних труб, зроблених з вуглецевої сталі, для яких $K_{\text{е}}=0,01\text{см}$;

d' - внутрішній діаметр трубопроводу, см.

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{0,01}{15,9} + \frac{68}{971963} \right)^{0,25} = 0.018.$$

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
							72
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

5.1.8 Втрати тиску на тертя $\Delta P_{\text{тр}}$, Па

$$\Delta P_{\text{тр.}} = \lambda \frac{l}{d_{\text{вн}}} \cdot \frac{\rho_{\text{вод}} \cdot \omega_{\text{в}}^2}{2}, \quad (5.7)$$

де l – довжина розрахункової ділянки.

$$\Delta P_{\text{тр.}} = 0.018 \cdot \frac{28}{0.2} \cdot \frac{975.3 \cdot 1.56^2}{2} = 2990 \text{ Па.}$$

5.1.9 Втрати тиску на місцевих опорів

$$\Delta P_{\text{м.о.}} = \sum \xi \cdot \frac{\rho_{\text{вод}} \cdot \omega_{\text{в}}^2}{2}, \quad (5.8)$$

де ξ - коефіцієнт місцевих опорів;

На ділянці є такі місцеві опори: раптове звуження - $\xi_{\text{р.}} = 0.5$, два вентиля - $\xi_{\text{вент.}} = 1.0$ три повороти на 90° - $\xi_{\text{пов.}}^{90} = 1.0$, два повороти на 30° - $\xi_{\text{пов.}}^{30} = 0.6$

$$\Delta P_{\text{м.о.}} = (0.5 + 4 \cdot 1.0 + 1.0) \frac{975.3 \cdot 1.56^2}{2} = 6527 \text{ Па.}$$

5.1.10 Гідравлічний опір трубопроводу і арматури лінії

Гідравлічний опір трубопроводу і арматури лінії складається з суми втрат в місцевих опорах ($\Delta P_{\text{м.о.}}$, Па) і втрат тиску на тертя ($\Delta P_{\text{тр.}}$, Па)

$$\Delta P = \Delta P_{\text{м.о.}} + \Delta P_{\text{тр.}}, \quad (5.9)$$

$$\Delta P = 6527 + 2990 = 9517 \text{ Па}$$

Аналогічно розрахуємо інші трубопроводи та зведемо результати розрахунку в таблицю 5.1.

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		73

Таблиця 5.1 – Результати гідравлічного розрахунку трубопроводів.

Назва трубопроводу	Подача м ³ / год	Довжина, м	Діаметр, м	Швидкість теплоносія, м/с	Опір, кПа
Трубопроводи вимушеної рециркуляції гарячої води	29,3	3	0.12	1.6	6,476
Трубопроводи для подачі води для системи ГВП	18,4	5	0.08	1.7	247,4
Трубопровід ГВП до споживача	7,31	28	0.05	1.6	165,8
Трубопроводи для циркуляції мережевої води в котельні	179,2	30	0.21	1.8	89,218

5.2 Висновки за розділом 5

Проведений гідравлічний розрахунок трубопроводів дозволив визначити необхідні параметри системи для забезпечення надійної та ефективної роботи опалення та вентиляції. Було розраховано діаметри трубопроводів, оцінено втрати тиску на тертя та в місцевих опорах, що дає змогу підібрати відповідні насоси та трубопроводи, здатні забезпечити потрібну пропускну здатність системи.

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		74

6 ВИБІР ОСНОВНОГО ТА ДОПОМІЖНОГО ОБЛАДНАННЯ

6.1 Котлоагрегати та пристрої для спалювання

Для забезпечення покриття необхідних теплових навантажень у проєктованій котельні обрано котлоагрегати “Vitoplex-100” від німецької компанії “Viessman”. Котли комплектуються стандартним і погодозалежним регулюючим обладнанням, що дозволяє забезпечити ефективну роботу системи.

Технічні характеристики котлів “Vitoplex-100” подані в таблиці 2.1.

Таблиця 6.1 - Технічні характеристики котлів “Vitoplex-100”

№ п/п	Найменування		Показник
1	Номінальна теплова потужність, кВт		1,895
2	Допустима температура прямої води, °C		110
3	Допустимий робочий тиск, бар		6,0
4	Опір зі сторони продуктів згоряння, Па		360
5	Опір зі сторони теплоносія, кПа		50
6	Габаритні розміри		
		Довжина, мм	2395
		Ширина, мм	1335
		Висота, мм	2275
7	Загальна маса котла, кг		2581
8	Об'єм котлової води, л		1140
9	Температура димових газів, °C		180
10	Нормативний ККД, %		94

Основні переваги котлоагрегатів “Vitoplex-100”

- Економічна та екологічна теплогенерація: забезпечує програмоване регулювання температури теплоносія.
- Триходова схема газоходів: мінімізує утворення оксидів азоту завдяки низькому теплонавантаженню камери згоряння.
- Високий ККД: нормативний коефіцієнт корисної дії становить 94%.
- Компактність: полегшує транспортування та монтаж.
- Природна циркуляція: широкі проходи між жаровими трубами та велике водонаповнення сприяють ефективному нагріву.
- Надійність експлуатації: забезпечується цифровим контролером "Vitetronic".

Котли “Vitoplex” сертифіковані Держстандартом України та дозволені до використання „Держнагляд охорони праці України”.

Пристрої для спалювання палива

Для спалювання палива застосовуються двоступеневі газові пальники типу WG40/1-A, ZM-LN (N=972 кВт) від компанії “Weishaupt”. Ці пальники відзначаються високими екологічними показниками та сертифіковані відповідно до вимог Держстандарту України і дозволені до використання „Держнагляд охорони праці України”.

6.2 Насоси

Вибір насосів проводиться на основі таблиць технічних характеристик, враховуючи необхідну подачу і напір. Для забезпечення безпечної експлуатації передбачено встановлення по два насоси, щоб у разі виходу одного з ладу інший міг працювати з максимальною витратою води.

Для перекачування теплоносіїв у котельні обрано насоси фірми “Wilo” з комплектом електродвигунів. Ці насоси відзначаються високими експлуатаційними та економічними характеристиками, а також забезпечують

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
							76
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

надійну і безперервну роботу. Насоси “Wilo” сертифіковані Держстандартом України і дозволені до використання „Держнагляд охорони праці України”.

6.2.1 Рециркуляційні насоси котлоагрегатів

Рециркуляційні насоси застосовуються у теплових схемах котельні з водогрійними котлами та необхідні для подачі нагрітої води на вхід котлоагрегата. Це забезпечує підтримання стабільної температури теплоносія та оптимальний режим роботи котлів.

Згідно з результатами гідравлічного розрахунку трубопроводу рециркуляції теплоносія отримано такі значення:

- подача $V = 29,3 \text{ м}^3 / \text{год.}$
- необхідний напір $\Delta P = 6476 \text{ Па.}$

Для забезпечення ефективної рециркуляції теплоносія в системі та безперервної роботи котлоагрегатів обрано подвійний насос (головний-резервний) Wilo VeroLine IPL-65/175-5.5/2, виробництва Німеччини. Насос має такі технічні характеристики:

- подача $V=30 \text{ м}^3 / \text{год.}$;
- напір $H=7,2 \text{ кПа.}$;
- встановлення потужність електроприводу $N_{\text{вст}}=0,55 \text{ кВт.}$;
- швидкість руху електроприводу $n=1450 \text{ хв}^{-1}$.

6.2.2 Циркуляційний насос вимушеної циркуляції теплоносія в системі опалення та вентиляції.

З гідравлічного розрахунку трубопроводу для подачі теплоносія в систему опалення отримуємо:

- подача $V = 176,3 \text{ м}^3 / \text{год.}$
- необхідний напір $\Delta P = 9517 \text{ Па.}$

На основі отриманих даних, вибираю насос Wilo-IL 100/160-2.2/4 виробництва Німеччини з наступними технічними характеристиками

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
							77
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

- подача $V=180,4 \text{ м}^3 / \text{год}$;
- напір $H=10\text{кПа}$;
- встановлення потужність електроприводу $N_{\text{вст}}=2,2 \text{ кВт}$;
- швидкість руху електроприводу $n=1450\text{хв}^{-1}$.

6.2.3 Циркуляційний насос вимушеної циркуляції теплоносія в системі ГВП до споживача.

З гідравлічного розрахунку трубопроводу для подачі теплоносія у систему ГВП (до споживача) отримуємо:

- подача $V = 7,31\text{м}^3 / \text{год}$.
- необхідний напір $\Delta P = 165,8\text{кПа}$.

На основі отриманих даних, вибираю насос Wilo-TWI 4-0439 виробництва Німеччини з наступними технічними характеристиками:

- подача $V=7,5 \text{ м}^3 / \text{год}$;
- напір $H=170\text{кПа}$;
- встановлення потужність електроприводу $N_{\text{вст}}=3.6\text{кВт}$;
- швидкість руху електроприводу $n = 2900\text{хв}^{-1}$.

6.2.3 Циркуляційний насос вимушеної циркуляції теплоносія в системі ГВП (в приміщенні котельні).

З гідравлічного розрахунку трубопроводу для подачі теплоносія у систему ГВП отримуємо:

- подача $V = 18,4\text{м}^3 / \text{год}$.
- необхідний напір $\Delta P = 247,4\text{кПа}$.

