

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

Теплоенергетичний факультет

Кафедра теоретичної і промислової теплотехніки

«На правах рукопису»
УДК 620.9:697.32

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ Геннадій ВАРЛАМОВ
(підпис) (ім'я, прізвище)

“ ___ ” _____ 2020 р.

**Магістерська дисертація
на здобуття ступеня магістра**

зі спеціальності 144 «Теплоенергетика»

на тему: «Реконструкція опалювальної водогрійної котельні для житлового масиву
в м. Миколаєві»

Виконав: студент II курсу, групи ТП-91мп

Озеруга Олексій Володимирович
(прізвище, ім'я, по батькові)

_____ (підпис)

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

_____ (підпис)

Консультант з охорона праці доцент, к.т.н. Сергій КАШТАНОВ
(назва розділу) (науковий ступінь, вчене звання, ім'я, прізвище)

_____ (підпис)

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

_____ (підпис)

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

Студент _____
(підпис)

Київ – 2020 року

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

Факультет Теплоенергетичний

Кафедра Теоретичної і промислової теплотехніки

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність 144 «Теплоенергетика»,

ОПП «Промислова та муніципальна теплоенергетика і енергозбереження»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Геннадій ВАРЛАМОВ
(підпис) (ім'я, прізвище)

«__» _____ 2020 р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Озерузі Олексію Володимировичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації «Реконструкція опалювальної водогрійної котельні для житлового масиву у м.Миколаєві»,

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

затверджені наказом по університету від «__» _____ 2020 р. № _____

2. Термін подання студентом дисертації 21.12.2020 р.

3. Об'єкт дослідження Опалювальна водогрійна котельня в м.Миколаєві

4. Вихідні дані

1) Теплові навантаження споживачів: на опалення - 26 МВт;

2) Система теплопостачання – закрита.

3) Температурний графік теплової мережі – 95/55 °С.

4) Температурний графік котлового контуру – 130/70 °С.

4) Найвні котли – КВ-ГМ-10 (2 компл.)

5) Тип котлів, що встановлюються – фірми VISSMANN.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити

1) Розрахувати річні витрати теплоти споживачами.

2) Розрахувати теплову схему котельні.

3) Вибрати основне та допоміжне обладнання котельні.

4) Розробити схему та вибрати обладнання хімічної водопідготовки котельні.

5) Вибрати обладнання системи газопостачання котельні.

6) Виконати аеродинамічний розрахунок газового тракту котельні.

7) Виконати розрахунки систем опалення і вентиляції котельні.

8) Розробити стартап-проект.

9) Розробити заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

6. Орієнтовний перелік графічного матеріалу

- 1) Теплова схема котельні – 1 арк..
 2) Розміщення обладнання котельні – 2 арк..
 3) Розміщення трубопроводів в котельні (плани, розрізи) – 4 арк..
 4) Газопостачання котельні:
 - схема газопроводів – 1 арк.;
 - розміщення обладнання - 1 арк..
 5) Система опалення (схема і розміщення обладнання) - 2 арк..
 7. Орієнтовний перелік публікацій: статті в наукових фахових журналах – 2; тези доповідей на наукових конференціях – 2.

8. Консультанти розділів дисертації*

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

9. Дата видачі завдання 28.10.2020 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Річні теплові навантаження	04.11.2020 р.	
2	Теплова схема	08.11.2020 р.	
3	Вибір обладнання	11.11.2020 р.	
4	Водопідготовка	14.11.2020 р.	
5	Газопостачання	17.11.2020 р.	
6	Аеродинамічні розрахунки газоходів	20.11.2020 р.	
7	Опалення та вентиляція	25.11.2020 р.	
8	Розробка стартап-проекта	27.11.2020 р.	
9	Охорона праці	29.11.2020 р.	
10	Креслення		
10.1	Теплова схема котельні	20.11.2020 р.	
10.2	Розміщення обладнання	25.11.2020 р.	
10.3	Розміщення трубопроводів	29.11.2020 р.	
10.4	Газопостачання котельні	01.12.2020 р.	
10.5	Система опалення	03.12.2020 р.	
11	Оформлення пояснювальної записки	07.12.2020 р.	

Студент

_____ (підпис)

Олексій ОЗЕРУГА

(ім'я, прізвище)

Науковий керівник дисертації

_____ (підпис)

Михайло БОЖЕНКО

(ім'я, прізвище)

* Консультантом не може бути зазначено наукового керівника магістерської дисертації.

Пояснювальна записка
до магістерської дисертації
за освітньо-професійною програмою

на тему: «Реконструкція опалювальної котельні для житлового масиву у м. Миколаєві»

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація на здобуття ступеня магістра за освітньо-професійною програмою підготовки на тему: «Реконструкція опалювальної водогрійної котельні для житлового масиву у м. Миколаєві» 104 с., 24 рис., 11 табл., 5 дод., 34 джерел, 10 креслеників формату А1 чи більшого.

Об'єкт розробки – районна водогрійна котельня.

Мета роботи – реконструкція котельні з метою безперебійного теплопостачання мешканців житлового масиву гарячою водою на системи опалення.

Наведені розрахунки теплової схеми котельні, вибір основного та допоміжного обладнання, аеродинамічний розрахунок газового тракту.

Існуюча система вентиляції котельні запроектована для умов асиміляції теплонадходжень від працюючого обладнання та забезпечення однократного повітрообміну за годину. Вентиляція котельного залу запроектована припливно-витяжна з природним побудженням з витяжкою повітря через існуючий світло-аераційний ліхтар.

Опалення котельного залу передбачено за рахунок теплонадлишків від технологічного обладнання та системи опалення котельні. Для опалення котельної зали встановлено чотири опалювальних агрегати Volcano VR3. Опалення побутових приміщень забезпечується існуючою радіаторною системою опалення.

Розроблений стартап-проект, в результаті техніко-економічних розрахунків показано, що встановлення теплоутилізаційної установки з поверхневими калориферами дає економічний ефект біля 4181510 грн за рік.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: котельня, реконструкція, опалення, вентиляція, теплові втрати, котел, теплопостачання, димова труба, теплообмінник, насос, арматура, зворотній клапан.

ABSTRACT

Master's Thesis for Master's Degree in Educational and Professional Training Program on the topic: "Reconstruction of a water-heating boiler house for heating a residential area in Mykolayiv", 104 p., 24 fig., 11 tables, 5 app., 34 sc., 10 A1 format drawings or bigger.

The object of development is a district boiler.

The purpose of the work is the reconstruction of the boiler house for the purpose of uninterrupted heat supply of the residents of the residential area with hot water to the heating systems.

The calculations of the heat loss of the room in the cold period of the year and the receipt of heat and humidity to them are given.

The existing boiler room ventilation system is designed for the conditions of assimilation of heat from the operating equipment and for providing three times air exchange per hour. The ventilation of the boiler room is designed with a naturally aspirated inlet and outlet.

Heating of the boiler room is provided at the expense of heat surpluses from technological equipment and boiler heating system. One Volcano VR3 heating unit is installed to heat the boiler room. Household heating is provided by an existing radiator heating system.

A startup project has been developed, as a result of technical and economic calculations it is shown that the reconstruction of the boiler room gives an economic effect for about 4181510 UAH a year.

KEY WORDS: boiler room, reconstruction, heating, ventilation, heat, losses, boiler, heat supply, smoke, pipe, heat exchanger, pump, fittings, non-return, valve, losses.

РЕФЕРАТ

Магистерская диссертация на соискание степени магистра по образовательно-профессиональной программе подготовки на тему: «Реконструкция отопительной водогрейной котельной для жилого массива в г. Николаеве» 104 с., 24 рис., 11 табл., 5 доп., 34 источников, 10 чертежей формата А1 или большего.

Объект разработки - районная водогрейная котельная.

Цель работы - реконструкция котельной с целью бесперебойного теплоснабжения жителей жилого массива горячей водой на системы отопления.

Приведенные расчеты теплотерь помещения в холодный период года и поступления теплоты и влаги к ним.

Существующая система вентиляции котельной запроектирована для условий ассимиляции теплоступлений от работающего оборудования и обеспечения трехкратного воздухообмена в час. Вентиляция котельного зала запроектирована приточно-вытяжная с естественным побуждением с вытяжкой через существующий свето-аэрационный фонарь.

Отопление котельного зала предусмотрено за счет теплоизбытков от технологического оборудования и системы отопления котельной. Для отопления котельной залы установлен один отопительный агрегат Volcano VR3. Отопления бытовых помещений обеспечивается существующей радиаторной системой отопления.

Разработанный стартап-проект, в результате технико-экономических расчетов показано, что реконструкция котельной дает экономический эффект около 4181510 в год.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: котельная, реконструкция, отопление, вентиляция, тепловые потери, котел, теплоснабжение, дымовая, труба, теплообменник, насос, арматура, обратный, клапан.

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, символів, скорочень, термінів.....	10
Вступ.....	11
1 Характеристика об'єкта	12
1.1 Існуючий стан	12
1.2 Проектний стан	13
1.3 Вихідні дані	14
1.4 Річні навантаження на опалення	16
1.5 Висновки з розділу 1	16
2 Теплова схема котельні	17
2.1 Опис теплової схеми котельні	17
2.2 Вихідні дані для розрахунку теплової схеми	19
2.3 Розрахунок теплової схеми котельні	20
3 Вибір основного та допоміжного обладнання	23
3.1 Вибір котлів.....	23
3.2 Вибір насосів	25
3.3 Вибір теплообмінників.....	38
3.4 Вибір 3х-ходових клапанів	44
4. Водопідготовка котельні.....	48
4.1 Загальні положення	48
4.2 Опис схеми	48
4.3 Розрахунки водопідготовки	50
4.4 Висновки з розділу 4	52
5 Газопостачання котельні.....	54

	Зам. інв. №								
	Підпис та дата								
							ТП 91мп 88 03 ПЗ		
			</						

5.1	Вихідні дані	54
5.2	Проектні рішення.....	54
5.3	Гідравлічний розрахунок газопроводу	55
5.4	Висновки з розділу 5	57
6	Опалення та вентиляція котельні	58
6.1	Загальна частина	58
6.2	Вихідні дані	58
6.3	Теплові надходження	58
6.4	Вентиляція	60
6.5	Опалення.....	61
6.5	Висновки з розділу 6	62
7	Аеродинамічний розрахунок	63
7.1	Вихідні дані	63
7.2	Розрахунок.....	63
7.3	Висновки з розділу 7	65
8	Розробка стартап-проекту	66
8.1	Сутність проекту.....	66
8.2	Схеми теплоутилізаційних установок	66
8.3	Розрахунок енергетичної та економічної ефективності теплоутилізаційних установок	69
8.4	Порівняння отриманих результатів.....	75
8.5	Висновки до розділу 8	78
9	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	79
9.1	Технічні рішення та організаційні заходи з безпеки експлуатації технологічного устаткування об'єкта.....	79
9.2	Технічні рішення та організаційні заходи з гігієни праці та виробничої санітарії .	83
9.3	Безпека в надзвичайних ситуаціях	85
9.4	Висновки з розділу 9	92

Зам. інв. №	
Підпис та дата	
Інв. №	

Зм.	ільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата

Висновки.....	93
Список використаної літератури.....	94
Додатки	
Додаток А	
Методика розрахунку теплових втрат приміщень	97
Додаток Б	
Технічне завдання на проектно-конструкторську розробку	99
Додаток В	
Акт впровадження результатів магістерської дисертації.....	101
Додаток Г	
Список наукових праць.....	102
Додаток Д	
Результат перевірки на академічну доброчесність	105

Інв. №						Зам. інв. №
Інв. №						Зам. інв. №
Інв. №						Зам. інв. №
ТП 91мп 88 03 ПЗ						Арк.
Зм. ільк. Арк. Недок Підпис Дата						9

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, 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;
- ω – швидкість;
- f – площа поперечного перерізу;
- d – діаметр.

Індекси:

- Нижні:

- о – опалення;
- макс – максимальний;
- сер – середній;
- вн – внутрішній;
- р – розрахункова;
- річн – річна;
- п – повітря;
- гв – гаряча вода;
- хв – холодна вода;
- зовн – зовнішній;
- сист – система;
- вит – витікання;
- м.п – мережевий підігрівник;
- в.к – водогрійний котел;
- рец – рециркуляція;

- зав – завантаження;
- м – мережа;
- мн – мережний насос;
- в – вода;
- тр – трубопроводи.

- Верхні:

- л – літній період;
- ж – житлові;
- мах – максимальний;
- в – відпуск;
- ном – номінальна;
- в.п – власні потреби;
- гв – гаряча вода;
- д – дійсна;
- р – робоче;
- м – мережа.

Скорочення:

- ХВП – хім. водопідготовка;
- ТОА – теплообмінний апарат;
- ККД – коефіцієнт корисної дії (енергетичний).

Зам. інв. №

Підпис та дата

Інв. №

Зм	Кіль	Арк	№ док	Підпис	Дата	

ТП 91мп 88 03 ПЗ

Арк.

10

- Відведення димових газів від котлів відбувається через цегляну димову трубу з діаметром устя 1800 мм та висотою 60 м.

1.2 Проектний стан

Згідно технічного завдання на проект в котельні передбачається:

- демонтаж існуючого котла КВ ГМ – 10 – 150 №1, та усієї супутньої арматури, фундаменту, обслуговуючих площадок та ін.;
- демонтаж мережних насосів;
- демонтаж системи хімводопідготовки в цілому;
- демонтаж пальників на котлах КВ ГМ – 10 – 150 №2 та №3, а також трубопровідної обв'язки цих котлів;
- встановлення нового жаротрубного газового котла фірми VIESSMANN типоряду VITOMAX D HW тепловою потужністю 26,4 МВт. Котел обладнується двома автоматизованими пальниками фірми ELCO типоряду N10.16000.45 G-EU2 з модульним регулюванням спалювання газу та низькими викидами;
- встановлення двох відцентрових мережних насосів фірми WILO, що поставляються з власними шафами регулювання (частотним перетворювачем);
- встановлення нової системи водопідготовки фірми LWT, що складається з двох НА-катіонітних автоматизованих фільтрів, що працюють у дуплексі (один фільтр працює, один фільтр регенерує);
- встановлення трьох теплообмінників фірми DANFOSS для забезпечення незалежного підключення теплової мережі до котлового контуру котельні, а також врегулювання теплових графіків котельні;
- встановлення триходового клапану на подавальному мережному трубопроводі для здійснення погодозалежного регулювання;
- встановлення циркуляційних насосів фірми WILO для захисту проектного котла та котлів КВ ГМ – 10 – 150 від зниження температури теплоносія у зворотньому трубопроводі нижче 70°C.
- встановлення станцій підживлення котельні фірми WILO для дотримання тиску в мережі на необхідному рівні.

В якості енергозберігаючих заходів передбачено наступні дії:

- 1) встановлення ефективного котла з ККД 93%;
- 2) плавне регулювання процесу спалювання палива – природнього газу;
- 3) встановлення насосного обладнання та пальників з частотним регулюванням;
- 4) покриття трубопроводів котельні сучасною ефективною теплоізоляцією з максимально допустимою температурою поверхні не більше 45°C;

Зам. інв. №	
Підпис та дата	
Інв. №	

							ТП 91мп 88 03 ПЗ	Арк.
								13
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата			

5) утилізація теплоти димових газів одного з наявних котлів КВ-ГМ-10.

1.3 Вихідні дані

1) Теплові навантаження споживачів на опалення з урахуванням втрат теплоти в теплових мережах складають 26 МВт.

2) Параметри зовнішнього повітря для м. Миколаєва згідно з [1]:

➤ розрахункова температура зовнішнього повітря для опалювання в холодний період року $t_{p.o.} = -20^{\circ}\text{C}$;

➤ середня температура найхолоднішого місяця $t_{ср.х.м} = -2,6^{\circ}\text{C}$;

➤ середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період $t_{ср.о.} = 1,1^{\circ}\text{C}$;

➤ тривалість опалювального періоду $n_0 = 161$ доба.

3) Система тепlopостачання – закрита.

4) Температурний графік теплової мережі – 95/55°C.

5) Температурний графік котлового контуру – 130/70°C.

6) Паливо – природний газ.

На рис. 1.1, 1.2 наведені фотографії котельні, що реконструюється.



Рисунок 1.1 – Котельня, що реконструюється

Зам. інв. №

Підпис та дата

інв. №

Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата

ТП 91мп 88 03 ПЗ

Арк.

14



Рисунок 1.2 – Котельня що реконструюється та димова труба котельні
(на передньому плані – газопровід Ду300)

Зам. інв. №

Підпис та дата

Інв. №

Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата

ТП 91мп 88 03 ПЗ

Арк.

15

1.4 Річні навантаження теплоти на опалення

1) Згідно вихідних даних, максимальне теплове навантаження на опалення складає $Q_{\text{мах.о.}} = 26$ МВт. Тоді, середня витрата теплоти на опалення, МВт, згідно з [2], визначається за формулою

$$Q_{\text{ср.о.}} = Q_{\text{втр}} \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{ср.о.}}}{t_{\text{вн}} - t_{\text{р.о.}}}; \quad (1.1)$$

де $Q_{\text{втр}}$ – максимильна витрата теплоти на опалення, МВт;

$t_{\text{вн}}$ – нормативна температура всередині опалювальних приміщень, згідно чинних норм України беру 20 °С;

$$Q_{\text{ср.о.}} = 26 \frac{20 - 1,1}{20 - (-20)} = 12,285 \text{ МВт.}$$

2) Річна витрата теплоти на опалення, МДж/рік, згідно з [2] розраховується за формулою

$$Q_{\text{річ.о.}} = Q_{\text{ср.о.}} \cdot n_o \cdot 24 \cdot 3600; \quad (1.2)$$

$$Q_{\text{річ.о.}} = 12,285 \cdot 161 \cdot 24 \cdot 3600 = 1,709 \cdot 10^8 \text{ МДж/рік.}$$

1.5 Висновки з розділу 1

В розділі 1 згідно з завданням на магістерську дисертацію були розраховані середні та річні теплові навантаження на опалення на котельню.

Середні навантаження на котельню склали $Q_{\text{ср.о.}} = 12,29$ МВт, в той час як річні $Q_{\text{річ.о.}} = 1,709 \cdot 10^8$ МДж/рік.

