

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

Теплоенергетичний факультет

Кафедра теоретичної і промислової теплотехніки

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ Геннадій ВАРЛАМОВ
(підпис)

“ _____ ” _____ 2021 р.

**Дипломний проект
на здобуття ступеня бакалавра**

зі спеціальності 144 «Теплоенергетика»

на тему: «Дахова котельня адміністративно-побутового корпусу по пр. Перемоги в м. Києві»

Виконала: студентка IV курсу, групи ТП - 71

Кравчук Ксенія Сергіївна
(прізвище, ім'я, по батькові)

_____ (підпис)

Керівник

доцент, к.т.н. Михайло БОЖЕНКО
(посада, науковий ступінь, вчене звання, ім'я, прізвище)

_____ (підпис)

Консультант

з охорони праці
(назва розділу)

доцент, к.т.н. Юрій ПОЛУКАРОВ
(посада, вчене звання, науковий ступінь, ім'я, прізвище)

_____ (підпис)

Рецензент

_____ (посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, ім'я, прізвище)

_____ (підпис)

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

Студентка _____
(підпис)

Київ – 2021 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»**

Факультет Теплоенергетичний

Кафедра Теоретичної і промислової теплотехніки

Рівень вищої освіти - перший (бакалаврський)

Спеціальність 144 «Теплоенергетика»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Геннадій ВАРЛАМОВ

(підпис)

«___» _____ 2021

р.

**ЗАВДАННЯ
на дипломний проект студентці**

Кравчук Ксенії Сергіївні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту «Дахова котельня адміністративно-побутового корпусу по пр. Перемоги в м. Києві»

керівник проекту Боженко Михайло Федорович, к.т.н., доцент,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «___» _____ 2021 р. №___

2. Термін подання студентом проекту 16.06.2021 р.

3. Вихідні дані до проекту 1) Кількість блоків – 3.

2) Розміри блоків (довжина x ширина x висота, м): блок А (99,8x18,5x15,2), блок Б (45,6x22,3x26,6), блок В (60x22,3x30,4).

3) Термічні опори теплопередачі, (м²·К)/Вт: стін – 3,3; світлопрозорих конструкцій – 0,6; перекриття – 4,95.

4) Температурний графік системи тепlopостачання – (80/60) °С.

4.Зміст пояснювальної записки

1) Розрахунки теплових навантажень споживачів.

2) Теплова схема котельні (опис, вихідні дані, розрахунки).

3) Вибір обладнання котельні (котли, насоси, гідравлічний розподілювач, розширювальний бак системи опалення, водонагрівач гарячого водopостачання).

4) Визначення висоти димової труби.

5) Водопідготовка котельні (опис схеми, розрахунки та вибір обладнання).

6) Опалення і вентиляція котельні.

7) Охорона праці.

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

1) Розширена теплова схема котельні – 1 арк. ф. А1.

2) Розташування обладнання котельні з трубопроводами (план, розрізи) – 2 арк. ф. А1.

3) Опалення і вентиляція котельні (схема, розташування обладнання) – 1 арк. ф. А1.

6. Консультанти розділів проекту*

Розділ	Ім'я, прізвище та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
охорона праці	Юрій ПОЛУКАРОВ, доцент		

7. Дата видачі завдання 19.05.2021 року.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Теплові навантаження	22.05.21 р.	
2	Теплова схема котельні	27.05.21 р.	
3	Вибір обладнання:		
	- котли;	28.05.21 р.	
	- насоси, гідравлічний розподілювач;	31.05.21 р.	
	- розширювальний бак СО;	2.06.21 р.	
	- водонагрівач ГВП	4.06.21 р.	
4	Визначення висоти димової труби	6.06.21 р.	
5	Водопідготовка	8.06.21 р.	
6	Опалення і вентиляція котельні	10.06.21 р.	
7	Охорона праці	12.06.21 р.	
8	Графічна частина:		
	- теплова схема;	05.06.21 р.	
	- розташування обладнання і трубопроводів	10.06.21 р.	
	- опалення і вентиляція	13.06.21 р.	
9	Оформлення пояснювальної записки	16.06.21 р.	

Студентка

_____ (підпис)

Ксенія КРАВЧУК

(ім'я, прізвище)

Керівник проекту

_____ (підпис)

Михайло БОЖЕНКО

(ім'я, прізвище)

* Консультантом не може бути зазначено керівника дипломного проекту.

Пояснювальна записка

до дипломного проекту

на тему: “Дахова котельня адміністративно-побутового корпусу по пр.
Перемоги в м. Києві”

Київ – 2021 року

АНОТАЦІЯ

Дипломний проект першого (бакалаврського) рівня вищої освіти на тему: «Дахова котельня адміністративно-побутового корпусу по пр. Перемоги в м. Києві»: пояснювальна записка на 78 с., 14 рис., 14 табл., 31 бібліографічних найменувань; креслень – 4 арк. ф. А1.

Мета проекту – створення одного з ефективних варіантів вирішення задач автономного теплопостачання об'єктів.

Визначені втрати теплоти на опалення, вентиляцію, гаряче водопостачання.

Розрахункові витрати теплоти на опалення визначено за втратами теплоти огороженнями адміністративно – побутової будівлі, яка склала 398 кВт. Також за даними замовника витрати теплоти на гаряче водопостачання (на їдальню, санітарно-технічні прилади, тощо) складають 400 кВт. Витрати на вентиляцію складають 539кВт.

Описана і розрахована теплова схема дахової котельні. Розрахункові режими: максимально – зимовий, середній найбільш холодного місяця і літній. З урахуванням витрат теплоти на власні потреби котельні сумарне навантаження для максимально – зимового режиму складає 1337 кВт, для літнього режиму – 400 кВт.

За результатами розрахунків теплової схеми обрано два котли Wolf MGK-2-800 з номінальною потужністю 700 кВт.

Також було обране обладнання котельні з урахуванням гідравлічних розрахунків: циркуляційні насоси (циркуляційні насоси опалення; циркуляційні насоси калориферів вентиляції; циркуляційні насоси теплообмінника для фанкойлів; рециркуляційні насоси; циркуляційні насоси теплообмінника для ГВП; насосна станція підживлюваної води; циркуляційні насоси опалення котельні), гідравлічний розподілювач, розширювальний бак системи опалення.

За результатами теплового розрахунку було обрано водонагрівач фірми CORDIVARI EXTRA 2 WXC VT об'ємом 3 м³.

Для підготовки підживлюваної води встановлене обладнання фірми Ecosoft.

Також розрахована висота димової труби ТОВ «Версія – Люкс», яка складає 33 м.

Виконано розрахунок опалення і вентиляції дахової котельні, в результаті якого було підібрано повітрянагрівач типу Proton EX 50.

Передбачені заходи з охорони праці.

Ключові слова: котел, опалення, гаряче водопостачання, природний газ, водопідготовка, насос, теплообмінник.

SUMMARY

Diploma project of the first (bachelor) level of higher education on the topic: "Roof Boiler House of administrative and utility building on Peremohy Ave. in Kiev": Explanatory Note on 78 p., 14 pictures, 14 tables, 31 bibliographic names; armchairs - 4 arches. F. A1.

The project goal was to create an effective solution to the problems of autonomous heat supply.

Heat losses due to heating, ventilation, and hot water supply were assessed.

The estimated heat consumption for heating was determined by the heat consumption by the fences of the administrative and domestic buildings, which amounted to 398 kW. Also, according to the contractor, the heat consumption for hot water supply (for catering, sanitary appliances, etc.) amounted to 400 kW. Heat consumption for ventilation is 539 kW.

Heat scheme of the boilers has been described and designed. Heat descriptions and design modalities: maximum winter operation, average of the coldest month, and summer operation. Taking into account heat consumption by the boilers own consumers the total load for maximum winter mode is 1337 kW, for summer mode - 400 kW.

According to the results of calculations of the thermal scheme, two boilers Wolf MGK-2-800 with a nominal capacity of 700 kW were selected.

The boiler equipment was also converted taking into account the hydraulics calculations: Circulation pumps (heating circulation pumps; ventilation heat exchanger circulation pumps; heat exchanger circulating pumps for fan coil units; recirculation pumps; water pumping station; boiler heating circulation pumps), water heater, and heating system expansion vessel.

A CORDIVARI EXTRA 2 WXC VT water heater with a volume of 3 m³ was selected as a result of thermal design.

Ecosoft equipment was installed for the treatment of treated water.

Also calculated the height of the flue pipe TOV "Versiya - Lux", which is 33 m.

The calculation of heating and ventilation of the boilers was carried out, which resulted in the selection of a Proton EX 50 heating system.

Planned measures for occupational safety.

Key words: boiler, heating, hot water supply, natural gas, water treatment, pump, heat exchanger.

АННОТАЦИЯ

Дипломный проект первого (бакалаврского) уровня высшего образования на тему: "Крышная котельная административно-бытового здания по пр. Победы в г. Киеве. Киев": Пояснительная записка на 78 с., 14 рисунков, 14 таблиц, 31 библиографическое название; кресла - 4 арш. ф. А1.

Целью проекта являлось создание эффективного решения проблем автономного теплоснабжения.

Были оценены потери тепла при отоплении, вентиляции и горячем водоснабжении.

Расчетное потребление тепла на отопление определялось потреблением тепла ограждениями административно-бытового корпуса, которое составило 398 кВт. Также, по данным подрядчика, расход тепла на горячее водоснабжение (для общепита, санитарных приборов и т.д.) составил 400 кВт. Расход тепла на вентиляцию составляет 539 кВт.

Тепловая схема котлов была описана и спроектирована. Описаны и спроектированы режимы тепловой схемы: максимальный режим работы зимой, средний режим самого холодного месяца и летний режим работы. С учетом потребления тепла собственными потребителями котлов общая нагрузка для максимального зимнего режима составляет 1337 кВт, для летнего режима - 400 кВт.

По результатам расчетов тепловой схемы были выбраны два котла Wolf MGK-2-800 номинальной мощностью 700 кВт.

Котельное оборудование также было переоборудовано с учетом гидравлических расчетов: Циркуляционные насосы (циркуляционные насосы отопления; циркуляционные насосы теплообменника вентиляции; циркуляционные насосы теплообменника фанкойлов; рециркуляционные насосы; насосная станция водоснабжения; циркуляционные насосы отопления котла), водонагреватель и расширительный бак системы отопления.

В результате теплового расчета был выбран водонагреватель CORDIVARI EXTRA 2 WXC VT объемом 3 м³.

Для очистки очищенной воды было установлено оборудование Ecosoft.

Также рассчитана высота дымовой трубы ТОВ "Версия - Люкс", которая составляет 33 м.

Был проведен расчет отопления и вентиляции котлов, в результате которого была выбрана система отопления Proton EX 50.

Запланированы мероприятия по охране труда.

Ключевые слова: котел, отопление, горячее водоснабжение, природный газ, водоподготовка, насос, теплообменник.

3MICT

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ	9
ВСТУП	11
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ПРОЄКТУВАННЯ	12
2 РОЗРАХУНКИ ТЕПЛОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ СПОЖИВАЧІВ.....	14
2.1 Вхідні дані	14
2.2 Визначення теплових втрат на опалення	14
2.3 Витрати теплоти на гаряче водопостачання	17
2.4 визначення втрат теплоти на вентиляцію	17
2.5 Висновки за розділом 2.....	18
3 ТЕПЛОВА СХЕМА КОТЕЛЬНОЇ	19
3.1 Опис теплової схеми котельні	24
3.2 Вхідні дані для розрахунку	20
3.3 Розрахунки теплової схеми	21
3.4 Висновки за розділом 3.....	24
4 РОЗРАХУНОК ТА ВИБІР ОБЛАДНАННЯ КОТЕЛЬНОЇ	25
4.1 Котли	25
4.2 Насоси.....	27
4.3 Гідравлічний розподільувач	41
4.4 Розширювальний бак системи опалення	42
4.5 Водонагрівач гарячого водопостачання	44
4.6 Висновки за розділом 4.....	49
5 ВИЗНАЧЕННЯ ВИСОТИ ДИМОВОЇ ТРУБИ.....	50
5.1 Загальні відомості	50
5.2 Аеродинамічний розрахунок димової труби	51
5.3 Висновки за розділом 5.....	55
6 ВОДОПІДГОТОВКА КОТЕЛЬНОЇ	56
6.1 Опис схеми водо підготовки	56
6.2 Вибір обладнання системи водо підготовки	58
6.3 Висновки за розділом 6.....	61

						ТП 71 88 03 ПЗ			
Зм.	Кільк	Арк.	№ док.	Підпис	Дата	Дахова котельня адміністративно-побутового корпусу. Пояснювальна записка.	Стадія	Аркуш	Аркушів
Студентка	Кравчук				ДПБ		7	78	
Керівник	Боженко				КПІ ім. Ігоря Сікорського, ТЕФ, кафедра ТПТ				
П.контр.									
Н.контр.	Боженко								
Зав. каф.	Варламов								

7 ОПАЛЕННЯ І ВЕНТИЛЯЦІЯ КОТЕЛЬНІ.....	62
7.1 Вхідні дані	62
7.2 Характеристика будівлі котельні	62
7.3 Розрахунок теплових навантажень котельні	62
7.4 Розрахунок вентиляції котельні	63
7.5 Розрахунок опалення котельні	64
7.6 Висновки за розділом 7.....	65
8 ОХОРОНА ПРАЦІ	66
8.1 Виявлення і аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів на проектуваному об'єкті. Заходи з охорони праці.....	66
8.2 Пожежна безпека.....	70
8.3 Висновки за розділом 8.....	72
ВИСНОВКИ	73
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	74
ДОДАТКИ	
Додаток А Список наукових праць і творчих досягнень.....	76
Додаток Б Перевірка дипломного проекту на академічну доброчесність	78

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

Умовні позначення

Q – тепловий потік, кількість теплоти;

k – коефіцієнт теплопередачі;

F – площа поверхні;

Δt – температурний перепад;

t – температура;

L – довжина;

V – об'єм;

G – витрата;

m – кратність повітрообміну;

ρ – густина;

c – теплоємність;

ν – кінематична в'язкість;

ω – швидкість;

Re – число Рейнольдса;

h – питома ентальпія;

R – питомі втрати тиску;

F – площа;

d – діаметр трубопроводу.

Індекси

Нижні:

о – опалення;

вн – внутрішній;

р – розрахункова;

п – повітря;

гв – гаряча вода;

хв – холодна вода;

зовн – зовнішній;

тр – трубопроводи.

Верхні:

л – літній період;

гв – гаряча вода;

ном – номінальна;

д – дійсна.

						ТП 71 88 03 ПЗ	Арк.
							9
Зм.	Кільк	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Скорочення

ГВП – гаряче водопостачання;

ККД – коефіцієнт корисної дії

ДБН – Державні будівельні норми.

						ТП 71 88 03 ПЗ	Арк.
							10
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Для створення комфортних умов перебування людини в приміщенні необхідно вирішити ряд задач пов'язаних з потребами опалення, вентиляції та гарячого водопостачання [1].

На сьогоднішній день при спорудженні нових будівель, а також при реконструкції будівель, постає задача облаштування опалення, вентиляції, гарячого водопостачання тощо. При вирішенні даної задачі можуть виникнути труднощі з прокладанням нових тепломереж, тому зараз встановлюють локальні теплові пункти, але не завжди такий пункт можливо розмістити біля будівлі, тому використовують рішення з установкою дахової котельні.

Дахова котельня - автономна блочно-модульна котельня, яка встановлюється на покрівлі будинку. Такі котельні - один з ефективних варіантів вирішення задач автономного теплопостачання об'єктів [1].

Перевагами використання такої котельні є:

- висока енергоефективність завдяки відсутності довгих теплотрас;
- мінімізуються викиди в атмосферу шкідливих викидів;
- не потребує виділення окремої земельної ділянки [1].

В даному дипломному проєкті розглядається дахова котельня адміністративно – побутового корпусу, що забезпечує нагрів води для потреб опалення, вентиляції та гарячого водопостачання даної будівлі.

Елементами дахової котельні є:

- котли марки Wolf;
- насоси марки Wilo;
- водопідготовка - Ecosoft;
- розширювальні баки - Zilmet Cal-Pro;
- двостінні димоходи - ТОВ «Версія-Люкс».

						ТП 71 88 03 ПЗ	Арк.
							11
Зм.	Кільк	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ПРОЕКТУВАННЯ

Об'єкт (дахова котельня) знаходиться на даху адміністративно-побутового корпусу.

Робочий проект розроблено згідно з діючими нормами, правилами і держстандартами.

Котельня забезпечує потреби будівлі в нагріву води для потреб опалення, вентиляції та гарячого водопостачання. Проектом передбачається встановлення в даховій котельні двох конденсаційних котлів WOLF MGK-2-800.

Параметри теплоносія в системі теплопостачання – 80 – 60 °С.

Циркуляція теплоносія здійснюється за допомогою циркуляційних насосів WILO. Заповнення та підживлення системи здійснюється водопровідною водою, яка пройшла хімводопідготовку в установці Ecosoft в комплекті з установкою зворотного осмосу.

Компенсація теплового розширення теплоносія передбачена через напірні розширювальні баки Zilmet Cal-Pro.

Трубопроводи котельної прокладаються із сталевих водогазопровідних труб по ГОСТ 3262-75 та сталевих електрозварних труб по ГОСТ 10704-91.

Продукти згоряння від котлів відводяться металевими двостінними димоходами ТОВ «Версія-Люкс».

Опалення котельного залу передбачається для підтримки температури внутрішнього повітря + 10 °С.

Згідно з розрахунку тепло- повітряного балансу котельного залу для видалення тепловидлишків достатньо трикратний повітрообмін.

Витяжка з котельного залу здійснюється дефлектором.

Приплив повітря в котельний зал здійснюється через припливні решітки. Переріз решіток забезпечує трикратний повітрообмін в котельні і приплив повітря на горіння.

Для опалення котельного залу та підігріву припливного повітря до 10 °С встановлюється повітрянагрівач PROTON EX-50.

Трубопроводи для теплопостачання повітрянагрівача теплоізовані матами мінераловатними товщиною 30 мм.

Загальний вигляд будівлі зображено на рисунку 1.1.

						ТП 71 88 03 ПЗ	Арк.
							12
Зм.	Кільк	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.1 – Зовнішній вигляд будівлі

						ТП 71 88 03 ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		13

2 РОЗРАХУНКИ ТЕПЛОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ СПОЖИВАЧІВ

Котельня забезпечує будівлю гарячою водою для потреб опалення, вентиляції, гарячого водопостачання. В розділі наведені розрахунки витрат теплоти на опалення, вентиляцію і гаряче водопостачання .

2.1 Вхідні дані

Будівля складається з трьох блоків (А, Б, В).

Габаритні розміри блоків:

- Блок А: довжина - 99,8 м; ширина – 18,5 м; висота - 15,2 м. Габаритні розміри огорожжуваних конструкцій: стіни – 3800 м²; вікна - 844,04 м²; підлога- 1846,3 м²; перекриття- 1846,3 м².

- Блок Б: довжина - 45,91 м; ширина – 22,3 м; висота - 26,6 м. Габаритні розміри огорожжуваних конструкцій: стіни – 3468,41 м²; вікна - 729 м²; підлога - 1023,8 м²; перекриття - 1023,8 м².

- Блок В: довжина - 60 м; ширина – 22,3 м; висота – 30,4 м. Габаритні розміри огорожжуваних конструкцій: стіни – 4867,72 м²; вікна - 1126 м²; підлога - 1338 м²; перекриття - 1338 м².

Кліматологічні дані для м. Києва [2]:

- тривалість опалювального періоду – $n_o = 176$ діб;
- температура зовнішнього повітря у холодний період року, °С:
- розрахункова для опалення – $t_{p.o} = - 22$ °С;
- температура всередині будинку – $t_{вн} = 20$ °С;
- середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період – $t_{вн} = - 0,1$ °С.

2.2 Визначення теплових втрат через зовнішні огорожжувальні конструкції

Втрати теплоти через зовнішні огорожжувальні конструкції складаються з основних та додаткових і розраховуються для кожного елемента огорожжувальної конструкції за формулою [3]

$$Q = \frac{1}{R_i} F_i \Delta t_i \left(1 + \sum \beta \right)_i n_i \cdot 10^{-3} , \quad (2.1)$$

де R_i - питомий термічний опір теплопередачі елемента огорожжувальної конструкції, Вт/(м²·К);

F_i - поверхня елемента огорожжувальної конструкції, що передає теплоту, м²;

Δt_i – розрахункова різниця температур між внутрішнім та зовнішнім повітрям, °С;

						ТП 71 88 03 ПЗ	Арк.
							14
Зм.	Кільк	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

$\Sigma\beta$ - додаткові втрати теплоти в частках до основних [3];

n_i - поправковий коефіцієнт на розрахункову різницю температур, залежить від геометричного положення елемента огорожувальної конструкції або його типу [3].