На основі отриманих даних, вибираю насос Wilo-TWI 4-0764 виробництва Німеччини з наступними технічними характеристиками:

- подача $V=20,5 \text{ м}^3 / \text{год}$;
- напір $H=250,5\text{кПа}$;
- встановлення потужність електроприводу $N_{\text{вст}}=7,01\text{кВт}$;
- швидкість руху електроприводу $n = 2900\text{хв}^{-1}$.

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		78

6.2.3 Циркуляційний насос вимушеної циркуляції мережевої води в приміщенні котельні.

З гідравлічного розрахунку трубопроводу отримуємо

- подача $V = 179,2 \text{ м}^3 / \text{год}$.
- необхідний напір $\Delta P = 89,128 \text{ Па}$.

На основі отриманих даних, вибираю насос Wilo-IL 50/220-15/2 виробництва Німеччини з наступними технічними характеристиками:

- подача $V = 180,5 \text{ м}^3 / \text{год}$;
- напір $H = 95,5 \text{ кПа}$;
- встановлення потужність електроприводу $N_{\text{вст}} = 2,04 \text{ кВт}$;

швидкість руху електроприводу $n = 1450 \text{ хв}^{-1}$

6.3 Обладнання водопідготовки

Автоматичне підживлення теплової мережі здійснюється за допомогою установки "Hidrojet", що комплектується підживлюючим насосом та баком для хімічно очищеної води. Ємність бака складає 1 м^3 , максимальна продуктивність— $3 \text{ м}^3 / \text{год}$, а встановлена потужність електродвигуна дорівнює $N = 1.1 \text{ кВт}$.

Для пом'якшення води застосовується автоматизована установка водопом'якшення S100F виробництва "Ecowater System". Також в системі водопідготовки передбачено встановлення установки хімічної деаерації та видалення залишкової жорсткості, що комплектується насосом типу "Medomat" від компанії "BWT", з продуктивністю $3 \text{ м}^3 / \text{год}$.

6.4 Розширювальні баки

Для вирівнювання та стабілізації циклів підпитки кожен котел оснащується розширювальним баком виробництва компанії "Reflex", об'ємом від 900 до 1200 літрів.

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
							79
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

6.5 Висновки за розділом 6

У процесі вибору основного та допоміжного обладнання для проектованої котельні були враховані теплові навантаження та технічні характеристики, що забезпечують ефективність і надійність системи. Було підібрано котлоагрегати

"Vitoplex-100" від компанії "Viessmann", які характеризуються високим ККД, компактністю, економічністю та надійністю. Для спалювання палива використано екологічні пальники типу WG40/1-A від компанії "Weishaupt".

З метою забезпечення безперервної циркуляції теплоносія в системі обрано надійні насоси від компанії "Wilo", що відповідають вимогам Держстандарту України. Обладнання водопідготовки, розширювальні баки та установки для пом'якшення води забезпечують стабільну роботу та захист системи від негативних впливів.

Завдяки комплексному підходу до підбору обладнання досягається оптимізація роботи котельні, її економічна ефективність та відповідність сучасним стандартам безпеки та екологічності.

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
							80
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

7 ОСНОВНІ РІШЕННЯ З АВТОМАТИЗАЦІЇ

Теплоенергетичні установки мають характер неперервного процесу, при якому вироблення теплової енергії повинно завжди відповідати поточному навантаженню. Більшість операцій на таких установках автоматизовані, а перехідні процеси протікають швидко, що обумовлює високий рівень автоматизації в енергетиці.

При проектуванні системи автоматичного регулювання основні цілі включають:

- зменшення чисельності обслуговуючого персоналу;
- полегшення та зміна характеру роботи персоналу;
- підвищення безпеки праці та надійності роботи обладнання;
- покращення економічної ефективності роботи котельні.

Автоматизація котельні передбачає впровадження таких компонентів, як автоматичне регулювання, технологічний контроль, захист обладнання, дистанційне керування, технологічна сигналізація та блокування.

7.1 Технологічний контроль

Більшість вимірювань у теплоенергетиці проводяться за допомогою систем з дистанційною передачею даних. Ці системи складаються з первинних вимірювальних перетворювачів (датчиків) та вторинних пристроїв, які можуть бути показуючими або реєструючими, з використанням електричних або трубних ліній для передачі інформації.

Сучасні системи технологічного контролю розроблені на основі уніфікації сигналів передачі інформації між первинними перетворювачами та вторинними приладами. Найбільш поширеними електричними сигналами є параметри: (0-5) мА, (4-20) мА, (0-10) В.

Уніфікація сигналів має кілька переваг перед використанням різномірних сигналів:

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		81

- забезпечення взаємозамінності первинних та вторинних пристроїв;
- можливість скорочення кількості первинних перетворювачів;
- збільшення можливостей для централізованого контролю.

Організація технологічного контролю та вибір приладів виконані відповідно до таких принципів:

- вимірювання необхідних параметрів для коректного управління технологічними процесами здійснюється за допомогою показуючих приладів, розміщених на щиті управління котлом;
- вимірювання, необхідні для господарських розрахунків або аналізу роботи обладнання, реєструються та архівуються.

7.2 Автоматичне регулювання

Система автоматичного регулювання котельні виробничо-офісного корпусу розроблена на основі спеціалізованих контролерів “Vitetronic-100” (тип GC1) з комплектом датчиків і погодозалежного каскадного контролера “Vitetronic-333” (тип MW1). Ці контролери, розроблені компанією “Viessmann” для своїх котлоагрегатів, постачаються разом з котлоагрегатами та комплектом необхідних датчиків.

“Vitetronic-100” (тип GC1) — це цифровий програмний контролер для управління котловим контуром, призначений для роботи з одним котлом, оснащеним двоступінчастим пальником. Він працює в погодозалежному режимі та взаємодіє з каскадним контролером “Vitetronic-333” (тип MW1). Контролер підходить для опалювальних установок з одним контуром і автоматичним режимом приготування гарячої води, а також включає систему діагностики.

“Vitetronic-333” (тип MW1) — це цифровий каскадний контролер для багатокотельних установок, що дозволяє керувати до чотирма водогрійними котлами з контролерами типу “Vitetronic-100” (тип GC1). Цей контролер забезпечує програмовану та погодозалежну теплогенерацію з регулюванням

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		82

температури теплоносія. Він підтримує опалювальні установки з одним контуром та щонайбільше двома опалювальними контурами з використанням змішувачів. Крім того, контролер включає автоматичний режим приготування гарячої води та систему діагностики. Монтаж контролера здійснюється на настінній консолі або в шафі керування.

7.2.1 Стабілізуючий контролер котлоагрегату “Vitoltronic-100” (тип GC1)

Для управління котлоагрегатом використовується стабілізуючий контролер “Vitoltronic-100” (тип GC1) компанії “Viessmann”. На входи контролера надходять наступні сигнали:

- від датчика температури котлової води ;
- від датчика температури мережевої води до підмішуючого пристрою ;
- від датчика температури мережевої води за підмішуючим пристроєм ;
- від датчика контролю наповнення котлового блоку водою ;
- від датчика температури димових газів ;

В стабілізуючому контролері “Vitoltronic-100” (тип GC1) реалізовано пропорційно-інтегрально (ПІ) закон регулювання.

На виходах контролера формуються наступні керуючі сигнали для виконавчих механізмів:

- Керуючий сигнал для 1-ого ступеню пальника;
- Керуючий сигнал для 2-ого ступеню пальника;
- Керуючий сигнал для виконавчого механізму управління витратою газу

7.2.2 Корируючий контролер “Vitoltronic-333” (тип MW1)

Для коригування управління котлоагрегатами та керування насосами системи гарячого водопостачання (ГВП) використовується контролер “Vitoltronic-333” (тип MW1) компанії “Viessmann”. На входи контролера надходять наступні сигнали:

- від датчика температури зовнішнього середовища ;
- від датчика температури мережевої води прямої магістралі ;
- від датчика температури мережевої води системи опалення ;

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		83

- від датчика температури мережевої води системи вентиляції ;
- від датчика температури води ємкісного водонагрівача .

В контролері “Vitoltronic-333” (тип MW1) реалізовано пропорційно-інтегрально (ПІ) регулювання.

На виходах контролера формуються наступні керуючі сигнали для виконавчих механізмів:

- Коригування стабілізуючих контролерів “Vitoltronic-100” (тип GC1) компанії “Viessmann”;
- Керуючий сигнал для насосів системи ГВП;
- Керуючий сигнал для насосів системи опалення та вентиляції.

7.3 Технологічна сигналізація

Технологічна сигналізація служить для попередження аварійних ситуацій, що можуть виникнути через вихід параметрів роботи котлоагрегату за встановлені межі.

У проекті передбачено два типи сигналізації:

- Попереджувальна сигналізація, яка спрацьовує, коли параметри, що контролюються, виходять за межі допустимих значень;
- Аварійна сигналізація, яка активується, коли параметри досягають аварійних значень, і спрацьовує одночасно з технологічним захистом.

В проекті реалізовано сигналізацію для перевищення допустимих значень усіх критичних параметрів. Відхилення параметрів визначаються приладами, і при виході за допустимі межі на відповідних клеммах приладів генерується сигнал про перевищення допустимого значення. Цей сигнал передається на загальну шину світлової сигналізації та шину захисту.

Технологічна сигналізація призначена для інформування оперативного персоналу про:

- вихід фізичної величини за межі, що визначають надійність роботи обладнання;

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		84

- вихід фізичної величини за межі, що визначають безпечність роботи обладнання (аварійна сигналізація);
- попередження спрацьовування технологічного захисту;
- відмову окремих елементів обладнання;
- зникнення напруги в мережі живлення.