Зам. інв. №	
Підпис та дата	
Інв. №	

Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата

ТП 91мп 88 03 ПЗ

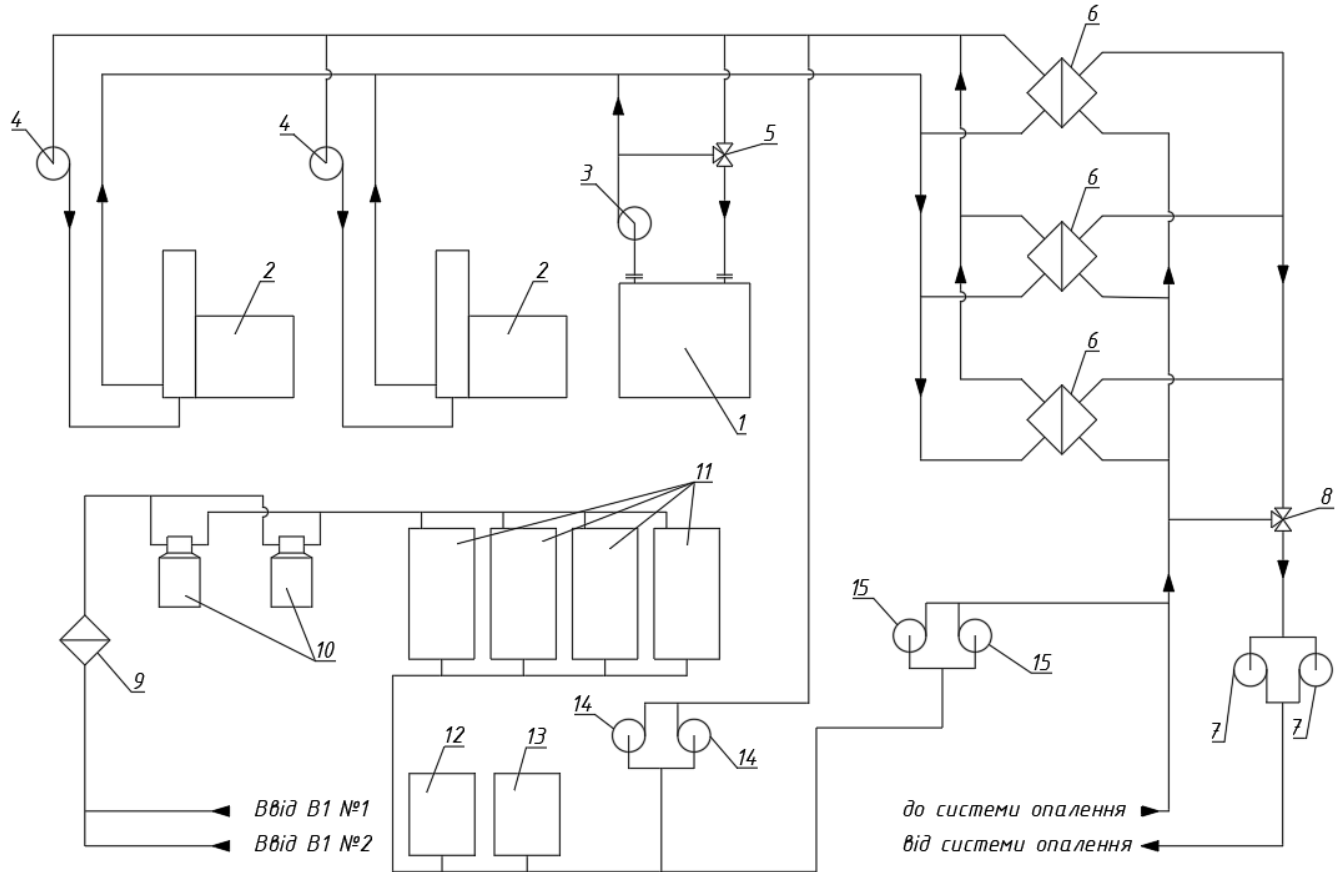
Арк.

16

2 ТЕПЛОВА СХЕМА КОТЕЛЬНІ

2.1 Опис теплової схеми котельні

На рисунку 2.1 представлена теплова схема котельні після реконструкції з влаштуванням незалежної схеми приєднання споживачів (теплової мережі).



1 – котел VIESSMANN; 2 – котел КВ ГМ – 10 – 150; 3 – циркуляційний насос котла Viessmann; 4 – циркуляційний насос котла КВ ГМ – 10 – 150; 5 – 3х-ходовий клапан захисту котла Viessmann; 6 – теплообмінники; 7 – мережні насоси; 8 – 3х-ходовий погодозалежного регулювання; 9 – механічний фільтр; 10 – станція пом'якшення; 11 – баки запасу; 12 – установка хімічної деаерації; 13 – установка хімічної корекції рН і CO₂; 14 – станція підживлення котлового контуру; 15 – станція підживлення мережного контуру.

Рисунок 2.1 – Принципова теплова схема котельні

Теплова схема котельні розрахована на забезпечення споживачів теплоносієм необхідних параметрів (температури, тиску) під час опалювального сезону та плавного регулювання теплової потужності, що відпускається.

Як видно з рисунка 2.1, між котлами та мережею встановлюється 3 теплообмінних апарати фірми DANFOSS, завдяки чому контури розділяються, і проектний та існуючі котли можуть працювати за графіком 130/70°С, в той час як графік мережі 95/55°С.

Зам. інв. №

Підпис та дата

Інв. №

Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата

ТП 91мп 88 03 ПЗ

Арк.

17

Котловий контур

Від зворотнього трубопроводу теплообмінників теплоносій потрапляє на котли з температурою не менше 70 °С, тому для забезпечення захисту котла від низької температури теплоносія перед котлом Viessmann на зворотній магістралі встановлюється триходовий клапан фірми Broen, в той час як котли KB ГМ – 10 – 150 не мають такого клапану з економічних причин.

Після котла Viessmann циркуляційним насосом фірми Wilo теплоносій розділяється на два потоки: перший надходить до триходового клапану для підмішування до зворотньої магістралі; інший - до теплообмінників для підігріву мережного теплоносія.

Котли KB ГМ – 10 – 150 резервуються. На котлах встановлюються циркуляційні насоси фірми Wilo та необхідна обв'язка арматурою та трубопроводами для включення котлів в роботу у випадку аварій або тимчасових несправностей котла Viessmann.

Мережний контур

Від споживача зворотньою магістраллю теплоносій надходить до котельні; на вході трубопроводу в котельню встановлюється грязьовик для фільтрації теплоносія та збору шламу і захисту обладнання від засмічення.

Після грязьовика теплоносій розділяється: перша частка йде до триходового клапану погодозалежного регулювання; інша частка йде на теплообмінники для підігріву до необхідних температур. Після теплообмінників встановлюється триходовий клапан погодозалежного регулювання, що регулює температуру теплоносія на відпуск якісно, отримуючи дані про температуру зовнішнього повітря з датчиків ззовні котельні.

Для циркуляції теплоносія до споживача після триходового клапану встановлюються паралельно два мережні насоси фірми Wilo, що працюють поперемінно: кожен насос може повністю самостійно покривати потреби в циркуляції теплоносія.

Підживлення системи, а також первинне і подальше заповнення системи здійснюється хімічно очищеною водою.

Для обліку води, що використовується котельнею, на кожному з введів встановлюється лічильник холодної води. Після лічильника вода надходить до лічильника системи ХВП, потім на фільтр грубої очистки фірми Azud, і далі – на фільтри пом'якшення сирової води фірми LWT.

Кожна одиниця обладнання ХВП має запірну арматуру та власну байпасну лінію для підживлення котельні в разі виходу з ладу працюючого. Запірна арматура кожного байпасу має бути закрыта та опломбована в нормальному положенні, а контрольна – відкрита.

Зам. інв. №

Підпис та дата

Інв. №

Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата

ТП 91мп 88 03 ПЗ

Арк.

18

2.2.1 Температура повітря всередині опалювальних будівель (режими I-II) $t_{вн} = 20^{\circ}\text{C}$;

2.2.2 Температура зовнішнього повітря $t_{зовн}$:

I режим – $t_{зовн.} = t_{р.о.} = -20^{\circ}\text{C}$ [1];

II режим – $t_{зовн.} = t_{ср.х.м} = -2,6^{\circ}\text{C}$ [1].

2.2.3 Температура в точці зламу температурного графіка теплової мережі

$$t_{зовн.} = t_{з.зл.} = t_{вн.} - 0,3455 \cdot (t_{вн.} - t_{р.о.}); \quad (2.1)$$
$$t_{зовн.} = 20 - 0,3455 \cdot (20 - (-20)) = 6,18^{\circ}\text{C}.$$

2.2.4 Максимальний (розрахунковий) відпуск теплоти на опалення (режим I)

$$Q_{о.в.}^{\text{ж}} = 26 \text{ МВт};$$

2.2.5 Максимальна температура подавальної мережної води (режим I)

$$t_{1.max} = 95^{\circ}\text{C}.$$

2.2.6 Максимальна температура поворотної мережної води (режим I)

$$t_{2.max} = 55^{\circ}\text{C}.$$

2.2.7 Температура сирої води на вході в котельню T_{13} °C режими I- II :

$$T_{13} = 5^{\circ}\text{C}.$$

2.2.8 Температура сирої води перед хімічною очисткою $T_3 = 25^{\circ}\text{C}$ (для всіх режимів).

2.2.9 Об'єм теплоносія в системі опалення

$$g_{сист} = 2800 \text{ м}^3.$$

2.2.10 Коефіцієнт зниження витікання води в системі тепlopостачання

$$k_{sum} = 1 \text{ (режим I-II)}.$$

2.2.11 Коефіцієнт власних потреб хімічного водоочищення

$$k_{х.в.}^{e.n.} = 1.1 \dots 1.25 \text{ (для всіх режимів)}.$$

Беру $k_{х.в.}^{e.n.} = 1,2$.

2.3 Розрахунок теплової схеми котельні

Розрахунок виконано для першого режиму.

2.3.1 Коефіцієнт зниження витрати теплоти на опалення залежно від температури зовнішнього повітря [2]

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

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

2.3.2 Сумарний відпуск теплоти на опалення [2], МВт

$$Q_{о.в.} = (Q_{о.в.маx}^{\text{ж+сп}} + Q_{о.в.маx}^n) \cdot k_{о.в.}; \quad (2.3)$$

Зам. інв. №	
Підпис та дата	
Інв. №	

Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата

ТП 91мп 88 03 ПЗ

Арк.

20

де $Q_k^{ном}$ - номінальна теплопродуктивність одного водогрійного котла, МВт.

Беру водогрійний котел фірми Viessmann типу Vitomax D HW з номінальною теплопродуктивністю $Q_k^{ном} = 26,400$ МВт, тоді кількість котлів

$$N_{к.в} = \frac{26}{26,4} = 1 \text{ компл.}$$

2.3.12 Завантаження водогрійних котлів [2], %

$$K_{зав}^6 = \frac{Q_k^6}{N_{к.п}^6 \cdot Q_k^{ном}} \cdot 100\%; \quad (2.13)$$

$$K_{зав}^6 = \frac{26}{1 \cdot 26,4} \cdot 100\% = 98\%.$$

Зам. інв. №					
Підпис та дата					
Інв. №					
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата
ТП 91мп 88 03 ПЗ					Арк. 22

3 ВИБІР ОСНОВНОГО ТА ДОПОМІЖНОГО ОБЛАДНАННЯ

3.1 Вибір котлоагрегату

Котлоагрегат залежить від типу спалювання палива (природнього 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 N водогрійних котлоагрегатів вибирається за максимальним відпуском теплоти у вигляді гарячої води

$$N_{к.л}^e = \frac{Q_{к}^e}{Q_{к}^{ном}}, \quad (3.1)$$

де $Q_{к}^e$ - сумарний відпуск теплоти водогрійними котлоагрегатами, одержаний при розрахунку теплової схеми котельної для максимального зимового режиму, МВт;

$Q_{к}^{ном}$ - номінальне навантаження водогрійного котла, МВт.

В результаті розрахунку теплової схеми котельні прийнято до установки один жаротрубний триходовий водогрійний котел фірми Viessmann типу Vitomax D HW 26,4 з характеристиками, що наведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики котла Vitomax D HW 26,4

Найменування величини	Позначення	Одиниця	Значення величини
Номінальні потужність	$Q_{ном}$	МВт	26,4
Коефіцієнт корисної дії	$\eta_{к}$	%	93
Аеродинамічний опір	$\Delta P_{г}$	мбар	15
Гідравлічний опір	$\Delta P_{вк}$	кПа	1,96
Розрахункові витрати палива, (при теплоті спалювання газу $Q_{н,р}=33700$ кДж/м ³)	$V_{к}$	м ³ /год	3452,7
Мінімальна температура відхідних газів	$t_{г}$	°C	180
Габаритні розміри	довжина	мм	8870
	ширина	мм	4500
	висота	мм	4775

Загальний вигляд котла наведений на рисунках 3.1 та 3.2.

Зам. інв. №	
Підпис та дата	
інв. №	

						ТП 91мп 88 03 ПЗ	Арк.
							23
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		



Рисунок 3.1 – Вигляд котла з фронту

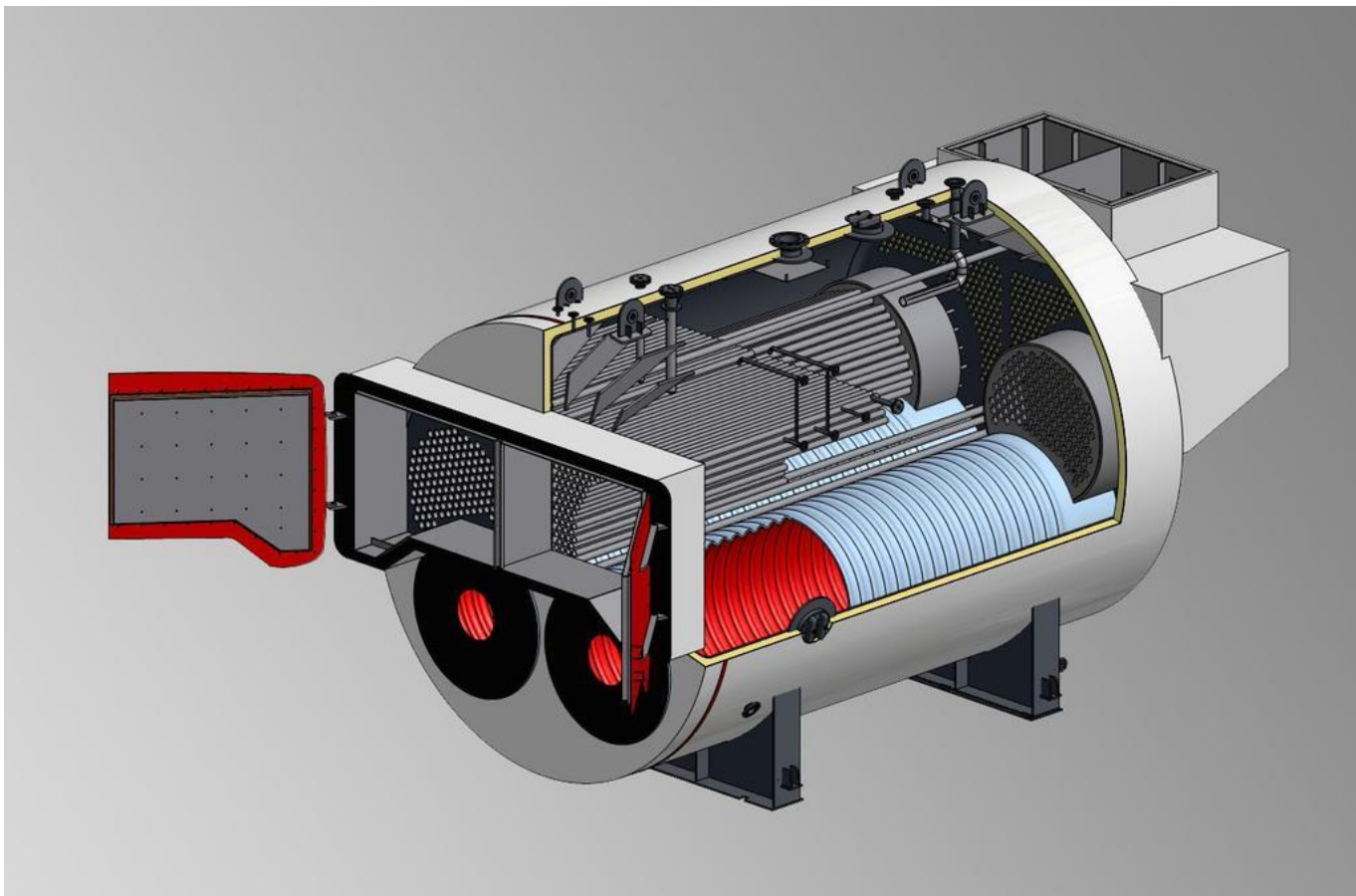


Рисунок 3.2 – Аксонометричний вигляд котла у розрізі

Зам. інв. №

Підпис та дата

Інв. №

Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата

ТП 91мп 88 03 ПЗ

Арк.

24

3.2 Вибір насосів

В котельні встановлюються насоси для перекачування теплоносія трубопроводами, а також подолання опору обладнання і контуру споживача, а тому обираються насоси з високим ККД.

В котельні встановлені наступні насоси:

- мережні;
- насос циркуляції котла Viessmann;
- насоси циркуляції котлів КВ ГМ – 10 – 150;
- насоси підживлення котлового та мережного контуру.

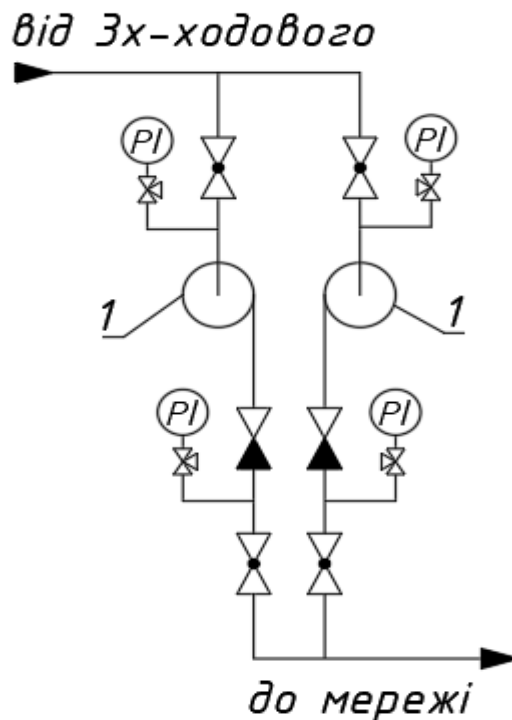
Вибір насосів здійснюється за подачею та тиском.