Згідно з [4] беру термічний опір теплопередачі для стін $R_i = 3,3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$; для вікон – $R_i = 0,6 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$; для перекриття - $R_i = 4,95 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$. Площу елемента огорожувальної конструкції беру з вхідних даних. Додаткові втрати теплоти визначаю за швидкістю вітру та повторюваністю. Згідно з [2] для всіх напрямків орієнтації приміщень швидкість вітру для м. Києва менше, ніж $4,5 \text{ м/с}$, тоді для огорожень $\Sigma\beta = 0$.

Визначення теплових втрат через підлогу

Площа підлоги та стіни, що розташовані нижче рівня землі, поділяється на 4 зони, які паралельні зовнішнім стінам, шириною по 2 м. Поділ підлоги на зони зображений на рисунку 2.1 [5].

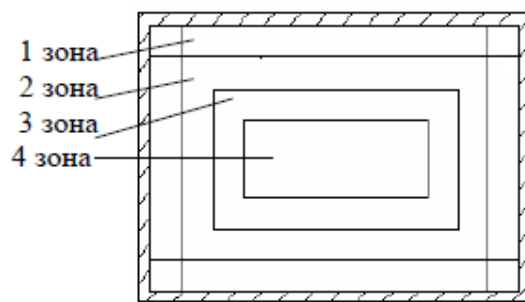


Рисунок 2.1 – Поділ площі підлоги на зони

Термічні опори теплопередачі окремих зон неутепленої підлоги [4] складають:

- перша зона $R_1 = 2,15 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;
- друга зона $R_2 = 4,3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;
- третя зона $R_3 = 8,6 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;
- четверта зона $R_4 = 14,2 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

Втрати теплоти через підлогу визначаються за формулою, кВт [5]:

$$Q_{\text{пл}} = \sum_{i=1}^4 \frac{F_i}{R_i} \Delta t \quad (2.2)$$

$$\sum \frac{F_i}{R_i} = \frac{2b_2 + 2a_2}{2,15} + \frac{2(b_2 - 2) + 2(a_2 - 4)}{4,3} + \frac{2(b_2 - 4) + 2(a_2 - 6)}{8,6} + \frac{(b_2 - 6)(a_2 - 6)}{14,2} \quad (2.3)$$

Визначення розрахункової різниці температур, °С [5]

Оскільки всі блоки мають висоту менше ніж 4 м, то різниця температур [5]:

$$\Delta t = t_{\text{вн}} - t_{\text{п.о.}}, \quad (2.4)$$

$$\Delta t = 20 - (-22) = 42 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Згідно з формулою (2.3) і (2.4) розраховую втрати теплоти через підлогу [5]:

						ТП 71 88 03 ПЗ	Арк.
							15
Зм.	Кільк	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Для блоку А:

$$\sum \frac{F_i}{R_i} = \frac{2 \cdot 18,5 + 2 \cdot 99,8}{2,15} + \frac{2(18,5 - 2) + 2(99,8 - 4)}{4,3} + \frac{2(18,5 - 4) + 2(99,8 - 6)}{8,6} + \frac{(18,5 - 6)(99,8 - 6)}{14,2} = 270,07 \text{ Вт / К.}$$

$$Q_{\text{пл}} = 270,07 \cdot 42 = 11342,94 \text{ Вт.}$$

Для блоку Б:

$$\sum \frac{F_i}{R_i} = \frac{2 \cdot 22,3 + 2 \cdot 45,91}{2,15} + \frac{2(22,3 - 2) + 2(45,91 - 4)}{4,3} + \frac{2(22,3 - 4) + 2(45,91 - 6)}{8,6} + \frac{(22,3 - 6)(45,91 - 6)}{14,2} = 151,72 \text{ Вт / К.}$$

$$Q_{\text{пл}} = 151,7 \cdot 42 = 6372,24 \text{ Вт.}$$

Для блоку В:

$$\sum \frac{F_i}{R_i} = \frac{2 \cdot 22,3 + 2 \cdot 60}{2,15} + \frac{2(22,3 - 2) + 2(60 - 4)}{4,3} + \frac{2(22,3 - 4) + 2(60 - 6)}{8,6} + \frac{(22,3 - 6)(60 - 6)}{14,2} = 190,9 \text{ Вт / К.}$$

$$Q_{\text{пл}} = 190,9 \cdot 42 = 8017,8 \text{ Вт.}$$

Згідно з формулою (2.1) визначаю втрати теплоти через огорожувальні конструкції (стіни, вікна, перекриття) [3]:

Для блоку А:

$$Q_{\text{обг}} = \frac{1}{3,3} \cdot 3800 \cdot 42 \cdot (1 + 0) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 48,36 \text{ кВт;}$$

$$Q_{\text{вік}} = \frac{1}{0,6} \cdot 844,04 \cdot 42 \cdot (1 + 0) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 59 \text{ кВт;}$$

$$Q_{\text{пер}} = \frac{1}{4,95} \cdot 1846,3 \cdot 42 \cdot (1 + 0) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 15,7 \text{ кВт.}$$

Для блоку Б:

$$Q_{\text{обг}} = \frac{1}{3,3} \cdot 3468,41 \cdot 42 \cdot (1 + 0) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 44,14 \text{ кВт;}$$

$$Q_{\text{вік}} = \frac{1}{0,6} \cdot 729 \cdot 42 \cdot (1 + 0) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 51 \text{ кВт;}$$

$$Q_{\text{пер}} = \frac{1}{4,95} \cdot 1023,8 \cdot 42 \cdot (1 + 0) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 8,69 \text{ кВт.}$$

Для блоку В:

						ТП 71 88 03 ПЗ	Арк.
							16
Зм.	Кільк	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

$$Q_{\text{обг}} = \frac{1}{3,3} \cdot 4867,72 \cdot 42 \cdot (1+0) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 61,95 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{вік}} = \frac{1}{0,6} \cdot 1126 \cdot 42 \cdot (1+0) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 78,9 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{пер}} = \frac{1}{4,95} \cdot 1338 \cdot 42 \cdot (1+0) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 11,35 \text{ кВт}.$$

Сумарні втрати через огорожувальні конструкції [3]:

Блоку А:

$$\sum Q_{\text{обг}} = 11,34 + 48,36 + 59 + 15,7 = 134 \text{ кВт};$$

Блоку Б:

$$\sum Q_{\text{обг}} = 44,14 + 51 + 8,69 + 6,37 = 104 \text{ кВт};$$

Блоку В:

$$\sum Q_{\text{обг}} = 61,95 + 78,9 + 11,35 + 8,02 = 160 \text{ кВт}.$$

Загальні теплові втрати 3-х блоків :

$$Q_{\text{втр}} = 134 + 104 + 160 = 398 \text{ кВт}.$$

2.3 Витрата теплоти на гаряче водопостачання

За даними замовника витрати теплоти на гаряче водопостачання (на їдальню, санітарно-технічні прилади, тощо) складають 400 кВт.

2.4 Визначення витрат теплоти на вентиляцію

Визначаємо необхідну об'ємну витрату припливного повітря, м³/год [6]

$$V_{\text{п}} = m V_{\text{вн}}, \quad (2.5)$$

де m – кратність повітрообміну, год⁻¹ (беру 2 год⁻¹);

$V_{\text{вн}}$ – внутрішній об'єм будівлі, м³ [6].

Масова витрата припливного повітря, кг/с [6]

$$L_{\text{пр}} = \frac{V_{\text{пр}} \cdot \rho}{3600}, \quad (2.6)$$

де ρ - густина зовнішнього повітря, кг/м³ [6].

Визначення густини зовнішнього повітря, кг/м³ [6]

$$\rho = \frac{353}{273 + t_{\text{р.в.т}}}, \quad (2.7)$$

де $t_{\text{р.в.т}}$ – температура зовнішнього повітря найжаркішої п'ятиденки забезпеченістю 0,99 для м. Києва, °С [2].

						ТП 71 88 03 ПЗ	Арк.
							17
Зм.	Кільк	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Згідно з [2] $t_{p.v.t} = 23^{\circ}\text{C}$. Тоді

$$\rho = \frac{353}{273 + 23} = 1,19 \text{ кг/м}^3.$$

Розрахункова витрата теплоти на вентиляцію, кВт [6]

$$Q_{yt} = L_{np}(h_{np} - h_n), \quad (2.8)$$

де h_{np} і h_n - відповідно ентальпія припливного і зовнішнього повітря, кДж/кг [6].

За допомогою $h-d$ діаграми вологого повітря визначаю ентальпію припливного повітря $h_{np} = 21,8$ кДж/кг і ентальпію зовнішнього повітря $h_n = -20,6$ кДж/кг [6].

Згідно з формулами (2.5), (2.6), (2.8) визначаю втрати теплоти на вентиляцію для кожного блоку [6]:

Блок А:

$$V_{п} = 2 \cdot 5873,5 = 11747 \text{ м}^3/\text{год};$$

$$L_{np} = \frac{11747 \cdot 1,19}{3600} = 3,9 \text{ кг/с};$$

$$Q_{yt} = 3,9 \cdot (21,8 - (-20,6)) = 165,36 \text{ кВт}.$$

Блок Б:

$$V_{п} = 2 \cdot 5706,5 = 11413 \text{ м}^3/\text{год};$$

$$L_{np} = \frac{11413 \cdot 1,19}{3600} = 3,7 \text{ кг/с};$$

$$Q_{yt} = 3,7 \cdot (21,8 - (-20,6)) = 157,25 \text{ кВт}.$$

Блок В:

$$V_{п} = 2 \cdot 7642 = 15284 \text{ м}^3/\text{год};$$

$$L_{np} = \frac{15284 \cdot 1,19}{3600} = 5,1 \text{ кг/с};$$

$$Q_{yt} = 5,1 \cdot (21,8 - (-20,6)) = 216,24 \text{ кВт}.$$

Загалом витрати на вентиляцію для 3-ох блоків становлять: 539 кВт.

2.5 Висновки за розділом 2

За результатами розрахунків в даному розділі визначено теплові витрати теплоти на опалення, вентиляцію і гаряче водопостачання для трьох блоків. А саме: на опалення – 398 кВт; на вентиляцію – 539 кВт; на гаряче водопостачання – 400 кВт.

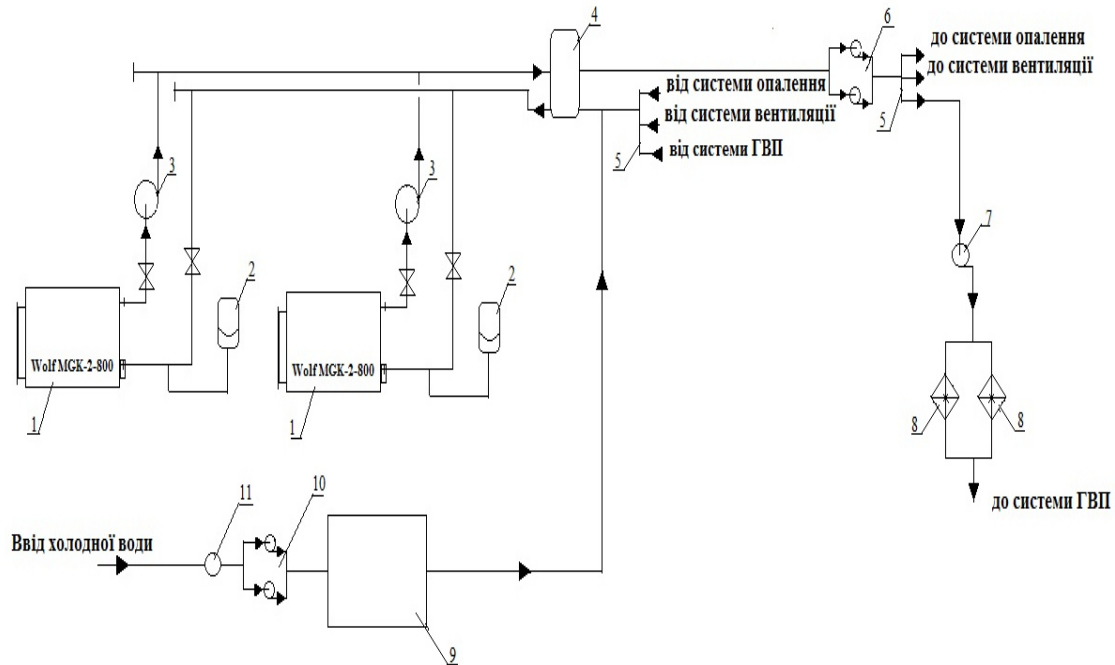
Загальне теплове навантаження споживачів :1337кВт.

						ТП 71 88 03 ПЗ	Арк.
							18
Зм.	Кільк	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

3 ТЕПЛОВА СХЕМА КОТЕЛЬНІ

3.1 Опис теплової схеми котельні

На рисунку 3.1 представлена принципова тепла схема дахової котельні адміністративно- побутового корпусу.



1 – котел; 2 – розширювальний бак; 3 – циркуляційний котловий насос; 4 – гідравлічний розподільувач; 5 – розподільчий колектор; 6 – мережний насос; 7 – насос циркуляції ГВП; 8 – емнісний підігрівач; 9 – обладнання водопідготовки; 10 – насоси сирої води; 11 – вузол обліку води.

Рисунок 3.1 - Принципова тепла схема дахової котельні адміністративно-побутового корпусу

Вода з поворотної лінії теплової мережі подається до гідравлічного розподільувача, після якого вода потрапляє до котлів. До поворотної лінії теплової мережі подається підживлювана вода після приготування її на водопідготовлення.

Теплова схема розрахована для потреб опалення, вентиляції та гарячого водопостачання приміщень адміністративно- побутового корпусу. Параметри теплоносія в системі теплопостачання 80-60 °С.

Мережний контур: Теплоносій до теплової мережі подається по якісній схемі регулювання теплового навантаження в залежності від температури зовнішнього повітря, регулювання температури теплоносія здійснюється клапаном триходовим регульовальним

Для обліку мережної води встановлений вузол обліку витрат мережної води №1 та №2.

Контур котлів: Від зворотного трубопроводу мережна вода подається до гідравлічного

розподільвача. За допомогою гідравлічного розподільвача система поділяється на два контури. Водному теплоносії від споживача потрапляє в котел, в іншому теплоносії від котла відправляється до споживачів, а саме до розподільного колектора. Від гребінка відходить по кілька контурів, що ведуть на опалення, вентиляцію і ГВП. По контуру на ГВП теплоносії потрапляє в ємнісний підігрівач для підігріву ГВП. Перед входом в котел встановлений манометр з триходовим клапаном, термометр, запобіжні клапани для забезпечення підтримання стабільного заданого перепаду тиску води на котлах. Також встановлений розширювальний бак, за допомогою якого в процесі нагрівання гаситься підвищення тиску води в мережі. Для підтримання температури та циркуляції теплоносія встановлений циркуляційний насос. Встановлена байпасна лінія, яка необхідна для попередження конденсації димових газів у разі зменшення потужності в літній період.

Водопідготовка: Вихідна вода з господарчо- побутового водопроводу надходить на систему водопідготовки. Холодна вода поступає в фільтр механічної очистки, де відбувається вловлення механічних домішок. Після фільтру вода прямує до установок водопідготовки. Кожна одиниця обладнання має свою запірну арматуру і байпасну лінію. Після водопідготовки вода надходить на підживлення теплової мережі.

Компоновка допоміжного обладнання та трубопроводів виконана за умов їх безпечної експлуатації та оптимальних трас з'єднувальних трубопроводів. Кріплення трубопроводів здійснюється до стін, металоконструкцій та опорних стійок за допомогою кронштейнів та підвісок. Для видалення повітря з системи у верхніх точках трубопроводів передбачені автоматичні повітряні клапани.

3.2 Вихідні дані для розрахунку

Даний розрахунок виконую для трьох характерних режимів роботи котельні [5]:

I режим – максимально зимовий за розрахунковою температурою $t_{p.o.}$;

II режим – за розрахунковою середньою температурою найбільш холодного місяця $t_{cp.x.m.}$;

III режим – літній.

1) Внутрішня температура повітря для типової будівлі $t_{вн}, ^\circ C$

$$t_{вн} = - 22 ^\circ C$$

2) Температура зовнішнього повітря в районі обслуговування котельні $t_{зовн.}, ^\circ C$ [2]:

Для міста Київ [2], становить:

- для I-го режиму – $t_{зовн}^I = t_{p.o} = - 22 ^\circ C$;

- для II-го режиму – $t_{зовн}^{II} = t_{cp.x.m} = - 4,7 ^\circ C$.

- в точці зламу температурного графіка теплової мережі розраховуємо за формулою

$$t_{зовн}^{3L} = t_{вн} - 0,3455 \cdot (t_{вн} - t_{p.o}),$$

						ТП 71 88 03 ПЗ	Арк.
							20
Зм.	Кільк	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

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

3) Максимальний (розрахунковий) відпуск теплоти на опалення і вентиляцію

$$Q_{\text{о.в}} = 937 \text{ кВт}.$$

4) Максимальний відпуск теплоти на ГВП

$$Q_{\text{гвп}} = 400 \text{ кВт (для режиму I)}.$$

5) Максимальна температура подавальної мережної води (режим I)

$$t_{\text{max.1}}^{\text{I}} = 80 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

6) Максимальна температура поворотної мережної води (режим I)

$$t_{\text{max.2}}^{\text{I}} = 60 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

7) Температура сирі води на вході в котельню T_1 , $^{\circ}\text{C}$:

- режими I-II: $T_{1з} = 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$;

- режим III: $T_{1л} = 15 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

8) Температура сирі води перед хімічною очисткою $T_3 = 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (для всіх режимів)[5].

9) Питомий об'єм води в системі теплопостачання відносно сумарного відпуску теплоти на опалення, вентиляцію та гаряче водопостачання (для всіх режимів)[5]:

- для всіх режимів, становить $g_{\text{сист}} = 35000 \text{ кг/МВт}$.

10) Коефіцієнт зниження витікання води в системі теплопостачання [5]:

$k_{\text{вит}} = 1$ (режими I - II);

$k_{\text{вит}} = 0,5$ (режим III).

11) Коефіцієнт власних потреб хімічної водоочистки [5]:

$k_{\text{в.п.}} = 1,1-1,25$ (для всіх режимів); беремо $k_{\text{в.п.}} = 1,2$.

12) Розрахункова температура гарячої води в системі місцевого теплопостачання (для всіх режимів) із закритою системою теплопостачання [5]

- для всіх режимів беру $t_{\text{г.в.}}^3 = 55 \text{ }^{\circ}\text{C}$ [5].

3.3 Розрахунки теплової схеми

Для підбору основного та допоміжного обладнання виконується розрахунок на максимальний режим (I-й режим) роботи котельні в наступній послідовності [5]

1) Виконую перевірку коефіцієнта зниження витрати теплоти на опалення в залежності від температури зовнішнього повітря для першого режиму роботи котельні за формулою [5]

$$k_{\text{о.в.}} = \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}}}{t_{\text{вн}} - t_{\text{р.о.}}}, \quad (3.1)$$

$$k_{\text{о.в.}} = \frac{20 - (-22)}{20 - (-22)} = 1.$$

						ТП 71 88 03 ПЗ	Арк.
							21
Зм.	Кільк	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

2) Сумарний відпуск теплоти котельні на опалення і вентиляцію, кВт [5]

$$Q_{o.b.} = (Q_o. + Q_{b.}) \cdot k_{o.b.}, \quad (3.2)$$

$$Q_{o.b.} = (398 + 539) \cdot 1 = 937 \text{ кВт.}$$

3) Сумарний відпуск теплоти котельні на ГВП, кВт [5]

Згідно з розділом 2 сумарний відпуск теплоти котельні на ГВП складає $Q_{гвп} = 400$ кВт.