7.4 Технологічний захист та блокування

Технологічний захист забезпечує автоматичне запобігання виникненню аварій при порушенні нормальних умов експлуатації котлоагрегатів та котельного обладнання. У разі виявлення порушень, захист може призвести до зупинки котлоагрегатів, зниження їх навантаження або виконання місцевих дій, спрямованих на запобігання розвитку аварії.

На цьому об'єкті технологічний захист передбачає негайне припинення подачі газу до пальників котлоагрегатів при виявленні аварійних відхилень параметрів роботи котлів. Спрацьовує клапан, встановлений на газопроводі, який закривається, припиняючи подачу газу.

Блокування полягає у тому, що система не дозволяє автоматично запускати котлоагрегати та систему регулювання до тих пір, поки не будуть усунуті аварійні відхилення параметрів або наслідки зникнення електроживлення системи.

7.5 Живлення засобів автоматизації та контролю

Живлення для засобів автоматизації та контролю здійснюється від мереж змінного струму 220 В і 380 В, 50 Гц через розподільчі щити, до яких не підключені пристрої з різким зміною навантаження, наприклад, електродвигуни. В живильних лініях встановлюються автоматичні вимикачі, які розміщуються в місцях підключення до джерела живлення, а також на вводах у щити, де розміщені засоби автоматизації та контролю.

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		85

Автоматичні вимикачі призначені для захисту електричних установок від перенавантажень та коротких замикань у колах змінного та постійного струму. Вибір вимикачів здійснюється за струмом споживання та типом розщеплювача, який може бути електромагнітним або тепловим. Живлення від автоматичного вимикача подається на клеми, а від них — до засобів контролю і автоматизації. Якщо необхідно, для приладів передбачено стабілізоване живлення від окремих джерел.

7.6 Щит оперативного керування

В рамках проекту передбачена розробка оперативного щита, який буде розташований у приміщенні котельні. Щит виконаний у вигляді двостулкової електромонтажної шафи з розмірами: висота — 2200 мм, ширина — 800 мм, глибина — 600 мм. Закриття шафи забезпечує захист контактів від пилу та обмежує доступ сторонніх осіб до електричних компонентів.

Прилади монтуються на монтажній панелі щита з урахуванням ергономічних вимог для зручності експлуатації та обслуговування

7.7 Висновки за розділом 7

У цьому розділі розглянуто основні рішення щодо автоматизації теплоенергетичних установок, що забезпечують ефективну та надійну експлуатацію котельного обладнання. Автоматизація є важливою складовою у підтримці безперервного процесу вироблення теплової енергії, який повинен відповідати поточному навантаженню.

Технологічний контроль і регулювання здійснюються за допомогою сучасних контролерів, таких як “Vitetronic-100” і “Vitetronic-333” від компанії “Viessmann”, які забезпечують погодозалежне регулювання та діагностику системи. Системи автоматизації включають стабілізуючі та коригуючі контролери для ефективного управління котлоагрегатами і насосами.

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		86

Значна увага приділена системам сигналізації, що дозволяють оперативному персоналу вчасно реагувати на відхилення параметрів від норми, а також системам технологічного захисту і блокування, які автоматично запобігають розвитку аварійних ситуацій.

Організація живлення засобів автоматизації та розробка щитів оперативного управління з урахуванням ергономічних вимог забезпечують зручність і безпеку експлуатації обладнання.

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
							87
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

8 РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЄКТУ

Задача техніко-економічного розрахунку полягає у порівнянні двох варіантів теплопостачання для транспортного підприємства в м. Бориспіль, Київської області:

Варіант а) Теплопостачання від автономної котельні.

Варіант б) Теплопостачання від централізованої теплової мережі.

8.1 Розрахунок капітальних вкладень в автономну котельню

Таблиця 8.1 - Вартість обладнання.

Найменування	Кількість	Вартість за одиницю	Загальна вартість
1	2	3	4
Низькотемпературний котел для газоподібного палива теплопродуктивністю 1,895кВт Vitoplex-100 (тип GC1) із базовим комплектуванням Vitotronic 333 (MW1) для багато котельних установок. Фірма „Viessman”.	1	43400	43400
Низькотемпературний котел для газоподібного палива теплопродуктивністю 1,895кВт Vitoplex-100 (тип GC1), режим погодо залежної тепло генерації. Фірма „Viessman”.	2	46000	92000

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		88

Продовження таблиці 8.1

1	2	3	4
Плавний двохступеневий пальник газовий теплопотужністю 972кВт „Weishaupt”	3	30640	91920
Мембранна розширювальна посудина. V=1200-900л. Фірма “Reflex”.	3	2600	7800
Насос Wilo-DPn 50/160-0.55/4	1	7900	7900
Насос Wilo-IL 100/160-2.2/4	2	1320	2640
Насос Wilo-TWI 4-0439	2	1730	3460
Насос Wilo-TWI 4-0764	2	3400	6800
Насос Wilo-IL 50/220-15/2	2	5400	10800
Насос сирої води та ГВС. N=0,2кВт Фірма „Wilo”.	2	1400	2800
Автоматизована водопом'якшувальна установка G=3м3/год. Фірма “BWT”. В комплекті з насосами.	1	5270	5270
Установка хімічної деаерації	1	7370	7370
Блок запасу хімічищеної води V=1м3	1	2400	2400
Прилад фізичної обробки води. Фірма „MERUS”.	1	900	900
Металева димова труба з ізоляцією в кожусі (висота 20м)	3	5200	27600

Продовження таблиці 8.1

1	2	3	4
Комплект газоходів з нержавіючої сталі	3	15430	46290
Комплект запоно регулюючої арматури	3	7260	21780

8.1.1 Загальна вартість обладнання, грн

$$K_{\text{заг}} = \sum K_i, \quad (8.1)$$

де K_i - вартість блока обладнання, грн.

$$K_{\text{заг}} = 43400 + 92000 + 91920 + 7800 + 7900 + 2640 + 3460 + 6800 + 10800 + 9900 + 2800 + 5270 + 7370 + 2400 + 900 + 27600 + 46290 + 21780 = 391030 \text{ грн}$$

8.1.2 вартість монтажу обладнання, грн.

$$K_{\text{монт}} = 0.15 \cdot K_{\text{заг}}, \quad (8.2)$$

де $K_{\text{заг}}$ - загальна вартість обладнання, грн.

$$K_{\text{монт}} = 0.15 \cdot 391030 = 58654 \text{ грн.}$$

8.1.3 Транспортні витрати на доставку обладнання, грн.

$$K_{\text{пер}} = 0,05 \cdot K_{\text{заг}}, \quad (8.3)$$

де $K_{\text{заг}}$ - загальна вартість обладнання, грн.

$$K_{\text{пер}} = 0,05 \cdot 391030 = 19552 \text{ грн.}$$

8.1.4 Непередбачені витрати

$$K_{\text{неп}} = 0,2 \cdot (K_{\text{заг}} + K_{\text{монт}} + K_{\text{пер}}), \quad (8.4)$$

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
							90
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

де $K_{\text{заг}}$ - загальна вартість обладнання, грн;

$K_{\text{монт}}$ - вартість монтажу обладнання, грн;

$K_{\text{пер}}$ - транспортні витрати на доставку обладнання, грн.

$$K_{\text{неп}} = 0,2 \cdot (391030 + 58654 + 19552) = 93847 \text{ грн.}$$

8.1.5 Капітальні затрати на автономну котельню, грн

$$K = K_{\text{заг}} + K_{\text{монт}} + K_{\text{пер}} + K_{\text{неп}}, \quad (8.5)$$

де $K_{\text{заг}}$ - загальна вартість обладнання, грн;

$K_{\text{монт}}$ - вартість монтажу обладнання, грн;

$K_{\text{пер}}$ - транспортні витрати на доставку обладнання, грн;

$K_{\text{неп}}$ - непередбачені витрати, грн.

$$K = 391030 + 58654 + 19552 + 93847 = 563083 \text{ грн.}$$

8.2 Розрахунок річних експлуатаційних витрат, грн

8.2.1 Витрати на паливо, грн

$$I_{\Pi} = B_{\text{рік}} \cdot C_{\Pi}, \quad (8.6)$$

де $B_{\text{рік}}$ - річна витрата палива на котельню, тис. м³/рік;

C_{Π} - вартість палива грн/тис. м³.

$$I_{\Pi} = 904 \cdot 757 = 684328 \text{ грн.}$$

8.2.2 Витрати на заробітну плату, грн

8.2.2.1 Начальник котельні

$$I_{\text{з/п}} = 1200 \cdot 12 = 14400 \text{ грн.}$$

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
							91
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Інженер по електрообладнанню та КВП та А

$$I_{з/п} = 900 \cdot 12 = 10800 \text{ грн.}$$

10.2.3 Витрати на електроенергію

$$I_{еe} = W \cdot C_{еe}, \quad (8.7)$$

де W - річна витрата електроенергії $W = 131400 \text{ кВт} \cdot \text{год}$

$C_{еe}$ - вартість одиниці електроенергії $C_{еe} = 0.18 \text{ грн} / \text{кВт} \cdot \text{год}.$

$$I_{еe} = 131400 \cdot 0.21 = 27594 \text{ грн.}$$

8.2.4 Амортизаційні відрахування, грн

$$I_A = 0.15 \cdot K, \quad (8.8)$$

де K - капітальні затрати на автономну котельню, грн.

$$I_A = 0.15 \cdot 563083 = 84462 \text{ грн.}$$

8.2.5 Витрати на ремонт, грн

$$I_p = 0,4 \cdot I_A, \quad (8.9)$$

де I_A - амортизаційні відрахування, грн.

$$I_p = 0,4 \cdot 84462 = 33785 \text{ грн.}$$

8.2.6 Інші витрати , грн

$$I_{інш} = 0,2 \cdot (I_{з/п\Sigma} + I_A + I_p), \quad (8.10)$$

де $I_{з/п\Sigma}$ - загальні витрати на з.п, грн;

I_A - амортизаційні відрахування, грн;

I_p - витрати на ремонт, грн.