Подача насосів визначається за розрахунком теплової схеми котельні, а тиск – за втратами опору в відповідних мережах.

3.2.1 Насоси мережного теплоносія

Мережні насоси призначені для забезпечення споживача теплоносієм необхідних параметрів, а тому вкрай важливо, щоб мережний насос був надійним і аварійно-безпечним.

Схема мережних насосів наведена на рисунку 3.3.



1 – мережні насоси.

Рисунок 3.3 – Схема об'язки мережних насосів

Зам. інв. №

Підпис та дата

інв. №

Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата

ТП 91мп 88 03 ПЗ

Арк.

25

Згідно зі схемою, що наведена на рис. 3.3, нагрівальна вода від теплообмінників та триходового клапану надходить до мережних насосів, звідки подається до споживача.

Визначаю подачу насосів за витратою мережної води [5]

$$V_{\text{м.н}} = \frac{G_{\text{м.н}} \cdot 3600}{\rho_{\text{в}}}, \quad (3.2)$$

де $G_{\text{м}}$ – масова витрата мережної води, кг/с (беру найбільше значення цього параметра з розрахунку теплової схеми, що дорівнює 155,2 кг/с);

ρ – густина води, кг/м³ (беру 1000 кг/м³) [6].

$$V_{\text{м.н}} = \frac{155,2 \cdot 3600}{1000} = 558,72 \text{ м}^3/\text{ГОД.}$$

Тиск насосів мережної води, МПа

$$H_{\text{м}} = 1,1 \cdot \Delta P_{\text{мер}} + \Delta P_{\text{тоа}} + \Delta P_{\text{тр}} + \Delta P_{\text{3х}} \quad (3.3)$$

де $\Delta P_{\text{м}}$ – гідравлічний опір теплової мережі, МПа;

$\Delta P_{\text{тоа}}$ – гідравлічний опір теплообмінника, приймаю $\Delta P_{\text{в.к}} = 0,002$ МПа;

$\Delta P_{\text{3х}}$ – гідравлічний опір триходового клапану, приймаю $\Delta P_{\text{3х}} = 0,04$ МПа;

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

Гідравлічний опір мережі, МПа

$$\Delta P_i = Rl(1+\alpha) \cdot 10^{-6}, \quad (3.4)$$

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

l – довжина теплової мережі у двотрубному виконанні, $l = 3250$ м;

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

Беру швидкість води $\omega_{\text{в}} = 1,5$ м/с і з рівняння суцільності (нерозривності) визначаю внутрішній діаметр трубопроводу $d_{\text{вн}}$, м

$$d_{\text{мер}} = 1,13 \sqrt{\frac{G_{\text{м.н}}}{\rho_{\text{в}} \cdot \omega_{\text{в}}}}; \quad (3.5)$$

$$d_{\text{мер}} = 1,13 \sqrt{\frac{155,2}{1000 \cdot 1,5}} = 0,36 \text{ м.}$$

За довідковим даним беру внутрішній діаметр трубопроводу $d_{\text{мер}} = 400$ мм і за [2] визначаю коефіцієнт місцевого опору $\alpha = f(d_{\text{см}}) = 0,3$.

Уточнюю швидкість руху води, м/с

$$\omega_{\text{в}} = \frac{4 \cdot G_{\text{м.н}}}{\rho_{\text{в}} \cdot \pi \cdot d_{\text{мер}}^2}; \quad (3.6)$$

$$\omega_{\text{в}} = \frac{4 \cdot 155,2}{1000 \cdot 3,14 \cdot 0,4^2} = 1,24 \text{ м/с.}$$

Питомі втрати тиску на тертя Па/м

Зам. інв. №	
Підпис та дата	
інв. №	

Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата

ТП 91мп 88 03 ПЗ

Арк.

26

$$R = \lambda \cdot \frac{\rho_B \omega_B^2}{2} \cdot \frac{1}{d_{\text{мер}}}, \quad (3.7)$$

де λ - коефіцієнт опору тертя.

$$\lambda = 0,11 \cdot \left(\frac{k_e}{d'} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25}, \quad (3.8)$$

де k_e – еквівалентний коефіцієнт абсолютної шорсткості внутрішньої поверхні труби; відповідно до Правил Держтехнагляду усі трубопроводи промислових й опалювальних котелень можуть виготовлятися із сталених безшовних зварних труб, виконаних з вуглецевої сталі, для яких $k_e=0,01$ см;

d' - внутрішній діаметр трубопроводу, см;

Re – число Рейнольдса .

Визначаю число Рейнольдса

$$Re = \frac{d_{\text{вн}} \cdot \omega_B}{\nu}, \quad (3.9)$$

де ν - кінематична в'язкість, м²/с.

Кінематичну в'язкість визначаю за середньою температурою теплоносія, яка дорівнює 75°C, тоді $\nu=f(t=80^\circ\text{C})=0,39 \cdot 10^{-6}$ м²/с [2].

$$Re = \frac{0,4 \cdot 1,24}{0,39 \cdot 10^{-6}} = 1271794.$$

Визначаю коефіцієнт опору тертя λ

$$\lambda = 0,11 \cdot \left(\frac{1}{40} + \frac{68}{1271794} \right)^{0,25} = 0,043.$$

Питомі витрати тиску на тертя, Па/м

$$R = 0,043 \cdot \frac{1000 \cdot 1,24^2}{2} \cdot \frac{1}{0,4} = 82,646 \text{ Па/м.}$$

Опір мережі, кПа

$$\Delta P_M = 82,646 \cdot 3250 \cdot (1 + 0,3) \cdot 10^{-3} = 349,18 \text{ кПа.}$$

Гідрравлічний опір трубопроводів у середині котельні складає 5% від втрат тиску в мережі, тобто

$$\Delta P_{\text{тр}} = 0,05 \cdot \Delta P_M; \quad (3.10)$$

$$\Delta P_{\text{тр}} = 0,05 \cdot 349,18 = 17,5 \text{ кПа.}$$

Гідрравлічний опір котлів в цьому розрахунку участі не бере, тому що для циркуляції теплоносія крізь котел існує окремий насос, який підбиратиметься окремо.

Тоді тиск насосів мережної води

$$H_{\text{мер}} = 1,1 \cdot 0,349 + 17,5 \cdot 10^{-3} + 0,002 + 0,04 = 0,45 \text{ МПа.}$$

Зам. інв. №

Підпис та дата

інв. №

Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата

ТП 91мп 88 03 ПЗ

Арк.

27

За величинами $V_{н.м}=560 \text{ м}^3/\text{год}$ та $H_{мер}=0,45 \text{ МПа}$ обираю 2 мережних насосів, (один - робочий, один - резервний) типу Wilo SCP 200/460 HA-160/4, з наступними характеристиками:

- подача – $800 \text{ м}^3/\text{год}$;
- тиск – $0,55 \text{ МПа}$;
- ККД – $87,5\%$;
- потужність електродвигуна – 160 кВт ;
- частота обертання електродвигуна – 2900 об/хв .

Загальний вигляд насосу мережної води зображений на рисунку 3.4.



Рисунок 3.4 – Загальний вигляд мережного насосу

3.2.2 Насос циркуляції котла Viessmann

Насос циркуляції котла Viessmann встановлюється для подачі нагрітого теплоносія до теплообмінників і назад до котла, а також для захисту котла від низьких температур зворотнього теплоносія шляхом підмішування гарячого теплоносія в 3х-ходового клапані.

Схема обв'язки котла насосом наведена на рисунку 3.5.

Згідно зі схемою, що наведена на рис. 3.5, циркуляційний насос встановлюється на подавальному трубопроводі котла, після чого теплоносій розділяється на дві гілки – одна до триходового клапана, інша - до теплообмінників.

Визначаю подачу насоса за витратою теплоносія

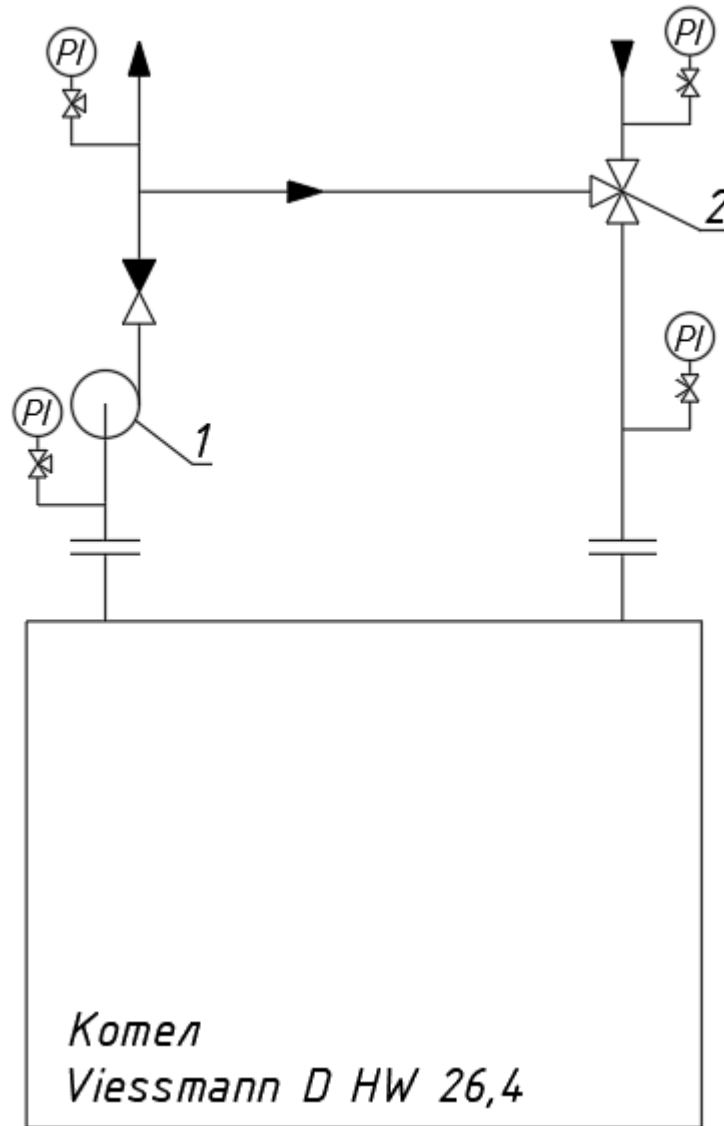
$$V_{м.н} = \frac{Q_k \cdot 10^6 \cdot 3600}{c_p \cdot \rho_v \cdot (t_1 - t_2)} \quad (3.11)$$

Зам. інв. №	
Підпис та дата	
інв. №	

							ТП 91мп 88 03 ПЗ	Арк.
								28
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата			

до теплообмінників

від теплообмінників



1 – насос циркуляційний; 2 – триходовий змішувальний клапан:

Рисунок 3.5 – Схема обв'язки котла Viessmann

де Q_k – 26,4 МВт – теплова продуктивність котла;

ρ – густина води кг/м^3 (беру 1000 кг/м^3);

c_p – масова питома теплоємність води, $\text{кДж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$ (беру 4,187 $\text{кДж}/\text{кг}\cdot\text{К}$).

$$V_{\text{м.н}} = \frac{26,4 \cdot 10^6 \cdot 3600}{4187 \cdot 1000 \cdot (130 - 70)} = 378,3 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Тиск насосу, МПа, за формулою (3.3)

$$H_{\text{м}} = 1,1 \cdot \Delta P_{\text{к}} + \Delta P_{\text{тоа}} + \Delta P_{\text{тр}} + \Delta P_{\text{зх}}$$

де $\Delta P_{\text{к}}$ - гідравлічний опір котла, паспортний показник, $\Delta P_{\text{к}}=0,00196$ МПа;

$\Delta P_{\text{тоа}}$ - гідравлічний опір теплообмінника, приймаю $\Delta P_{\text{в.к}}=0,05$ МПа;

$\Delta P_{\text{зх}}$ – гідравлічний опір триходового клапану, приймаю $\Delta P_{\text{зх}} = 0,024$ МПа;

Зам. інв. №

Підпис та дата

інв. №

Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата

ТП 91мп 88 03 ПЗ

Арк.

29

$\Delta P_{\text{тр}}$ - гідравлічний опір трубопроводів усередині котельні, МПа.

Гідравлічний опір трубопроводів обв'язки котла, МПа, обчислюю за формулою (3.4)

$$\Delta P_i = Rl(1 + \alpha) \cdot 10^{-6},$$

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

l – довжина обв'язки у двотрубному виконанні, $l=50$ м;

α - коефіцієнт місцевих опорів, $\alpha=f(d_{\text{cm}})$.

Беру швидкість води $\omega_v = 1,5$ м/с і з рівняння суцільності (нерозривності) визначаю внутрішній діаметр трубопроводу за формулою (3.5), $d_{\text{вн}}$, м

$$d_{\text{тр}} = 1,13 \sqrt{\frac{105,1}{1000 \cdot 1,5}} = 0,3 \text{ м.}$$

За довідковим даним беру внутрішній діаметр трубопроводу $d_{\text{мер}}=300$ мм і за [2] визначаю коефіцієнт місцевого опору $\alpha=f(d_{\text{cm}})=0,3$.

Уточнюю швидкість руху води за формулою (3.6), м/с

$$\omega_g = \frac{4 \cdot 105,1}{1000 \cdot 3,14 \cdot 0,3^2} = 1,48 \text{ м/с.}$$

Кінематичну в'язкість визначаю за середньою температурою теплоносія, яка дорівнює 90°C , тоді $\nu=f(t=80^\circ\text{C})=0,326 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ [2].

Визначаю число Рейнольдса за формулою (3.9)

$$Re = \frac{0,3 \cdot 1,48}{0,326 \cdot 10^{-6}} = 1361963.$$

Визначаю коефіцієнт опору тертя λ за формулою (3.8)

$$\lambda = 0,11 \cdot \left(\frac{1}{30} + \frac{68}{1361963} \right)^{0,25} = 0,047.$$

Питомі витрати тиску на тертя визначаю за формулою (3.7), Па/м

$$R = 0,047 \cdot \frac{1000 \cdot 1,48^2}{2} \cdot \frac{1}{0,3} = 171,6 \text{ Па/м.}$$

Опір трубопроводів, кПа

$$\Delta P_{\text{тр}} = 171,6 \cdot 50 \cdot (1 + 0,3) \cdot 10^{-3} = 11,15 \text{ кПа.}$$

Тиск насоса циркуляції котла Viessmann

$$H_{\text{к.ц.в.}} = 1,1 \cdot 0,00196 + 0,05 + 0,024 + 0,01115 = 0,1 \text{ МПа.}$$

За величинами $V_{\text{н.м}} = 380 \text{ м}^3/\text{Год}$ та $H_{\text{мер}} = 0,1$ МПа обираю циркуляційний насос типу Wilo ІІ 200/270-30/4, з наступними характеристиками:

- подача – $450 \text{ м}^3/\text{Год}$;
- тиск – $0,15 \text{ МПа}$;

Зам. інв. №

Підпис та дата

інв. №

Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата

ТП 91мп 88 03 ПЗ

Арк.

30

- ККД – 87,5%;
- потужність електродвигуна – 30 кВт;
- частота обертання електродвигуна – 2900 об/хв.

Загальний вигляд насоса зображений на рисунку 3.6.



Рисунок 3.6 – Загальний вигляд циркуляційного насосу

3.2.3 Насос циркуляції котла КВ ГМ – 10 – 150

Оскільки котли КВ ГМ – 10 – 150 резервуються, та з економічних причин, для циркуляції теплоносія до котлів КВ ГМ – 10 – 150 встановлюється по 1 насосу на кожен котел, без встановлення додаткових триходових клапанів захисту від низької температури в зворотньому трубопроводі.

Схема обв'язки котла насосом наведена на рисунку 3.7.

Зам. інв. №	
Підпис та дата	
Інв. №	

Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата

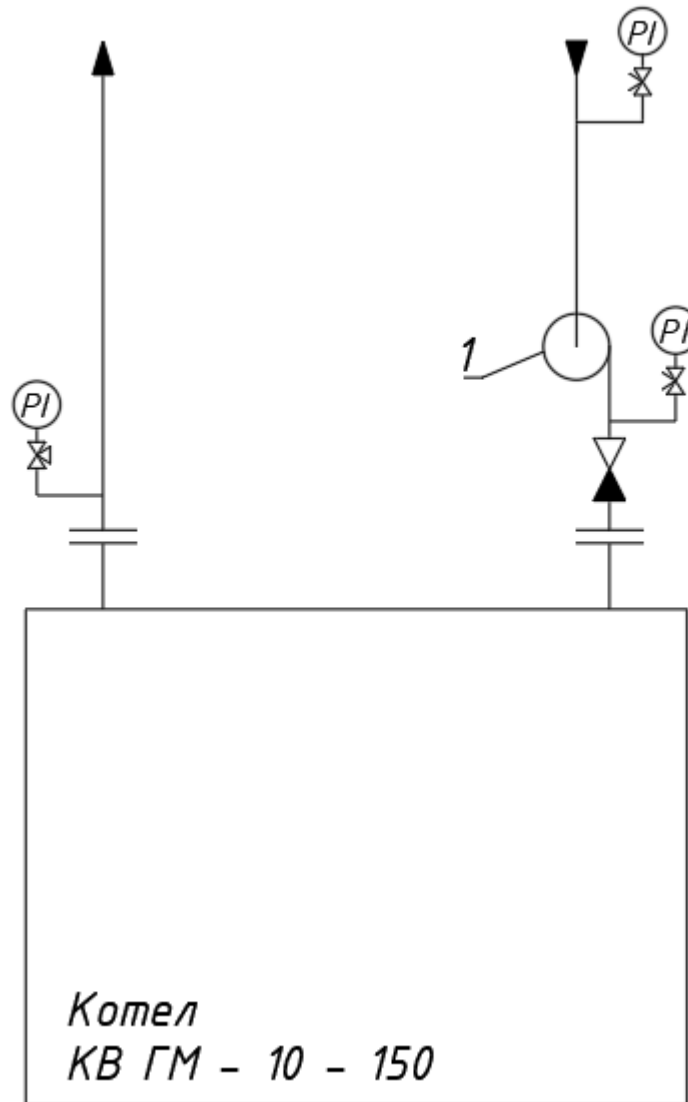
ТП 91мп 88 03 ПЗ

Арк.