4) Температура мережної води на виході з котельні, °C [5]

$$t_1 = 20 + 50 \cdot k_{o.b.}^{0.8} + 10 \cdot k_{o.b.}, \quad (3.3)$$

$$t_1 = 20 + 50 \cdot 1^{0.8} + 10 \cdot 1 = 80 \text{ °C.}$$

5) Температура поворотної мережної води після системи опалення, °C [5]

$$t_2 = t_1 - 20 \cdot k_{o.b.} \quad (3.4)$$

$$t_2 = 80 - 20 \cdot 1 = 60 \text{ °C.}$$

6) Розрахункова витрата мережної води на опалення, кг/с [5]

$$G_{o.b.} = \frac{Q_{o.b.} \cdot 10^3}{c_b \cdot (t_1 - t_2)}, \quad (3.5)$$

де c_b – теплоємність води, беру 4187 Дж/(кг·К) [5]

$$G_{o.b.} = \frac{937 \cdot 10^3}{4187 \cdot (80 - 60)} = 11,2 \text{ кг/с.}$$

7) Витрата води на ГВП для споживачів, кг/с [5]

$$G_{г.в.}^{сп} = \frac{Q_{г.в.} \cdot 10^3}{C_b \cdot (t_{г.в.} - T_{13})}, \quad (3.6)$$

$$G_{г.в.}^{сп} = \frac{400 \cdot 10^3}{4187 \cdot (55 - 5)} = 1,91 \text{ кг/с.}$$

8) Розрахункова витрата мережної води на опалення на виході з котельної, кг/с [5]

$$G_m = G_{o.b.}, \quad (3.7)$$

$$G_m = 11,2 \text{ кг/с.}$$

9) Витрати води для підживлення на заповнення витікань у тепловій мережі, кг/с [5]

$$G_{вит} = \frac{0,75}{100 \cdot 3600} (Q_{o.b.} + Q_{г.в.}) \cdot g_{сист} \cdot k_{вит}, \quad (3.8)$$

$$G_{вит} = \frac{0,75}{100 \cdot 3600} (0,937 + 0 + 0,400 + 0) \cdot 35000 \cdot 1 = 0,097 \text{ кг/с.}$$

10) Витрата поворотної мережевої води на вході до котельної, кг/с [5]

$$G_{п.м} = G_m - G_{вит}, \quad (3.9)$$

$$G_{п.м} = 11,2 - 0,097 = 11,1 \text{ кг/с.}$$

						ТП 71 88 03 ПЗ	Арк.
							22
Зм.	Кільк	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

11) Витрата сирії води, що надходить на хімічну очистку, кг/с [5]

$$G_{c.b} = k_{x.b}^{b.п} \cdot G_{вит} \quad (3.10)$$

$$G_{c.b} = 1,2 \cdot 0,097 = 0,12 \text{ кг/с.}$$

12) Сумарний відпуск теплоти водогрійними котлами, кВт [5]

$$Q_K^B = Q_{o.b} + Q_{г.в} \quad (3.11)$$

$$Q_K^B = 937 + 400 = 1337 \text{ кВт.}$$

Таблиця 3.1 – Результати розрахунку теплової схеми для режимів I-III

Найменування величини	Позначення	Одиниця	Значення величини для режиму		
			I	II	III
1	2	3	4	5	6
Коефіцієнт зниження витрати теплоти на опалення залежно від температури зовнішнього повітря	$k_{o.b.}$		1	0,588	-
Сумарний відпуск теплоти котельні на опалення і вентиляцію	$Q_{o.b.}$	кВт	937	551,1	-
Сумарний відпуск теплоти котельні на ГВП	$Q_{гв}$	кВт	400	400	400
Температура мережної води на виході з котельні	t_1	°C	80	40,4	-
Температура поворотної мережної води після системи опалення	t_2	°C	60	16,9	-

Продовження табл. 3.1

1	2		3	4	5	6
Розрахункова витрата мережевої води на опалення	$G_{o.v}$		кг/с	11,2	5,6	-
Витрата води на ГВП для споживачів	$G_{г.в.}^{сп}$		кг/с	1,91	1,91	2,4
Розрахункова витрата мережевої води на опалення	G_m		кг/с	11,2	5,6	-
Витрати води для підживлення на заповнення витікань у тепловій мережі	$G_{вит}$		кг/с	0,097	0,069	-
Витрата поворотної мережевої води на вході до котельної	$G_{п.м.}$		кг/с	11,1	5,531	-
Витрата сирі води, що надходить на хімічну очистку	$G_{с.в.}$		кг/с	0,12	0,083	-
Сумарний відпуск теплоти водогрійними котлами	Q_k^B		кВт	1337	951,1	400

3.4 Висновки за розділом 3

Виконавши опис теплової схеми котельні, а також розраховували теплову схему для трьох режимів I-III сумарна теплопродуктивність котельні склала:

- В режимі I – 1337 кВт;
- В режимі II – 951,1 кВт;
- В режимі III – 400 кВт.

4 РОЗРАХУНКИ ТА ВИБІР ОБЛАДНАННЯ КОТЕЛЬНОЇ

4.1 Котли

Типи котлоагрегатів залежать від типу спалювання палива (природного газу), теплоносія, що циркулює в системі та його параметрів. Кількість і одинична продуктивність котлів визначаються розрахунковою тепловою потужністю котельної. Для зменшення капітальних і експлуатаційних витрат доцільно встановлювати в котельній однотипові котли з однаковою теплопродуктивністю. Кількість водогрійних котлоагрегатів вибирається за максимальним відпуском теплоти у вигляді гарячої води [1].

1) Необхідна кількість водогрійних котлів [1]:

$$N_{\text{к.п}}^{\text{в}} = \frac{Q_{\text{к}}^{\text{в}}}{Q_{\text{к}}^{\text{ном}}}, \quad (4.1)$$

де $Q_{\text{к}}^{\text{в}}$ - сумарний відпуск теплоти водогрійними котлоагрегатами, одержаний при розрахунку теплової схеми котельної для максимального зимового режиму, кВт [1];

$Q_{\text{к}}^{\text{ном}}$ - номінальне навантаження водогрійного котла, кВт [1].

Для встановлення беру два котли фірми Wolf типу MGK-2-800 з номінальним навантаженням 700 кВт . Тоді

$$N_{\text{к.п}}^{\text{в}} = \frac{1337}{700} = 2 \text{ компл.}$$

2) Завантаження котлів, % [1]

$$K_{\text{зав}}^{\text{в}} = \frac{Q_{\text{к}}^{\text{в}}}{N_{\text{к.п}}^{\text{в}} \cdot Q_{\text{к}}^{\text{ном}}} \cdot 100\%, \quad (4.2)$$

$$K_{\text{зав}}^{\text{в}} = \frac{1337}{2 \cdot 700} \cdot 100 = 95,1 \%$$

В результаті отриманих розрахунків встановлюємо два котли Wolf MGK-2-800 з наступними характеристиками:

						ТП 71 88 03 ПЗ	Арк.
							25
Зм.	Кільк	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.1 – Технічні характеристики котла WOLF типу MGK-2-800

Найменування	Позначення	Одиниця	Значення величини
Номінальна потужність	$Q_{\kappa}^{\text{ном}}$	кВт	700
Мінімальна потужність	$Q_{\kappa}^{\text{мін}}$	кВт	119
Коефіцієнт корисної дії	η_{κ}	%	98,7
Гідравлічний опір	$\Delta P_{\text{в.к}}$	мбар	127
Нижча теплота спалювання газу	$Q_{\text{н}}^{\text{p}}$	ккал/ м ³	7743,8
Температура відхідних газів	$t_{\text{г}}$	°C	65
Габаритні розміри	висота	мм	1460
	ширина	мм	2265
	глибина	мм	970

Загальний вигляд котла на рисунку 4.1

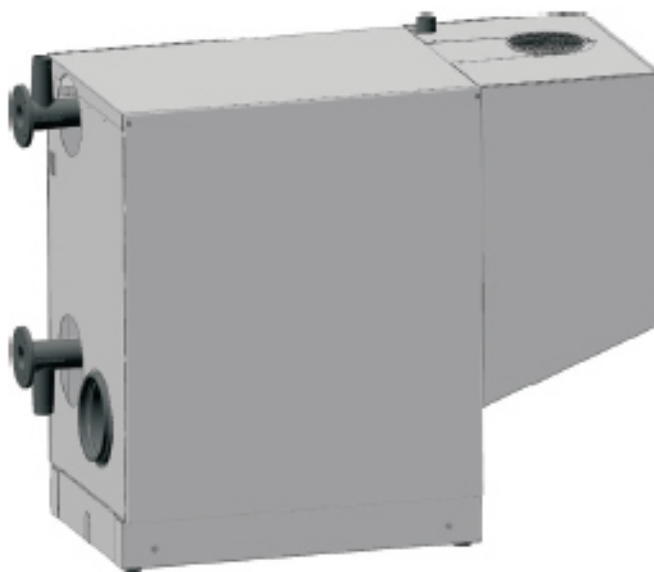


Рисунок 4.1 – Загальний вигляд котла Wolf MGK-2-800.

4.2 Насоси

В котельні встановлені наступні групи насосів:

- циркуляційні насоси опалення;
- циркуляційні насоси калориферів вентиляції;
- циркуляційні насоси теплообмінника для фанкойлів;
- рециркуляційні насоси;
- циркуляційні насоси теплообмінника для ГВП;
- насосна станція підживлюваної води;
- циркуляційні насоси опалення котельні.

Вибір насосів здійснюється за подачею та тиском [7].

4.2.1 Циркуляційні насоси опалення

1) Визначаємо подачу насосів, м³/год [7]

$$V_n = \frac{G_m \cdot 3600}{\rho_v} \quad (4.3)$$

де G_m – масова витрата води на опалення, кг/с;

ρ_v – густина води, кг/м³ [7].

Згідно з розрахунками теплової схеми величина $G_m = 4,75$ кг/с, а густину води беру 1000 кг/м³, тоді

$$V_n = \frac{4,75 \cdot 3600}{1000} = 17,1 \text{ м}^3 / \text{год.}$$

2) Визначаємо тиск насосів, МПа [7]

$$H_m = 1,1 \cdot \Delta P_{\text{мер}} + \Delta P_{\text{в.к}} + \Delta P_{\text{тр}} \quad (4.4)$$

де ΔP_m – гідравлічний опір трубопроводів опалення, МПа;

$\Delta P_{\text{в.к}}$ – гідравлічний опір водогрійного котла, МПа;

$\Delta P_{\text{тр}}$ – гідравлічний опір трубопроводів усередині котельні, МПа [7].

3) Гідравлічний опір мережі, МПа [7]

$$\Delta P_i = [Rl(1+\alpha) + \rho gh] \cdot 10^{-6} \quad (4.5)$$

де R – питомі втрати тиску на тертя, Па/м;

l – довжина найвіддаленішого циркуляційного кільця, м;

α – коефіцієнт місцевих опорів, $\alpha = f(d_{\text{ст}})$;

ρ – густина води, кг/м³:

						ТП 71 88 03 ПЗ	Арк.
							27
Зм.	Кільк	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

g – прискорення вільного падіння, м/с^2 [7];

h – найбільша висота будівлі, м [7].

За конструктивними характеристиками беру $l = 40$ м, а величину $h = 30,4$ м.

Беру швидкість води $\omega_{\text{в}} = 1$ м/с і з рівняння суцільності (нерозривності) визначаю внутрішній діаметр трубопроводу $d_{\text{вн}}$, м [7]

$$d_{\text{мер}} = 1,13 \sqrt{\frac{G_{\text{м.н.}}}{\rho_{\text{в}} \cdot \omega_{\text{в}}}}, \quad (4.6)$$

$$d_{\text{мер}} = 1,13 \sqrt{\frac{4,75}{1000 \cdot 1}} = 0,079 \text{ м.}$$

Користуючись [8] приймаю внутрішній діаметр трубопроводу $d_{\text{мер}} = 85$ мм і визначаю коефіцієнт місцевого опору $\alpha = f(d_{\text{ст}}) = 0,3$ [9].

Уточнюю швидкість руху води, м/с [7]

$$\omega_{\text{в}} = \frac{4 \cdot G_{\text{м.н.}}}{\rho_{\text{в}} \cdot \pi \cdot d_{\text{мер}}^2}, \quad (4.7)$$

$$\omega_{\text{в}} = \frac{4 \cdot 4,75}{1000 \cdot 3,14 \cdot 0,085^2} = 0,84 \text{ м/с}$$

Питомі втрати тиску на тертя, Па/м [7]

$$R = \lambda \cdot \frac{\rho_{\text{в}} \omega_{\text{в}}^2}{2} \cdot \frac{1}{d_{\text{мер}}}, \quad (4.8)$$

де λ – коефіцієнт опору тертя [7].

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{k_{\text{е}}}{d'} + \frac{68}{\text{Re}} \right)^{0,25}, \quad (4.9)$$

де $k_{\text{е}}$ – еквівалентний коефіцієнт абсолютної шорсткості внутрішньої поверхні труби, мм ;
Відповідно до Правил Держтехнагляду усі трубопроводи промислових і опалювальних котелень можуть виготовлятися із сталених безшовних зварних труб, виконаних з вуглецевої сталі, для яких $k_{\text{е}} = 1$ мм ;

d' – внутрішній діаметр трубопроводу, мм ;

Re – число Рейнольдса [7].

Визначаю число Рейнольдса [7]

$$\text{Re} = \frac{d_{\text{вн}} \omega_{\text{в}}}{\nu}, \quad (4.10)$$

де ν – кінематична в'язкість води, $\text{м}^2/\text{с}$ [7].

Кінематичну в'язкість визначаю за середньою температурою теплоносія, яка дорівнює 70 $^{\circ}\text{C}$, тоді $\nu = f(t = 70^{\circ}\text{C}) = 0,415 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ [10].

						ТП 71 88 03 ПЗ	Арк.
							28
Зм.	Кільк	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Тоді

$$Re = \frac{0,085 \cdot 0,84}{0,415 \cdot 10^{-6}} = 172048.$$

Визначимо коефіцієнт опору тертя λ [7]

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{1}{85} + \frac{68}{172048} \right)^{0,25} = 0,04.$$

Питомі витрати тиску на тертя [7]

$$R = 0,04 \cdot \frac{1000 \cdot 0,84^2}{2} \cdot \frac{1}{0,085} = 166 \text{ Па/м.}$$

Опір мережі, МПа [7]

$$\Delta P_m = [166 \cdot 40(1 + 0,3) + 1000 \cdot 9,8 \cdot 30,4] \cdot 10^{-6} = 0,31 \text{ МПа.}$$

Гідравлічний опір трубопроводів усередині котельні складає 5% від втрат тиску в мережі, тобто [7]

$$\Delta P_{тр} = 0,05 \cdot \Delta P_m, \quad (4.11)$$

$$\Delta P_{тр} = 0,05 \cdot 0,31 = 0,016 \text{ МПа.}$$

Беру з таблиці 4.1 гідравлічний опір водогрійного котла $\Delta P_{в.к} = 0,0127$ МПа, тоді згідно з формулою (4.4) [7]:

$$H_m = 1,1 \cdot 0,31 + 0,0127 + 0,016 = 0,37 \text{ МПа.}$$

За величинами $V_n = 17,1 \text{ м}^3 / \text{год}$ та $H_m = 0,37$ МПа вибираю вибираю два насоси (1 – робочий, 1 – резервний) типу Wilo TOP-S-40/10 PN 6/10, з наступними характеристиками [11]:

- подача – $21 \text{ м}^3/\text{год}$;
- тиск – $0,37$ МПа;
- номінальна потужність – $0,58$ кВт;
- частота обертання електродвигуна – $2600/2800$ об/хв.

Загальний вигляд циркуляційного насосу на опалення зображений на рисунку 4.2.



Рисунок 4.2 – Загальний вигляд насосу типу Wilo TOP-S-40/10 PN 6/10.

4.2.2 Циркуляційні насоси калориферів вентиляції

1) Визначаємо подачу насосів, м³/год [7]

Згідно з розрахунками теплової схеми величина $G_m = 6,45$ кг/с, а густину води беру 1000 кг/м³, тоді згідно з формулою (4.3) [7] :

$$V_n = \frac{6,45 \cdot 3600}{1000} = 23,22 \text{ м}^3 / \text{год}.$$

2) Визначаємо тиск насосів, МПа [7]

Беру швидкість води $\omega_s = 1,2$ м/с і з рівняння суцільності (нерозривності) визначаю внутрішній діаметр трубопроводу $d_{вн}$, м, згідно з формулою (4.6) [7]:

$$d_{мер} = 1,13 \sqrt{\frac{6,45}{1000 \cdot 1,2}} = 0,083 \text{ м}.$$

Користуючись [8] приймаю внутрішній діаметр трубопроводу $d_{мер} = 85$ мм і визначаю коефіцієнт місцевого опору $\alpha = f(d_{ст}) = 0,3$ [9].

Уточнюю швидкість руху води, м/с, згідно з формулою (4.7) [7]:

$$\omega_v = \frac{4 \cdot 6,45}{1000 \cdot 3,14 \cdot 0,085^2} = 1,1 \text{ м/с}.$$

Кінематичну в'язкість визначаю за середньою температурою теплоносія, яка дорівнює 70 °С, тоді $\nu = f(t=70 \text{ } ^\circ\text{C}) = 0,415 \cdot 10^{-6}$ м²/с [10] і згідно з формулою (4.10) [7]:

$$Re = \frac{0,085 \cdot 1,1}{0,415 \cdot 10^{-6}} = 225301.$$

						ТП 71 88 03 ПЗ	Арк.
							30
Зм.	Кільк	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Визначимо коефіцієнт опору тертя λ , згідно з (4.9) [7]:

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{1}{85} + \frac{68}{225301} \right)^{0,25} = 0,04.$$

Питомі витрати тиску на тертя, згідно з формулою (4.8) [7]:

$$R = 0,04 \cdot \frac{1000 \cdot 1,1^2}{2} \cdot \frac{1}{0,085} = 285 \text{ Па/м.}$$

Гідравлічний опір мережі, МПа [7]

$$\Delta P_m = [Rl(1+\alpha)] \cdot 10^{-6}, \quad (4.12)$$

де R – питомі втрати тиску на тертя, Па/м;

l – довжина найвіддаленішого циркуляційного кільця, м;

α – коефіцієнт місцевих опорів, $\alpha = f(d_{ст})$ [7].

За конструктивними характеристиками беру $l = 40$ м, тоді

$$\Delta P_m = [285 \cdot 40 \cdot (1+0,3)] \cdot 10^{-6} = 0,015 \text{ МПа.}$$

Згідно з (4.11) гідравлічний опір трубопроводів [7]:

$$\Delta P_{тр} = 0,05 \cdot 0,015 = 0,00075 \text{ МПа.}$$

Визначаємо тиск насосів, МПа [7]

$$H_m = 1,1 \cdot \Delta P_m + \Delta P_{к.у} + \Delta P_{тр} \quad (4.13)$$

де ΔP_m – гідравлічний опір трубопроводів вентиляції, МПа;

$\Delta P_{к.у}$ – гідравлічний опір калориферної установки, МПа (беру 0,03 МПа);

$\Delta P_{тр}$ – гідравлічний опір трубопроводів усередині котельні, МПа [7].

$$H_m = 1,1 \cdot 0,015 + 0,03 + 0,00075 = 0,047 \text{ МПа.}$$

За величинами $V_n = 23,22 \text{ м}^3 / \text{год}$ та $H_m = 0,047 \text{ МПа}$ вибираю два насоси (1 – робочий, 1 резервний) насос типу Wilo TOP-S-50/15 PN 6/10, з наступними характеристиками [11]:

- подача – $24 \text{ м}^3 / \text{год}$;
- тиск – $0,047 \text{ МПа}$;
- номінальна потужність – $1,57 \text{ кВт}$;
- частота обертання електродвигуна – $2500/2800 \text{ об/хв.}$

Загальний вигляд циркуляційного насосу на вентиляцію зображений на рисунку 4.3



Рисунок 4.3 – Загальний вигляд насосу типу Wilo TOP-S-50/15 PN 6/10.

4.2.3 Циркуляційні насоси теплообмінника для фанкойлів

1) Визначаємо подачу насосів, м³/год [7]

Згідно з розрахунками теплової схеми величина $G_m = 7,34$ кг/с, а густину води беру 1000 кг/м³, тоді згідно з формулою (4.3) [7]:

$$V_n = \frac{7,34 \cdot 3600}{1000} = 26,4 \text{ м}^3 / \text{год.}$$

2) Визначаємо тиск насосів, МПа [7]

Беру швидкість води $\omega_v = 0,85$ м/с і з рівняння суцільності (нерозривності) визначаю внутрішній діаметр трубопроводу $d_{вн}$, м, згідно з формулою (4.6) [7]:

$$d_{мер} = 1,13 \sqrt{\frac{7,34}{1000 \cdot 0,85}} = 0,105 \text{ м.}$$

Користуючись [8] приймаю внутрішній діаметр трубопроводу $d_{мер} = 105$ мм і визначаю коефіцієнт місцевого опору $\alpha = f(d_{ст}) = 0,4$ [9].