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
							92
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

$$I_{\text{інш}} = 0.2 \cdot (14400 + 10800 + 84462 + 33785) = 28090 \text{ грн.}$$

8.2.7 Річні експлуатаційні витрати, грн

$$I = I_T + I_{\text{з/п}\Sigma} + I_{\text{еє}} + I_A + I_P + I_{\text{інш}}, \quad (8.11)$$

де $I_{\text{п}}$ - витрати на паливо, грн;

$I_{\text{з/п}\Sigma}$ - загальні витрати на з.п, грн;

$I_{\text{еє}}$ - витрати на електроенергію, грн;

I_A - амортизаційні відрахування, грн;

I_P - витрати на ремонт, грн;

$I_{\text{інш}}$ - Інші витрати, грн.

$$I = 684328 + 14400 + 10800 + 27594 + 84462 + 33785 + 28090 = 883459 \text{ грн./рік}$$

8.3 Порівняння варіантів теплопостачання для комплексу

8.3.1 Собівартість одиниці теплоти при теплопостачанні комплексу від автономної котельні, грн

$$C_{\text{авт}} = \frac{I}{Q_{\text{год}}}, \quad (8.12)$$

де I - річні експлуатаційні витрати, грн / Гкал

$$Q_{\text{год}} - \text{річний відпуск тепла, } Q_{\text{год}} = \frac{26.7 \cdot 10^{12}}{4.187} = 6377 \frac{\text{Гкал}}{\text{рік}}.$$

$$C_{\text{авт}} = \frac{883456}{6377} = 138 \text{ грн / Гкал.}$$

8.3.2 Вартість одиниці теплоти при теплопостачанні від ТЕЦ

$$C_{\text{тец}} = 164 \text{ грн / Гкал,}$$

8.3.3 Економічний ефект

$$Ef = Q_{\text{рік}} \cdot (C_{\text{тец}} - C_{\text{авт}}), \quad (8.13)$$

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		93

де $Q_{\text{рік}}$ - річний відпуск тепла;

$C_{\text{тец}}$ - собівартість одиниці теплоти при теплопостачанні комплексу від ТЕЦ;

$C_{\text{авт}}$ - Собівартість одиниці теплоти при теплопостачанні комплексу від автономної котельні.

$$E\phi = 6377 \cdot (164 - 138) = 165802 \text{ грн.}$$

8.3.4 Період повернення капіталу:

$$T = \frac{K}{E\phi}, \quad (8.14)$$

де K - сумарні капіталовкладення в котельню;

$E\phi$ - економічний ефект.

$$E = \frac{563183}{165802} = 3,4 < 5 \text{ років.}$$

8.3.5 Коефіцієнт ефективності капіталовкладень

$$E = \frac{1}{T}, \quad (8.15)$$

де T - срок окупності.

$$E = \frac{1}{T} = \frac{1}{3.4} = 0,294 > E_n = 0,15$$

8.4 Висновки за розділом 8

Проект з розробки системи теплопостачання для транспортного підприємства в місті Бориспіль передбачає порівняння двох варіантів: автономної котельні та централізованої теплової мережі. Проведений техніко-економічний розрахунок показує, що хоча автономна котельня має високі початкові капіталовкладення, вона може забезпечити значну економію в довгостроковій перспективі завдяки стабільним витратам на енергію та незалежності від постачальників. З іншого боку, централізоване теплопостачання потребує менших стартових витрат, але залежить від тарифів та може мати вищі річні витрати.

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
							94
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

9 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Охорона праці — це сукупність правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних та лікувально-профілактичних заходів і засобів, спрямованих на забезпечення здоров'я, безпеки життя та працездатності людей у процесі виконання трудових обов'язків.

На сьогодні в Україні рівень нещасних випадків на виробництвах значно перевищує аналогічні показники у розвинених країнах. З цієї причини необхідно вживати заходів для зниження випадків виробничого травматизму та професійних захворювань.

Проблеми охорони праці є актуальними як з погляду захисту життя та здоров'я працівників, так і з економічної точки зору. Через це питанням безпеки праці приділяється увага як на етапі проектування об'єктів, так і під час їх експлуатації. Охорона праці має особливо важливе значення на об'єктах енергетики через їхню значущість для національної економіки, можливі серйозні екологічні та економічні наслідки, а також значну кількість персоналу, що обслуговує ці об'єкти.

Тема магістерської роботи — ««Водогрійна котельня транспортного підприємства у м. Бориспіль, Київської області». Ця котельня призначена для обігріву систем опалення та забезпечення гарячого водопостачання адміністративних будівель, а також для покриття перспективного теплового навантаження в обсязі 5600кВт.

У котельні встановлено три водогрійні котли “Vitoplex-100” виробництва компанії “Viessmann”, кожен із тепловою потужністю 1,895 кВт. Основним паливом для котлів є природний газ низького тиску, який подається до котельні від газопроводу середнього тиску через шафовий регуляторний пункт. Загальна витрата газу становить 345 м³/год. Температурний режим роботи котельні — 95/70°C. Тиск у прямій та зворотній магістралях становить відповідно 7 та 3 атм.

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
							95
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

У даному розділі представлені пропозиції щодо технічних рішень та організаційних заходів, які стосуються виконання діючих вимог в сфері охорони здоров'я і безпеки праці та цивільного захисту стосовно безпеки експлуатації спроектованого технологічного устаткування та визначені основні заходи з електробезпеки, гігієни праці і виробничої санітарії та безпеки в надзвичайних ситуаціях

9.1 Технічні рішення та організаційні заходи для забезпечення безпечної експлуатації котельного обладнання

9.1.1 Загальні рішення

Розташування обладнання спроектовано з урахуванням його безпечної роботи та оптимального розміщення трубопроводів. Кріплення труб здійснюється до стін і опорних стійок за допомогою кронштейнів.

Виведення димових газів від котлів відбувається через спільну ізольовану металеву трубу діаметром 400 мм з верхньою позначкою +19,759.

Вікна в котельні передбачено з подвійним склом завтовшки 3 мм, а отвори обладнано сітками для захисту від уламків скла під час аварій.

Для контролю роботи та забезпечення безпечних умов експлуатації котли оснащено:

- запобіжними механізмами;
- індикаторами рівня води;
- манометрами;
- приладами для вимірювання температури;
- запірною та регулювальною арматурою;
- засобами безпеки;
- пристроями для живлення.

Розташування котлів і допоміжного обладнання відповідає нормам встановлення та безпечної експлуатації водогрійних котлів [10]. Місця встановлення котлів відокремлені перегородками, що не горять, по всій висоті

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		96

приміщення, з обладнаними дверима. Підлога котельного залу розташована вище рівня землі біля будівлі котельні. Вихідні двері відчиняються назовні та мають табличку «Вхід стороннім заборонено». Двері з інших приміщень відчиняються у бік котельні та обладнані пружинами.

Перед котлами може бути встановлене допоміжне обладнання й панелі керування, при цьому ширина проходів повинна бути не менше 1,5 м, і обладнання не має заважати обслуговуванню котлів.

Димососи розташовані ззовні, інше обладнання – у котельні. Конструкції виконані з матеріалів, що відповідають вимогам вогнестійкості.

Проект передбачає технологічну та аварійну сигналізацію. Котли й допоміжні пристрої оснащено засобами захисту, що спрацьовують у разі аварії.

Для регулювання подачі робочих середовищ на трубопроводах встановлюються засувки й вентиля. На продувних, дренажних і пробовідбірних трубопроводах котлів передбачено два запірні крани. Арматура розташована у зручних місцях для обслуговування та ремонту.

На котлах встановлені запобіжні й вибухові клапани, а також пристрої безпеки, що забезпечують автоматичне відключення у разі:

- зміни тиску газу;
- відхилення тиску води за котлом;
- зниження витрати води;
- підвищення температури води за котлом;
- затухання факела в топці;
- порушення тяги;
- падіння тиску повітря;
- зупинки димососа;
- припинення роботи вентилятора первинного повітря;
- проблем у ланцюгах і відсутності напруги.

У разі падіння розрідження в топці, зниження тиску вентиляторного повітря та газу, падіння рівня води у живильному баці й при досягненні

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
							97
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

загазованості на рівні 10% від нижньої межі займистості подається звуковий сигнал і світлове оповіщення. Ці сигнали також включаються в систему захисту, яка відключає газ за допомогою електромагнітного клапана.

Трубопроводи з підвищеною температурою ізолюються фахівцями, щоб забезпечити зовнішню температуру не більше 45 °С при температурі навколишнього середовища до 25 °С. Основний ізоляційний шар виконаний з мінеральної вати згідно з [8].

Монтаж трубопроводів систем опалення та теплопостачання виконується зі сталевих труб згідно з [9] і фарбується двічі олійною фарбою.