31

до теплообмінників

від теплообмінників



1 – насос циркуляційний:

Рисунок 3.7 – Схема обв'язки котла KV GM – 10 – 150

Згідно зі схемою, що наведена на рис. 3.5, циркуляційний насос встановлюється на зворотньому трубопроводі котла, пройшовши крізь котел, теплоносій прямує одразу до теплообмінників.

Методика розрахунку аналогічна методиці в п. 3.2.2. Результати розрахунку див. таблицю 3.2.

За величинами $V_{н.м}=135 \text{ м}^3/\text{год}$ та $H_{мер}= 0,38 \text{ МПа}$ обираю циркуляційний насос типу Wilo IL 100/170-30/2, з наступними характеристиками:

- подача – $155 \text{ м}^3/\text{год}$;
- тиск – $0,4 \text{ МПа}$;
- ККД – $87,5\%$;
- потужність електродвигуна – 30 кВт ;

Зам. інв. №

Підпис та дата

інв. №

Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата

ТП 91мп 88 03 ПЗ

Арк.

32

Таблиця 3.2 – Результати вибору циркуляційного насосу котла КВ ГМ – 10 – 150

Найменування величини	Позначення	Одиниця	Значення величини
Витрата води	$V_{н.м}$	м ³ /год	135
Гідравлічний опір котла	ΔP_k	МПа	0,3
Гідравлічний опір теплообмінника	$\Delta P_{тоа}$	МПа	0,05
Діаметр трубопроводу розрахунковий	$d_{тр}$	м	0,178
Діаметр трубопроводу приймаю	$d_{тр}$	м	0,15
Уточнена швидкість руху води	ω_v	м/с	2,1
Число Рейнольдса	Re	-	966257
Коефіцієнт опору тертя	λ	-	0,055
Питомі втрати тиску	R	Па/м	404,25
Гідравлічний опір трубопроводів	$\Delta P_{тр}$	кПа	26,27
Тиск насосу	$H_{к.ц.квгм.}$	МПа	0,38

– частота обертання електродвигуна – 2900 об/хв.

Загальний вигляд насосу – див. рис. 3.6.

3.2.4 Насоси підживлення

Насоси для підживлення призначені для заповнення витікання води в закритих системах теплопостачання.

Схема контуру підживлювальної води наведена на рис. 3.8.

Гідравлічний розрахунок тракту підживлювальної води

а) Подачу підживлювальних насосів визначають за масовою витратою води для підживлення, одержаною при розрахунку теплової схеми котельної

$$V_{підж} = \frac{2 \cdot G_{вит}}{\rho} \cdot 3600, \quad (3.12)$$

де $G_{вит} = G_{підж}$ – витрата води на підживлення.

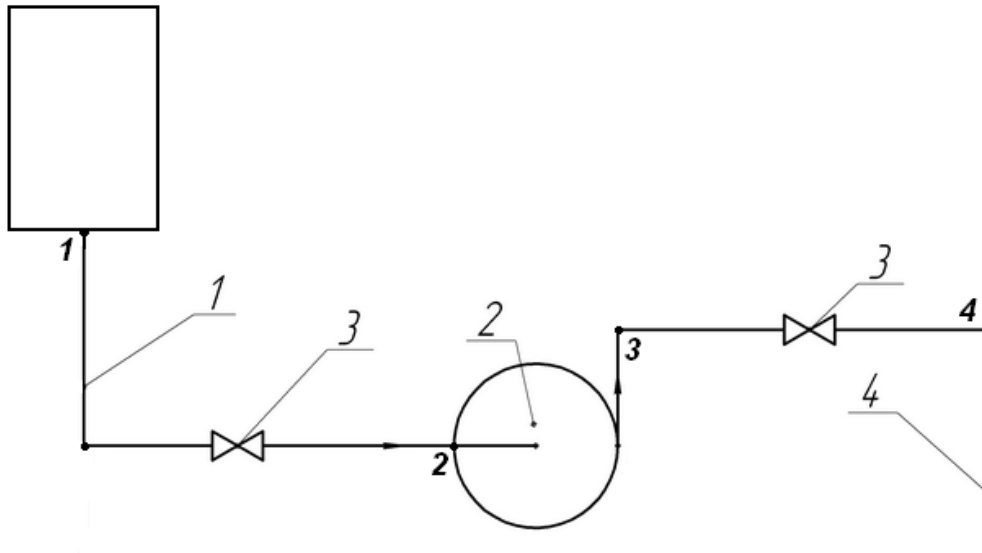
б) Розбиваємо тракт на ділянки 1-2 та 3-4.

Беру швидкість руху води на ділянці 1-2 $\omega_v^{(1-2)'} = 1,0$ м/с, а на ділянці 3-4 $\omega_v^{(3-4)} = 2,5$ м/с

в) Діаметри трубопроводів.

Зам. інв. №	
Підпис та дата	
Інв. №	

						ТП 91мп 88 03 ПЗ	Арк.
							33
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		



1 – трубопровід підживлювальної води; 2 – підживлювальний насос; 3 – вентиль; 4 – трубопровід зворотної мережної води

Рисунок 3.8 - Схема контуру підживлюваної води

З рівняння суцільності (нерозривності)

$$d_{вн} = 1130 \cdot \sqrt{\frac{G_{підж}}{\rho_B \cdot \omega_B}} \quad (3.13)$$

г) Знаходимо дійсні швидкості руху води, м/с:

На ділянці 1-2

$$\omega_B^{1-2} = \frac{4 \cdot G_{підж}}{\rho \cdot \pi \cdot (d_{вн}^{1-2})^2}; \quad (3.14)$$

На ділянці 3-4

$$\omega_B^{3-4} = \frac{4 \cdot G_{підж}}{\rho \cdot \pi \cdot (d_{вн}^{3-4})^2}; \quad (3.15)$$

д) Число Рейнольдса

$$Re = \frac{d_{вн} \cdot w_B}{\nu}, \quad (3.16)$$

де ν - кінематична в'язкість, $\nu = f(t = 20^\circ\text{C}) = 1,006 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$.

е) Коефіцієнт гідравлічного тертя

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{k_e}{d'} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25}, \quad (3.17)$$

де k_e – еквівалентний коефіцієнт абсолютної шорсткості внутрішньої поверхні труби; відповідно до Правил Держтехнагляду усі трубопроводи промислових й опалювальних котелень можуть виготовлятися із сталених безшовних зварних труб, виконаних з вуглецевої сталі, для яких $k_e=0,01 \text{ см}$;

Зам. інв. №

Підпис та дата

інв. №

Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата

ТП 91мп 88 03 ПЗ

Арк.

34

d' - внутрішній діаметр трубопроводу, см.

Питомі витрати тиску на тертя, Па/м

$$R = \lambda \cdot \frac{\rho_{\text{в}} \omega_{\text{в}}^2}{2} \cdot \frac{1}{d'}$$

ж) Втрата тиску в місцевих опорах, Па

$$P_{\text{м.о}} = \sum \xi \cdot \frac{\rho_{\text{вод}} \omega_{\text{в}}^2}{2}, \quad (3.18)$$

де ξ - коефіцієнт місцевого опору.

На ділянці 1-2 є наступні місцеві опори: поворот - $\xi_{\text{пов.}}=1,0$, вентиль - $\xi_{\text{вент.}}=1,0$, раптове звуження $\xi_{\text{звуж.}}=0,5$; на ділянці 3-4 є наступні місцеві опори: вентиль, раптове розширення $\xi_{\text{розш.}}=1,0$.

з) Втрати тиску по тракту підживлювальної води, МПа

$$\Delta P_T = \sum (R \cdot l + P_{\text{ом}}) \cdot 10^{-6}. \quad (3.19)$$

и) Гідравлічний опір трубопроводу та арматури лінії, МПа

$$\Delta P_{\text{тр}} = \Delta P_{\text{т1}} + \Delta P_{\text{т2}}; \quad (3.20)$$

і) Тиск підживлювальних насосів вибирається залежно від гідравлічних опорів трубопроводів та тиску в зворотній магістралі $P_{\text{зв.к.}} = 0,44$ МПа, $P_{\text{зв.м.}} = 0,36$ МПа

$$H_{\text{п.в.}} = \Delta P_{\text{пов}} + \Delta P_{\text{тр}}; \quad (3.21)$$

Результати розрахунку зведені в таблиці 3.3.

За подачею та тиском обираю насосну станцію підживлення котлового контуру типу Wilo CO-2 MHI 406N/ER-EB з наступними характеристиками:

подача - 2-10 м³/год;

тиск - 0,6 МПа;

ККД - 83%;

потужність електродвигуна - 1,1 кВт;

частота обертання електродвигуна - 2900 об/хв.

За подачею та тиском обираю насосну станцію підживлення мережного контуру типу Wilo SiBOOST SMART 3 HELIX VE 1004 з наступними характеристиками:

подача - 21 м³/год;

тиск - 0,45 МПа;

ККД - 89%;

потужність електродвигуна - 2,2 кВт;

частота обертання електродвигуна - 2900 об/хв.

Зам. інв. №

Підпис та дата

інв. №

Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата

ТП 91мп 88 03 ПЗ

Арк.

35

Таблиця 3.3 – Результати розрахунку підживлюваних насосів котлового та мережного контурів

Найменування величини	Позначення	Одиниця	Значення величини	
			Котловий контур	Мережний контур
Подача підживлювальних насосів	$V_{\text{підж}}$	м ³ /год	10	21
Довжини ділянок 1-2	$l^{(1-2)}$	м	20	20
Довжини ділянок 3-4	$l^{(3-4)}$	м	15	20
Діаметри трубопроводів	$d_{\text{вн}}^{(1-2)}$	м	0,059	0,0863
	$d_{\text{вн}}^{(3-4)}$	м	0,038	0,0546
Стандартні значення діаметрів	$d_{\text{вн}}^{1-2}$	м	0,05	0,08
	$d_{\text{вн}}^{3-4}$	м	0,05	0,08
Швидкості руху води	$\omega_{\text{в}}^{1-2}$	м/с	1,41	1,16
	$\omega_{\text{в}}^{3-4}$	м/с	1,41	1,16
Число Рейнольдса	Re^{1-2}	-	70079	92246
	Re^{3-4}	-	70079	92246
Коефіцієнт гідравлічного тертя	λ^{1-2}	-	0,025	0,023
	λ^{3-4}	-	0,025	0,023
Питомі втрати тиску на тертя	R^{1-2}	Па/м	497	193,4
	R^{3-4}	Па/м	497	193,4
Втрати тиску на місцевих опорах	$p_{\text{м.о}}^{(1-2)}$	Па	890	670
	$p_{\text{м.о}}^{(3-4)}$	Па	1654	2253
Втрати тиску по тракту	ΔP_T	МПа	0,019	0,01
Гідравлічний опір трубопроводу	$\Delta P_{\text{тр}}$	МПа	0,019	0,01
Напір насосів	$H_{\text{п.в.}}$	МПа	0,46	0,37

Насосна станція підживлення котлового контуру представлена на рисунку 3.10, а мережного контуру – на рисунку 3.11.

Зам. інв. №

Підпис та дата

Інв. №

Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата

ТП 91мп 88 03 ПЗ

Арк.

36



Рисунок 3.10 – Насосна станція підживлення котлового контуру



Рисунок 3.11 – Насосна станція підживлення мережного контуру

Зам. інв. №	
Підпис та дата	
Інв. №	

Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата

ТП 91мп 88 03 ПЗ

Арк.

37

3.3 Вибір теплообмінників

Теплообмінники, що встановлені в котельні, є типовими пластинчастими рекуперативними теплообмінниками поверхневого типу, які призначені для підігріву мережної води водою з котлового контуру.

Вихідні дані до розрахунку:

1) Потік теплоти який витрачається на підігрів води $Q = 26$ МВт;

2) Початкова температура мережної води $t_2' = 55^\circ\text{C}$;

3) Кінцева температура мережної води $t_2'' = 95^\circ\text{C}$;

4) Початкова температура нагрівальної котлової води $t_1' = 130^\circ\text{C}$;

5) Кінцева температура нагрівальної котлової води $t_1'' = 70^\circ\text{C}$;

6) Робочий тиск $P = 1,6 \cdot 10^6$ Па;

7) Теплофізичні властивості котлової води при середній температурі $\bar{t}_1 = 0,5 \cdot (130 + 70) = 100^\circ\text{C}$ [3]:

- густина $\rho_1 = 958,4 \text{ кг/м}^3$;
- питома теплоємність $c_1 = 4220 \frac{\text{Дж}}{(\text{кг}\cdot\text{K})}$;
- теплопровідність $\lambda_1 = 0,68 \frac{\text{Вт}}{(\text{м}\cdot\text{K})}$;
- кінематична в'язкість $\nu_1 = 0,295 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$;

8) Теплофізичні властивості сирої води при середній температурі $\bar{t}_2 = 0,5 \cdot (95 + 55) = 75^\circ\text{C}$ [3]:

- густина $\rho_2 = 974,8 \text{ кг/м}^3$;
- питома теплоємність $c_2 = 4190 \frac{\text{Дж}}{(\text{кг}\cdot\text{K})}$;
- теплопровідність $\lambda_2 = 0,671 \frac{\text{Вт}}{(\text{м}\cdot\text{K})}$;
- кінематична в'язкість $\nu_2 = 0,415 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$;

9) Теплообмінник компонується з пластин типу 0,67 з кутом перетину вершин гофр 120° .

Геометричні розміри пластин та каналів які вони створюють:

- площа поверхні теплообміну однієї пластини $F_1 = 0,67 \text{ м}^2$;
- еквівалентний діаметр між пластинчатого каналу $d_e = 0,0083 \text{ м}$;
- площа поперечного перерізу одного каналу $f_1 = 0,00245 \text{ м}^2$;
- приведена довжина каналу $L_n = 1,01 \text{ м}$;
- діаметр умовного проходу кутового отвору $D_y = 200 \text{ мм}$.

Тепловий розрахунок

1) Потік теплоти, який передається в теплообміннику, Вт [7]:

Зам. інв. №	
Підпис та дата	
інв. №	

Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата

ТП 91мп 88 03 ПЗ

Арк.

38

$$Q = G_2 \cdot c_2 (t_2'' - t_2'); \quad (3.22)$$

2) Витрата мережевої води, що нагріває холодну воду [7]:

- масова, кг/с

$$G_1 = \frac{Q}{c_1 (t_1' - t_1'')}; \quad (3.23)$$

- об'ємна, м³/год

$$V_1 = \frac{3600 \cdot G_1}{\rho_1}; \quad (3.24)$$

3) Середній температурний напір, К [7]:

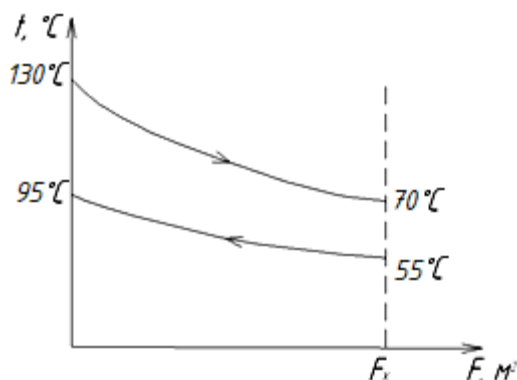


Рисунок 3.12 – Середній температурний напір водоводяного підігрівача сирої води

$$\Delta t_6 = 130 - 95 = 35^\circ\text{C};$$

$$\Delta t_M = 70 - 55 = 15^\circ\text{C}.$$

$$\Delta \bar{t} = \frac{\Delta t_6 - \Delta t_M}{\ln \frac{\Delta t_6}{\Delta t_M}}; \quad (3.25)$$

4) Швидкість мережевої води в каналах теплообмінника, м/с [7]

$$W_1 = \frac{G_1}{z_1 \cdot f_1 \cdot \rho_1}; \quad (3.26)$$

де z_1 – кількість каналів у теплообміннику з нагрівальної сторони.

f_1 – площа поперечного перерізу каналу, м².

5) Число Рейнольдса

$$Re_1 = \frac{W_1 \cdot d_e}{\nu_1}; \quad (3.27)$$

6) Значення критерія Прандтля при $\bar{t}_1 = 83^\circ\text{C}$ [3]

$$Pr_1 = \frac{c_1 \cdot \nu_1 \cdot \rho_1}{\lambda_1}; \quad (3.28)$$

7) Число Нуссельта [7]

$$Nu_1 = 0,135 \cdot Re_1^{0,73} \cdot Pr_1^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr_1}{Pr_{cm1}} \right)^{0,25}; \quad (3.29)$$

8) Коефіцієнт тепловіддачі від мережевої води до стінки каналу, Вт/(м²·К) [7]

Зам. інв. №

Підпис та дата

інв. №

Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата

ТП 91мп 88 03 ПЗ

Арк.

39

$$a_1 = \frac{Nu_1 \cdot l_1}{d_e}; \quad (3.30)$$

9) Число Рейнольдса для води, що нагрівається [7]

$$Re_2 = \frac{W_2 \cdot d_e}{\nu_2}; \quad (3.31)$$

11) Значення критерія Прандтля

$$Pr_2 = \frac{c_2 \cdot \nu_2 \cdot \rho_2}{\lambda_2}; \quad (3.32)$$

12) Число Нуссельта для води, що нагрівається [7]

$$Nu_2 = 0,135 \cdot Re_2^{0,73} \cdot Pr_2^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr_2}{Pr_{cm2}}\right)^{0,25}; \quad (3.33)$$

13) Коефіцієнт тепловіддачі від стінки до сирої води, Вт/(м²·К) [7]

$$\alpha_2 = \frac{Nu_2 \cdot \lambda_2}{d_e}; \quad (3.34)$$

14) Термічний опір стінки пластини та забруднень на ній.

- термічний опір забруднень на стінці зі сторони гріючого потоку (мережева вода):

$$\frac{\delta_1}{\lambda_1} = 0,00045 \frac{(m^2 \cdot K)}{Вт};$$

- термічний опір стінки (зі сталі 12Х1Ш10Т) при її товщині $\delta_{ст} = 1$ мм :

$$\frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} = 0,000063 \frac{(m^2 \cdot K)}{Вт};$$

- термічний опір забруднень на стінці зі сторони потоку, що нагрівається (сира вода):

$$\frac{\delta_2}{\lambda_2} = 0,00023 \frac{(m^2 \cdot K)}{Вт};$$

15) Коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м²·К) [7]

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_{cm}}{\lambda_{cm}} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_2}}; \quad (3.35)$$

16) Площа поверхні теплообміну апарата, м² [7]

$$F_a = \frac{Q}{K \cdot \Delta \bar{t}}; \quad (3.36)$$

Конструкторський розрахунок.