Уточнюю швидкість руху води, м/с, згідно з формулою (4.7) [7]:

$$\omega_v = \frac{4 \cdot 7,34}{1000 \cdot 3,14 \cdot 0,105^2} = 0,85 \text{ м/с.}$$

Кінематичну в'язкість визначаю за середньою температурою теплоносія, яка дорівнює 70 °С, тоді $\nu = f(t=70 \text{ } ^\circ\text{C}) = 0,415 \cdot 10^{-6}$ м²/с [5] і згідно з формулою (4.10):

$$Re = \frac{0,105 \cdot 0,85}{0,415 \cdot 10^{-6}} = 215060.$$

Визначимо коефіцієнт опору тертя λ , згідно з (4.9) [7]:

						ТП 71 88 03 ПЗ	Арк.
							32
Зм.	Кільк	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{1}{105} + \frac{68}{215060} \right)^{0,25} = 0,03.$$

Питомі витрати тиску на тертя, згідно з формулою (4.8) [7]:

$$R = 0,03 \cdot \frac{1000 \cdot 0,85^2}{2} \cdot \frac{1}{0,105} = 103 \text{ Па/м.}$$

Гідравлічний опір мережі, МПа [7]

За конструктивними характеристиками беру $l = 30$ м, тоді згідно з формулою (4.12) [7]:

$$\Delta P_m = [103 \cdot 30 \cdot (1 + 0,4)] \cdot 10^{-6} = 0,0043 \text{ МПа.}$$

Згідно з (4.11) гідравлічний опір трубопроводів [7]:

$$\Delta P_{тр} = 0,05 \cdot 0,0043 = 0,00022 \text{ МПа.}$$

Визначаємо тиск насосів, МПа [7]

$$H_m = 1,1 \cdot \Delta P_m + \Delta P_{к.у} + \Delta P_{тр} \quad (4.14)$$

де ΔP_m – гідравлічний опір трубопроводів для теплообмінника до фанкойлів, МПа;

$\Delta P_{к.у}$ – гідравлічний опір теплообмінника до фанкойлів, МПа (беру 0,03 МПа);

$\Delta P_{тр}$ – гідравлічний опір трубопроводів усередині котельні, МПа [7].

$$H_m = 1,1 \cdot 0,0043 + 0,03 + 0,00022 = 0,035 \text{ МПа.}$$

За величинами $V_n = 26,4 \text{ м}^3 / \text{год}$ та $H_m = 0,035 \text{ МПа}$ вибираю два насоси (1 – робочий, 1 – резервний) насос типу Wilo TOP-S-65/15 PN 6/10, з наступними характеристиками [11]:

- подача – $27 \text{ м}^3 / \text{год}$;
- тиск – $0,035 \text{ МПа}$;
- номінальна потужність – $1,69 \text{ кВт}$;
- частота обертання електродвигуна – $2450/2800 \text{ об/хв.}$

4.2.4 Циркуляційні насоси котлів

1) Визначаю подачу насосу за витратою води через котел Wolf MGK-2-800 [7]:

Згідно з характеристиками котла Wolf MGK-2-800 $Q_k = 700 \text{ кВт}$, а густину води беру 1000 кг/м^3 , теплоємність води $c_v = 4187 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$, тоді [7]

$$V_n = \frac{\frac{0,7 \cdot 10^6}{4184(80 - 60)} \cdot 3600}{1000} = 30 \text{ м}^3 / \text{год.}$$

2) Визначаємо тиск насосів рециркуляції, МПа [7]

$$H_m = \Delta P_k + \Delta P_{тр}, \quad (4.15)$$

де ΔP_k - опір котла, МПа(беру 0,0127);

						ТП 71 88 03 ПЗ	Арк.
							33
Зм.	Кільк	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

$\Delta P_{\text{тр}}$ – гідравлічний опір трубопроводів усередині котельні, МПа [7].

Гідравлічний опір трубопроводів, МПа [7]

$$\Delta P_{\text{тр}} = 2 \cdot \Delta P_{\text{к}}, \quad (4.16)$$

$$\Delta P_{\text{тр}} = 2 \cdot 0,0127 = 0,0254 \text{ МПа.}$$

Тиск насосів циркуляції згідно з формулою (4.15) [7]:

$$H_{\text{м}} = 0,0127 + 0,0254 = 0,04 \text{ МПа.}$$

За величинами $V_{\text{н}} = 30 \text{ м}^3 / \text{год}$ та $H_{\text{м}} = 0,04 \text{ МПа}$ вибираю на кожний котел по одному насосу Wilo Stratos 80/1-12, з наступними характеристиками [11]:

- подача – $30 \text{ м}^3 / \text{год}$;
- тиск – $0,04 \text{ МПа}$;
- потужність електродвигуна – 1550 Вт ;
- частота обертання електродвигуна – 3300 об/хв.

Загальний вигляд насоса циркуляції зображений на рисунку 4.4



Рисунок 4.4 – Загальний вигляд насоса циркуляції котлів

4.2.5 Циркуляційні насоси теплообмінника для ГВП

1) Визначаємо подачу насосів, $\text{м}^3 / \text{год}$ [7]

Згідно з розрахунками теплової схеми величина $G_{\text{г.в}} = 1,91 \text{ кг/с}$, а густину води беру 1000 кг/м^3 , тоді згідно з формулою (4.3) [7] :

$$V_{\text{н}} = \frac{1,91 \cdot 3600}{1000} = 6,9 \text{ м}^3 / \text{год.}$$

2) Визначаємо тиск насосів, МПа [7]

Беру швидкість води $\omega_{\text{в}} = 0,23 \text{ м/с}$ і з рівняння суцільності (нерозривності) визначаю

						ТП 71 88 03 ПЗ	Арк.
							34
Зм.	Кільк	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

внутрішній діаметр трубопроводу $d_{\text{вн}}$, м, згідно з формулою (4.6) [7]:

$$d_{\text{мер}} = 1,13 \sqrt{\frac{1,91}{1000 \cdot 0,23}} = 0,103 \text{ м.}$$

Користуючись [8] приймаю внутрішній діаметр трубопроводу $d_{\text{мер}} = 105 \text{ мм}$ і визначаю коефіцієнт місцевого опору $\alpha = f(d_{\text{ст}}) = 0,4$ [9].

Уточнюю швидкість руху води, м/с, згідно з формулою (4.7) [7]:

$$\omega_{\text{в}} = \frac{4 \cdot 1,91}{1000 \cdot 3,14 \cdot 0,105^2} = 0,22 \text{ м/с.}$$

Кінематичну в'язкість визначаю за середньою температурою теплоносія, яка дорівнює 70°C , тоді $\nu = f(t=70^{\circ}\text{C}) = 0,415 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ [10] і згідно з формулою (4.10) [7]:

$$\text{Re} = \frac{0,105 \cdot 0,22}{0,415 \cdot 10^{-6}} = 55663.$$

Визначимо коефіцієнт опору тертя λ , згідно з (4.9) [7]:

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{1}{105} + \frac{68}{55663} \right)^{0,25} = 0,035.$$

Питомі витрати тиску на тертя, згідно з формулою (4.8) [7]:

$$R = 0,035 \cdot \frac{1000 \cdot 0,22^2}{2} \cdot \frac{1}{0,105} = 8,1 \text{ Па/м.}$$

Гідравлічний опір мережі, МПа [7]

За конструктивними характеристиками беру $l = 30 \text{ м}$, тоді згідно з формулою (4.12) [7]:

$$\Delta P_{\text{м}} = [8,1 \cdot 30 \cdot (1 + 0,4)] \cdot 10^{-6} = 0,00034 \text{ МПа.}$$

Згідно з (4.11) гідравлічний опір трубопроводів [7]:

$$\Delta P_{\text{тр}} = 0,05 \cdot 0,00034 = 0,00017 \text{ МПа.}$$

Визначаємо тиск насосів, МПа [7]

$$H_{\text{м}} = 1,1 \cdot \Delta P_{\text{м}} + \Delta P_{\text{б}} + \Delta P_{\text{тр}} \quad (4.17)$$

де $\Delta P_{\text{м}}$ – гідравлічний опір трубопроводів для ГВП, МПа;

$\Delta P_{\text{б}}$ – гідравлічний опір бойлера, МПа;

$\Delta P_{\text{тр}}$ – гідравлічний опір трубопроводів усередині котельні, МПа [7].

З таблиці 4.2 - Технічні характеристики бойлера Cordivary типу Extra 2 WXC VT, гідравлічний опір бойлера $\Delta P_{\text{б}} = 0,025 \text{ МПа}$, тоді

$$H_{\text{м}} = 1,1 \cdot 0,00034 + 0,025 + 0,00017 = 0,025 \text{ МПа.}$$

За величинами $V_{\text{н}} = 6,9 \text{ м}^3 / \text{год}$ та $H_{\text{м}} = 0,025 \text{ МПа}$ вибираю два насоси (1 – робочий, 1 – резервний) типу Wilo TOP-S-60/10 PN 6/10, з наступними характеристиками [11]:

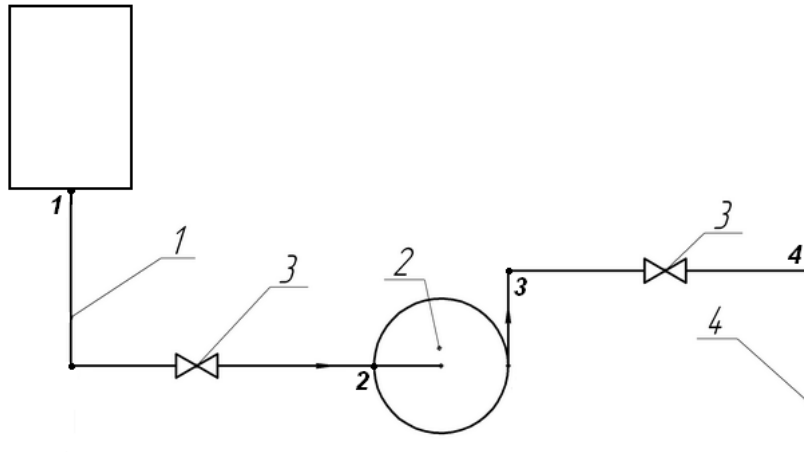
- подача – $8 \text{ м}^3/\text{год}$;

						ТП 71 88 03 ПЗ	Арк.
							35
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

- тиск – 0,03 МПа;
- номінальна потужність – 0,84 кВт;
- частота обертання електродвигуна – 2450/2800 об/хв.

4.2.6 Насосна станція підживлення

Схема контуру підживлюваної води зображена на рисунку 4.5



1- трубопровід підживлюваної води; 2 – насосна станція підживлення; 3 – вентиль;
4 – трубопровід зворотної мережної води.

Рисунок 4.5 – Схема контуру підживлюваної води

1) Визначаємо подачу насосів, м³/год [7]

Згідно з розрахунками теплової схеми величина $G_{\text{внт}} = 0,097$ кг/с, а густину води беру 1000 кг/м³, тоді згідно з формулою (4.3) [7]:

$$V_{\text{н}} = \frac{0,097 \cdot 3600}{1000} = 0,35 \text{ м}^3 / \text{год}.$$

2) Визначаємо тиск насосів, МПа [7]

Розбиваємо тракт на ділянки 1-2 та 3-4. Довжина ділянки 1-2 $l^{(1-2)} = 2$ м, ділянки 3-4 $l^{(3-4)} = 5$ м [7].

Беру швидкість води на ділянці 1-2 $\omega_{\text{в}}^{(1-2)} = 0,3$ м/с, а на ділянці 3-4 $\omega_{\text{в}}^{(3-4)} = 0,4$ м/с і з рівняння суцільності (нерозривності) визначаю внутрішні діаметри трубопроводу $d_{\text{вн}}$, м, згідно з формулою (4.6) [7]:

діаметр трубопроводу на ділянці 1-2

$$d_{\text{вн}}^{(1-2)} = 1,13 \sqrt{\frac{0,097}{1000 \cdot 0,3}} = 0,02 \text{ м};$$

діаметр трубопроводу на ділянці 3-4

$$d_{\text{вн}}^{(3-4)} = 1,13 \sqrt{\frac{0,097}{1000 \cdot 0,4}} = 0,017 \text{ м}.$$

Користуючись [8] приймаю внутрішні діаметри трубопроводу для всіх ділянок
 $d_{\text{мер}} = 0,025$ мм.

Уточнюю швидкість руху води, м/с, згідно з формулою (4.6) [7]:

на ділянці 1-2

$$\omega_{\text{в}}^{1-2} = \frac{4 \cdot 0,097}{1000 \cdot 3,14 \cdot 0,025^2} = 0,2 \text{ м/с};$$

на ділянці 3-4

$$\omega_{\text{в}}^{3-4} = \frac{4 \cdot 0,097}{1000 \cdot 3,14 \cdot 0,025^2} = 0,2 \text{ м/с}.$$

Кінематичну в'язкість визначаю за середньою температурою теплоносія, яка дорівнює 70 °С, тоді $\nu = f(t=70 \text{ }^{\circ}\text{C}) = 0,415 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ [10] і згідно з формулою (4.10) [7]:

на ділянці 1-2

$$\text{Re}^{1-2} = \frac{0,025 \cdot 0,2}{0,415 \cdot 10^{-6}} = 12048 ;$$

на ділянці 3-4

$$\text{Re}^{3-4} = \frac{0,025 \cdot 0,2}{0,415 \cdot 10^{-6}} = 12048 .$$

Визначимо коефіцієнт опору тертя λ , згідно з (4.9) [7]:

на ділянці 1-2

$$\lambda^{1-2} = 0,11 \left(\frac{1}{25} + \frac{68}{12048} \right)^{0,25} = 0,05 ;$$

на ділянці 1-3

$$\lambda^{3-4} = 0,11 \left(\frac{1}{25} + \frac{68}{12048} \right)^{0,25} = 0,05.$$

Питомі витрати тиску на тертя , згідно з формулою (4.8) [7]:

на ділянці 1-2

$$R = 0,05 \cdot \frac{1000 \cdot 0,2^2}{2} \cdot \frac{1}{0,025} = 40 \text{ Па/м};$$

на ділянці 3-4

$$R = 0,05 \cdot \frac{1000 \cdot 0,2^2}{2} \cdot \frac{1}{0,025} = 40 \text{ Па/м}.$$

Втрата тиску в місцевих опорах, Па [7]

$$P_{\text{м.о}} = \sum \xi \frac{\rho_{\text{вод}} \omega_{\text{в}}^2}{2}, \quad (4.18)$$

де ξ – коефіцієнт місцевого опору [7].

На ділянці 1-2 мають місце такі місцеві опори: поворот – $\zeta_{\text{пов.}}=1,0$, вентиль – $\zeta_{\text{вент.}}=1,0$, раптове звуження $\zeta_{\text{звуж.}}=0,5$; на ділянці 3-4 мають місце такі місцеві опори: вентиль – $\zeta_{\text{вент.}}=1,0$, раптове розширення $\zeta_{\text{розш.}}=1,0$. [7] Тоді

на ділянці 1-2

$$P_{\text{м.о}}^{(1-2)} = (1,0 + 1,0 + 0,5) \frac{1000 \cdot 0,2^2}{2} = 50 \text{ Па};$$

на ділянці 3-4

$$P_{\text{м.о}}^{(3-4)} = (1,0 + 1,0) \frac{1000 \cdot 0,2^2}{2} = 40 \text{ Па}.$$

Витрати тиску по тракту підживлювальної води, МПа [7]

$$\Delta P_{\text{т}} = \sum (Rl + P_{\text{ом}}) \cdot 10^{-6}, \quad (4.19)$$

де $P_{\text{ом}}$ – втрати тиску в місцевих опорах, Па [7].

на ділянці 1-2

$$\Delta P_{\text{т1}} = (40 \cdot 2 + 50) \cdot 10^{-6} = 0,00013 \text{ МПа};$$

на ділянці 3-4

$$\Delta P_{\text{т2}} = (40 \cdot 5 + 40) \cdot 10^{-6} = 0,00024 \text{ МПа}.$$

Гідравлічний опір трубопроводу та арматури лінії, МПа [7]

$$\Delta P_{\text{тр}} = \Delta P_{\text{т1}} + \Delta P_{\text{т2}}, \quad (4.20)$$

де $\Delta P_{\text{т1}}$ - втрати тиску по тракту підживлювальної води на ділянці 1-2, МПа;

$\Delta P_{\text{т2}}$ - втрати тиску по тракту підживлювальної води на ділянці 3-4, МПа [7].

$$\Delta P_{\text{тр}} = 0,00013 + 0,00024 = 0,00037 \text{ МПа}.$$

Тиск насосів, МПа [7]

$$H_{\text{п.в}} = \Delta P_{\text{пов}} + \Delta P_{\text{тр}} + \sum \Delta P_{\text{в.п.}}, \quad (4.21)$$

де $\Delta P_{\text{пов}}$ - тиск в зворотній магістралі, МПа (беру $\Delta P_{\text{пов}} = 0,22$);

$\Delta P_{\text{тр}}$ - гідравлічний опір трубопроводу та арматури лінії, МПа;

$\sum \Delta P_{\text{в.п.}}$ - сумарний опір обладнання водопідготовки котельні, МПа [7].

З розрахунку водопідготовки котельні сумарний опір обладнання водопідготовки котельні $\sum \Delta P_{\text{в.п.}} = 0,065 \text{ МПа}$. Тоді [7]

$$H_{\text{м}} = 0,22 + 0,00037 + 0,065 = 0,3 \text{ МПа}.$$

За величинами $V_{\text{н}} = 0,35 \text{ м}^3 / \text{год}$ та $H_{\text{м}} = 0,3 \text{ МПа}$ вибираю дві насосні станції (1 – робочу, 1 – резервну) типу WILO HWJ 201 ЕМ, з наступними характеристиками [11]:

- подача – $0,5 \text{ м}^3 / \text{год}$;

						ТП 71 88 03 ПЗ	Арк.
							38
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

- тиск – 0,3 МПа;
- потужність електродвигуна – 0,8 кВт;
- частота обертання електродвигуна – 2850 об/хв.

Загальний вигляд насосної станції зображений на рисунку 4.6



Рисунок 4.6 – Загальний вигляд насосної станції.

4.2.7 Циркуляційні насоси опалення котельні

1) Визначаємо подачу насосів, м³/год [7]

Згідно з розрахунками розділу опалення і вентиляція котельні, величина $G_{o.k} = 0,014$ кг/с, а густину води беру 1000 кг/м³, тоді згідно з формулою (4.3) [7] :

$$V_n = \frac{0,014 \cdot 3600}{1000} = 0,05 \text{ м}^3 / \text{год}.$$

2) Визначаємо тиск насосів, МПа [7]

Беру швидкість води $\omega_v = 0,3$ м/с і з рівняння суцільності (нерозривності) визначаю внутрішній діаметр трубопроводу $d_{вн}$, м, згідно з формулою (4.6) [7]:

$$d_{мер} = 1,13 \sqrt{\frac{0,014}{1000 \cdot 0,3}} = 0,013 \text{ м}.$$

Користуючись [3] приймаю внутрішній діаметр трубопроводу $d_{мер} = 15$ мм і визначаю коефіцієнт місцевого опору $\alpha = f(d_{ст}) = 0,2$ [4].

						ТП 71 88 03 ПЗ	Арк.
							39
Зм.	Кільк	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Уточнюю швидкість руху води, м/с, згідно з формулою (4.7) [7]:

$$\omega_{\text{в}} = \frac{4 \cdot 0,014}{1000 \cdot 3,14 \cdot 0,015^2} = 0,28 \text{ м/с.}$$

Кінематичну в'язкість визначаю за середньою температурою теплоносія, яка дорівнює 70 °С, тоді $\nu = f(t=70 \text{ }^{\circ}\text{C}) = 0,415 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ [5] і згідно з формулою (4.10) [7]:

$$\text{Re} = \frac{0,015 \cdot 0,28}{0,415 \cdot 10^{-6}} = 10120.$$

Визначимо коефіцієнт опору тертя λ , згідно з (4.19) [7]:

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{1}{15} + \frac{68}{10120} \right)^{0,25} = 0,06.$$

Питомі витрати тиску на тертя, згідно з формулою (4.18) [7]:

$$R = 0,06 \cdot \frac{1000 \cdot 0,28^2}{2} \cdot \frac{1}{0,015} = 156,8 \text{ Па/м.}$$

Гідравлічний опір мережі, МПа [7]

За конструктивними характеристиками беру $l = 5 \text{ м}$, тоді згідно з формулою (4.12) [7]:

$$\Delta P_{\text{м}} = [156,8 \cdot 5 \cdot (1 + 0,2)] \cdot 10^{-3} = 0,09 \text{ кПа.}$$

Згідно з (4.11) гідравлічний опір трубопроводів [7]:

$$\Delta P_{\text{тр}} = 0,05 \cdot 0,09 = 0,0045 \text{ кПа.}$$

Визначаємо тиск насосів, МПа [7]

$$H_{\text{м}} = 1,1 \cdot \Delta P_{\text{м}} + \Delta P_{\text{п.н}} + \Delta P_{\text{тр}} \quad (4.22)$$

де $\Delta P_{\text{м}}$ – гідравлічний опір трубопроводів опалення котельні, кПа;

$\Delta P_{\text{п.н}}$ – гідравлічний опір повітрянагрівача, кПа;

$\Delta P_{\text{тр}}$ – гідравлічний опір трубопроводів усередині котельні, кПа [7].