9.1.2. Електробезпека

Електробезпека в приміщені котельні повинна забезпечуватися відповідною системою організаційних і технічних заходів і засобів, яка гарантує захист людей від шкідливої і небезпечної дії електричного струму, електричної дуги, електромагнітного поля і статичної електрики.

Основні нормативні документи, що регламентують вимоги з електробезпеки, це ПУЕ-2017, НПАОП 40.1-1.21-98, НПАОП 40.1-1.01-97, НПАОП-40.1-1.32-01, ДСТУ 7237:2011 та Технічний регламент з безпеки низьковольтного електричного обладнання (постанова Каб. Міністрів України №1149 від 23.10.2009 р.), а також ДСТУ Б В.2.5-82:2016. «Інженерне обладнання будинків і споруд. Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд».

Електрична мережа, яка живить обладнання котельні, є трифазною, чотирьохпровідною мережею з напругою 380/220 В і глухо заземленою нейтраллю. Напруга мереж для робочого та аварійного освітлення становить 380/220 В, для ремонтного освітлення — 12 В. За рівнем небезпеки електротравм котельня відноситься до категорії особливо небезпечних об'єктів, оскільки має більше двох факторів підвищеного ризику. Будівля котельні знаходиться під захистом металевих димових труб висотою 20 м, які з'єднані з заземлювачем за допомогою струмовідводів зі сталевого дроту діаметром 6 мм.

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
							98
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

9.1.2.1. Технічні заходи щодо запобігання електротравмам від контакту із струмовідними частинами ЕУ

Проектом передбачено ряд рішень для запобігання електротравмам при контакті із струмовідними елементами ЕУ:

- Ізоляція струмовідних частин електроустаткування відповідно до вимог стандартів;
- Розміщення неізольованих струмовідних елементів на висоті, недоступній для людини, в спеціальних приміщеннях з обмеженим доступом, в металевих шафах, обмежених металевими сітками, із закритими клемними з'єднаннями тощо;
- Використання захисних блокувань у електричних апаратах і обладнанні (механічних та електричних), що автоматично вимикають напругу при відкриванні електроустаткування, при знятті напруги або при потраплянні персоналу в небезпечну зону;
- Застосування засобів орієнтації в електроустаткуванні, таких як написи, таблички, сигнальні системи, що попереджають про можливі помилки при обслуговуванні та експлуатації електроустаткування;
- Використання зниженої напруги: мережі для стаціонарних розеток з напругою 12 В для переносного освітлення, 42 В для систем місцевого освітлення та ручного електроінструмента;
- Прокладання кабелів до споживачів у трубах або в закритих конструкціях підлоги, стін і стелі.

9.1.2.2. Технічні заходи для запобігання електротравмам при потраплянні напруги на неструмовідні частини ЕУ

Для мінімізації ризику ураження людини електричним струмом при дотику до неструмовідних металевих частин електроустановок, які можуть опинитися під напругою, проектом передбачено застосування занулення металевих корпусів електрообладнання, каркасів, щитів і шаф. Занулення — це спеціальне

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
							99
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

електричне з'єднання неструмовідних елементів обладнання з заземленим нульовим провідником. Магістраль системи захисного заземлення TN-C (занулення) складається з штабової сталі розміру 25x4 мм, яка прокладається по периметру котельні. Для підключення корпусів електрообладнання до цієї магістралі використовуються PEN-провідники, а також сталеві труби електропроводок та спеціальні сталеві провідники. Заземлювач складається з двох електродів з круглої сталі діаметром 16 мм і довжиною 4,5 м, які встановлюються на відстані 9 м один від одного і з'єднуються між собою штабовою сталлю розміру 40x4 мм. Для захисту від перенесення високого потенціалу через зовнішні металеві комунікації передбачено їх з'єднання з магістраллю заземлення при підведенні до приміщення. У випадку пробоя робочої ізоляції ЕУ при застосуванні системи захисного заземлення TN-C відбувається коротке замикання фази на корпус, що активує систему захисту від короткого замикання (автоматичний вимикач максимального струмового захисту), і пошкоджене ЕУ відключається від джерела живлення.

Згідно з нормативами, виконуються наступні вимоги:

- забезпечується необхідна кратність величини струму короткого замикання до величини номінального струму спрацювання автомата максимального струмового захисту;
- гарантована цілісність нульового провідника та достатня його провідність — через вибір відповідного перетину PEN-провідника, а також застосування додаткових повторних заземлювачів.

9.1.2.3. Система електрозахисних засобів

Для захисту від ураження електричним струмом у разі пошкодження ізоляції, проводки та інших елементів, встановлюються переносні огороження та блокування, перелік яких визначається ПУЕ-2017. Обслуговуючий персонал забезпечується діелектричними рукавичками, гумовим взуттям,

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
							100
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

токовимірjuвальними кліщами та інструментами з ізольованими ручками, а також використовується гумові коврики та діелектричні підставки.

9.2. Технічні рішення та організаційні заходи з гігієни праці та виробничої санітарії

9.2.1. Мікроклімат робочої зони

У котельні передбачено автоматичне та дистанційне керування процесами, що виключає наявність постійних працівників у зоні обладнання. Тому вимоги до виробничої санітарії стосуються лише основних виробничих приміщень та зон, де постійно перебуває персонал. У щитовій забезпечено підтримання оптимальних параметрів мікроклімату, а в котельні, де персонал перебуває тимчасово, — дотримуються припустимих умов. Метеорологічні умови або мікроклімат робочої зони визначаються за такими параметрами:

- температура повітря в приміщенні ($t, ^\circ\text{C}$);
- відносна вологість повітря ($W, \%$);
- швидкість руху повітря ($V, \text{м/с}$);
- інтенсивність теплових випромінювань (Вт/м^2).

Параметри мікроклімату нормуються відповідно до [11] залежно від виду робіт та пори року.

Таблиця 9.1 - Припустимі й оптимальні параметри мікроклімату.

Період року	Параметри оптимальні (для щитового приміщення)			Припустимий (для приміщення котельні)		
	$t, ^\circ\text{C}$	$W, \%$	$V, \text{м/с}$	$t, ^\circ\text{C}$	$W, \%$	$V, \text{м/с}$
Теплий	22-24	40-60	0,1	21-28	60	0,1-0,3
Холодний	21-23	40-60	0,1	20-24	75	0,1-0,2

Для досягнення необхідних параметрів мікроклімату згідно з нормами проектом передбачено:

- усі приміщення котельні обладнані системами вентиляції (природною та механічною), де механічна вентиляція здійснюється через вентилятори, що забезпечують постійний повітрообмін. Вентиляція побутових приміщень є приточно-витяжною з механічним спонуканням. У літній період природне постачання повітря відбувається через вікна;
- щитові приміщення та кабінети оснащені системами кондиціонування;
- для підтримки потрібної температури в зимовий період у котельні передбачена система опалення;
- усі трубопроводи, температура яких перевищує 45°C, мають теплоізоляцію.

9.2.2. Склад повітря в робочій зоні

Процеси в котельні супроводжуються наявністю шкідливих речовин. Згідно з [12], вміст шкідливих речовин у повітрі робочої зони регламентується гранично допустимими концентраціями (ГДК), і їх рівень повинен регулярно контролюватися. У котельні передбачено тройний повітрообмін. Повітрообмін обчислюється без урахування повітря, яке надходить у топки котлів для горіння. Видалення надлишкового тепла та вологи здійснюється через вентиляцію приміщень.

Для забезпечення необхідного складу повітря в робочій зоні проектом передбачено такі технічні заходи:

- у приміщенні котельні встановлено газоаналізатор з датчиками контролю загазованості в приміщеннях. Газоаналізатор оснащений світловими та звуковими сигналами, а також має вихід для аварійного відключення подачі природного газу;
- здійснюється контроль за вмістом шкідливих речовин у повітрі робочої зони не рідше одного разу на 30 днів;

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		102

- обов'язковий регулярний медичний огляд персоналу котельні (1 раз на 12 (24) місяці залежно від виду робіт);
- автоматизація та механізація процесів, що супроводжуються викидами шкідливих речовин;
- відведення відходящих газів здійснюється через газоходи від котла до димососа та від димососа до димової труби. Димова труба забезпечує розсіювання шкідливих викидів.

9.2.3. Виробничий шум

Рівні звуку нормуються згідно з [14]. Для умов, які розглядаються в проєкті, максимальні рівні звуку не повинні перевищувати:

- 80 дБА в виробничих приміщеннях котельні;
- 60 дБА в приміщеннях керування та робочих кімнатах;
- 65 дБА в кабіні спостереження та дистанційного керування з мовним зв'язком по телефону. Значення рівня звукового тиску не повинно перевищувати 75 дБ (граничний спектр ПС-75).

Для зниження шуму, що виникає під час роботи вентиляційного обладнання, передбачено комплекс таких заходів:

- вентилятори та димососи розташовуються за котлом у стінах будівлі, найбільш віддалених від робочих місць обслуговуючого персоналу;
- підбір вентиляторів з урахуванням їх роботи в режимі максимальних ККД, що одночасно є режимом малошумної роботи;
- встановлення вентиляторів на звукобірні підстави з пружинними віброізоляторами та підключення до системи воздуховодів через гнучкі вставки;
- службово-побутові приміщення обгороджуються від шуму працюючого обладнання глухими стінами;
- використання засобів індивідуального захисту від шуму, таких як протишумні навушники.