1) Площа поперечного перерізу пакета, м² [7]:

$$f_n = \frac{V}{3600 \cdot W}; \quad (3.37)$$

2) Кількість каналів в одному пакеті [7]

$$m = \frac{f_n}{f_1}; \quad (3.38)$$

3) Число пластин в одному пакеті, шт.

- для нагрівального потоку (мережна вода)

$$n_1 = 2 \cdot m_1;$$

Зам. інв. №

Підпис та дата

Інв. №

Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата

ТП 91мп 88 03 ПЗ

Арк.

40

- для потоку, що нагрівається (сира вода)

$$n_2 = 2 \cdot m_2;$$

4) Поверхня теплообміну одного пакета, м²

- для нагрівального потоку (мережна вода)

$$F_{п1} = F_1 \cdot n_1;$$

- для потоку, що нагрівається (сира вода)

$$F_{п2} = F_1 \cdot n_2.$$

5) Кількість пакетів в апараті, шт.

$$X = \frac{F_a}{F_n}; \quad (3.39)$$

6) Число пластин в апараті, шт. [2]

$$n_a = \frac{F_a + 2 \cdot F_n}{f_n}; \quad (3.40)$$

7) Фактична площа поперечного перерізу пакетів, м² [7]

$$f_n = f_1 \cdot m; \quad (3.41)$$

Розрахунок виконано у спеціалізованій програмі підбору теплообмінних апаратів DANFOSS, результати розрахунку представлено нижче в таблиці 3.4.

Зам. інв. №					
Підпис та дата					
Інв. №					
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата
ТП 91мп 88 03 ПЗ					Арк. 41

Таблиця 3.4 – Результати розрахунку теплообмінних апаратів.



ENGINEERING
TOMORROW

Customer:	EnerTex
Quotation no.:	
Att.:	
Ref.:	
Item No	
Date	
Version	1.2.7320.24302 10.48A

Single Section Heat Exchanger – Design & Data list

PHE-Type	S63-IS16-162-TM		
		Hot side	Cold side
		Water	Water
Flowrate	kg/s	52,14	78,75
Inlet temperature	°C	130	55
Outlet temperature	°C	70	95
Pressure drop	kPa	23,09	48,66
Heat exchanged	kW	13200	

Thermodynamic properties:

Thermodynamic properties:		Water	Water
Density	kg/m ³	957,58	975,1
Specific heat	kJ/kg*K	4,22	4,19
Thermal conductivity	W/m*K	0,68	0,66
Mean viscosity	mPa*s	0,31	0,4
Wall viscosity	mPa*s	0,4	0,31
Fouling factors	m ² *K/kW	0,0181	0,0181
Dimensioning factor		22,89 %	
Inlet Branch		F1	F3
Outlet branch		F4	F2

Design of Frame / Plates:

Plate arrangement		1x80 + 0x0	1x81 + 0x0
Number of plates		162	
Effective heat surface	m ²	108,8	
Overall K-value	W/m ² *K	5139,86	6316,45
Duty/Clean			
Plate material		0.5 mm AISI 316	
Gasket material / Max. temp.		EPDM HT SONDER LOCK (S) 150 °C	
Max. design temperature	°C	150	
Max. Working/test pressure	MPa	1,6	2,08
Max. Differential pressure	MPa	1,6	
Frame type	Max. No. of Plates	IS16/172	
Paint Specification		Category C2L BLUE RAL 5010	
Connections HOT side		DN 150 Flange St.37 PN16	
Connections COLD side		DN 150 Flange St.37 PN16	
Liquid volume	dm ³	248	251,1
Frame length	mm	1595	172
Net weight	kg	1608,75	

Зам. інв. №

Підпис та дата

Інв. №

Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата

ТП 91мп 88 03 ПЗ

Арк.

42

Отже, в результаті розрахунку були обрані три теплообмінники фірми «DANFOSS» з типу S63-IS16-162-TM (див. рисунок 3.13).

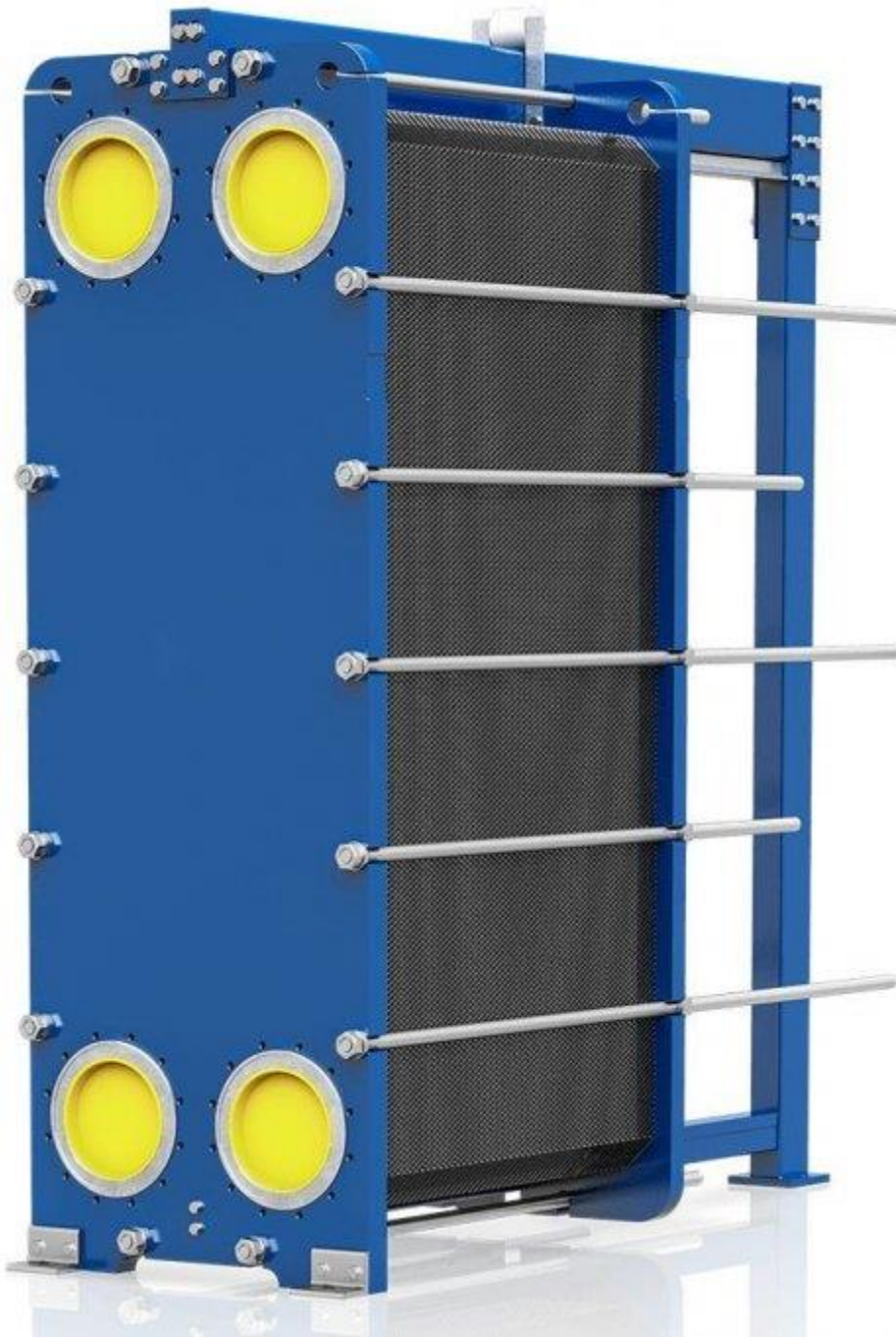


Рисунок 3.13 – Теплообмінник пластинчастий DANFOSS IS63

Зам. інв. №

Підпис та дата

Інв. №

Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата

ТП 91мп 88 03 ПЗ

Арк.

43

3.4 Вибір триходових клапанів

3.4.1 Методика розрахунку

Вода, що подається до споживача, регулюється триходовим клапаном. Принцип регулювання клапану полягає в якісному порівнянні температур потоків теплоносія, і вибору оптимального положення керуючого органу (шток, диск і т.д.) таким чином, щоб досягалась необхідна температура суміші, і, як наслідок, застосовувались енергозберігаючі заходи.

Вибір триходових клапанів слід здійснювати виходячи з умов перепаду тисків і пропускної спроможності клапану.

- 1) Визначення пропускної здатності триходового клапану [8]

$$k_v = \frac{V_{TH}}{\sqrt{\Delta P}}, \quad (3.42)$$

де V_{TH} – об'ємна витрата теплоносія через регулювальний клапан, м³/год;

ΔP – перепад тиску на регулювальному клапані, бар.

- 2) Вибір клапану і порівняння з розрахованою пропускною здатністю клапану [8]

$$k_{vs} > k_v, \quad (3.43)$$

де k_{vs} – пропускна спроможність обраного клапану, м³/год.

- 3) Об'ємна витрата, м³/год, через повністю відкритий клапан при розрахунковому перепаді тиску визначається за формулою [8]

$$V_{\max} = k_{vs} \cdot \sqrt{\Delta P}. \quad (3.44)$$

- 4) Втрати тиску, бар, на повністю відкритому регулювальному клапані при розрахунковій об'ємній витраті, м³/год, визначається за формулою [8]

$$\Delta P_p = \left(\frac{V}{k_{vs}}\right)^2. \quad (3.45)$$

- 5) Швидкість потоку, м/с, що проходить через регулювальний клапан, розраховується за формулою [8]

$$v = \frac{4 \cdot V \cdot 1000}{3,14 \cdot DN^2 \cdot 3,6} \leq 3,5 \text{ м/с}, \quad (3.46)$$

де DN - умовний номінальний діаметр обраного клапану, мм.

- 6) Визначення ступеня відкриття регулювального клапану, %, здійснюється за формулою [8]

$$x = \frac{K_v}{k_{vs}} \cdot 100\% \geq 30\%. \quad (3.47)$$

Зам. інв. №

Підпис та дата

інв. №

Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата

ТП 91мп 88 03 ПЗ

Арк.

44

Таблиця 3.6 – Результати розрахунку 3х-ходового погодозалежного регулювання

Найменування	Позначення	Одиниця	Значення
Об'ємна витрата теплоносія	V_{mi}	$m^3/год$	392
Перепад тиску заданий	ΔP	бар	0,25
Пропускна спроможність клапану	k_v	$m^3/год$	783
Номінальна пропускна спроможність клапану	k_{vs}	$m^3/год$	800
Номінальний діаметр клапану	DN	-	200
Втрати тиску на відкритому клапані	ΔP_p	бар	0,24
Швидкість на клапані	v	м/с	3,46
Степінь відкриття клапану	x	%	97

Отже, за розрахунком було підбрано триходовий клапан фірми Clorius типу G3FM-TR (див. рисунок 3.14) з параметрами:

- номінальний діаметр DN – 200 мм;
- пропускна спроможність $k_{vs}=800 m^3/год$.



Рисунок 3.14 – Триходовий клапан фірми Clorius

3.5 Висновки з розділу 3

Зам. інв. №	
Підпис та дата	
Інв. №	

Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата

ТП 91мп 88 03 ПЗ

Арк.

46

Отже, в розділі 3 було розраховано і підібрано все основне обладнання, необхідне для роботи котельні, а саме:

- котел Viessmann D HW потужністю 26400 кВт;
- мережні насоси Wilo SCP 200/460HA-160/4;
- циркуляційні насоси Wilo IL 200/270-30/4 та Wilo 100/170-30/2;
- теплообмінники незалежного приєднання системи опалення Danfoss S63-IS16-162-TM;
- триходові клапани погодозалежного регулювання Broen G3FM-T;
- триходові клапани захисту котлів від холодної зворотньої магістралі Broen G3FM-T.

Зам. інв. №							ТП 91мп 88 03 ПЗ	Арк.
Підпис та дата								47
Інв. №								
		Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата	

4 ВОДОПІДГОТОВКА КОТЕЛЬНІ

4.1 Загальні положення

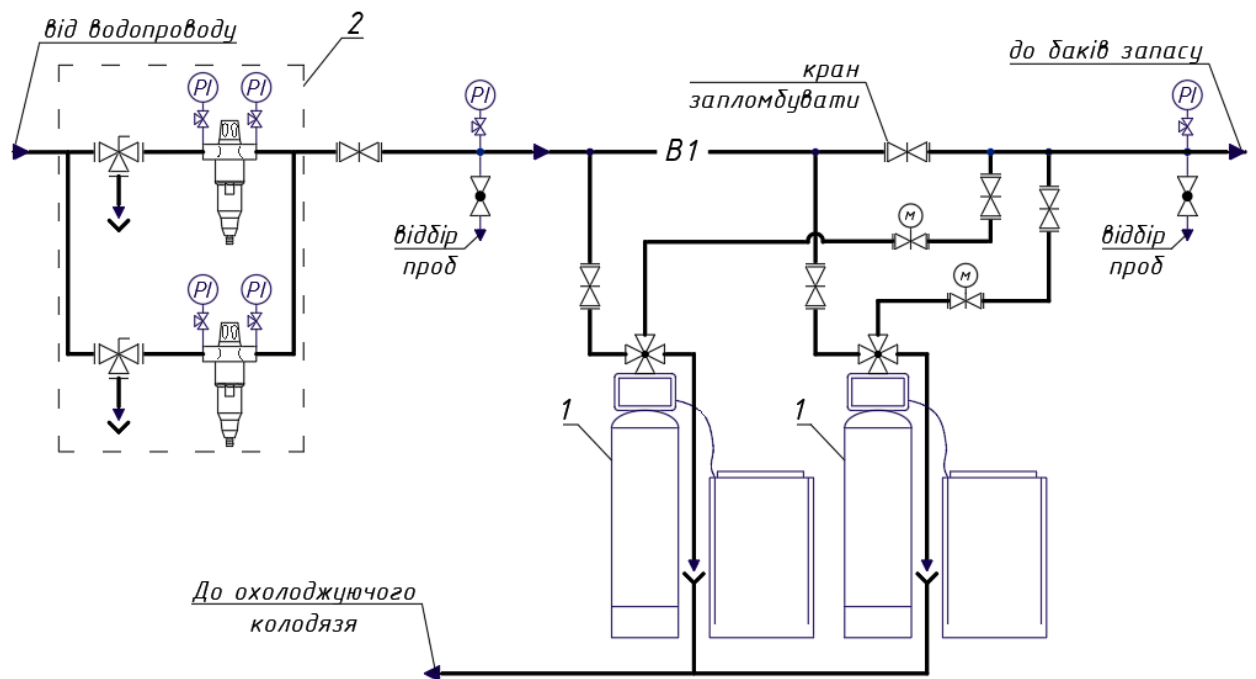
Вода, яка використовується в системі водопостачання на різних етапах, має різну назву. Природна вода з джерела водопостачання називається початковою, або сирою, а вода, що подається в котел, – живильною. Остання утворюється з конденсату і додаткової води.

Природна вода містить мінеральні і органічні домішки: грубодисперсні речовини з розміром часток більше 0,5 мкм; колоїдні речовини з частками розміром менше 0,001 мкм, до яких відносяться гази, солі і різні органічні речовини. Наявність цих речовин у воді призводить до внутрішньої корозії поверхонь нагріву котлів, устаткування і теплопроводів, а також появи накипу і шламу. Унаслідок чого, прохідний переріз труб зменшується, процес теплопередачі погіршується, і відбуваються локальні пергари труб в котлах.

Для того, щоб запобігти цим процесам, в котельних використовуються системи хімоводопідготовки сирі води. В процесі хімоводопідготовки сира вода очищується від шкідливих домішок, солей та ін.

4.2 Опис схеми

Схема водопідготовки наведена на рисунку 4.1.



1 – Na-катіонітний фільтр; 2 – фільтр механічний.

Рисунок 4.1– Система водопідготовки

Система водопідготовки котельної призначена для підготовки води для підживлення теплових мереж із закритою системою теплопостачання.

Зам. інв. №

Підпис та дата

інв. №

Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата

ТП 91мп 88 03 ПЗ

Арк.

48

4.3 Розрахунки водопідготовки

4.3.1 Продуктивність водопідготовки

З розрахунку теплової схеми відома витрата пом'якшеної води, що поступає в деаератор, яка є продуктивністю водопідготовки, тобто

$$G = G_{\text{вит}} = 5,82 \text{ кг/с} = 20,92 \text{ т/год.}$$

Приймаємо загальну продуктивність водопідготовчої установки 20,92 т/год.

Приймаю продуктивність водопідготовки по фільтрах:

$$G = 20,92 \text{ т/год.}$$

4.3.2 Розрахунок натрій-катіонітних фільтрів

Розрахунок водопідготовки починаю з вибору Na-катіонітних фільтрів, далі – вибір механічного фільтра

4.3.3 Розрахунок натрій-катіонітових фільтрів

Вихідні дані:

Продуктивність	20,92	т/год;
Загальна жорсткість	0,12	мг-екв/л;
Залишкова жорсткість	0,025	мг-екв/л;
Максимальна швидкість фільтрації	40	м/год.

До водопідготовчої установки по [9] приймаю один робочий натрій-катіонітовий фільтр марки LWT-SFD-665 з площею фільтрації $f = 0,657 \text{ м}^2$, діаметром $D_{\text{ц}} = 900 \text{ мм}$ і висотою шару катіоніту $h_{\text{сл}} = 1.8 \text{ м}$ і аналогічний фільтр LWT-SFD-665 для резерву та регенерації. Таким чином отримуємо так звану «дуплекс (Duplex)» систему, коли установка може безперервно пом'якшувати воду, оскільки поки один фільтр на регенерації, інший – у роботі, далі навпаки.

Швидкість фільтрації [9]

$$\omega = \frac{G}{f \cdot n}; \quad (4.1)$$
$$\omega = \frac{20,92}{0,657 \cdot 1} = 31,8 \text{ м/год.}$$

Кількість регенерацій [9]

$$m = \frac{24 \cdot J_0 \cdot G}{f \cdot h_{\text{сл}} \cdot E \cdot n}; \quad (4.2)$$

де E – робоча обмінна ємкість катіоніту, $E = 250 \text{ г-екв/м}^3$ за [9];

J_0 – загальна жорсткість води, що поступає у фільтр, $J_0 = 0,1 \text{ мг-екв/л}$.