З розрахунку розділу опалення і вентиляція котельні беру гідравлічний опір повітрянагрівача $\Delta P_{\text{п.н}} = 0,40 \text{ кПа}$, тоді [7]

$$H_{\text{м}} = 1,1 \cdot 0,09 + 0,40 + 0,0045 = 0,5 \text{ кПа.}$$

За величинами $V_{\text{н}} = 0,05 \text{ м}^3/\text{год}$ та $H_{\text{м}} = 0,5 \text{ кПа}$ вибираю два насоси (1 – робочий, 1 – резервний) насос типу Wilo Star – RS – 25/6, з наступними характеристиками [11]:

- подача – 0,1 м³/год;
- тиск – 0,5 кПа;
- номінальна потужність – 0,06 кВт;
- частота обертання електродвигуна – 2480 об/хв.

Загальний вигляд циркуляційного насосу опалення котельні зображений на рисунку 4.7.

						ТП 71 88 03 ПЗ	Арк.
							40
Зм.	Кільк	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		



Рисунок 4.7 – Загальний вигляд циркуляційного насоса опалення котельні

4.3 Гідравлічний розподілювач

Гідравлічний розподілювач необхідний для гідравлічного розділення двох контурів, коли потрібні різні витрати теплоносія, також він поглинає гідроудари [12].

1) Діаметр гідравлічного розподілювача, мм [12]

$$D = 1130 \sqrt{\frac{G_B}{\rho_B \cdot \omega_B}}, \quad (4.23)$$

де G_B – витрата води в контурі, кг/с;

ρ_B – густина води, кг/м³;

ω_B – вертикальна швидкість теплоносія, м/с [12].

2) Витрата води, кг/с [12]

$$G_B = \frac{Q_c}{c_B (t_{\Gamma} - t_B)}, \quad (4.24)$$

де Q_c – номінальна потужність системи, кВт;

c_B – теплоємність води, кДж/(кг·К);

t_{Γ} і t_B – відповідно температури подавальної і поворотної води, °С [12].

Згідно з розрахунками $Q_o = 1337$ кВт.

Беру $c_B = 4,187$ кДж/(кг·К); $t_{\Gamma} = 80$ °С і $t_B = 60$ °С, тоді [12]

						ТП 71 88 03 ПЗ	Арк.
							41
Зм.	Кільк	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

$$G_B = \frac{1337}{4,187(80 - 60)} = 16 \text{ кг/с};$$

Беру густину води $\rho_B = 988 \text{ кг/м}^3$; швидкість води $\omega_B = 0,11 \text{ м/с}$, тоді згідно з формулою (4.23) [12]:

$$D = 1130 \sqrt{\frac{16}{988 \cdot 0,11}} = 434 \text{ мм.}$$

Беру стандартний діаметр розподільвача $D = 450 \text{ мм}$ [12].

4.4 Розширювальний бак системи тепlopостачання

Розширювальний бак системи тепlopостачання являє собою балон шароподібної або овальної форми, що поділений усередині герметичною мембраною на дві частини (повітряну та рідинну). У повітряній частині баку знаходиться клапан, через який при суттєвому збільшенні тиску видаляється повітря, а вода при цьому займає внутрішній об'єм баку. При підвищенні тиску води мембрана прогинається, видаляючи повітря з бачка. Коли водяний тиск зменшується, то мембрана повертається до початкового стану, і повітря через клапан надходить в бачок [3].

Розширювальний бак системи тепlopостачання зображений на рисунку 4.8.

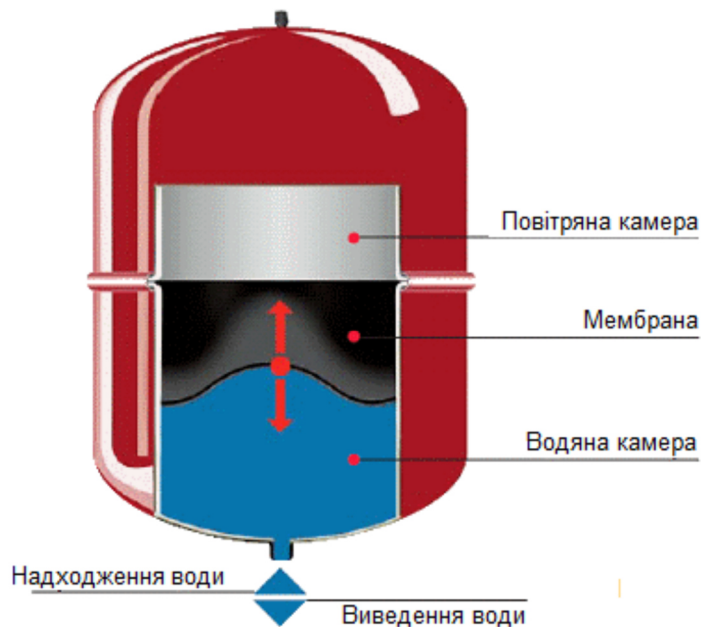


Рисунок 4.8 – Розширювальний бак системи тепlopостачання

1) За найбільшою висотою будівлі, наприклад, для системи опалення, визначаємо попередній надлишковий тиск в розширювальному баку, бар [3]

Так як висота найвищого блоку адміністративної будівлі складає $h = 30,4 \text{ м}$, то формула для розрахунку попереднього надлишкового тиску буде такою [3]:

						ТП 71 88 03 ПЗ	Арк.
							42
Зм.	Кільк	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

$$P_0 = (3,04 + 0,2) = 3,24 \text{ бар.} \quad (4.25)$$

2) Визначення кінцевого надлишкового тиску, бар [3]

Кінцевий надлишковий тиск беремо на 0,5 бар менше ніж тиск запобіжного клапана. Згідно з [3] запобіжний клапан налаштовується на тиск 7,5 бар, тому

$$P_{\text{кін}} = 7,5 - 0,5 = 7,0 \text{ бар.} \quad (4.26)$$

3) Обчислюємо об'єм води в системі, л [3]

$$V_{\text{сист}} = g_{\text{сист}} Q_c, \quad (4.27)$$

де $g_{\text{сист}}$ – питомий об'єм води в системі опалення, л / кВт;

Q_c – потужність системи тепlopостачання, кВт [3].

Згідно з розрахунками теплових навантажень $Q_c = 1337$ кВт. Беремо питомий об'єм води в системі тепlopостачання, наприклад, для радіаторів системи опалення $g_{\text{сист}} = 10$ л/кВт [3], тоді

$$V_{\text{сист}} = 10 \cdot 1337 = 13370 \text{ л.}$$

4) Обчислюємо збільшення об'єма води в системі тепlopостачання, л [3]

$$V_p = V_{\text{сист}} \frac{\kappa}{100}, \quad (4.28)$$

де $V_{\text{сист}}$ – загальний об'єм води в системі тепlopостачання, л;

κ – коефіцієнт розширення теплоносія, % [3].

З таблиці зміни об'єма води при нагріванні [3], при температурі води в подавальному трубопроводі 80 °С визначаю коефіцієнт розширення теплоносія $\kappa = 2,89$ %, тоді [3]

$$V_p = 13370 \cdot \frac{2,89}{100} = 386 \text{ л.}$$

5) Визначаємо водяний затвор розширювального бака, л [3]

Водяний затвор для бака V_3 беремо 0,5 % від величини $V_{\text{сист}}$, тобто [3]

$$V_3 = \frac{(0,5 \cdot 13370)}{100} = 66,9 \text{ л.}$$

6) Визначаємо номінальний об'єм розширювального бака, л [3]

$$V_6 = \frac{(V_p + V_3) P_{\text{кін.абс.}}}{(P_{\text{кін}} - P_0)}, \quad (4.29)$$

де V_p – збільшення об'єма води в системі тепlopостачання при нагріванні, л;

						ТП 71 88 03 ПЗ	Арк.
							43
Зм.	Кільк	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

V_3 – водяний затвор, л;

$P_{\text{кін.абс}}$ – кінцевий абсолютний тиск, бар [3];

$P_{\text{кін}}$ – кінцевий надлишковий тиск, бар;

P_0 – попередній надлишковий тиск в розширювальному баку, бар [3].

$$V_6 = \frac{(386 + 66,9) \cdot (7,0 + 1,0)}{(7,0 - 3,24)} = 964 \text{ л.}$$

За отриманою величиною $V_6 = 964$ л, обираю по 1-му розширювальному баку системи опалення на кожний котел типу Zilmet CAL PRO, з наступними характеристиками:

- об'єм – 500 л;
- тиск – 7,5 бар;
- діаметр – 750 мм;
- висота – 1340 мм.

4.5 Водонагрівач гарячого водопостачання

Водонагрівач гарячого водопостачання є одночасно теплообмінником і буферною ємністю, тобто накопичує теплоносії. За допомогою водонагрівача покриваються пікові навантаження споживача ГВП, а в міжпікові періоди він накопичує необхідний об'єм [13].

Розрахунок водонагрівача водопостачання виконую за методикою [13].

1) Знаходимо питому продуктивність підігрівача, кВт/К [13]

$$kF = G_1 \cdot c_1 \cdot \ln \frac{1}{1 - \frac{G_2}{G_1} \ln \frac{t'_1 - t'_2}{t'_1 - t''_2}}, \quad (4.30)$$

де G_1 – витрата нагрівального теплоносія, кг/год;

G_2 – витрата води, що нагрівається, кг/год;

t'_1 – температура нагрівальної води на вході, °C;

t'_2 – температура води, що нагрівається на вході, °C;

t''_2 – температура води, що нагрівається на виході, °C;

c_1 – теплоємність води, кДж/(кг·K) [13].

За результатами розрахунків теплової схеми котельні отримані наступні величини: $G_1 = 2,91$ кг/год, $G_2 = 1,91$ кг/год. Теплоємність води беру $c_1 = 4187/3600 = 1,163$ кДж/(кг·K). Тоді [13]

$$kF = 2,91 \cdot 1,163 \cdot \ln \frac{1}{1 - \frac{1,91}{2,91} \ln \frac{80 - 5}{80 - 55}} = 4,32 \text{ кВт/К.}$$

						ТП 71 88 03 ПЗ	Арк.
							44
Зм.	Кільк	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

2) Середню температуру води, що нагрівається, визначаємо по наближеній формулі, °C [13]

$$t_s = t'_1 - \Delta t, \quad (4.31)$$

$$t_s = 80 - \frac{55 - 5}{\ln \frac{80 - 5}{80 - 55}} = 34,5 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

3) Знаходимо температуру нагрівальної води, яка виходить з апарата, °C [13]

$$t''_{1k} = t_s + (t'_1 - t_s) \exp\left(-\frac{kF}{G_1 c_1}\right), \quad (4.32)$$

$$t''_{1k} = 34,5 + (80 - 34,5) \exp\left(-\frac{4,32}{2,91 \cdot 1,163}\right) = 47,2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

4) Визначаємо режим руху води за числом Рейнольдса [13]

$$\text{Re} = \frac{wd}{\nu}, \quad (4.33)$$

де w – швидкість руху води в апараті, м/с;

d – діаметр труб, мм;

ν – кінематична в'язкість води, м²/с [13].

Швидкість руху води в апараті беру $w = 0,4$ м/с, кінематичну в'язкість визначаю за середньою температурою теплоносія, яка дорівнює 63,6 °C, тоді $\nu = f(t = 63,6 \text{ } ^\circ\text{C}) = 0,455 \cdot 10^{-6}$ м²/с [10]. Тоді

$$\text{Re} = \frac{0,4 \cdot 0,020}{0,455 \cdot 10^{-6}} = 17582 > 10000.$$

5) Коефіцієнт тепловіддачі від нагрівальної води до стінок трубки, Вт/(м²K) [13]

$$\alpha_1 = A_5 \frac{w^{0,8}}{d^{0,2}}, \quad (4.34)$$

де A_5 – температурний множник води при турбулентному русі [13].

Величину A_5 визначаю за середньою температурою теплоносія, яка дорівнює 63,6 °C, тоді $A = f(t = 63,6 \text{ } ^\circ\text{C}) = 2400,4$. [13] Тоді

$$\alpha_1 = 2400,4 \frac{0,4^{0,8}}{0,020^{0,2}} = 2521,9 \text{ Вт/(м}^2\text{K)}.$$

6) Коефіцієнт тепловіддачі від трубок до води, яка нагрівається визначаємо за допомогою формули для вільної конвекції при горизонтальному розходженні труб, Вт/(м²K) [13].

						ТП 71 88 03 ПЗ	Арк.
							45
Зм.	Кільк	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

$$Nu_m = C(Gr Pr)^n, \quad (4.35)$$

де Gr – критерій Грасгофа;

Pr – критерій Прандтля [13].

7) Визначаємо попереднє значення температури стінки, $^{\circ}\text{C}$ [13]

$$t_{\text{ст}} = \frac{34,5 + 63,6}{2} = 49,05 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

8) Визначаємо середню температуру пограничного шару води, яка нагрівається, $^{\circ}\text{C}$ [13]

$$t_m = \frac{34,5 + 49,05}{2} = 47,8 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

9) Знаходимо критерій Грасгофа [13]

$$Gr = \frac{\beta g d^2 \Delta t}{\nu^2}, \quad (4.36)$$

де β – коефіцієнт температурного розширення, $1/\text{K}$;

g – прискорення вільного падіння, $\text{м}/\text{с}^2$ [13].

З таблиць фізичних величин [10], коефіцієнт температурного розширення $\beta = 3,9 \cdot 10^{-4} \text{ } 1/\text{K}$, а кінематична в'язкість води $\nu = 0,579 \cdot 10^{-4} \text{ } \text{м}^2/\text{с}$. Тоді

$$Gr = \frac{3,9 \cdot 10^{-4} \cdot 9,81 \cdot 0,025^2 (49,05 - 34,5)}{(0,579 \cdot 10^{-6})^2} = 1,03 \cdot 10^6.$$

Далі з таблиць фізичних величин для води [10], знаходимо критерій Прандтля $Pr = 3,71$, тоді

$$Gr \cdot Pr = 1,03 \cdot 10^6 \cdot 3,71 = 3,82 \cdot 10^6.$$

10) Знаходимо коефіцієнт тепловіддачі від трубок до води, $\text{Вт}/(\text{м}^2\text{K})$ [13]

$$\alpha_2 = \frac{\lambda_m C(Gr Pr)^n}{d}, \quad (4.37)$$

де λ – теплопровідність води, $\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{K})$ [13].

Відповідно значенню $Gr \cdot Pr = 3,82 \cdot 10^6$ із таблиць значення C і n в формулі М. А. Міхєєва [13], знаходимо значення $C = 0,54$ і $n = 0,25$. З таблиць фізичних величин для води знаходимо коефіцієнт теплопровідності води $\lambda = 0,626 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{K})$ [10]. Тоді

$$\alpha_2 = \frac{0,626 \cdot 0,54 (3,82 \cdot 10^6)^{0,25}}{0,025} = 598 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{K}).$$

11) Коефіцієнт теплопередачі, $\text{Вт}/(\text{м}^2\text{K})$ [13]

						ТП 71 88 03 ПЗ	Арк.
							46
Зм.	Кільк	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{\text{ст}}}{\lambda_{\text{ст}}} + \frac{\delta_{\text{нак}}}{\lambda_{\text{нак}}} + \frac{1}{\alpha_2}}, \quad (4.38)$$

де $\delta_{\text{ст}}$ і $\delta_{\text{нак}}$ – відповідно товщина стінки і товщина накипу, м;

$\lambda_{\text{ст}}$ і $\lambda_{\text{нак}}$ – відповідно теплопровідності стінки і накипу, Вт/(м·К) [13].

Задаюь товщиною накипу $\delta_{\text{нак}} = 0,0005$ м і його теплопровідністю $\lambda_{\text{нак}} = 2$ Вт/(м·°C), а теплопровідність стінки з таблиць фізичних величин [9], складає $\lambda_{\text{ст}} = 0,647$ Вт/(м·К). Тоді [13]

$$k = \frac{1}{\frac{1}{2521,9} + \frac{0,002}{0,647} + \frac{0,0005}{2} + \frac{1}{598}} = 426 \text{ Вт/(м}^2\text{К)}.$$

12) Перевіряємо прийняту температуру стінки, °C [13]

$$t_{\text{ст}} = t_s + \frac{k}{\alpha_{2д}} \Delta t, \quad (4.39)$$

$$t_{\text{ст}} = 34,5 + \frac{426}{598} (63,6 - 34,5) = 55,2^\circ\text{C} > 49,05^\circ\text{C}.$$

Із-за невідповідності отриманого результату значення температури стінки раніше прийнятої, робимо перерахунок. Задаємось температурою стінки $t_{\text{ст}} = 55,2$ °C, тоді [13]

$$t_m = \frac{34,5 + 55,2}{2} = 45^\circ\text{C};$$

$$\Delta t = t_{\text{ст}} - t_s = 55,2 - 34,5 = 20,7^\circ\text{C},$$

Звідси

$$\alpha_2 = A_1 \left(\frac{\Delta t}{d} \right)^{1/4} = 128 \cdot \left(\frac{20,7}{0,025} \right)^{1/4} = 686,6 \text{ Вт/(м}^2\text{К)}.$$

Коефіцієнт теплопередачі [13]

$$k = \frac{1}{\frac{1}{2521,9} + \frac{0,002}{64,7} + \frac{0,0005}{2} + \frac{1}{686,6}} = 468,6 \text{ Вт/(м}^2\text{К)}.$$

Тоді температура стінки [13]

$$t_{\text{ст}} = 34,5 + \frac{468,6}{686,6} \cdot 20,7 = 49,2^\circ\text{C},$$

Отримане значення температури достатньо близьке до прийнятого в розрахунку $49,05$ °C.

13) Визначаємо площу нагріву апарату, м² [13]

$$F = \frac{kF}{k}, \quad (4.40)$$

$$F = \frac{4320}{468,6} = 9,2 \text{ м}^2.$$

14) Об'єм апарату, м³ [13]

$$V = \frac{G_2}{\rho}, \quad (4.41)$$

						ТП 71 88 03 ПЗ	Арк.
							47
Зм.	Кільк	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

де ρ - густина води, кг/м³ [13].

Густину води беру 988 кг/м³, тоді [13]

$$V = \frac{1910}{988} = 1,93 \approx 2 \text{ м}^3.$$

15) В результаті отриманих розрахунків встановлюємо бойлер комбінований з покриттям POLYWARM фірми CORDIVARI EXTRA 2 WXC VT , з характеристиками наведеними в таблиці 2.2 [14]

Таблиця 4.2 -Технічні характеристики бойлера Cordivary типу Extra 2 WXC VT

Найменування	Позначення	Одиниця	Значення величини
Об'єм	$V_{\text{бойлер}}$	м ³	3
Висота	$H_{\text{бойлер}}$	мм	2370
Діаметр	$D_{\text{бойлер}}$	мм	1400
Гідравлічний опір	$\Delta P_{\text{бойлер}}$	бар	0,25
Площа поверхні	$F_{\text{бойлер}}$	м ²	9,2

Загальний вигляд бойлера на рисунку 4.9.



Рисунок 4.9 – Загальний вигляд бойлера Cordivary типу Extra 2 WXC VT.

4.6 Висновки за розділом 4

В даному розділі результаті розрахунку було отримано наступне обладнання дахової котельні :

- Циркуляційні насоси марки Wilo: на опалення - Wilo TOP-S-40/10 PN 6/10; на вентиляцію - Wilo TOP-S-50/15 PN 6/10; на теплообмінник для фанкойлів - Wilo TOP-S-65/15 PN 6/10; на теплообмінник для ГБП - Wilo TOP-S-60/10 PN 6/10; для котлів - Wilo Stratos 80/1-12; насосна станція підживлення - WILO HWJ 201 EM; на опалення котельні - Wilo Star – RS – 25/6.