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		103

9.2.4. Виробничі вібрації

Згідно з нормами будівництва та безпечної експлуатації трубопроводів гарячої води, визначаються припустимі значення віброшвидкості (м/с), віброприскорення (м/с²) або логарифмічний рівень віброшвидкості. —

$$L_v = 20 \lg \frac{V_i}{V_0}, \text{ дБ};$$

де V_i — середньоквадратичний показник віброшвидкості за повний період часу, м/с.

$V_0 = 5 \cdot 10^{-8}$, м/с — початкове значення віброшвидкості.

Допустимі параметри вібрацій залежать від типу вібрацій, частоти та напрямку.

У котельні для загальної вібрації дозволені значення нормованого параметра $L_v^{факт} = 80$ дБА.

Усі насоси та приводи закріплені на окремих фундаментах із використанням вібропоглинаючих матеріалів [15].

9.2.5. Виробниче освітлення

Приміщення котельні забезпечено як природним, так і штучним освітленням.

а) Природне освітлення регулюється значенням коефіцієнта природного освітлення К.П.О. відповідно до [15]. Необхідне значення коефіцієнта визначається в залежності від системи природного освітлення, світлового поясу та типу робіт:

$$\text{К. П. О.} = e = \frac{E_{вн}}{E_{нар}} \cdot 100\%,$$

де $E_{вн}$ — рівень внутрішнього природного освітлення у приміщенні котельні, виміряний у люксах (лк); $E_{нар}$ — рівень зовнішнього природного освітлення, який створюється дифузним світлом від усієї поверхні небокраю, заміряний одночасно з $E_{вн}$, також в лк.

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		104

Природне освітлення в проектованій котельні забезпечується через поєднання бічного освітлення (через віконні прорізи в бічних зовнішніх стінах) та верхнього освітлення через світлові ліхтарі в перекритті.

Для досягнення нормативних значень $e_{\text{сер}}$ необхідно:

- Проектувати світлоаераційні ліхтарі, загальна площа їх прорізів має становити не менше 15% від площі покриття будівлі;
- Розробляти віконні прорізи з сумарною площею, що складає не менше 10% від площі підлоги.

Штучне освітлення визначається відповідно до величини освітленості, що регулюється залежно від типу робіт, системи освітлення, виду джерела світла та підкатегорії робіт. Освітленість E вимірюється в люксах, згідно з вимогами [15].

У котельні виконуються роботи, які належать до 7 розряду та підкатегорії “В”. Освітлення в котельні організоване за схемою загального рівномірного освітлення, з використанням світильників з люмінесцентними лампами.

Крім основного освітлення в котельні, також передбачено аварійне освітлення. До аварійного освітлення відносяться:

- щити та пульт управління;
- прилади для вимірювання води та інші показники;
- площадки та сходи біля котлів;
- проходи та фронтальні частини котлів;
- платформи для вентиляторів та димососів;
- устаткування для водопідготовки.

Щити для робочого та аварійного освітлення отримують живлення від окремих джерел. Вибір освітлювальних приладів обрали залежно від призначення приміщень.

9.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Забезпечення безпеки в надзвичайних ситуаціях передбачає розробку технічних рішень та організаційних заходів щодо локалізації та ліквідації

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		105

можливих аварійних ситуацій, а також оповіщення та, у разі потреби, евакуації персоналу. Це гарантує запобігання можливим негативним наслідкам при надзвичайних ситуаціях, оперативне реагування на існуючі потенційні загрози. Важливою частиною є підготовка персоналу для ефективного реагування на різноманітні небезпечні події на виробничому об'єкті.

9.3.1 Обов'язки та дії персоналу у разі виникнення НС

У разі виникнення надзвичайної ситуації (НС) працівники повинні діяти з максимальною зібраністю та спокійністю, не піддаючись паніці. Кожен співробітник має виконувати конкретні дії для забезпечення безпеки та зниження наслідків НС.

Ключові обов'язки працівників при виникненні НС:

- негайно припинити роботу, якщо це не заважає безпеці технологічного процесу;
- сповістити керівництво або відповідальну особу про подію, вказавши усі деталі;
- за необхідності здійснити локалізацію НС із застосуванням наявних засобів;
- викликати підрозділи ДСНС або інші екстрені служби, якщо ситуація виходить за межі можливостей персоналу.

У свою чергу, керівництво підприємства, а також відповідальні за цивільний захист, протипожежну безпеку та охорону праці повинні:

- перевірити та продублювати повідомлення про НС, інформуючи керівника підприємства;
- оцінити ситуацію на місці, визначити кількість постраждалих та місцезнаходження людей;
- при загрозі життю людей організувати їх евакуацію з небезпечної зони, використовуючи всі наявні засоби для транспортування;
- обмежити доступ до небезпечних зон та забезпечити контроль за переміщенням людей і транспортних засобів.

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		106

У разі необхідності локалізації наслідків НС, слід організувати:

- оперативне оповіщення відповідних служб та зустріч підрозділів ДСНС, узгоджуючи дії з іншими екстреними службами;
- евакуацію персоналу та матеріальних цінностей, організувавши достатню кількість транспортних засобів для цього.

Рішення про евакуацію приймається керівником підприємства або особою, яка його заміщує, на основі оцінки стану довкілля та відповідного рішення органів місцевої влади чи ДСНС. У разі евакуації на керівника підприємства покладається:

- планування та організація евакуації працівників на безпечні території;
- контроль за усіма етапами проведення евакуаційних заходів, зокрема підготовка безпечних місць для розміщення евакуйованих осіб;
- визначення і забезпечення необхідних умов для належного проведення евакуації.

Евакуаційні шляхи повинні бути забезпечені відповідними технічними характеристиками: ширина шляхів — не менше 1 м, дверей — 0,8 м. Всі двері, що ведуть до евакуаційних виходів, повинні відкриватися назовні, а висота проходів та дверей — не менше 2 м. Для забезпечення безпеки в разі НС на видимих місцях мають бути встановлені пожежні щити з первинними засобами пожежогасіння (вогнегасники, ящики з піском, інструменти).

9.3.2 Вимоги щодо організації ефективної роботи системи оповіщення виробничого персоналу при НС

Для забезпечення безпеки на виробництві в разі надзвичайних ситуацій (НС) необхідно створити надійну та ефективну систему оповіщення персоналу. Система оповіщення повинна бути здатна оперативно та безперешкодно передавати інформацію про виникнення НС, щоб працівники могли своєчасно здійснити відповідні заходи для захисту себе та колег. Оповіщення має здійснюватися згідно з нормами, визначеними в таких документах, як НАПБ

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
							107
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

А.01.003-2009, а також іншими нормативними актами, що стосуються охорони праці, цивільного захисту та протипожежної безпеки.

Основні методи оповіщення персоналу, що можуть бути застосовані, включають:

- подання звукових і (або) світлових сигналів, які повинні охоплювати всі виробничі приміщення, де перебувають люди;
- трансляцію голосових повідомлень, в яких вказується необхідність евакуації, шляхи евакуації, напрямок руху людей та інші важливі вказівки для забезпечення безпеки;
- використання спеціально підготовлених текстів для запобігання паніці серед працівників та ускладнення процесу евакуації;
- ввімкнення евакуаційних знаків із позначенням «Вихід», що мають бути видимими для всіх співробітників;
- активацію евакуаційного освітлення, яке повинно бути забезпечене світловими покажчиками, що вказують напрямок евакуації;
- можливість дистанційного відкривання дверей евакуаційних виходів для зручності та швидкості евакуації людей.

Згідно з вимогами ДБН В.1.1-7-2016, система оповіщення має бути спроектована так, щоб у разі зміни обставин або порушення нормальних умов евакуації виробничого персоналу можна було оперативно транслювати мовні повідомлення або командні інструкції через мікрофон. Це дозволить персоналу негайно реагувати на зміни ситуації та отримувати необхідні вказівки для забезпечення їхньої безпеки.

Для реалізації ефективного оповіщення про НС на виробництві всі приміщення повинні бути обладнані звуковими та світловими оповіщувачами. Усі звукові сигналізації мають відповідати вимогам безпеки та мати достатню потужність для того, щоб рівень звуку був чітко чутний у будь-якому

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		108

приміщенні, де перебувають люди. Система оповіщення повинна реагувати на сигнал про НС не пізніше трьох секунд після його отримання, щоб забезпечити оперативність сповіщення про небезпеку.

Крім того, для підвищення ефективності оповіщення в умовах шумних виробничих приміщень (де рівень шуму перевищує 95 дБ або працівники носять шумозахисні засоби) необхідно використовувати світлові оповіщувачі, які працюватимуть у режимі спалахування. Це дозволить привернути увагу працівників навіть за умов високого рівня шуму або обмеженого слуху.

Система оповіщення повинна мати автоматичний перехід на резервне джерело електропостачання в разі відключення основного живлення. Це гарантує безперебійне функціонування системи в умовах відсутності електрики або в разі аварії на енергетичній мережі. Резервне живлення повинно забезпечувати роботу системи не менше 24 годин у черговому режимі та не менше 15 хвилин у режимі «Тривога», щоб система могла працювати навіть в умовах значних пошкоджень інфраструктури.

Звукові оповіщувачі повинні відповідати вимогам ДСТУ EN 54-3:2003 «Системи пожежної сигналізації. Частина 3. Оповіщувачі пожежні звукові», що гарантує їх відповідність міжнародним стандартам і забезпечує правильне функціонування в умовах екстрених ситуацій. Світлові оповіщувачі, які працюють у режимі спалахування, повинні бути червоного кольору та мати частоту миготіння в межах від 0,5 Гц до 5 Гц, що дозволить забезпечити видимість сигналу на великій відстані та в умовах обмеженої видимості.