Зам. інв. №	
Підпис та дата	
інв. №	

Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата

ТП 91мп 88 03 ПЗ					
Арк.					
50					

$$m = \frac{24 \cdot 0,1 \cdot 20,92}{0,657 \cdot 2 \cdot 250 \cdot 1} = 0,15 \text{ рег/добу.}$$

Витрата 100% повареної солі на одну регенерацію

$$B_c = \frac{E \cdot f \cdot h_{сл} \cdot b_c}{1000}, \quad (4.3)$$

де b_c – питома витрата реагенту, $b_c = 350$ г/Г-екв за [9]

$$B_c = \frac{250 \cdot 0,657 \cdot 2 \cdot 350}{1000} = 115 \text{ кг/рег}$$

Добова витрата солі [9]

$$B_c^{доб} = \frac{B_c \cdot m \cdot n \cdot 100}{93}, \quad (4.4)$$

де 93 – вміст NaCl в технічній солі, %

$$B_c^{доб} = \frac{115 \cdot 0,15 \cdot 1 \cdot 100}{93} = 18,5 \text{ кг/добу.}$$

Витрата регенераційного розчину повареної солі

$$B_c^{26} = \frac{B_c \cdot 100}{1000 \cdot 1,2 \cdot 26}, \quad (4.5)$$

де 1,2 – густина 26 % розчину солі, т/м³;

26 % – процентний вміст солі в розчині.

$$B_c^{26} = \frac{115 \cdot 100}{1000 \cdot 1,2 \cdot 26} = 0,37 \text{ м}^3/\text{рег.}$$

Витрата води на взрхлюючу промивку [9]

$$q_{взр} = \frac{i \cdot f \cdot 60 \cdot t_{взр}}{1000}, \quad (4.6)$$

де i – інтенсивність взрхлюючої промивки, $i = 3$ л/(м²·с) за [9];

$t_{взр}$ – тривалість взрхлюючої промивки, $t_{взр} = 20$ хв.

$$q_{взр} = \frac{3 \cdot 0,657 \cdot 60 \cdot 20}{1000} = 2,36 \text{ м}^3/\text{рег.}$$

Витрата води на приготування регенераційного розчину [9]

$$q_p = \frac{B_c \cdot 100}{1000 \cdot \rho_p \cdot b}, \quad (4.7)$$

де b – концентрація регенераційного розчину, $b = 8$ %;

ρ_p – густина регенераційного розчину при 20 °С, $\rho_p = 1,056$ т/м³.

$$q_p = \frac{115 \cdot 100}{1000 \cdot 1,056 \cdot 8} = 1,36 \text{ м}^3/\text{рег.}$$

Витрата води на відмивання від продуктів регенерації [9]

$$q_{від} = q_{кат} \cdot f \cdot h_{сл}, \quad (4.8)$$

де $q_{кат}$ – питома витрата води на відмивання катіоніту, $q_{кат} = 6$ м³/м³ за [9].

$$q_{від} = 6 \cdot 0,657 \cdot 2 = 7,88 \text{ м}^3/\text{рег.}$$

Зам. інв. №	
Підпис та дата	
Інв. №	

Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата

ТП 91мп 88 03 ПЗ

Арк.

51

Витрата води на одну регенерацію [9]

$$q_v = q_{взр} + q_p + q_{від}; \quad (4.9)$$

$$q_v = 2,36 + 1,36 + 7,88 = 11,6 \text{ м}^3/\text{рег.}$$

Добова витрата води на регенерацію

$$q_v^{доб} = q_v \cdot m \cdot n; \quad (4.10)$$

$$q_v^{доб} = 11,6 \cdot 0,15 \cdot 1 = 1,74 \text{ м}^3/\text{добу.}$$

Витрата води на власні потреби за годину

$$q_v^{сер} = \frac{q_v^{доб}}{24}; \quad (4.11)$$

$$q_v^{сер} = \frac{1,74}{24} = 0,0725 \text{ м}^3/\text{год.}$$

4.3.4 Вибір допоміжного обладнання:

Склад реагентів

Зберігання повареної солі передбачає 30-ти денний запас, при доставці її автомобільними шляхами.

- об'єм резервуарів, м³

$$V = \frac{1,5 \cdot B_c \cdot (b + \rho)}{1000}, \quad (4.12)$$

де b – необхідний запас на 30 діб;

ρ – залишок солі на 10 діб.

$$V = \frac{1,5 \cdot 115 \cdot (30 + 10)}{1000} = 6,9 \text{ м}^3.$$

Кожен Na-катіонітний фільтр має власний бак мокрого зберігання розчину солі для регенерації, кожен ємністю 5 м³, що цілком забезпечить зберігання необхідного запасу.

В результаті розрахунку обираю станцію хімоводоочстки фірми “LWT” SFD-665 Duplex та механічний фільтр з ручною промивкою Azud PDF216A-S.

Станція пом'якшення та фільтр представлені на рисунках 4.2 та 4.3 відповідно.

4.4 Висновки з розділу 4

Отже, в розділі 4 було розглянуто класичну схему одноступеневої водопідготовчої установки, та було вибрано Na – катіонітну установку фірми LWT типу SFD-665 Duplex та механічний фільтр фірми Azud типу PDF216A-S.

Продуктивність водопідготовки склала 21 м³/год.

Зам. інв. №	
Підпис та дата	
Інв. №	

						ТП 91мп 88 03 ПЗ	Арк.
							52
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		



Рисунок 4.2 – Установка На-катионування



Рисунок 4.3 - Механічний фільтр з ручною промивкою

Зам. інв. №

Підпис та дата

Інв. №

Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата

ТП 91мп 88 03 ПЗ

Арк.

53

5 ГАЗОПОСТАЧАННЯ КОТЕЛЬНОЇ

5.1 Вихідні дані

Розділ газопостачання магістерської дисертації «Реконструкція опалювальної водогрійної котельні для житлового масиву у м. Миколаєві» виконано згідно наступних вимог:

- ДБН В.2.5-20:2018 «Газопостачання»;
- НПАОП 0.00-1.76-15 «Правила безпеки систем газопостачання»;
- Інструкцій і рекомендацій заводів-виробників всіх видів обладнання, яке використовується в проекті.

Вихідні дані до розрахунків::

- котлоагрегати існуючі КВ ГМ – 10 – 150 з модернізованим пальником ПГВ-ПГТ-12,5-К з споживанням газу 1360 м³/год та тиском перед пальником 25-30 кПа;
- проектний котел Viessmann D HW з двома пальниками ELCO N10.16000.45 G-EU2 зі споживанням газу з тиском перед пальником 25-30 кПа.
- підключення обладнання відбувається від існуючого газопроводу середнього тиску Г2 ДУ300 Р=30кПа.

5.2 Проектні рішення

Розділом передбачено підключення проектного котла до існуючого газопроводу Ду300 та тиском 30 кПа.

Проектом визначено підключення двох незалежних газових рампи на кожен пальник ELCO N10.16000.45 G-EU2 з усією необхідною газовою арматурою. Відсікаюча та регулююча арматура поставляється комплектом пальника, а саме: кульовий кран Ду100, фільтр газовий Ду100, регулятор тиску після себе Ду80, подвійний газовий клапан Ду100.

Розрахунок витрати газу на нове газоспоживаюче обладнання [10], м³/год

$$V_H = \frac{Q_k}{Q_n \cdot \eta} 3600, \quad (5.1)$$

де V_H - витрата газу при нормальних умовах, м³/год;

Q_k - теплопродуктивність котла, кВт;

Q_n - нижча теплота згоряння природного газу, кДж/м³ (беру 33705 кДж/м³);

η - ККД котла.

Максимальна витрата газу на один котел Viessmann D HW при 100% навантаженні [10]

$$V_H = \frac{26400}{33705 \cdot 0,93} 3600 = 3033 \text{ м}^3/\text{год}$$

Максимальна витрата газу на три котли не розраховується, оскільки в роботі можуть перебувати або два котли КВ ГМ - 10 або Viessmann D HW. Оскільки потужність котла Viessmann

Зам. інв. №

Підпис та дата

інв. №

Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата

ТП 91мп 88 03 ПЗ

Арк.

54

ld – еквівалентна довжина прямолінійних ділянок газопроводу, втрати тиску на якому рівні втратам тиску з місцевим опором із значенням коефіцієнта $\zeta=1$.

Для всієї області турбулентного режиму руху газу [10]

$$ld = \frac{d}{11 \left(\frac{n}{d} + 1922 \frac{vd}{Q} \right)^{0,25}}, \quad (5.5)$$

де n – еквівалентна абсолютна шорсткість внутрішньої поверхні стінки труби, см; $n = 0,01$ см (для сталевих труб);

d – внутрішній діаметр газопроводу, см;

ν – кінематична в'язкість газу, м²/сек, беру $\nu = 14,3 \cdot 10^{-6}$ м²/сек;

Q – витрата газу, м³/год;

ρ – густина газу, кг/м³; беру $\rho = 0,73$ кг/м³.

АксонOMETрична схема газопроводу наведена на рис. 5.1

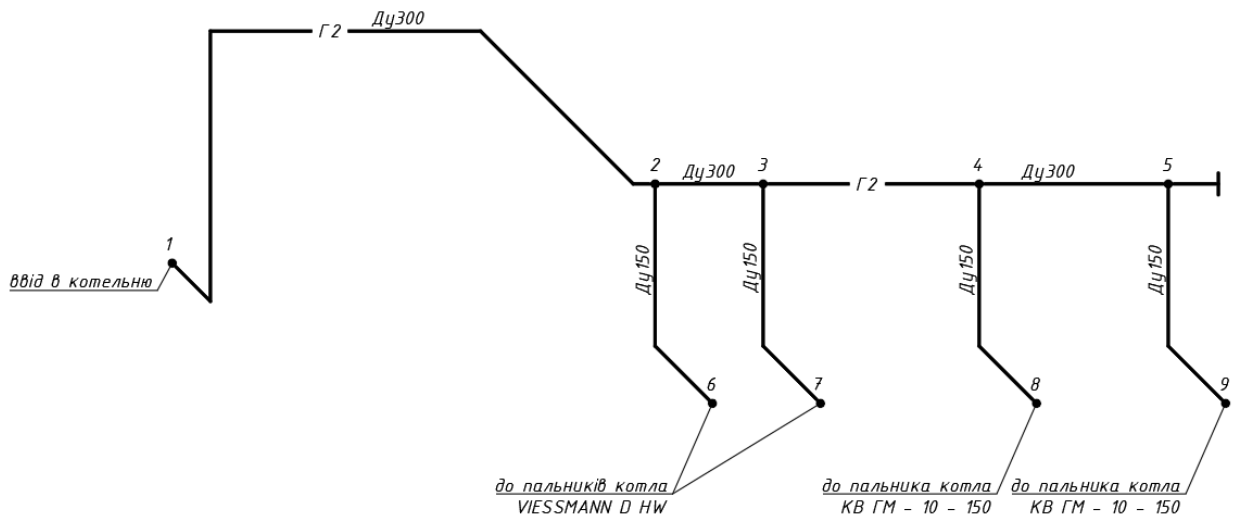


Рис. 5.1 – Аксонометрична схема газопроводу

Результати розрахунку газопроводу наведено в табл. 5.1.

Зам. інв. №	
Підпис та дата	
Інв. №	

Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата

ТП 91мп 88 03 ПЗ

Арк.

56

Таблиця 5.1 – Результати розрахунку внутрішньо-котельного газопроводу.

Абсолютний тиск газу (розрахунковий)	МПа	0,1323	0,13217	0,13217	0,13212	0,13212	0,13166	0,13166	0,13124
Витрата газу при нормальних умовах	м ³ /ч	3030,00	1515,00	2670,00	1335,0	1515,0	1515,0	1335,0	1335,0
Швидкість руху газу максимальна	м/с	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
Швидкість руху газу розрахункова	м/с	9,79	4,90	8,64	4,32	19,61	19,68	17,34	17,39
Розрахунковий внутрішній діаметр газопроводу	см	30,00	30,00	30,00	30,00	15,00	15,00	15,00	15,00
Прийнятий внутрішній діаметр газопроводу	см	30,00	30,00	30,00	30,00	15,00	15,00	15,00	15,00
Коефіцієнт кінематичної в'язкості	м ² /с	0,0000143	0,0000143	0,0000143	0,0000143	0,0000143	0,0000143	0,0000143	0,0000143
Густина газу при нормальних умовах	кг/м ³	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73
Густина повітря при нормальних умовах	кг/м ³	1,293	1,293	1,293	1,293	1,293	1,293	1,293	1,293
Довжина прямолінійних ділянок	м	40,00	5,00	7,00	6,00	15,00	15,00	18,00	18,00
Розрахункова довжина газопроводу	м	57,39	20,85	24,13	21,53	22,79	22,79	25,72	25,72
Сума місцевих опорів	-	1	1	1	1	1	1	1	1
Еквівалентна довжина прямолінійних ділянок	м	17,39	15,85	17,13	15,53	7,79	7,79	7,72	7,72
Еквівалентна шорсткість внутрішньої стінки труби	-	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Число Рейнольдса	-	250027,97	125013,99	220321,68	110160,84	250027,97	250027,97	220321,68	220321,68
Падіння тиску	Па	131,43	13,10	43,58	10,73	467,16	468,82	414,64	415,96
Втрати тиску на лічильнику	Па	0,00							
Втрати тиску на клапані	Па	0,00							
Втрати тиску на фільтрі	Па	0,00							
Тиск на виході з ділянки	МПа	0,13217	0,13216	0,13212	0,13211	0,13166	0,13119	0,13124	0,13083
Тиск на виході з ділянки (надлишковий)	мбар	298,7	298,6	298,2	298,1	293,6	288,9	289,4	285,3

5.4 Висновки з розділу 5

В розділі 4 було проведено гідравлічний розрахунок газопроводу котельні, перевірено пропускну спроможність газопроводу на відповідність газоспоживаючому обладнанню. Згідно з розрахунком, було визначено, що існуючий колектор Ду300 є таким, що спроможний доставити паливо до останнього котлоагрегату з допустими гідравлічними втратами, що склали близько 15 мбар або 1,5 кПа. Відповідно, при гарантованому тиску на ввіді в котельню 30 кПа або 300 мбар, тиск на останньому пальнику буде 28,5 кПа або 285 мбар, що лежить в робочому діапазоні пальника 25-30 кПа або 250-300 мбар.

Зам. інв. №

Підпис та дата

Інв. №

ТП 91мп 88 03 ПЗ

Арк.

57

6 ОПАЛЕННЯ ТА ВЕНТИЛЯЦІЯ КОТЕЛЬНОЇ

6.1 Загальна частина

Розрахунок теплових навантажень на опалення та розрахунок вентиляції приміщення котельні виконаний у відповідності з такими документами:

ДБН В.2.5-77:2014 «Котельні»;

ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування»;

ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель».

6.2 Вихідні дані

До вихідних даних прийняті розрахункові параметри зовнішнього повітря для м. Миколаїв за даними ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія» [1]:

- найхолодніша п'ятиденка забезпеченістю 0,92: $t_{p.o.} = -20^{\circ}\text{C}$;
- тривалість опалювального періоду: $n = 161$ доба;
- середня температура опалювального періоду: $t_{cp.o.} = +1,1^{\circ}\text{C}$.

6.2.1 Характеристика будівлі котельні

Котельня, де розміщені котли та допоміжне обладнання, являє собою двоповерхову окремо розташовану будівлю, прямокутну в плані, без підвалу з розмірами в осях 24,0 x 36 м. Висота приміщення до низу ферм перекриття 7,2 м. Висота другого поверху 4,8 м.

Конструктивна схема будівлі представлена у вигляді збірною залізобетонного каркасу:

- стіни частково з силікатної цегли на цементно-піщаному розчині;
- стіни з залізобетонних плит;
- колони залізобетонні, розмірами 400 x 400 мм;
- ферми залізобетонні;
- балки покриття залізобетонні;
- перекриття – збірні залізобетонні ребристі плити;
- покрівля – руберойд у два шари;
- сходи металеві.

Просторова жорсткість і незмінність будівлі забезпечується залізобетонними фермами та балками покриття, ребристими залізобетонними плитами покрівлі та цегляними стінами.

6.3 Теплові надходження

Розрахункові температури зовнішнього повітря: взимку -20°C .

Температура внутрішнього повітря в котельному залі для холодного періоду прийнята $+12^{\circ}\text{C}$ – котельний зал, $+20^{\circ}\text{C}$ – операторська та побутові приміщення (присутні постійні робочі місця).

Теплові надходження в холодний період в приміщення котельні:

Зам. інв. №	
Підпис та дата	
Інв. №	

Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата

ТП 91мп 88 03 ПЗ

Арк.

58

А) від зовнішньої ізоляції котла

$$Q_{\text{котл}}^{\text{вод}} = Q \cdot \left(\frac{q_5}{100}\right), \quad (6.1)$$

де Q – потужність котла (за паспортом $Q = 26400$ кВт);

q_5 – втрати тепла котла в навколишнє середовище з випромінюванням (за паспортом $q_5=0,5\%$).

$$Q_{\text{котл1}}^{\text{вод}} = 26400 \cdot \left(\frac{0,5}{100}\right) = 132 \text{ кВт.}$$

Так як в котельні встановлено 2 існуючі котли КВ ГМ - 10 – 150 тепловантаженням по 11630 кВт кожний, то сумарні втрати теплоти від цих двох котлів складуть

$$Q_{\text{котл2}}^{\text{вод}} = 2 \cdot 11630 \cdot \left(\frac{0,5}{100}\right) = 116,3 \text{ кВт.}$$

Оскільки передбачається робота лише або котла Viessmann, або котлів КВ ГМ – 10 – 150, то теплові надходження в котельню від котла беру менше з двох значень, а саме 116,3 кВт від котлів КВ ГМ – 10 – 150.