- Гідравлічний розподільувач діаметр, якого складає 450мм.
- Розширювальний бак системи опалення типу Zilmet CAL PRO.
- Водонагрівач ГБП Cordivary типу Extra 2 WXC VT.

						ТП 71 88 03 ПЗ	Арк.
							49
Зм.	Кільк	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

5.2 Аеродинамічний розрахунок димоходів

1) Визначаємо витрату природного газу на проектний котел, м³/год [15]

$$V_{\text{пр}} = \frac{Q_{\text{к}}}{Q_{\text{н}} \eta} 3600, \quad (5.1)$$

де $Q_{\text{к}}$ – загальна потужність котельні, кВт;

$Q_{\text{н}}^{\text{p}}$ – нижча теплота згорання палива, кДж/м³;

η – ККД котла [15].

Згідно з розрахунку теплової схеми котельні загальна потужність котельні $Q_{\text{к}} = 1337$ кВт. З таблиці 4.1 нижча теплота згорання палива $Q_{\text{н}}^{\text{p}} = 7743,8$ ккал/м³ = 32400 кДж/м³, а ККД котла $\eta = 0,987$. Тоді [15]

$$V_{\text{пр}} = \frac{1337 \cdot 10^3}{32400 \cdot 10^3 \cdot 0,987} 3600 = 150,5 \text{ м}^3/\text{год}.$$

2) Питома потреба повітря на горіння, м³/ м³ [15]

$$V_{\text{пов}} = 1,12 \frac{Q_{\text{н}}^{\text{p}}}{1000}, \quad (5.2)$$

$$V_{\text{пов}} = 1,12 \cdot \frac{32400}{1000} = 36,3 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

3) Питомий об'єм продуктів згорання, м³/ м³ [15]

$$V_{\text{пз}} = \alpha \cdot V_{\text{пов}}, \quad (5.3)$$

де α – коефіцієнт надлишку повітря (беру $\alpha = 1,2$) [15];

$$V_{\text{пз}} = 1,2 \cdot 36,3 = 43,6 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

4) Нормативний об'єм продуктів згорання, м³/год [15]

$$V_{\text{н.пз}} = V_{\text{пр}} + V_{\text{пз}}, \quad (5.4)$$

$$V_{\text{н.пз}} = 150,5 + 43,6 = 194,1 \text{ м}^3/\text{год}.$$

5) Визначаємо охолодження димових газів, °С [15]

$$\Delta t = \frac{(t_{\text{г}} - t_{\text{п}})}{C_{\text{г}} V_{\text{н.пз}} / (K_{\text{ст}} F) + 0,5}, \quad (5.5)$$

де $t_{\text{г}}$ – температура димових газів, °С;

$t_{\text{п}}$ – температура повітря, що оточує димохід, °С ;

$C_{\text{г}}$ – об'ємна теплоємність димових газів, кВт/(м³ · К);

$K_{\text{ст}}$ – коефіцієнт теплопередачі стінок димоходу, кВт/(м² · К);

F – площа поверхні газоходів, м² [15].

З таблиці 4.1 беру температуру димових газів $t_{\text{г}} = 65$ °С . Згідно кліматологічних даних для м. Києва температура зовнішнього повітря у холодний період року $t_{\text{р.о}} = -22$ °С, тому беру

						ТП 71 88 03 ПЗ	Арк.
							51
Зм.	Кільк	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

температуру повітря, що оточує димохід $t_{\text{п}} = -22^{\circ}\text{C}$ [2]. Беру об'ємну теплоємність димових газів $c_{\text{г}} = 5,018 \text{ кВТ}/(\text{м}^3 \cdot \text{К})$ та коефіцієнт теплопередачі стінок димоходу $K_{\text{ст}} = 2,5 \text{ кВТ}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$.

Площа поверхні газоходів, м^2 [15]

$$F = F_{\text{в}} + F_{\text{г}}, \quad (5.6)$$

де $F_{\text{в}}$ та $F_{\text{г}}$ – відповідно площі вертикальної і горизонтальної ділянки газоходів, м^2 [15].

Площа вертикальної ділянки, м^2 [15]

$$F_{\text{в}} = \pi D_{\text{в}} H, \quad (5.7)$$

де $D_{\text{в}}$ – діаметр вертикальної труби, м;

H – висота труби, м [15].

За конструктивними характеристиками беру $D_{\text{в}} = 0,25 \text{ м}$, а $H = 33 \text{ м}$, тоді [15]

$$F_{\text{в}} = 3,14 \cdot 0,25 \cdot 33 = 25,9 \text{ м}^2.$$

Площа горизонтальної ділянки, м^2 [15]

$$F_{\text{г}} = \pi D_{\text{г}} L, \quad (5.8)$$

де $D_{\text{г}}$ – діаметр горизонтальної труби, м;

L – довжина горизонтальної ділянки, м [15].

За конструктивними характеристиками беру $D_{\text{г}} = 0,20 \text{ м}$, а $L = 1,4 \text{ м}$, тоді

$$F_{\text{г}} = 3,14 \cdot 0,20 \cdot 1,4 = 0,88 \text{ м}^2.$$

Тоді за отриманими даними площі горизонтальної і вертикальної ділянки, визначаю площу поверхні газоходів, згідно з (5.6) [15]:

$$F = 25,9 + 0,88 = 26,8 \text{ м}^2.$$

Охолодження димових газів, $^{\circ}\text{C}$ [15]

$$\Delta t = \frac{(65 - (-22))}{5,018 \cdot 194,1 / (2,5 \cdot 26,8) + 0,5} = 5,8^{\circ}\text{C}.$$

6) Визначаємо середню температуру димових газів, $^{\circ}\text{C}$ [15]

$$t_{\text{ср}} = t_{\text{г}} - \frac{(L + H) \cdot \Delta t}{2}, \quad (5.9)$$

$$t_{\text{ср}} = 65 - \frac{(1,4 + 33) \cdot 5,8}{2} = 34,8^{\circ}\text{C}.$$

7) Фактичний секундний об'єм продуктів згорання, $\text{м}^3/\text{с}$ [15]

$$V = V_{\text{пз}} \frac{V_{\text{пз}}}{3600} \cdot \left(\frac{237 + t_{\text{ср}}}{237} \right), \quad (5.10)$$

$$V = 43,6 \frac{150,5}{3600} \cdot \left(\frac{237 + 34,76}{237} \right) = 2,4 \text{ м}^3/\text{с}.$$

8) Швидкість димових газів на вертикальній ділянці, м/с [15]

$$w_b = \frac{4V}{\pi D_b^2}, \quad (5.11)$$

$$w_b = \frac{4 \cdot 2,4}{3,14 \cdot 0,25^2} = 4,8 \text{ м/с.}$$

9) Швидкість димових газів на горизонтальній ділянці, м/с [15]

$$w_r = \frac{4 \frac{V}{2}}{\pi D_r^2}, \quad (5.12)$$

$$w_r = \frac{4 \cdot \frac{2,4}{2}}{3,14 \cdot 0,20^2} = 3,8 \text{ м/с.}$$

10) Густина димових газів на вертикальній ділянці, кг/м³ [15]

$$\rho_b = \frac{\rho_0 \cdot 273}{t_{cp} + 273}, \quad (5.13)$$

де ρ_0 – густина газів за нормальних умов, кг/м³ (беру $\rho_0 = 1,34$ кг/м³) [15].

$$\rho_b = \frac{1,34 \cdot 273}{34,8 + 273} = 1,19 \text{ кг/м}^3.$$

11) Густина димових газів на горизонтальній ділянці, кг/м³ [15]

$$\rho_r = \frac{\rho_0 \cdot 273}{t_r + 273}, \quad (5.14)$$

$$\rho_r = \frac{1,34 \cdot 273}{65 + 273} = 1,08 \text{ кг/м}^3.$$

12) Втрати тиску на горизонтальній і вертикальній ділянках, Па [15]

$$\Delta p_i = \left(\lambda \frac{L_i}{D_i} + \sum \xi_i \right) \cdot \frac{w_i^2}{2g} \cdot \rho_i, \quad (5.15)$$

де λ – коефіцієнт тертя для газоходу, (беру $\lambda = 0,02$);

L_i – відповідний визначальний розмір ділянки, м;

D_i – відповідний діаметр ділянки, м;

$\sum \xi_i$ - сума коефіцієнтів місцевих опорів на відповідній ділянці;

w_i - швидкість димових газів на відповідній ділянці, м/с;

ρ_i - густина димових газів на відповідній ділянці, кг/м³;

g – прискорення вільного падіння, м/с² [15].

						ТП 71 88 03 ПЗ	Арк.
							53
Зм.	Кільк	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Сума коефіцієнтів місцевих опорів на відповідній ділянці [15]

$$\sum \xi_i = \xi_1 n_1^i + \xi_2 n_2^i + \xi_3 n_3^i + \xi_4 n_4^i + \xi_5 n_5^i + \xi_6 n_6^i + \xi_7 n_7^i + \xi_8 n_8^i, \quad (5.16)$$

де n_i^i - кількість опору на відповідній ділянці та виду опору [15].

Значення коефіцієнтів місцевих опорів наведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Значення коефіцієнтів місцевих опорів

Вид опору	ξ_i	Кількість опору на горизонтальній ділянці, n_i^z	Кількість опорів на вертикальній ділянці, n_i^e
1 Раптове звуження	0,3	0	0
2 Раптове розширення	0,43	0	0
3 Поворот на 90^0	0,6	3	0
4 Розширення з поворотом на 90^0	1,2	0	0
5 Заслонка	0,1	1	0
6 Трійник – прохід	0,5	1	1
7 Трійник – поворот	1,1	2	0
8 Вихід з труби	1	0	1

Згідно з формулою (5.16) визначаю суму коефіцієнтів місцевих опорів відповідно [15]:

– на вертикальній ділянці:

$$\sum \xi_v = 0,5 \cdot 1 + 1 \cdot 0,5 = 1,5;$$

– на горизонтальній ділянці :

$$\sum \xi_r = 0,6 \cdot 3 + 0,1 \cdot 1 + 0,5 \cdot 1 + 1,1 \cdot 2 = 4,6.$$

Втрати тиску на ділянках, Па [15]

На вертикальній ділянці

$$\Delta p_{\text{в}} = \left(0,02 \frac{33}{0,25} + 1,5 \right) \cdot \frac{4,8^2}{2 \cdot 9,8} \cdot 1,19 = 39,4 \text{ Па};$$

На горизонтальній ділянці

$$\Delta p_{\text{г}} = \left(0,02 \frac{1,4}{0,20} + 4,6 \right) \cdot \frac{3,8^2}{2 \cdot 9,8} \cdot 1,08 = 3,77 \text{ Па}.$$

13) Самотяга димової труби, Па [15]

$$H_{\text{с}} = (H - H_{\text{г}}) \cdot \left(\rho_{\text{в}} \cdot \frac{273}{273 + t_{\text{в}}} - \rho_0 \cdot \frac{273}{273 + t_{\text{сп}}} \right) \cdot \frac{g}{9,81}, \quad (5.17)$$

де $H_{\text{г}}$ – відмітка входу горизонтального газоходу, м;

$\rho_{\text{в}}$ – густина повітря за нормальних умов, кг/м^3 (беру $\rho_0 = 1,293 \text{ кг/м}^3$) [15].

За конструктивними характеристиками беру $H_{\text{г}} = 1,8 \text{ м}$, тоді

$$H_{\text{с}} = (33 - 1,8) \cdot \left(1,293 \cdot \frac{273}{273 + (-22)} - 1,34 \cdot \frac{273}{273 + 34,8} \right) \cdot \frac{9,81}{9,81} = 67,9 \text{ Па}.$$

14) Вільний тиск димової труби, Па [15]

Для нормальної роботи та правильного підбору димової труби, вільний тиск не повинен перевищувати 1,0 мм. вод. ст = 9,806 Па. [15]

$$P = H_{\text{с}} - \Delta p \geq 9,806 \text{ Па} \quad (5.18)$$

$$P = 67,9 - 43,17 = 24,73 \geq 9,806 \text{ Па}.$$

Оскільки самотяга димової труби перевищує аеродинамічний опір димового тракту, то вибір димової труби здійснено правильно.

5.3 Висновки за розділом 5

В даному розділі було розглянуто димову трубу ТОВ «Версія-люкс» через яку відводяться продукти згорання дахової котельні, а також проведено розрахунок, в результаті якого було визначено висоту димової труби, яка склала 33 м.

						ТП 71 88 03 ПЗ	Арк.
							55
Зм.	Кільк	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

6 ВОДОПІДГОТОВКА КОТЕЛЬНІ

Вода, яка використовується як теплоносії, може мати шкідливий вплив на обладнання котельні. В ній можуть бути домішки, які негативно впливають на водонагрівальне обладнання котельні. Виділяють три основних види домішок в воді, які можуть нашкодити котловій системі [16]:

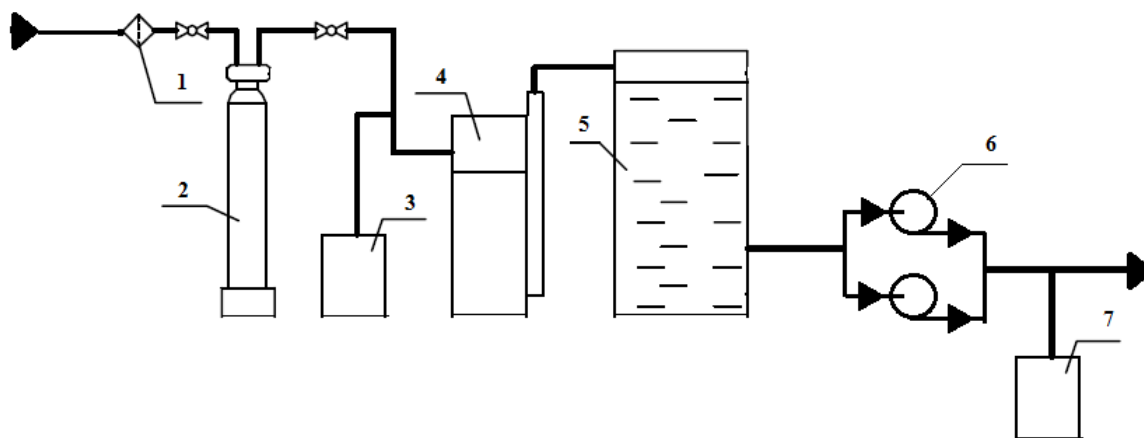
- механічно нерозчинні (пісок, глина і т.д);
- розчинні осадоутворювальні (карбонатні відкладення);
- корозійноактивні домішки.

Наявність домішок в воді призводить до корозії обладнання, появи накипу, що призводить до погіршення процесу теплопередачі, а також виходу із ладу обладнання [16].

Для запобігання появи даних процесів, в котельні використовують обладнання водопідготовки, в процесі якого, сира вода очищується від шкідливих домішок і підготовлюється для підживлення системи [16].

6.1 Опис системи водопідготовки

Схема водопідготовки сирі води наведена на рисунку 6.1



1 – фільтр механічного очищення; 2 – установка сорбційної очистки; 3 – станція дозування з антискалантами; 4 – установка зворотного осмосу; 5 – накопичувальна ємність очищеної води; 6 – насосна станція; 7 – станція дозування для коригування pH

Рисунок 6.1 – Схема водопідготовки котельні

Сира вода насосом подається на фільтр механічної очистки, де очищується від домішок розміром більше ніж 50 мкм [17].

Фільтр підключається до водопроводу за допомогою металопластикових труб. Корпус фільтра виготовлений з високоякісного поліпропілену, який має підвищену міцність.

						ТП 71 88 03 ПЗ	Арк.
							56
Зм.	Кільк	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Використовується з картриджами стандартного типорозміру 4,5 "× 20". Фільтр має такі картриджі [17]: «Картридж механічної очистки Ecosoft» для очищення води від механічних домішок пісок, мул, іржа. Вода буде прозорою. «Картридж Ecosoft для видалення хлору» для очищення води від хлору, хлорорганічних сполук. Колір і запах води стануть краще «Картридж Ecosoft для видалення заліза» для очищення води від заліза. Прибирає жовтуватий колір води, руді патьоки на сантехніці.

Фільтр являє корпус (колбу), всередині якого розміщений картридж. Термін експлуатації картриджа залежить від ступеня забруднення і кількості відфільтрованої води. Після закінчення ресурсу і терміну служби картридж необхідно замінити на новий. Потім вода направляється до установки сорбційної очистки [17].

Установка сорбційної очистки

Фільтр складається з міцного корпусу, заповненого високоякісним активованим вугіллям FILTRASORB® 300 (Calgon Carbon Corporation, США), і багатофункціонального керуючого клапана. Фільтр підключається до водопроводу подачі холодної води. Після попереднього очищення від механічних домішок вода надходить в корпус фільтра, який видаляє хлор і його сполуки, а також органіку. Очищена вода через центральну трубу корпусу подається споживачеві [17].

Коли ресурс фільтруючого матеріалу вичерпується, фільтр самостійно виходить на регенерацію, але тільки в той час, коли споживання води мінімально, щоб не позбавити вас доступу до очищеної води. Під час цього через фільтр з великою швидкістю зворотним потоком пропускається вода, яка очищає поверхню вугілля, вимиваючи все домішки, і скидається в каналізацію. Після цього фільтр знову може використовуватися для очищення води. Для регенерації використовується вихідна неочищена вода [17].

Потім вода направляється в станцію дозування з антискалантом.

Основне призначення станції постійного дозування реагентів - постійне введення в потік оброблюваної води точних одиничних доз реагентів незалежно від потоку оброблюваної води в рівні проміжки часу. Станцію постійного дозування реагентів ефективно застосовують для дозування антискаланта в комерційних системах зворотного осмосу з постійним потоком подається на мембрану води [17].

Установка зворотного осмосу. Характеризується найбільш досконалим та ефективним способом видалення домішок (до 99.8%, включаючи бактерії і віруси, а також запахи і присмаки) [17].

Усередині мембранного модуля установки зворотного осмосу відбувається поділ води на два потоки: демінералізовану воду і воду з підвищеним вмістом солей. Цей процес відбувається коли вода, при певному тиску, проходить крізь напівпрозору мембрану з більш концентрованого розчину, в менш концентрований. В результаті, частина концентрату під час

ТП 71 88 03 ПЗ						Арк.
Зм.	Кільк	Арк.	№ док.	Підпис	Дата	57

роботи модуля скидається в каналізацію, а інша частина направляється на вхід насоса високого тиску, забезпечуючи так званий рецикл концентрату. У потік вхідної води відбувається дозування антискаланта, який перешкоджає утворенню відкладень усередині мембранних елементів [17].

Якщо якість очищеної води погіршилася або було помічено зниження продуктивності, необхідно провести хімічну промивку зворотноосмотичної мембрани за допомогою станції хімічної промивки та спеціальних реагентів [17].

Далі вода надходить в накопичувальну ємність, яка призначена для очищеної води, звідки за допомогою насосної станції направляється на підживлення системи.

Також в системі водопідготовки станція дозування для коригування рН води.

Принцип роботи станцій дозування рН полягає в точній подачі невеликих обсягів реагентів з ємності в лінію потоку води за допомогою насоса-дозатора. Насос-дозатор всмоктує розчин з реагентної ємності, і подає певний його обсяг в систему. На всмоктуючому клапані насоса-дозатора встановлений фільтр, який запобігає потраплянню механічних частинок в дозатор і його засмічення [17].