Усі оповіщувачі повинні бути встановлені в межах прямої видимості з постійних робочих місць персоналу, щоб у разі виникнення НС вони були чітко видимими та доступними для сприйняття. Це дозволить зменшити час на реагування і швидше здійснити евакуацію або інші заходи безпеки.

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		109

9.3.3 Пожежна безпека

Пожежна безпека є одним з найважливіших аспектів забезпечення безпеки на підприємствах. Вона передбачає не лише запобігання виникненню пожеж, але й створення умов для своєчасного виявлення загрози, швидкого реагування та ефективного гасіння пожеж у разі їх виникнення. Враховуючи, що пожежі можуть призвести до серйозних матеріальних втрат, травмування або загибелі людей, а також забруднення навколишнього середовища, необхідно впроваджувати комплексні заходи з пожежної безпеки.

9.3.3.1 Вхідні дані

У котельнях ризик виникнення пожежі обумовлений наявністю значних обсягів палива, різних мастил у системах змащення технологічного обладнання та в електричних установках, а також електроспоживачами власних потреб, що працюють на різній потужності та напрузі. Окрім того, небезпеку становлять високі температури теплоносія, відпрацьованих газів, поверхонь технологічного обладнання та трубопроводів.

Котельня віднесена до категорії Г за пожежовибухонебезпекою. Клас робочих зон котельні за пожежовибухонебезпекою – В-1а. Категорія ШРП – А. Клас робочих зон ШРП – В-1а.

9.3.3.2 Технічні рішення системи запобігання пожежам

Запобігання пожежам обумовлюється трьома основними факторами: наявністю пального речовини, окислювача та джерела запалення. Горюча речовина та окислювач формують горюче середовище. Для запобігання пожежі можна уникнути утворення горючого середовища або запобігти появі джерел запалювання в такому середовищі (або внести в нього джерела запалювання) за даними [16].

Запобігання формуванню горючого середовища досягається за таких умов:

- максимально можливе використання негорючих і важкозаймистих матеріалів і речовин;
- ізоляція горючих середовищ;

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		110

- підтримка концентрації горючих газів, парів, суспензій та окислювачів на рівні, який не допускає їх запалення;
- автоматизація технологічних процесів, що включають обіг горючих речовин;
- розташування пожежонебезпечного обладнання в ізольованих приміщеннях або на відкритих площадках;
- використання пристроїв захисту для виробничого обладнання з горючими речовинами від аварій та пошкоджень, а також систем, які автоматично відключають чи перекривають живлення.

Проект передбачає:

- використання герметичного обладнання для горючих речовин. Зокрема, газопроводи повинні бути виготовлені тільки з безшовних або електрозварних труб;
- використання арматури з високим класом герметичності за стандартом [17];
- розміщення продувних пристроїв на віддалених ділянках газопроводів;
- для забезпечення вибухозахисту в газопроводах встановлені запірні механізми з дистанційним електричним та ручним керуванням.

Для забезпечення вибухозахисту котельня оснащена такими системами блокування та захисту:

- автоматичне гасіння факела;
- блокування запуску пальників без попередньої вентиляції топки протягом 10-15 хвилин;
- відключення всіх димососів і дуттєвих вентиляторів;
- регулювання тиску газу після регулювального клапана.

Для продувки газопроводів передбачено використання продувних свічей і штуцерів із запірними елементами та заглушками для підведення продувного агента за допомогою гнучкого шланга. Обмін має здійснюватися п'ять разів за 20 хвилин. Продувні свічі виводяться на 1 метр вище даху, а в нижніх точках

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
							111
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

газопроводів встановлюються дренажі з запірними елементами і заглушками. Газопроводи фарбуються в жовтий колір.

Запобігання виникненню джерел запалювання в горючому середовищі забезпечується завдяки:

- використанню електричного обладнання, яке відповідає вимогам пожежонебезпечних та вибухонебезпечних зон, а також групам і категоріям вибухонебезпечних сумішей;
- застосуванню швидкодіючих захисних систем відключення потенційних джерел запалювання;
- використанню обладнання, що відповідає вимогам електростатичної іскробезпеки згідно з [19];
- встановленню захисту від блискавок для будівель та обладнання;
- підтриманню температури нагріву пристроїв, матеріалів та речовин, що можуть вступати в контакт із горючим середовищем, на рівні, що не перевищує 80% від найменшої температури самозапалювання пального.

9.3.3.3 Технічні рішення протипожежного захисту

Ці рішення спрямовані на запобігання поширенню пожежі, забезпечення захисту людей і матеріальних цінностей від шкідливих та небезпечних факторів пожежі, а також на створення умов для ефективної ліквідації пожежі.

Котельня оснащена сигналізацією, виведеною на щит керування:

- світлозвуковою сигналізацією, що повідомляє про виникнення пожежі в приміщенні котельні або спрацювання технологічних захистів;
- сигналізацією, яка вказує на зниження тиску газу в газопроводі після регулювального клапана або на зміну тиску повітря в загальному коробі.

Для пожежогасіння використовується внутрішньо-майданчиковий протипожежний водопровід. Автоматичний пуск системи пожежогасіння може бути дубльований дистанційним пуском з щита керування, а також пуском безпосередньо на місці.

У котельні передбачено:

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		112

- організацію евакуаційних виходів із усіх приміщень відповідно до вимог [20];
- використання засобів індивідуального та колективного захисту для людей від небезпечних факторів пожежі;
- забезпечення запасом технічної води для протипожежного водопостачання;
- розміщення пожежних кранів у котельні на основних ділянках обслуговування, а для інших приміщень — в опалювальних сходових клітках і коридорах;
- електротехнічне обладнання систем пожежної сигналізації та автоматичного пожежогасіння підключається до споживачів електроенергії першої категорії і живиться від двох незалежних джерел.

У приміщеннях, де постійно перебуває обслуговуючий персонал, передбачена система оповіщення про пожежу, що включає звукові сигнали та трансляцію мовних повідомлень.

Світлові та звукові сигнали пожежної автоматики відрізняються від інших систем технологічної сигналізації щита керування.

9.4 Висновки за розділом 9

Впровадження системи охорони праці в проекті котельні забезпечує високий рівень безпеки для персоналу та навколишнього середовища. Всі заходи, зокрема контроль за мікрокліматом, електробезпека та пожежобезпека, враховані на всіх етапах проектування та експлуатації обладнання. Ці заходи спрямовані на запобігання аварій, травмуванню працівників, професійним захворюванням, а також на зниження ймовірності виникнення пожеж та вибухів.

Автоматизація основних технологічних процесів котельні значно знижує потребу в постійному перебуванні персоналу на об'єкті, що дозволяє зменшити ризики виникнення аварійних ситуацій та підвищити ефективність роботи. Кожен етап проекту охоплює заходи для забезпечення безпеки, що включають як

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		113

запобіжні, так і захисні механізми, спрямовані на максимальну безпеку для всіх працівників і збереження навколишнього середовища. Загалом, охорона праці на даному об'єкті має комплексний підхід, який забезпечує безпечні умови для роботи персоналу та ефективно мінімізує ризики на всіх етапах експлуатації котельні.

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
							114
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У цій магістерській дисертації спроектовано опалювальну котельню для забезпечення теплопостачання транспортного підприємства в м. Бориспіль, Київської області. Виконано такі розрахунки:

- Розробка та розрахунок теплової схеми котельні.
- Вибір та розрахунок обладнання для системи гарячого водопостачання.
- Вибір основного та допоміжного обладнання котельні.
- Розрахунок витрат палива на котельню.
- Проведення гідравлічних та аеродинамічних розрахунків трубопроводів і газоходів котельні.
- Визначення необхідної висоти димової труби для ефективного розсіювання шкідливих викидів.

Надійність та економічна ефективність котельні забезпечуються сучасною автоматикою на основі контролера "Vitotronics-333" з погодозалежною системою теплогенерації.

бґрунтування доцільності будівництва котельні здійснене за допомогою техніко-економічного розрахунку, який показує, що інвестиції в її будівництво окупляться протягом 3,5 років.

Річний відпуск тепла для опалення, вентиляції та гарячого водопостачання становить відповідно $Q^{рік} = 53,006 \cdot 10^6$ МДж/рік при максимальній потужності котельні в $Q_{max} = 6000$ кВт .

Після проведених розрахунків теплової схеми котельні було обрано три котли Vitoplex-100 виробництва компанії "Viessmann" (Німеччина). З них два котли працюватимуть у режимі погодозалежної теплогенерації, що дозволить значно знизити енергоспоживання та підвищити ефективність роботи системи в залежності від зовнішніх погодних умов.

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
							115
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Згідно з результатами гідравлічних розрахунків, були підібрані відповідні трубопроводи для теплоносіїв котельні, а також вибрані насоси для їх перекачування. Обрані насоси виробництва компанії “Wilo” відрізняються високою продуктивністю та надійністю. Вони мають сертифікати відповідності Держстандарту України та допущені до експлуатації згідно з вимогами Держнагляду охорони праці України. Це гарантує стабільну роботу котельні та знижує ризики виникнення аварійних ситуацій.

Для задоволення потреб в гарячому водопостачанні на об'єкті було обрано пластинчастий теплообмінник ТПР 0,3-5-I-2-10, який ефективно нагріває воду для побутових потреб. Його конструкція з використанням спеціальних схем компонування пластин дозволяє досягати високої теплообміну та забезпечує стабільне водопостачання. $C_x = \frac{10 + 10 + 10 + 10}{10 + 10 + 10 + 10}$

Газопостачання котельні організовано через міський розподільчий газопровід середнього тиску. Газ подається через газорегуляторну установку, яка забезпечує необхідний тиск для ефективної роботи котлів.