Б) від технологічного устаткування та трубопроводів

$$Q_{\text{об}} = \alpha \cdot (t_{\text{із}} - t_{\text{пр}}) \cdot F, \quad (6.2)$$

де α - коефіцієнт тепловіддачі від поверхні при вільній конвекції, Вт/(м²·К) – беру 8,6 Вт/(м²·К) [2]);

F – сумарна площа поверхонь ізоляції обладнання та трубопроводів (беру 450 м²);

$t_{\text{пр}}$ – температура в приміщенні котельні °С (беру 12°С);

$t_{\text{із}}$ – середня температура на поверхні ізоляції °С (беру 40°С);

$$Q_{\text{об}} = 8,6 \cdot (40 - 12) \cdot 450 = 108 \text{ кВт};$$

В) від роботи електродвигунів

$$Q_{\text{ел.дв.}} = N \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot \frac{1-\eta}{\eta}, \quad (6.3)$$

де N – номінальна потужність електродвигунів, кВт;

K_1 – коефіцієнт завантаження (беру $K_1=0,7$);

K_2 – коефіцієнт сумісності роботи обладнання (беру $K_2=1$);

η – ККД електродвигунів (беру 0,75)

$$Q_{\text{ел.дв.}} = 294 \cdot 0,7 \cdot 0,5 \cdot \frac{1 - 0,75}{0,75} = 34 \text{ кВт.}$$

Г) від поверхонь теплообмінників

$$Q_{\text{тоа}} = q_{\text{втр.тоа}} \cdot Q_{\text{ном}} \cdot N_{\text{тоа}} \quad (6.4)$$

де $Q_{\text{ном}}$ – номінальна теплова потужність теплообмінника, кВт;

$q_{\text{втр.тоа}}$ – відсоток втрат теплоти теплообмінником в навколишнє середовище (за паспортом, $q_{\text{втр.тоа}} = 0,5\%$).

$N_{\text{тоа}}$ – кількість теплообмінників в роботі ($N_{\text{тоа}} = 2$).

Зам. інв. №

Підпис та дата

інв. №

Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата

ТП 91мп 88 03 ПЗ

Арк.

59

Видалення повітря з котельні здійснюється через котлоагрегат в об'ємі, необхідному для спалювання палива, та з витяжною повітря з верхньої зони котельні через існуючий світлоаераційний ліхтар.

6.5 Опалення

Опалення котельного залу передбачено за рахунок теплонадлишків від технологічного обладнання та системи опалення котельні.

Теплові втрати через огорожуючі конструкції в котельний зал розраховані за нормативною методикою, наведеною в Додатку А, і складають 199,2 кВт.

Потік теплоти на підігрів повітря, що поступає в котельний цех, кВт

$$Q_n = c_n \cdot \rho_n \cdot G_n \cdot (t_{вн} - t_{р.о}), \tag{6.8}$$

де c_n – питома теплоємність повітря, кДж/(кг·К) (беру $c_n = 1,005$ кДж/(кг·К));

ρ_n – густина повітря, кг/ м³ (беру $\rho_n = 1,226$ кг/ м³);

G_n – витрата повітря, м³/с.

$$Q_n = 1,005 \cdot 1,226 \cdot 39515 \cdot \left(\frac{1,226}{3600}\right) \cdot (12 - (-20)) = 434,2 \text{ кВт.}$$

Сумарні теплові надходження в котельню менші за теплові втрати огорожувальних конструкцій та підігрів припливного повітря, тому проектом передбачена система повітряного опалення приміщення до температури +12 °С.

Необхідна продуктивність проектної системи опалення котельного залу становить

$$Q_{оп} = Q_n + Q_{втр} - Q_{над}; \tag{6.9}$$

$$Q_{оп} = 434,2 + 199,2 - 390,3 = 243,1 \text{ кВт.}$$

Для опалення котельної зали встановлено 5 опалювальних агрегатів Volcano VR3 номінальною потужністю по 60 кВт кожний.

Опалення побутових приміщень забезпечується існуючою радіаторною системою опалення.



Рисунок 5.1 – Тепловентилятор Volcano VR3.

Зам. інв. №	
Підпис та дата	
Інв. №	

Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата

ТП 91мп 88 03 ПЗ					
------------------	--	--	--	--	--

Арк.
61

7 АЕРОДИНАМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ГАЗОВОГО ТРАКТУ

7.1 Вихідні дані

Проектом передбачається підключення проектного котла Viessmann до існуючої цегляної димової труби висотою $H = 60\text{ м}$ і діаметром устя $2,1\text{ м}$. Існуючі котли КВ ГМ – 10 – 150 вже мають власні підземні газоходи та димосос.

Для підключення проектного котла Viessmann передбачається проведення газоходу надземним способом зі сталі з врізкою в цегляну димову трубу.

- Потужність – $Q = 26400\text{ кВт}$;
- Розрахункова температура навколишнього повітря – $T_{\text{в}} = -20\text{ }^{\circ}\text{С}$;
- Температура відхідних газів (паспорт котла) – $T_{\text{г}} = 180\text{ }^{\circ}\text{С}$;
- Температура повітря, оточуючого димохід - $T_{\text{ов}} = -20\text{ }^{\circ}\text{С}$;
- Коефіцієнт теплопередачі стінок димоходу (сталь утеплена) – $K_{\text{ст}} = 2,9\text{ кВт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$;
- Висота димової труби – $H = 60\text{ м}$;
- Довжина горизонтальної ділянки – $L = 15\text{ м}$;
- Коефіцієнт тертя газоходів - $\lambda = 0,02$;
- ККД котла - $\eta = 0,93$;
- Діаметр горизонтальної ділянки – $D_{\text{г}} = 1,3\text{ м}$;
- Діаметр вертикальної ділянки – $D_{\text{в}} = 2,1\text{ м}$;
- Коефіцієнт надлишку повітря в пальнику - $\alpha = 1,2$;
- Нижча теплота згоряння палива - $Q_{\text{н}}^{\text{р}} = 33705\text{ кДж}/\text{м}^3\text{ (}8050\text{ ккал}/\text{м}^3\text{)}$.

7.2 Розрахунок

Розрахунки виконані за нормативною методикою [11] у програмі Excel.

Зам. інв. №	
Підпис та дата	
Інв. №	

Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата

ТП 91мп 88 03 ПЗ

Арк.

63

Таблиця 7.1 – Результати аеродинамічного розрахунку

1. Витрата палива:	2. Питома потреба в паливі для горіння:							
$G = \frac{Q}{Q_n \cdot \eta} = 3025,6061 \text{ нм}^3/\text{час}$	$V_n = \frac{1,12 \cdot Q_n}{1000} = 9,016 \text{ м}^3/\text{нм}^3$							
3. Питомий об'єм продуктів горіння:	4. Нормативний об'єм продуктів горіння:							
$V_{n.c} = \alpha \cdot V_n = 10,8192 \text{ м}^3/\text{нм}^3$	$V_{n.nc} = G \cdot V_{n.c} = 32734,64 \text{ нм}^3/\text{ч}$							
5. Охолодження димових газів:	6. Середня температура димових газів:							
$\Delta t = \frac{(T_2 - T_{on})}{C_n \cdot V_{n.nc} / (K_{cm} \cdot F) + 0,5} = 0,127131923 \text{ гр}^\circ\text{С}/\text{м}$	$T_{cp} = T_2 - \frac{(L + H) \cdot \Delta t}{2} = 175,6 \text{ }^\circ\text{С}$							
7. Фактичний секундний об'єм продуктів горіння:								
$V = V_{n.c} \cdot \frac{G}{3600} \cdot \left(\frac{273 + T_{cp}}{273} \right) = 14,94010393 \text{ м}^3/\text{сек}$								
8. Швидкість газів на горизонтальній ділянці:	9. Швидкість газів на вертикальній ділянці							
$W_{гор} = \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot D_z^2} = 11,26 \text{ м/с}$	$W_{верт} = \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot D_m^2} = 4,3156416 \text{ м/с}$							
10. Питома вага газів на горизонтальній ділянці:								
$\gamma_{гор} = \frac{\gamma_0 \cdot 273}{T_2 + 273} = 0,8075 \text{ кг/м}^3$								
11. Питома вага газів на вертикальній ділянці:								
$\gamma_{верт} = \frac{\gamma_0 \cdot 273}{T_{cp} + 273} = 0,8155606 \text{ кг/м}^3$								
12. Коефіцієнти місцевих опорів:								
Вид	внезапн. сужен.	внезапн. расш.	повор. 90гр	расшир. с повор. 90гр	тяго прерыв	тройник		выход из трубы
						проход	повор.	
КМС	0,3	0,43	0,9	1,2	0,5	0,5	1	1
к-ть на гор. діл.	0	0	2	0	0	1	1	0
к-сть на вер. діл.	0	0	1	0	0	0	1	1
13. Втрати тиску на горизонтальній ділянці:								
$\Delta p_{гор} = \left(\lambda \cdot \frac{L}{D_z} + \sum \xi \right) \cdot \frac{W_{гор}^2}{2g} \cdot \gamma_{гор} = 18,43 \text{ мм.в.ст.}$								
14. Втрати тиску на вертикальній ділянці:								
$\Delta p_{верт} = \left(\lambda \cdot \frac{H}{D_m} + \sum \xi \right) \cdot \frac{W_{верт}^2}{2g} \cdot \gamma_{верт} = 2,651 \text{ мм.в.ст.}$								
15. Повний аеродинамічний опір газового тракту:			21,08105 мм.в.ст.					
16. Самотяга димової труби:								
$H_c = H \cdot \left(\gamma_n \cdot \frac{273}{273 + T_n} - \gamma_0 \cdot \frac{273}{273 + T_{cp}} \right) \cdot \frac{g}{9,81} = 31,88 \text{ кг/м}^2$								
17. Висновок: самотяга димової труби перевищує аеродинамічний опір на:								
10,79986 мм.в.ст.								

Зам. інв. №

Підпис та дата

інв. №

Зм.	Кільк.	Арк.	Нодок	Підпис	Дата

ТП 91мп 88 03 ПЗ

Арк.

64

7.3 Висновки з розділу 7

В розділі 7 було проведено аеродинамічний розрахунок газового тракту, обрано діаметр газоходу та розраховано самотягу димової труби. В результаті розрахунку визначено, що аеродинамічний опір газового тракту складає 210 мм вод.ст. (210 Па), в той час самотяга димової труби 31,88 мм.вод. ст.(318,8 Па). Таким чином, самотяга димової труби перевищує аеродинамічний опір газового тракту на 10,78 мм.вод. ст.(108,8 Па).

Зам. інв. №	Підпис та дата	Інв. №							ТП 91мп 88 03 ПЗ	Арк.
										65
			Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		

8 РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ

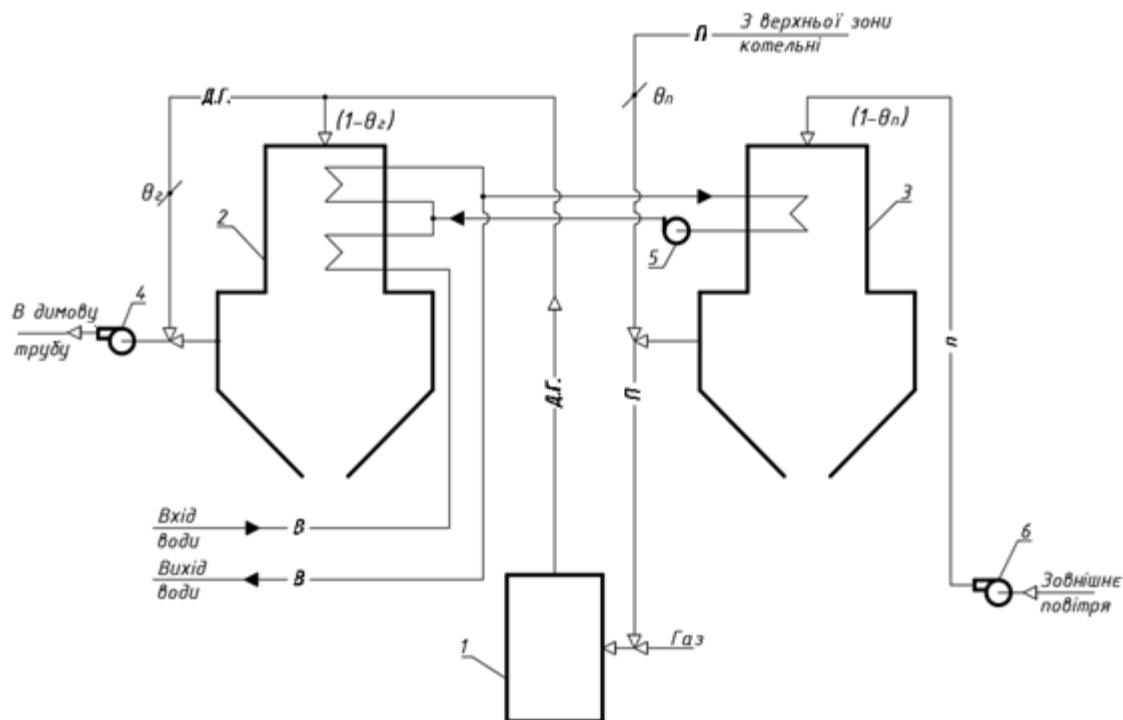
8.1 Сутність проекту

Сутність стартап-проекту полягає у впровадженні теплоутилізаційних установок для глибокого охолодження продуктів згоряння нижче температури точки роси з метою збільшення ККД котла, зменшення витрати природного газу та викидів шкідливих речовин. Проект включає економічні розрахунки для порівняння ефективності контактного утилізатора – контактного повітрянагрівач з активною насадкою, екологічно чистої теплоутилізаційної установки контактного типу та поверхневого теплоутилізатора – калорифера. Наведені нижче розрахунки виконані для теплоутилізаційних установок, встановлених в опалювальній водогрійній котельні за наявним водогрійним котлом КВ-ГМ-10.

8.2 Схеми теплоутилізаційних установок

8.2.1 Контактний утилізатор – контактний повітрянагрівач з активною насадкою

Схема та опис контактного економайзера (рис. 8.1).



- 1- водогрійний котел; 2- КТАН-утилізатор; 3- КТАН-повітрянагрівач; 4- димосос; 5- циркуляційний насос; 6- дуттьовий вентилятор;
 -в- - вода; -д.г.- - димові гази; -п- - повітря

Рисунок 8.1 - Схема установки з контактним теплоутилізатором – контактним повітрянагрівачем з активною насадкою

Зам. інв. №

Підпис та дата

Інв. №

Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата

ТП 91мп 88 03 ПЗ

Арк.

66

На рис.8.1 не показані контури зрошувальної води для КТАНа – утилізатора і КТАНа – повітрянагрівача з ємностями, фільтрами, насосами.

Димові гази після котла надходять на насадку КТАНа – утилізатора, де, змішуючись зі зрошувальною водою, передають «явну» та «приховану» теплоту потоку води, що циркулює усередині насадки. Охолоджені димові гази димососом відводяться в димову трубу.

Частина димових газів по байпасному газоходу спрямовується на підмішування до охолоджених продуктів згоряння. При цьому відповідним коефіцієнтом байпасування θ_r забезпечується температура суміші на вхід до димососа, що перевищує температуру точки роси димових газів і виключає конденсацію водяних парів з димових газів.

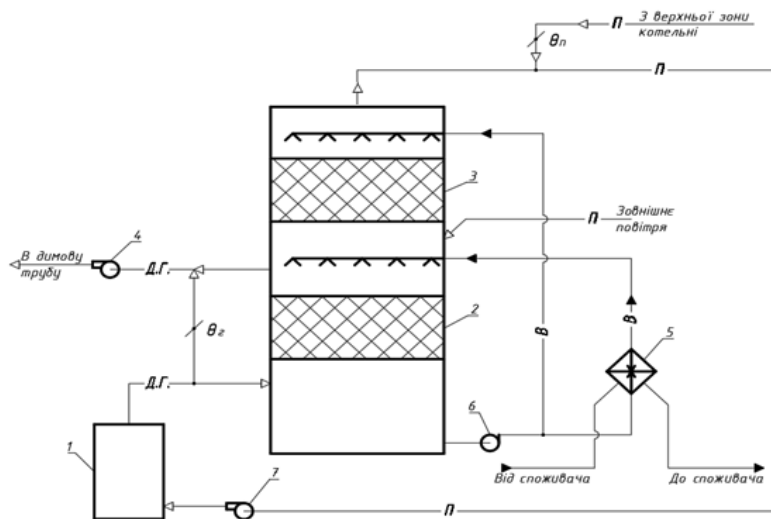
В насадці КТАНа- утилізатора нагрівається вода від 5 до 50 °С, частина якої з температурою 50 °С спрямовується до насадки КТАНа –повітрянагрівача, а після її охолодження до 20 °С, подається на нагрів у верхні шари насадки КТАНа –утилізатора.

В КТАНі-повітрянагрівачі здійснюється нагрівання до температури 40 °С та зволоження дуттьового повітря, яке потім спрямовується до пальників котла.

Частина повітря з коефіцієнтом байпасування θ_n з верхньої зони котельні підмішується до зволоженого повітря, що зменшує вірогідність випадіння вологи з повітря на пальниках.

8.2.2 Екологічно чиста теплоутилізаційна установка контактного типу

Опис схеми (рис. 8.2).



- 1- водогрійний котел; 2- контактний теплоутилізатор; 3- контактний повітрянагрівач; 4- димосос; 5- проміжний теплообмінник; 6- циркуляційний насос; 7- дуттьовий вентилятор;
 -д.г.- димові гази; -п- повітря; в- вода

Рисунок 8.2 - Схема екологічно чистої теплоутилізаційної установки контактного типу

Зам. інв. №	
Підпис та дата	
Інв. №	

Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата

Теплоутилізаційна установка являє собою комбінований контактний теплообмінник, що складається із розміщених в одному корпусі один над одним контактного теплоутилізатора (КТУ) і контактного повітрянагрівача (КПН), об'єднаних у загальний циркуляційний контур насосом 6.