6.2 Вибір обладнання системи водопідготовки

1) Продуктивність водопідготовки, кг/с [16]

З розрахунку теплової схеми беру витрату води, що надходить на водопідготовку $G_{с.в} = 0,116$ кг/с. Тоді [16]

$$G_{п} = G_{с.в} = 0,116 \text{ кг/с} = 0,418 \text{ м}^3/\text{год.}$$

За отриманим результатом продуктивності водопідготовки підбираємо обладнання марки Ecosoft. Характеристика обладнання водопідготовки наведена в таблицях 6.1 – 6.6. [17]

Таблиця 6.1 – Характеристика фільтру механічного очищення Ecosoft типу FM BB20

Найменування	Позначення	Одиниця	Значення Величини
Максимальна продуктивність	Q_n^{ϕ}	м ³ /год	1
Робочий тиск	P_{ϕ}	бар	8
Робоча температура	t_{ϕ}	°C	5-30
Габаритні розміри	висота	мм	605
	діаметр	мм	190

Таблиця 6.2 – Характеристика установки сорбційної очистки Ecosoft типу FPA 1465

Найменування	Позначення	Одиниця	Значення Величини
Максимальна продуктивність	$Q_n^{c,y}$	м ³ /год	0,9
Робочий тиск	$P_{c,y}$	Бар	4
Робоча температура	$t_{c,y}$	°C	4-30
Об'єм активованого вугілля FILTRASORB 300	$V_{\text{акт.в}}$	кг	50
Габаритні розміри	висота	мм	186
	діаметр	мм	37

Таблиця 6.3 – Характеристика станції дозування з антискалантом Ecosoft D1006/60

Найменування	Позначення	Одиниця	Значення Величини
Максимальна продуктивність	$Q_n^{c,d}$	л/год	0,8
Робочий тиск	$P_{c,y}$	Бар	8
Об'єм дози	$V_{\text{доз}}$	мл	0,7
Габаритні розміри	висота	мм	500
	діаметр	мм	350

Таблиця 6.4 – Характеристика установки зворотного осмосу Ecosoft MO 12000

Найменування	Позначення	Одиниця	Значення Величини
Максимальна продуктивність	$Q_n^{з.осм}$	м³/год	0,5
Робочий тиск	$P_{з.осм}$	Бар	10
Габаритні розміри	висота	мм	1450
	ширина	мм	540
	глибина	мм	405

Таблиця 6.5 – Характеристика накопичувальної ємності очищеної води Ecosoft CV 1000

Найменування	Позначення	Одиниця	Значення Величини
Об'єм резервуара	$V_{н.р}$	м³	1
Габаритні розміри	висота	мм	2550
	діаметр	мм	730

Таблиця 6.6 – Характеристика станції дозування для коригування pH Ecosoft D10006/50

Найменування	Позначення	Одиниця	Значення величини
Максимальна продуктивність	$Q_n^{с.к}$	л/год	0,6
Робочий тиск	$P_{с.у}$	бар	5
Габаритні розміри	висота	мм	400
	діаметр	мм	250

6.3 Висновки за розділом 6

В даному розділі було описано водо підготовку дахової котельні призначену для очистки сирі води для контуру підживлення, а також підібрано наступне обладнання фірми Ecosoft: фільтр механічного очищення Ecosoft типу FM BB20; установка сорбційної очистки Ecosoft типу FPA 1465; станцію дозування з антискалантом Ecosoft D1006/60; установки зворотного осмосу Ecosoft MO 12000; накопичувальна ємність очищеної води Ecosoft CV 1000; станція дозування для коригування pH Ecosoft D10006/50.

						ТП 71 88 03 ПЗ	Арк.
							61
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

7 ОПАЛЕННЯ І ВЕНТИЛЯЦІЯ КОТЕЛЬНІ

7.1 Вхідні дані

Розрахункові параметри зовнішнього повітря для м. Київ [2]:

- температура найхолоднішої п'ятиденки забезпеченістю 0,92 - $t_{p.o.} = -22\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- тривалість опалювального періоду – $n_o = 176$ діб ;
- середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період - $t_{cp.o} = -0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$

7.2 Характеристика будівлі котельні

Дахова котельня розміщена на даху блоку Б. Має вигляд окремо розташованої одноповерхової будівлі. В плані дахова котельня представлена прямокутною.

Габаритні розміри дахової котельні: довжина – 11,8 м, ширина – 5 м, висота – 3,48 м, площа приміщення котельні - 53,5 м², об'єм приміщення котельні – 186,2 м³.

7.3 Розрахунок теплових надходжень котельні

Температура внутрішнього повітря приміщення котельні становить $t_{в.} = 10\text{ }^{\circ}\text{C}$.

1) Теплові надходження від зовнішньої ізоляції котла, кВт [18]

$$Q_{з.і.} = Q_k \cdot q_5, \quad (7.1)$$

де Q_k – потужність котла, кВт;

q_5 – втрати тепла в навколишнє середовище з випромінюванням, % (беру 0,4 %) [18].

З таблиці 4.1 потужність котла $Q_k = 700$ кВт. Так як в котельні розміщені два котли фірми Wolf типу MGK-2-800 , тоді сумарні втрати згідно з (7.1) [18]:

$$Q_{з.і.} = 2 \cdot 700 \cdot 0,4\% = 5,6 \text{ кВт.}$$

2) Теплові надходження від технологічного устаткування і трубопроводів, кВт [18]

$$Q_{т.у.іт.} = \alpha(t_{із.} - t_{пр.})F, \quad (7.2)$$

де α – коефіцієнт тепловіддачі при природній конвекції, Вт/(м²·К);

$t_{із.}$ – середня температура на поверхні ізоляції, $^{\circ}\text{C}$;

$t_{пр.}$ – температура приміщення котельні, $^{\circ}\text{C}$;

F – сумарна площа поверхонь ізоляції трубопроводів та обладнання, м² [18].

Приймаю сумарну площу поверхонь ізоляції трубопроводів та обладнання $F = 100$ м². Згідно з конструктивними даними середня температура на поверхні ізоляції $t_{із.} = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$, коефіцієнт тепловіддачі при природній конвекції беру $\alpha = 8,3$ Вт/(м²·К). Тоді [18]

						ТП 71 88 03 ПЗ	Арк.
							62
Зм.	Кільк	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

$$Q_{т.у.іт.} = 8,3 \cdot (30 - 10) \cdot 100 = 16,6 \text{ кВт.}$$

3) Теплові надходження від роботи електродвигунів, кВт [18]

$$Q_{ел.дв.} = N \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot \frac{1 - \eta}{\eta}, \quad (7.3)$$

де N – номінальна потужність електродвигунів, кВт;

K_1 – коефіцієнт завантаження;

K_2 – коефіцієнт сумісності роботи обладнання;

η - ККД електродвигунів [18].

Згідно з попередніх розрахунків обладнання котельні номінальна потужність електродвигунів $N = 3,8$ кВт, також ККД електродвигунів $\eta = 0,70$. Беру коефіцієнт завантаження $K_1 = 0,6$, а коефіцієнт сумісності роботи обладнання $K_2 = 1$. Тоді [18]

$$Q_{ел.дв.} = 3,8 \cdot 0,6 \cdot 1 \cdot \frac{1 - 0,70}{0,70} = 0,98 \text{ кВт.}$$

4) Теплові надходження від теплообмінників, кВт [18]

$$Q_T = 0,005 \cdot Q_{т.о.}, \quad (7.4)$$

де $Q_{т.о.}$ – потужність теплообмінників, кВт [18].

Згідно з розрахунку водонагріача і конструктивних даних потужність теплообмінника ГВП і теплообмінника для фанкойлів $Q_{т.о.} = 199$ кВт, кількість теплообмінників $n = 2$. Тоді [18]

$$Q_T = 0,005 \cdot 199 = 0,995 \text{ кВт.}$$

Сумарні теплові надходження котельні складають $Q_{сум} = 24,2$ кВт.

7.4 Розрахунок вентиляції котельні

В котельні вентиляція призначена для поглинання теплонадходжень від обладнання, яке працює в даній котельні, а також для здійснення трикратного повітрообміну за годину. В котельній залі знаходиться припливно – витяжна установка з природним спонуканням [18].

1) Розрахунок витрати повітря на горіння палива в котлах, м³/год [18]

$$G_{пов}^{гор} = \alpha \cdot B \cdot V^0, \quad (7.5)$$

де α – коефіцієнт надлишку повітря;

B – витрата палива, м³/год;

V^0 – теоретично необхідна кількість повітря для спалювання 1 м³ газу [18].

2) Розрахунок витрати палива, м³/год [18]

$$B = \frac{Q_{\kappa} \cdot 3600}{Q_n^p \cdot \eta}, \quad (7.6)$$

						ТП 71 88 03 ПЗ	Арк.
							63
Зм.	Кільк	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

де Q_k – теплопродуктивність котла, кВт;

Q_n^p – нижча теплота спалювання газу, кДж/м³;

η - ККД котла [18].

Згідно з таблиці 4.1 нижча теплота спалювання газу $Q_n^p = 7743,8$ ккал/м³ = 32400 кДж/м³, а ККД котла $\eta = 98,7$ %. Тоді [18]

$$B = \frac{700 \cdot 3600}{32400 \cdot 0,987} = 78,8 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Беру коефіцієнт надлишку повітря $\alpha = 1,2$, теоретично необхідну кількість повітря для спалювання 1 м³ газу $V^0 = 9,8$ м³. Тоді згідно з формулою (7.5) [18] :

$$G_{\text{пов}}^{\text{гор}} = 1,2 \cdot 78,8 \cdot 9,8 = 926,7 \text{ м}^3/\text{год.}$$

3) Розрахунок витрати повітря на забезпечення однократного повітрообміну в котельні, м³/год [18]

$$G_{\text{пов}}^{\text{об}} = V \cdot K, \quad (7.7)$$

де V – об'єм котельні не зайнятий обладнанням і трубопроводами, м³;

K – кратність повітрообміну [18].

Беру кратність повітрообміну $K = 3$, тоді

$$G_{\text{пов}}^{\text{об}} = 186,2 \cdot 3 = 558,6 \text{ м}^3/\text{год.}$$

В котельній залі передбачено встановлення припливних решіток РН 1000 х 600h – 3 штуки, розміщених над вікном. Також встановлений дефлектор Ø 400 Д 315.00.000-01. Необхідна кількість зовнішнього повітря до зали складає 1485,3 м³/год.

7.5 Розрахунок опалення котельні

1) Теплові втрати через огорожуючі конструкції в котельний зал, кВт [3]

Згідно з формулою (2.4) різниця температур [3]:

$$\Delta t = 10 - (-22) = 32 \text{ }^\circ\text{C.}$$

Згідно з формулою (2.1) втрати через стіни, вікна, перекриття [3]:

$$Q_{\text{обр}} = \frac{1}{3,3} \cdot 196,18 \cdot 32 \cdot (1+0) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 1,9 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{вік}} = \frac{1}{0,6} \cdot 20,95 \cdot 32 \cdot (1+0) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 1,1 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{пер}} = \frac{1}{4,95} \cdot 63,5 \cdot 32 \cdot (1+0) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,4 \text{ кВт.}$$

Загальні втрати через огорожуючі конструкції складають [3]:

						ТП 71 88 03 ПЗ	Арк.
							64
Зм.	Кільк	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

$$Q_{\text{втр}} = 1,9 + 1,1 + 0,4 = 3,4 \text{ кВт.}$$

2) Розрахунок потоку теплоти на підігрів повітря, що поступає в приміщення, кВт [18]

$$Q_{\text{п}} = c_{\text{п}} \rho_{\text{п}} G_{\text{п}} \Delta t, \quad (7.8)$$

де $c_{\text{п}}$ – питома масова теплоємність повітря, кДж/(кг·К);

$\rho_{\text{п}}$ – густина повітря, кг/м³;

$G_{\text{п}}$ – витрата повітря, м³/год. [18]

Беру питома теплоємність повітря $c_{\text{п}} = 1,005$ кДж/(кг·К), густина повітря $\rho_{\text{п}} = 1,226$ кг/м³.
[18] Тоді

$$Q_{\text{п}} = 1,005 \cdot 1,226 \cdot 1485,3 \cdot \left(\frac{1,226}{3600} \right) \cdot 37 = 23,1 \text{ кВт.}$$

Сумарні теплові надходження в котельню менші за теплові втрати огорожуючих конструкцій та підігрів припливного повітря.

3) Розрахунок продуктивності проектної системи опалення котельні, кВт [18]

$$Q_{\text{оп}} = Q_{\text{п}} + Q_{\text{втр}} - Q_{\text{над}}, \quad (7.9)$$

$$Q_{\text{оп}} = 23,1 + 3,4 - 24,2 = 2,3 \text{ кВт.}$$

Згідно з отриманою величиною $Q_{\text{оп}} = 2,3$ кВт, вибираю повітрянагрівач типу Proton EX 50, з наступними характеристиками [19]: потужність – 2,3 кВт, гідравлічний опір – 0,40 кПа, потужність двигуна – 290 Вт, ширина – 700 мм, висота – 680 мм, глибина – 400 мм.

7.6 Висновки за розділом 7

В даному розділі було виконано розрахунки теплових надходжень котельні, які склали = 20,1 кВт. Також в результаті розрахунків вентиляції дахової котельні, необхідна кількість зовнішнього повітря до зали складає 1485,3 м³/год. Після розрахунку опалення котельні, згідно з отриманою величиною $Q_{\text{оп}} = 7$ кВт, було обрано повітрянагрівач типу Proton EX 50.

8 ОХОРОНА ПРАЦІ

В даній роботі розраховувалась дахова котельня, яка призначена для нагріву води для потреб опалення, вентиляції та гарячого водопостачання приміщень торговельного комплексу. В проекті, що розробляється, використовується механічна, електрична і теплова енергії. Проект розроблено на підставі вимог ДБН В.2.5-77:2014 «Котельні», а також ДБН В.2.5-39:2008 «Теплові мережі».

Проект виконано з урахуванням всіх вимог охорони праці та пожежної безпеки. В даному розділі на основі аналізу шкідливих і небезпечних факторів розроблені заходи, спрямовані на створення здорових і безпечних умов праці та забезпечення пожежної безпеки на проектуваному об'єкті.

8.1. Виявлення і аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів на проектуваному об'єкті. Заходи з охорони праці.

8.1.1 Повітря робочої зони

З метою виключення або зменшення негативного впливу параметрів мікроклімату на здоров'я працюючих, згідно ДСН 3.3.6.042-99 визначені їх оптимальні та допустимі значення з урахуванням важкості виконуваної роботи та періоду року. Роботи в даному об'єкті за важкістю відносяться до категорії легкої І б. Нормовані параметри мікроклімату дахової котельні наводяться в табл. 8.1

Таблиця 8.1 – Допустимі і оптимальні параметри мікроклімату дахової котельні.

Період року	Категорія робіт	Температура, °C					Відносна вологість %		Швидкість руху, м/с	
		Оптимальна	допустима				оптимальна	допустима на робочих місцях постійних і непостійних, не більш ніж	Оптимальна, не більш ніж	допустима на робочих місцях постійних і непостійних, не більш ніж
			Верхня межа		Нижня межа					
			На робочих місцях							
			Постійних	Непостійних	Постійних	Непостійних				
Холодний	Легка Іб	21-23	24	25	20	17	60-40	75	0,1	До 0,2
Теплий		22-24	28	30	21	19	60-40	60 (при 27°C)	0,2	0,3-0,1

Заходи щодо нормалізації параметрів мікроклімату у дахової котельні, передбачені проектом: в котельній запроектовано припливно-витяжну систему вентиляції з природним спонуканням руху повітря. Витяжка з котельного залу здійснюється дефлектором; для підтримки необхідної температури в зимовий час в котельній виконується опалення для підтримки температури внутрішнього повітря + 10 °С ; для визначення параметрів мікроклімату, використовують наступні прилади: психрометри, спиртові термометри, чашкові анемометри (визначають швидкість руху повітря раз на три місяці); розсіювання шкідливих викидів на великі площі забезпечує димова труба.

8.1.2 Виробниче освітлення

Проектом передбачено використання систем загального штучного та комбінованого природного освітлення. Також за функціональним призначенням передбачено штучне робоче, аварійне, евакуаційне, ремонтне і охоронне освітлення. Згідно ДБН В.2.5-28:2018 розряд і підрозряд зорової роботи дахової котельні становить відповідно Vб і VIІв. Нормовані значення КПО та норми освітленості в системі суміщеного освітлення наведено в таблиці 8.2.

Таблиця 8.2 - Нормативні показники природного та штучного освітлення дахової котельні, згідно ДБН В.2.5-28:2018

Розряд і під-розряд зорової роботи	Освітленість, лк		КПО, %	
	Штучне		Природне	Комбіноване
	Комбіноване	Загальне	Верхнє і бічне	Верхнє і бічне
Vб	-	200	3 і 1	1,8 і 0,6
VIІв	-	50	0,7 і 0,2	0,5 і 0,2

Заходи з оптимізації виробничого освітлення робочих місць передбачають наступне:

- робоче освітлення – 220В (комбіновані люмінесцентні лампи типу ЛБ) ;
- аварійно- евакуаційне – 220В (світильники прямого типу « Сіріус»);
- ремонтне освітлення – 12 В;
- природне освітлення – бічне (забезпечується вікнами котельні).

Від ТП кабельними лініями по радіальних схемах виконано підключення щитів освітлення. Також присутній захист від перенавантаження струму і короткого замикання. Стіни і стеля пофарбовані у світлі тони.

Двічі на рік та після ремонту світильників передбачено контроль фактичної освітленості за допомогою люксметра Ю-117.

						ТП 71 88 03 ПЗ	Арк.
							67
Зм.	Кільк	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Розрахунок оптимальної кількості ламп для загального штучного освітлення

В даній котельні використовують люмінесцентну лампу марки Osram 36 Вт G13.

Габаритні розміри дахової котельні: довжина – 11,8 м , ширина – 5 м, висота – 4 м.

Характеристика лампи наведена в таблиці 8.3.

Таблиця 8.3- Характеристика люмінесцентної лампи марки Osram 36 Вт G13

Найменування	Позначення	Одиниця	Значення величини
Довжина	L	мм	1200
Світловий потік	$F_{\text{л}}$	лм	2850
Коефіцієнт запасу	k_3		1,3
Коефіцієнт нерівномірності	z		1,1

Загальне освітлення складає 200 лм.

Кількість світильників

$$N = \frac{Sk_3zE_n}{F_{\text{л}}n\eta}, \quad (8.1)$$

де S – площа приміщення, що освітлюється, м^2 ;

k_3 – коефіцієнт запасу, що враховує зниження освітлення через забруднення та старіння ламп;

z – коефіцієнт нерівномірності освітлення;

E_n – нормована освітленість, лк;

$F_{\text{л}}$ – світловий потік лампи, лм;

n – кількість ламп у світильнику;

η - коефіцієнт використання світлового потоку.

Індекс приміщення

$$i = \frac{ab}{h_p(a+b)}, \quad (8.2)$$

де a і b – довжина та ширина приміщення, м;

h_p – висота розміщення світильника над робочою зоною, м.

$$i = \frac{11,8 \cdot 5}{4(11,8 + 5)} = 0,88.$$

Визначаю за таблицею ДБН В.2.5-28:2018 залежно від типу світильника, коефіцієнтів відбиття

						ТП 71 88 03 ПЗ	Арк.
							68
Зм.	Кільк	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

стелі, стін, підлоги та індексу приміщення коефіцієнт використання світлового потоку, який склав $\eta = 0,3$. Так як лампа марки Osram 36 Вт G13 має 1 лампу беру кількість ламп у світильнику $n = 1$. Отже, оптимальна кількість ламп для загального штучного освітлення становитиме:

$$N = \frac{59 \cdot 1,3 \cdot 1,1 \cdot 200}{2850 \cdot 1 \cdot 0,3} = 20 \text{ ламп.}$$

8.1.3 Виробничий шум та вібрації

Джерелом шуму та вібрації в даховій котельні є наступне обладнання: котли, насоси, повітрянагрівач. Згідно ДСН 3.3.6.037 – 99 допустиме значення рівня звуку не повинно перевищувати 80 дБА. Фактичне значення за даними вимірювання складає 70 дБА, що відповідає вимогам нормативу.

В котельні передбачено наступні заходи і засоби для забезпечення допустимих параметрів рівня шуму і вібрації: від шуму працюючого устаткування службово-побутові приміщення захищені глухими стінами; для індивідуального захисту використовуються протишумні навушники та беруші; за допомогою гнучких вставок приєднується устаткування воздухопроводів і вентиляції, а також для запобігання вібрацій, які передаються від насосів; використовуються глушники шуму для зниження рівня шуму в газоході і димовій трубі та демпферні перегородки.

В даховій котельні рівень шум і вібрації вимірюється приладом ИШВ – 003.

8.1.4 Електробезпека

Причинами ураження працівників електричним струмом, є дотик до відкритих струмопроводних елементів обладнання, що опинилися під напругою в результаті порушення ізоляції, а також ураження кроковою напругою та через електричну дугу.

Живлення електроустановок в котельні здійснюватиметься від трифазної чотирьохпроводної електромережі змінного струму промислової частоти з глухозаземленою нейтраллю напругою 380/220 В.