Згідно з аеродинамічним розрахунком, було обрано димову трубу висотою 20 м, що дозволяє ефективно відводити димові гази за допомогою природної тяги. Така висота труби забезпечує оптимальні умови для розсіювання шкідливих викидів, зменшуючи їхній вплив на навколишнє середовище та прилеглі будівлі. Для кожного котла передбачено окрему димову трубу, що підвищує ефективність видалення газів.

З метою підвищення загальної продуктивності котельні, покращення умов роботи персоналу, а також для зниження витрат палива та підвищення коефіцієнта корисної дії агрегатів, передбачена автоматизація основних технологічних процесів. Це дозволить значно знизити кількість необхідного персоналу для постійного нагляду, а також забезпечить більш точне виконання робочих режимів, зменшуючи ризики аварійних ситуацій.

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
							116
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Щодо забезпечення безпеки праці, в проекті передбачені конкретні заходи для запобігання травматизму, професійних захворювань, а також для попередження пожеж та вибухів. Впроваджено систему контролю мікроклімату, а також додаткові заходи щодо електробезпеки та пожежобезпеки, що гарантують безпеку та комфортну роботу персоналу котельні.

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
							117
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Алабовский О.М., Боженко М.Ф., Хоренжеко Ю.В. Проектування котелень промислових підприємств. – Київ: Вища школа, 1992 – 207с.
2. Боженко М.Ф., Сало В.П. Джерела теплопостачання та споживання теплоти. – Навч. посіб. – К.: Видавництво „Політехніка”, 2004 – 192с.
3. Анцев Б.В., Волков С.С. Методические указания и контрольные задания по курсу "Топливо, основы теории горения и огнетехнические установки" - К.:КПИ, 1988. -64 с.
4. РТМ 26-01-36-70 "Теплообменники пластинчатые. Методы и гидромеханических расчетов" УкрНИИХиммаш, 1970.
5. Каталог насосного оборудования. Насосы с сухим ротором Wilo.
6. Каталог пластинчатых теплообменников фирмы GEA.
7. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. – Л.: Гидрометиздат, 1987.-93с.
8. ДОСТ 23208-83 „Циліндри та напівциліндри теплоізоляційні із мінеральної вати на синтетичному сполученні”.
9. ДОСТ 3262-75 „Труби сталеві водогазопровідні. Технічні умови”.
10. СНиП 11-35-76. „Котельні установки. Норми проектування”.
11. ДСНЗ.3.6.042-99 „Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень”.
12. ДОСТ 12.1.005-88 „Повітря робочої зони. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги”.
13. СНиП 11-4-79/85. „Природне та штучне освітлення. Норми проектування”.
14. ДСН 3.3.6.037-99 „Санітарні норми промислового шуму, інфразвуку та ультразвуку”.
15. ДСН 3.3.6.039-99 „Санітарні норми виробничих вібрацій”.
16. ДОСТ 12.1.004-91 „Пожежна безпека. Загальні вимоги”.
17. ДОСТ 9544-75 „Арматура трубопровідна запорна. Норми герметичності запорів”.

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№доку.	Підпис	Дата		118

18. ГОСТ 12.1.041-83 „Пожежовибухобезпека горючих пилів. Загальні вимоги”.
19. ГОСТ 12.1.018-79. „Пожежна безпека. Електростатична іскробезпека. Загальні вимоги”.
20. ДБН В.1.1-7-2001 «Пожежна безпека об’єктів будівництва

						МД 24 144 12 19 ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		119

Додаток А

Перевірка магістреської дисертації на академічну доброчесність

Звіт подібності

метадані

Заголовок

Водогрійна котельня транспортного підприємства у м. Бориспіль, Київської області

Автор

Частоколяний Василь гр. ТУ-31мп

Науковий керівник / Експерт

Петро Барабаш

підрозділ

IATE, К-ра теплової та альтернативної енергетики

Тривога

У цьому розділі ви знайдете інформацію щодо текстових спотворень. Ці спотворення в тексті можуть говорити про МОЖЛИВІ маніпуляції в тексті. Спотворення в тексті можуть мати навмисний характер, але частіше характер технічних помилок при конвертації документа та його збереженні, тому ми рекомендуємо вам підходити до аналізу цього модуля відповідально. У разі виникнення запитань, просимо звертатися до нашої служби підтримки.

Заміна букв	B	325
Інтервали	A→	0
Мікропробіли	0	4453
Білі знаки	0	0
Парафрази (SmartMarks)	a	199

Обсяг знайдених подібностей

Коефіцієнт подібності визначає, який відсоток тексту по відношенню до загального обсягу тексту було знайдено в різних джерелах. Зверніть увагу, що високі значення коефіцієнта не автоматично означають плагіат. Звіт має аналізувати компетентна / уповноважена особа.

17.53%

17.53%

КП 1

10

Довжина фрази для коефіцієнта подібності 2

12201

Кількість слів

113863

Кількість символів

Подібності за списком джерел

Нижче наведений список джерел. В цьому списку є джерела із різних баз даних. Копір тексту означає в якому джерелі він був знайдений. Ці джерела і значення Коефіцієнту Подібності не відображають прямого плагіату. Необхідно відкрити кожне джерело і проаналізувати зміст і правильність оформлення джерела.

10 найдовших фраз

Копір тексту

ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР	НАЗВА ТА АДРЕСА ДЖЕРЕЛА URL (НАЗВА БАЗИ)	КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)	
1	Районна котельня в м. Києві з кисневим спалюванням палива 11/25/2024 National Technical University of Ukraine Igor Sikorskyi Kyiv Politech Institute (IATE, К-ра теплової та альтернативної енергетики)	75	0.61 %
2	Районна котельня в м. Києві з кисневим спалюванням палива 11/25/2024 National Technical University of Ukraine Igor Sikorskyi Kyiv Politech Institute (IATE, К-ра теплової та альтернативної енергетики)	64	0.52 %

Поз.	Позначення	Найменування	Кільк	Маса од. кг	При- мітка
		<u>Документація</u>			
	МД 24 144 22 19 ТМК	Розташування обладнання			
		<u>Обладнання</u>			
1		Водогрійний котел "Vitoplex-100" постійної теплогенерації	1		
2		Водогрійний котел "Vitoplex-100" погодозалежної теплогенерації	2		
3		Пластинчатий теплообмінник підігріву води для ГВП	1		
4		Бак розширювальний мембранний	3		
5		Насос циркуляції мережевої води	2		
6		Рециркуляційний насос	3		
7		Насос циркуляції води системи опалення та вентиляції	2		
8		Насос циркуляції системи ГВП	2		
9		Насос циркуляції системи ГВП до споживача	2		
10		Насос підживлюючого приладу	2		
11		Водопом'якшувальна установка	1		
12		Установка хім. деаерації	1		
13		Бак води для підживлення	1		
14		Фільтр для рідини	3		
15		Механічний фільтр	2		
16		Тепловий лічильник	6		
17		Пальник Газовий WG40/1-A,ZM-LN	3		
18		Вибуховий клапан	3		
19		Клапан круглий WG40/1-A,ZM-LN	3		
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата	
Розробив	Частоколяний				
Перевірів	Барабаш				
Зав. Каф.	Черноусенко				
МД 24 144 22 19 ТМК					
Котельня					
Розташування обладнання					
			Стагія	Арк.	Аркуші в.
			МДп	1	2
КПІ ім. Ігоря Сікорського НН ІАТЕ, Кафедра ТАЕ					

[illegible]

ВІДОМІСТЬ МАГІСТЕРСЬКОЇ ДИСЕРТАЦІЇ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	Примітка
1	A4	—	Завдання на магістерську дисертацію	2	—
2	A4	МД 24.144.12. 19 ПЗ	Пояснювальна записка	120	—
3	A1	МД 24.144.12. 19.001 ТМК	Теплова схема	1	—
4	A1	МД 24.144.12. 19.002 ТМК	Розташування обладнання План на відм. 0,000	1	—
5	A1	МД 24.144.12. 19.003 ТМК	Розташування обладнання Розріз 1-1	1	—
6	A1	МД 24.144.12. 19.004 ТМК	Розташування обладнання Розріз 2-2	1	—
7	A1	МД 24.144.12. 19.005 ТМК	Розташування трубопроводів. План на відм.0,000	1	—
8	A1	МД 24.144.12 19.006 ТМК	Розташування трубопроводів Розрізи 3-3,4-4	1	—
9	A1	МД 24.144.12. 19.001 ВЗ	Пластинчатий теплообмінник ГВП. Креслення загального вигляду	1	—
10	A1	МД 24.144.12. 19.001 ГПВ	Схема газопроводів	1	—
11	A1	МД 24.144.12. 19.001 АТМК	Схемма автоматизації функціональна	1	—
12	A1	МД 24.144.12 19 ТМК	Специфікація обладнання	2	—

Зам. інв. №	Підпис та дата	Інв. №

						МД 24 144 12 19	
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		
Розробив	Частоколяний					Відомість магістерської дисертації	Аркуш
Керівник	Барабаш						Аркушів
Т.конт.							1
Н.контр.	Боженко						КПІ ім. Ігоря Сікорського Кафедра ТАЕ, гр ТУ-31 мп
Зав.каф.	Черноусенко						