Згідно ГОСТ 12.1.038–92, допустимі рівні напруг дотику (U_{δ}) і струму, що проходить через тіло людини (I_{δ}) рівні: при нормальному режимі роботи електричного устаткування $U_{\delta} = 2$ В, а $I_{\delta} = 0,3$ мА; при аварійному $U_{\delta} = 36$ В, а $I_{\delta} = 6$ мА. Ураження струмом людини відбувається шляхом дотику до мережі змінного струму.

Значення сили струму, мА:

$$I_{\delta} = \frac{U_{\phi} \cdot 10^3}{R_{\delta} + R_o}, \quad (8.3)$$

						ТП 71 88 03 ПЗ	Арк.
							69
Зм.	Кільк	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

де U_{ϕ} – фазна напруга, В;

$R_{\text{л}}$ – загальний опір тіла людини, Ом;

R_o – опір робочого заземлення нейтралі, Ом.

Беру фазну напругу $U_{\phi} = 220$ В, загальний опір тіла людини $R_{\text{л}} = 3000$ Ом, опір робочого заземлення нейтралі $R_o = 4$ Ом, тоді

$$I_{\text{л}} = \frac{220 \cdot 10^3}{3000 + 4} = 73 \text{ мА.}$$

Напруга дотику, В

$$U_{\text{д}} = I_{\text{л}} \cdot R_{\text{л}}, \quad (8.4)$$

$$U_{\text{д}} = 73 \cdot 10^3 \cdot 3000 = 219 \text{ В.}$$

Отриманий результат порівнюємо з нормативним і в результаті отримуємо, що при порушенні вимог ПБЕ в даховій котельні можуть бути електричні травми з важкими наслідками.

Засоби з електробезпеки передбачені проектом: використання ізолюючих накладок; перед початком роботи перевіряти цілісність і справність обладнання, у випадку несправності викликати механіка; застосування малих напруг, захисне заземлення обладнання; засоби індивідуального захисту; маркування струмоведучих частин устаткування; експлуатувати обладнання буде здійснювати підготовлений штат електротехнічного персоналу, забезпечений усім необхідним обладнанням; електромонтажні роботи виконуються згідно ДБН В. 2.5 – 27 - 2006; весь персонал проходить інструктаж з техніки безпеки.

8.1.5 Безпека технологічних процесів та обслуговування обладнання

В даному проекті контроль, управління, регулювання обладнання здійснюється автоматично, що мінімізує контакт персоналу з обладнанням. Компонування обладнання в котельні виконано з вимогами ДНАОП 0.00-1.08– 94. Кожне обладнання має в комплекті засоби автоматизації і контролю за роботою.

До роботи на котлах допускається персонал, який має відповідне посвідчення, що дозволяє працювати на даному обладнанні. До робіт автомати і електроустаткування, допускаються працівники, які мають право виконувати такі види робіт і мають кваліфікацію не менш III розряду.

Персонал, який працює на даному об'єкті, має обов'язково пройти інструктаж з охорони праці. Монтаж приладів і засобів автоматизації виконуватиметься згідно вимог СНіП 3.05.07-85.

						ТП 71 88 03 ПЗ	Арк.
							70
Зм.	Кільк	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

8.2 Пожежна безпека

В даному проекті розроблення дахової котельні всі технічні рішення було прийнято з урахуванням вимог НАПБ В.01.34 – 2005. Категорія вибухопожежобезпеки котельні – Г. Причиною виникнення пожежі може бути: несправність обладнання; нехтування технікою безпеки працівниками, що може призвести до займання деяких легкозаймистих матеріалів; коротке замикання струму.

Таблиця 8.4 – Показники пожежо- та вибухонебезпечних речовин.

Котел	Назва дільниці		Горючість, займистість	Показники пожежо- та вибухонебезпечності			Межа вибуху		Вибухо - небезпечні суміші з повітрям		Вогнегасні засоби	Категорія приміщення за ЗНТП 24-86	Клас приміщення і зовнішніх установок згідно з ПУЕ	Категорія об'єкта і тип зони захисту і влаштування блискавкозахисту згідно з БН 305-77
	Речовини, що мають об'єкт у виробництві ГОСТ	Агрегатний стан речовини в нормальних умовах		Температура спалаху	Температура займання	Температура самозаймання	% об'ємних	г/м ³	Категорія	Група				
Природний газ	Газ	негорючий	-	-	550	750	3,8-31,2	-	-	-	Вогнегасники, пісок	Г	2	Б-1а

Заходи попередження виникнення пожежі в котельні, передбачені проектом: котельня має необхідну кількість пожежогасників, які встановлені на видному та легкодоступному місці згідно ГОСТ 7276 - 77; встановлено охоронно-пожежну сигналізацію автономного типу; проводиться інструктаж персоналу з пожежобезпеки; для попередження виникнення короткого замикання використовують плавкі запобіжники і спеціальні автомати; будівля, на якій розміщена котельня, захищена від прямого удару блискавки (відповідно до СН 305 – 77) за допомогою блискавководу, що складається з блискавкоприймача (що приймає на себе розряд блискавки), заземлювача і струмопровідника. Тип вертикальний стрижньовий: $H = 100\text{м}$, висота його зони захисту під землею $H_0 = 0,92 \cdot 100 = 92\text{ м}$. Радіус зони захисту на рівні землі $\eta_0 = 1,5 \cdot 100 = 150\text{ м}$; в котельні розміщені плани з евакуації, де зображено маршрути руху до евакуаційних виходів та розміщення приладів пожежогасіння.

8.3 Висновки за розділом 8

В даному розділі було виявлено і проведено аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів на проєктованому об'єкті. Та було наведено заходи щодо попередження виникнення небезпеки та створення комфортних умов для праці на даному об'єкті. Розраховано також оптимальну кількість ламп для загального штучного освітлення дахової котельні – 20 ламп марки Osram 36 Вт G13.

						ТП 71 88 03 ПЗ	Арк.
							72
Зм.	Кільк	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

В даному дипломному проєкті було представлено проєкт дахової котельні адміністративно – побутового корпусу, виконаний згідно з діючими будівельними і санітарними нормами і правилами.

В дипломному проєкті були виконані наступні розрахунки:

- Визначені теплові навантаження споживачів для забезпечення потреб адміністративно-побутового корпусу. А саме: на опалення – 398 кВт; на вентиляцію – 539 кВт; на гаряче водопостачання – 400 кВт. Загальне теплове навантаження споживачів за результатами розрахунку склали 1337 кВт.

- Виконано опис теплової схеми котельні, а також розрахунки теплової схеми для трьох режимів I-III, в результаті сумарна теплопродуктивність котельні склала: в режимі I – 1337 кВт; в режимі II – 951,1 кВт; в режимі III – 400 кВт.

- Було виконано розрахунок і підбір обладнання котельні. В результаті розрахунку було підібрано наступне обладнання котельні: Циркуляційні насоси марки Wilo (на опалення - Wilo TOP-S-40/10 PN 6/10; на вентиляцію - Wilo TOP-S-50/15 PN 6/10; на теплообмінник для фанкойлів - Wilo TOP-S-65/15 PN 6/10; на теплообмінник для ГВП - Wilo TOP-S-60/10 PN 6/10; для котлів - Wilo Stratos 80/1-12; насосна станція підживлення - WILO HWJ 201 EM; на опалення котельні - Wilo Star – RS – 25/6). Гідравлічний розподільювач діаметр, якого складає 450 мм. Розширювальний бак системи опалення типу Zilmet CAL PRO. Водонагрівач ГВП Cordivary типу Extra 2 WXC VT.

- Було розглянуто димову трубу ТОВ «Версія –Люкс», призначену для відводу продуктів згорання, а також визначено її висоту – 33 м.

- Виконано опис водо підготовки дахової котельні призначеної для очистки сирогої води для контуру підживлення дахової котельні, а також підібрано наступне обладнання фірми Ecosoft: фільтр механічного очищення Ecosoft типу FM BB20; установка сорбційної очистки Ecosoft типу FPA 1465; станцію дозування з антискалантом Ecosoft D1006/60; установки зворотного осмосу Ecosoft MO 12000; накопичувальна ємність очищеної води Ecosoft CV 1000; станція дозування для коригування pH Ecosoft D10006/50.

- Виконано розрахунок опалення і вентиляції дахової котельні, в результаті якого було підібрано повітрянагрівач типу Proton EX 50.

Проєкт виконано з урахуванням всіх вимог охорони праці та пожежної безпеки. На основі аналізу шкідливих і небезпечних факторів були розроблені заходи, спрямовані на створення здорових і безпечних умов праці та забезпечення пожежної безпеки на проєктованому об'єкті, які наведені в розділі 8 «Охорона праці».

						ТП 71 88 03 ПЗ	Арк.
							73
Зм.	Кільк	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Двойнишников В.А. Конструкция и расчет котлов и котельных установок; Учебн. /В. А. Двойнишников, Л.В. Деев, М. А. Изюмов. – М.: Машиностроение, 1988. – 264 с.
2. ДСТУ – Н Б В. 1.1 – 27:2010. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія. – Чинні від 2009 – 01 – 07. – Київ: Міненергобуд України, 2013. – 167 с.
3. Системи опалення, вентиляції і кондиціонування повітря будівель [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студентів спеціальності 144 «Теплоенергетика» / М.Ф.Боженко ; КПП ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані – Київ : КПП ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 380 с.
- 4.ДБН В.2.6-31:2016 «ТЕПЛОВА ІЗОЛЯЦІЯ БУДІВЕЛЬ». Чинний від 2017 -05-01. – Київ: Мінрегіон України, 2017. – 31 с.
5. Боженко М. Ф. Джерела теплопостачання та споживачі теплоти; Навч. посіб./ М.Ф.Боженко, В.П.Сало – К.; ІВЦ «Видавництво «Політехніка»», 2003. – 192 с.
6. Боженко М.Ф. Енергозбереження в теплопостачанні; Навч. посіб. / М.Ф.Боженко, В.П.Сало.– К. :НТУУ «КПІ», 2008. – 268 с.
7. Лобачев П.В. Насосы и насосные станции; Учебн. Для техникумов – М. : Строиздат. 1983. – 191 с.
8. ГОСТ 10704 : 1991. Государственный стандарт СССР. Трубы стальные электросварные прямошовные. – Чинний від 1993-01-01. – М.: Издательство Стандартов, 1991. – 14 с.
9. ДБН В.2.5. – 74: 2013. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. – Чинні від 2014-01-01. – К.: УкрНДІводоканалпроект, 2013. – 172 с.
10. Краснощеков Е.А. Задачник по теплопередаче: Учебн. пособие для вузов./ Е.А. Краснощеков, А.С. Сукомел – 4-е 74зд., перераб. – М.: Энергия, 1980. – 288 с., ил.
11. . Віло. Каталог обладнання насосів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://wilo.com/ua> (01.04.18)
12. Панченко В. О. Гідравлічні машини і обладнання нафтових та газових комплексів: Навч. Посіб. / В. О. Панченко, А. А. Папченко. – Суми : Сумський державний університет, 2018. – 227 с.
13. Лебедев П.Д. Теплоиспользующие установки промышленных предприятий: Учебн. пособие для вузов./ П.Д.Лебедев, А.А.Щукин, - М.: Энергия, 1970. – 408 с., ил.
14. Кордіварі. Каталог обладнання водонагрівачів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://cordivari.in.ua/> (01.02.18)
15. Ткаченко, С. Й. Котельні установки: Навч. посіб. / С. Й. Ткаченко, Д. В. Степанов, Л. А. Боднар. – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 185 с
16. Вихрев В. Ф. и Шкроб М. С. Водоподготовка: Учебн. для вузов – М.: Энергия, 1973. – 416 с.

Зм.	Кільк	Арк.	№ док.	Підпис	Дата	ТП 71 88 03 ПЗ	Арк. 74
-----	-------	------	--------	--------	------	----------------	------------

17. Екософт. Каталог обладнання водопідготовки [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ecosoft.ua/> (01.02.17)

18. Богословский В. Н. Отопление и вентиляция: Учебн. для вузов Ч..1 – М. : Строиздат, 1975. – 483 с.

19. Протон . Каталог обладнання повітрянагрівчів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://proton.com.ua/> (01.08.17)

						ТП 71 88 03 ПЗ	Арк.
							75
Зм.	Кільк	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Додаток А

СПИСОК НАУКОВИХ ПРАЦЬ І ТВОРЧИХ ДОСЯГНЕНЬ

Кравчук Ксенії Сергіївни

(прізвище, ім'я. по-батькові студента)

№ з/п	Найменування праць	Руко-писні або дру-ковані	Назва видавництва, журналу (номер, рік) або номер авторського свідоцтва, номер диплома на винахід	Кількість друкова-них аркушів або сторінок разом	Прізвища співавторів праць
1	2	3	4	5	6
1	Особливості теплообміну при конденсації на пакетах горизонтальних оребрених труб	Друк.	Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики: Матеріали XVI Міжнародної науково-практичної конференції аспірантів, магістрантів і студентів, м. Київ, 23–26 квітня 2019 р. У 2 т. – К. : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – Т. 1. – 313 с. ISBN 978-966-622-938-3 (Т.1)	1 с.	Гавриш А. С., Мараховська В. Ю.
2	Системи повітряного опалення приміщень	Друк.	Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики: Матеріали XVI Міжнародної науково-практичної конференції аспірантів, магістрантів і студентів, м. Київ, 21–24 квітня 2020 р. У 2 т. – К. : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – Т. 1. – 224 с. ISBN 978-966-622-998-7 (Т.1)	1 с.	Боженко М. Ф.
3	Щодо змінювання середньої температури стисненого повітря в магістральних трубопроводах СВРЕ	Друк.	Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики: Матеріали XVI Міжнародної науково-практичної конференції аспірантів, магістрантів і студентів, м. Київ, 21–24 квітня 2020 р. У 2 т. – К. : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – Т. 1. – 224 с. ISBN 978-966-622-998-7 (Т.1)	1 с.	Голіяд М. Н.
4	Порівняння особливостей застосування	Друк.	Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики: Матеріали XVI Міжнародної	1 с.	Гавриш А. С.

	кожухотрубних та пластинчатих теплообмінних апаратів		науково-практичної конференції аспірантів, магістрантів і студентів, м. Київ, 21–24 квітня 2020 р. У 2 т. – К. : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – Т. 1. – 224 с. ISBN 978-966-622-998-7 (Т.1)		
5	Доповнення до нормативних параметрів зовнішнього повітря	Друк.	Abstracts of IV International Scientific and Practical Conference ‘PRIORITY DIRECTIONS OF SCIENCE AND TECHNOLOGY DEVELOPMENT’, м. Київ, 20-22 грудня 2020.	6 стор.	Боженко М. Ф.
6	Утилізація теплоти вентиляційних викидів на промислових об’єктах	Друк.	Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики: Матеріали XVI Міжнародної науково-практичної конференції аспірантів, магістрантів і студентів, м. Київ, 20–23 квітня 2021 р. У 2 т. – К. : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – Т. 1. – 335 с. ISBN 978-966-990-026-5 (Т. 1)	2 стор.	Боженко М. Ф.
7	Зменшення рівня світового океану шляхом накопичення льоду з морської води на острові Гренландія	Друк.	Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики: Матеріали XVI Міжнародної науково-практичної конференції аспірантів, магістрантів і студентів, м. Київ, 20–23 квітня 2021 р. У 2 т. – К. : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – Т. 1. – 335 с. ISBN 978-966-990-026-5 (Т. 1)	2 стор.	Пуховий І. І., Варавва І.Г.

Авторка

Ксенія КРАВЧУК

Додаток Б

Перевірка дипломного проєкта на академічну доброчесність



Ім'я користувача:
Боженко Михайло Федорович

ID перевірки:
1008230824

Дата перевірки:
08.06.2021 15:30:39 EEST

Тип перевірки:
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:
08.06.2021 15:31:44 EEST

ID користувача:
100005082

Назва документа: bakalavr_Krav4yk

Кількість сторінок: 57 Кількість слів: 12065 Кількість символів: 75275 Розмір файлу: 1.83 MB ID файлу: 1008304268

17.8% Схожість

Найбільша схожість: 6.25% з джерелом з Бібліотеки (ID файлу: 1008271655)

12.3% Джерела з Інтернету 39 Сторінка 59

13.6% Джерела з Бібліотеки 78 Сторінка 60

0% Цитат

Вилучення цитат вимкнене

Вилучення списку бібліографічних посилань вимкнене

0.43% Вилучень

Деякі джерела вилучено автоматично (фільтри вилучення: кількість знайдених слів є меншою за 10 слів та 0%)

0.19% Вилучення з Інтернету 141 Сторінка 61

0.3% Вилученого тексту з Бібліотеки 230 Сторінка 62

Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи 210

Інв. № дійсн.

Підп. та дата

Взаєм. інв. №

Позиція	Найменування і технічна характеристика	Тип, марка, позначення документа, опитувального листа	Код обладнання, вибору, матеріалу	Завод - виготовлювач	Одиниця виміру	Кількість	Маса одиниці, кг	Примітка
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Основне обладнання							
K1	Опалювальний котел, Q = 700 кВт, N = 0,85 кВт	Wolf MGK-2-800		Wolf	комп.	2	625,0	
K2	Циркуляційний насос, N = 1550 Вт	Wilo Stratos 80/1-12			шт.	2		
K3	Розширювальний бак на 500 л	CALPRO		ZILMET	шт.	2		
K4	Гідравлічний розподілювач Ø 450				шт.	1		
K5	Обладнання водопідготовки у т.ч.:			Ecosooft	комп.	1	120,0	
K5.1	Фільтр механічного очищення	Ecosoft FM BB20			шт.	1		
K5.2	Установка сорбційної очистки	Ecosoft FPA 1465			шт.	1		
K5.3	Станція дозування з антискалантом	Ecosoft D1006/60			шт.	1		
K5.4	Установка зворотного осмосу	Ecosoft MO 12000			шт.	1		
K5.5	Накопичувальна ємність очищеної води	Ecosoft CV1000			шт.	1		
K5.6	Насосна станція, N = 0,8кВт	Wilo HWJ 201 EM			шт.	2		1-резервна
K5.7	Станція дозування для коригування рН	Ecosoft D1006/50			шт.	1		
K6	Циркуляційний насос, N = 0,84 кВт	TOP-S-65/10 PN 6/10			шт.	2		1-резервний
K7	Циркуляційний насос, N = 0,06 кВт	Star-RS-25/6			шт.	2		1-резервний
K8	Циркуляційний насос, N = 0,58 кВт	TOP-S-40/10 PN 6/10			шт.	2		1-резервний
K9	Циркуляційний насос, N = 1,57 кВт	TOP-S-50/10 PN 6/10			шт.	2		1-резервний
K10	Циркуляційний насос, N = 1,69 кВт	TOP-S-65/10 PN 6/10			шт.	2		1-резервний
K11	Циркуляційний насос, N = 0,84 кВт	TOP-S-60/10 PN 6/10			шт.	2		1-резервний
K18	Повіронагрівач EX50, N = 0,3 кВт	EX 50		PROTON	шт.	1		
K19	Бойлер комбінований на 3000 л	EXTRA 2 WXC VT		CORDIVARI	шт.	1		

						ТП 71 88 03 001 ТМК.С					
						Адміністративно - побутовий корпус по пр. Перемоги в м. Києві					
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата	Дахова котельня			Стадія	Аркуш	Аркушів
Студентка	Кравчук				ДПБ					1	
Керівник	Боженко										
П.контр.											
Н.контр.	Боженко					Специфікація			КПІ ім. Ігоря Сікорського, ТЕФ, Кафедра ТПТ		
Зав.каф.	Варламов										

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проект	2	
2	A4	ТП 71 88 03 ПЗ	Пояснювальна записка	78	
3	A1	ТП 71 88 03 001ТМК	Теплова схема	1	
4	A1	ТП 71 88 03 002ТМК	Розташування Обладнання і трубопроводів. Розріз 1-1. (план на відм. 0,000)	1	
5	A1	ТП 71 88 03 003ТМК	Розташування Обладнання і трубопроводів. Розрізи 2-2, 3-3, 4-4.	1	
6	A1	ТП 71 88 03 001ОВ	Схема теплопостачання повітронагрівача. Схема витяжної вентиляції. План на відм. 0,000.	1	
7	A2	ТП 71 88 03 ТМК.С	Специфікація	1	

				ТП 71 88 03		
	ПІБ	Підп.	Дата			
Студент	Кравчук			Відомість дипломного проекту	Аркуш	Аркушів
Керівн.	Боженко					1
Консульт.	-				КПІ ім. Ігоря	
Н.контр.	Боженко				Сікорського, ТЕФ,	
Зав.каф.	Варламов				Кафедра ТПТ	