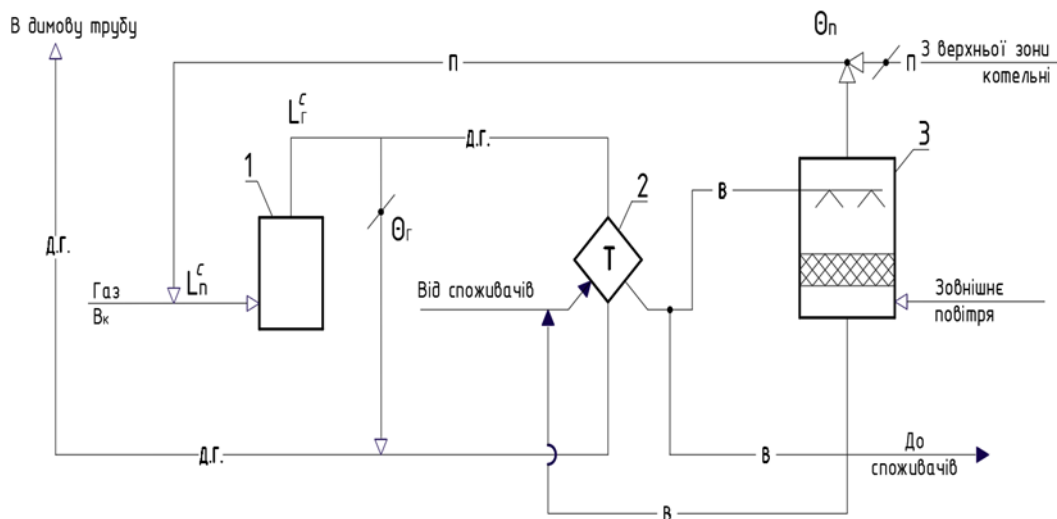
Димові гази з котла надходять в контактну камеру КТУ, де при контакті з водою охолоджуються і димососом подаються в димову трубу. Частина димових газів по байпасному газоходу з коефіцієнтом байпасування θ_{Γ} надходять поза КТУ з метою підсушки димових газів, що пройшли утилізатор.

Нагріта в КТУ вода насосом 6 частково подається на контактний повітрянагрівач і після нагрівання та зволоження повітря надходить на КТУ. Решта нагрітої води спрямовується у проміжний теплообмінник, де нагрівається вода зовнішніх споживачів.

Нагріте і зволене у КПН повітря подається до дуттьового вентилятора котла 7. Інколи для підсушування насиченого вологого повітря до нього підмішується сухе повітря з верхньої зони котельні з коефіцієнтом байпасування θ_{Π} .

8.2.3 Поверхневий теплоутилізатор – калорифер

Опис схеми утилізації (рис. 8.3). Димові гази з котла 1 надходять в міжтрубний простір теплоутилізатора-калорифера 2, де охолоджуються і осушуються та спрямовуються в димову трубу.



1 – водогрійний котел; 2 – теплоутилізатор-калорифер;

3 – контактний повітрянагрівач;

-п- повітря; -д.г-димові гази; -в-вода

Рисунок 8.3 - Схема утилізації теплоти димових газів

Зам. інв. №

Підпис та дата

Інв. №

Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата

ТП 91мп 88 03 ПЗ

Арк.

68

Таблиця 8.1 – Загальні вихідні дані

Найменування величини	Позначення	Одиниця	Значення величини
1	2	3	4
1. Для обраного котла: - тип - температура димових газів на виході - витрата природного газу - маса сухих димових газів - масова витрата сухих димових газів - масова витрата сухого повітря	- t'_r V_k G_r^c L_r^c $L_{п}^c$	- °C м ³ /Год кг/м ³ кг/с кг/с	КВ-ГМ-10 185 1260 13,42 4,7 4,5
2. Температура внутрішнього повітря	$t_{вн}$	°C	20
3. Кліматологічні дані зовнішнього повітря: - розрахункова температура на опалення - середня температура за опалювальний період - продовжуваність опалювального періоду	$t_{р.о.}$ $t_{ср.о.}$ n_0	°C °C діб	- 20 1,1 161
4. Розрахункові параметри повітря на вході в КПН: - температура - відносна вологість - вологовміст - ентальпія	$t'_п$ $\varphi'_п$ $d'_п$ $h'_п$	°C % г/кг с.п кДж/кг	1,1 83 3,3 7,5
5. Вартість теплової енергії	C_k	грн/ГДж (грн/Гкал)	394,85 (1654,41)

З рівняння суміші при підмішуванні до зволоженого повітря в КТАНі – повітрянагрівачі повітря з верхньої зони котельні ($t_{в.з} = 30$ °C, $\varphi_{в.з} = 30$ %, $d_{в.з} = 8$ г/кг с.п) з коефіцієнтом байпасування $\theta_{п} = 0,2$ отримуємо вологовміст суміші повітря на вході в топку котла $d_{п}^{см} = 40$ г/кг с.п

За методикою [14] визначаємо дійсний об'єм водяної пари в димових газах $V_{H_2O}^d = 2,67$ м³/м³ та вологовміст димових газів на вході в КТАН – утилізаторі $d'_r = 0,16$ кг/кг с.п.

Беремо в останньому наближенні температуру димових газів на виході з КТАНа-утилізатора $t''_r = 45$ г/кг с.п і визначаємо вологовміст $d''_r = 0,063$ кг/кг с.п; ентальпії $h'_r = 643,3$ кДж/кг і $h''_r = 208,1$ кДж/кг; температуру точки роси димових газів $t_p = 60$ °C та температуру суміші газів $t_r^{см} = 65$ °C; дійсне значення теплопродуктивності $Q_{ут} = 1550$ кВт і за формулою (1) уточнюємо значення θ_r .

$$Q_{ут} = L_r^c \cdot (1 - \theta_r) \cdot (h'_r - h''_r), \quad (8.1)$$

Зам. інв. №

Підпис та дата

Інв. №

Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата

ТП 91мп 88 03 ПЗ

Арк.

70

$$\theta_r = 1 - \frac{1550}{(643,3 - 208,1) \cdot 4,7} = 0,24.$$

З рівняння теплового балансу визначаємо витрату води, що нагрівається в насадці КТАНа – утилізатора, що дорівнює $G_{yT} = 8,22$ кг/с.

За методикою [14] остаточно визначаємо необхідну площу поверхні теплообміну активної насадки $F_{к.е.} = 62,6$ м² і різницю між дійсною і необхідною площею поверхні теплообміну активної насадки $\delta F = 0,3\%$, що менше ніж максимальна різниця в 5%.

Контактний повітрянагрівач. Для нагрівання і зволоження повітря обираємо аналогічний КТАН – повітрянагрівач – 1,5УГ.

Ентальпія повітря на виході з повітрянагрівача складає $h''_п = 165,5$ кДж/кг Тоді за формулою (8.2) визначаємо потік теплоти, що витрачається на зволоження та нагрівання повітря $Q_{кпн}$;

$$Q_{кпн} = L''_п \cdot (1 - \theta_п) \cdot (h''_п - h'_п), \quad (8.2)$$

$$Q_{кпн} = 4,5 \cdot (1 - 0,24) \cdot (173,8 - 7,5) = 569 \text{ кВт.}$$

Визначаємо потік теплоти, що витрачається на попередній підігрів дуттьового повітря в контактному повітрянагрівачі $Q_{пп}$

$$Q_{пп} = L''_п c_п (1 - \theta_п) \cdot (t''_п - t'_п), \quad (8.3)$$

$$Q_{пп} = 4,5 \cdot 1,05 \cdot (1 - 0,24) \cdot (40 - 1,1) = 144 \text{ кВт}$$

За рівнянням теплового балансу при $t''_в = 50$ °С і $t'_в = 20$ °С визначаємо витрату води з КТАНа – утилізатора на КТАН – повітрянагрівач $G_{зв} = 4,5$ кг/с, а за різницею G_{yT} і $G_{зв}$ - витрату води з температурою $t''_в = 50$ °С, що спрямовується зовнішнім споживачам, що складає 3,72 кг/с.

При визначенні капіталовкладень в теплоутилізаційну установку враховували:

- вартість КТАНа – утилізатора -1,5УГ та КТАНа – повітрянагрівача -1,5УГ з ємностями зрошувальної води, фільтрами, насосами, трубопроводами $K_k = 500000$ грн;
- вартість насосів циркуляції нагрітої в КТАНі – утилізаторі води до насадки КТАНа – повітрянагрівача та подавання води до споживачів $K_n = 46820$ грн;
- вартість трубопроводів, газоходів та повітропроводів $K_r = 104000$ грн.

8.3.2 Екологічно чиста теплоутилізаційна установка контактного типу

До заданих або визначених раніше величин $V_k, t'_r, d'_r, L''_r, h'_r, t'_п, t''_п, \theta_п, h'_п, h''_п, L''_п, d''_п^{cm}$ додатково задавали

- параметри продуктів згоряння на виході з КТУ: температуру $t''_r = 30$ °С; відносну вологість $\varphi''_r = 100\%$; коефіцієнти байпасування поза КТУ $\theta_r = 0,25$;
- температури потоків води: циркуляційного контура: перед КТУ $t'_ц = 15$ °С; після КТУ $t''_ц = 50$ °С; зовнішніх споживачів: на вході в теплообмінник $t'_{сн} = 5$ °С; на виході з теплообмінника $t''_{сн} = 40$ °С.

Зам. інв. №

Підпис та дата

Інв. №

Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата

ТП 91мп 88 03 ПЗ

Арк.

71

При нагріванні води необхідно забезпечити умову, щоби температура стінки була нижча за температуру точки роси.

Якщо $t'_b < t_{ct} < t_p$, то конденсація H_2O , буде відбуватися на всій поверхні теплообміну, а якщо $t''_b < t_{ct} < t_p$, то тільки на тій частині поверхні, де $t_{ct} < t_p$ [12].

При спалюванні природного газу без зволоження повітря $t_p = 52 - 55$ °С, тоді кінцева температура води не повинна перевищувати 50 °С. У разі зволоження повітря ($t_{пов} = 50$ °С) $t_p = 63$ °С, тоді, очевидно, температура води, що нагрівається, може бути досягнута біля 57 – 60 °С.

До вихідних даних для вибору калориферних установок, окрім наведених вище теплопродуктивності Q_k та температури димових газів на вході t'_r , відносяться витрата димових газів з урахуванням байпасування $L_k^c = 3,45$ кг/с; температура димових газів на виході $t''_r = 27$ °С [15]; температури води на вході: $t'_b = 5$ °С і на виході $t''_b = 58$ °С.

За методикою [14] у першому наближенні обрані 8 калориферів КСк 3 – 9 з площею теплопередавальної поверхні кожного $F_{д1} = 23,4$ м². Всі калорифери в установці розміщені паралельно за напрямком руху води і чотири з них – паралельно за напрямком руху димових газів.

За рівнянням теплового балансу визначали витрату води $G_b = 10,4$ кг/с, а з рівняння суцільності – її швидкість в трубках калориферів $\omega_b = 1,12$ м/с.

Коефіцієнт теплопередачі від димових газів до води для ребристої багат шарової стінки в калорифері при віднесенні теплового потоку до оребреної поверхні визначали за методикою [12], при цьому при визначенні коефіцієнта тепловіддачі на зовнішній поверхні враховували її зрошення конденсатом водяних парів з димових газів.

При визначенні коефіцієнта теплопередачі $K_{op} = 109,6$ Вт/(м²·К) і середньому температурному напорі $\Delta \bar{t} = 58,1$ °С необхідна площа поверхні нагріву калориферної установки складе $F_r = 347,3$ м². Оскільки $\sum F_d < F_r$, то до восьми калориферів типу КСк 3-9 послідовно встановлюємо ще вісім аналогічних калориферів, тоді $\sum F_d = 374,4$ м², а запас дійсної поверхні нагріву по відношенню до необхідної складатиме біля 7%, що близько до рекомендованого значення цієї величини.

Контактний повітрянагрівач.

Контактні повітрянагрівачі в системах утилізації теплоти димових газів котелень, як зазначено в роботі [16], використовуються не тільки для економії палива за рахунок його природного підігріву, а і для отримання екологічного ефекту - зменшення викидів оксиду азоту. В умовах експлуатації цих апаратів температура нагріву дуттьового повітря була всього на 2 - 3 °С нижча за температуру вихідної води [17]. Тобто вода після калориферної установки з температурою $t''_b = 58$ °С може забезпечити нагрів повітря до температури $t''_n = 50$ °С.

Зам. інв. №

Підпис та дата

інв. №

Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата

ТП 91мп 88 03 ПЗ

Арк.

74

Економічний ефект при використанні теплоутилізаторів за опалювальний період, грн/рік, визначали за формулою)

$$E\phi = [Q_{ут} - (Q_{кпн} - Q_{пп})] \frac{t_{вн} - t_{ср.о.}}{t_{вн} - t_{р.о.}} \cdot n_0 \cdot 24 \cdot 3,6 \cdot 10^{-3} \cdot C_{к} - B_{зв}, \quad (8.8)$$

Отримані результати наведені в таблиці 8.2.

Таблиця 8.2 – Порівняльні результати розрахунків енергетичної ефективності

Найменування величини	Позначення	Одиниця	Значення величини для теплоутилізаційних установок		
			КТАН-утилізатор-КТАН-повіронагрівач	Екологічно чиста установка	Поверхневий калорифер
1. Потік утилізованої теплоти	$Q_{ут}$	кВт	1550	1936	2312
2. Потік теплоти на нагрів і зволоження повітря	$Q_{кпн}$	кВт	569	569	952
3. Потік теплоти на попередній підігрів повітря	$Q_{пп}$	кВт	144	144	180
4. Капіталовкладення	K	грн	650800	627670	372740
5. Експлуатаційні витрати	$B_{екс}$	грн/рік	141970	120970	57260
6. Зведені витрати	$B_{зв}$	грн/рік	467370	434810	243630
7. Економічний ефект	Eφ	грн/рік	2765330	3907280	4181510
8. Річна економія природного газу	V	м ³ /рік	237400	318860	324980

Як видно з результатів розрахунків, найбільшою енергетичною ефективністю характеризується теплоутилізаційна установка з поверхневими калориферами, яка має найбільший потік утилізованої теплоти та найменші експлуатаційні і зведені витрати. Далі за цим показником розташовується екологічно чиста теплоутилізаційна установка, а установка з КТАНОм –

Зам. інв. №	
Підпис та дата	
інв. №	

						ТП 91мп 88 03 ПЗ	Арк.
							76
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		

утилізатором – КТАНом – повітрянагрівачем – характеризується найнижчою енергетичною ефективністю.

Порівняльні результати розрахунків екологічної ефективності теплоутилізаційних установок, які виконані за методикою [13], наведені в табл. 8.3.

Таблиця 8.3 – Результати розрахунків екологічної ефективності

Найменування величини	Позначення	Одиниця	Значення величини для теплоутилізаційних установок		
			КТАН-утилізатор-КТАН-повітрянагрівач	Екологічно чиста установка	Поверхневий калорифер
1.Викидання оксидів азоту без зволоження повітря	M_{NO_x}	г/с	0,23	0,23	0,23
2.Вологовміст суміші повітря	d_{cm}	г/кг с.п.	40	40	85
3.Кількість надли-кової водяної пари	W_x	кг/кг газу	0,564	0,564	1,2
4.Викидання оксидів азоту при зволоженні повітря	M'_{NO_x}	г/с	0,12	0,12	0,06
5.Відношення M'_{NO_x}/M_{NO_x}	-	-	1,9	1,9	3,8

Як видно з наведених результатів розрахунків, найбільшою екологічною ефективністю характеризується теплоутилізаційна установка з поверхневими калориферами, інші дві установки мають однакові екологічні показники, які у 2 рази нижчі за калориферну установку.

Зам. інв. №	
Підпис та дата	
Інв. №	

Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата

ТП 91мп 88 03 ПЗ				
------------------	--	--	--	--

Арк. 77

8.5 Висновки до розділу 8

В даному розділі наведені розрахунки та обґрунтування:

- економічної ефективності застосування теплоутилізаційних установок в опалювальній водогрійній котельні;
- екологічної ефективності застосування даних установок.

В результаті порівняння отриманих результатів виявлено, що теплоутилізаційна установка з поверхневими калориферами характеризується найвищими показниками енергетичної і екологічної ефективності.

Зам. інв. №	Підпис та дата	Інв. №							ТП 91мп 88 03 ПЗ	Арк.
										78
			Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		

9 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів і засобів, спрямованих на збереження здоров'я, життя й працездатності людини в процесі праці.

Тема магістерської дисертації: «Реконструкція опалювальної водогрійної котельні для житлового масиву у м.Миколаєві». Основним видом палива є природний газ.

Компонування основного і допоміжного устаткування в приміщеннях котельні виконані згідно вимог ДБН В.2.5-77:2014 “Котельні” [4] та НПАОП 0.00-1.81-18 Правила охорони праці під час експлуатації обладнання, що працює під тиском [19].

В цьому розділі запропоновані відповідні технічні рішення та організаційні заходи з безпечної експлуатації спроектованого обладнання, а також технічні рішення та організаційні заходи з гігієни праці та виробничої санітарії і визначені основні заходи з безпеки у надзвичайних ситуаціях.

9.1 Технічні рішення та організаційні заходи з безпеки експлуатації технологічного устаткування об'єкта

При проектуванні котельні виконані вимоги ДБН В.2.5-77:2014 “Котельні” [4] та інших чинних нормативних актів з охорони праці та пожежної безпеки.

Архітектурно - планувальні та будівельні рішення забезпечують заходи з охорони праці та протипожежного захисту у відповідності з [4], НАПБ А.01.001-2014 Правила пожежної безпеки в Україні [20] та вимогам чинних нормативно - правових актів - ДБН В.2.5-20:2018 [21], НПАОП 0.00-1.76-15 Правила безпеки систем газопостачання [22] та ін.

В котельні розташовані спеціальні та побутові приміщення (сан. вузли, гардеробні, лабораторія ХВО, майстерні КВП, кабінет начальника котельні, кабінет старшого майстра, операторна та ін.)

Проектом забезпечується автоматичне ведення процесу виробництва теплової енергії, передбачаються заходи з охорони праці, промислової санітарії, які забезпечують нормальні умови для персоналу при експлуатації котельні.

У комплект котла фірми Viessmann входить запобіжна, регулююча арматура, комплекс пристроїв, що забезпечують автоматичне керування котлоагрегатом і захист від аварійних ситуацій, засоби контролю та сигналізації.

Компонування основного і допоміжного устаткування в приміщенні котельні виконано згідно з НПАОП 0.00-1.81-18 Правила охорони праці під час експлуатації обладнання, що працює під тиском [19] і передбачає можливість демонтажу і монтажу котлів в умовах діючого виробництва.

Зам. інв. №

Підпис та дата

Інв. №

Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата

ТП 91мп 88 03 ПЗ

Арк.

79

9.1.1 Системи автоматизації

В розробленому проекті системи автоматизації забезпечують:

1 Контроль параметрів технологічного процесу і сигналізацію відхилень їх від заданого значення.

2 Автоматичне управління основними технологічними блоками, агрегатами і виконавчими механізмами.

3 Автоматичне регулювання основних технологічних параметрів.

4 Автоматичне відключення подачі газу при підвищенні допустимої концентрації горючих газів у приміщенні.

5 Автоматичне відключення котлів в аварійних ситуаціях .

Підтримання технологічних режимів відбувається автоматично за допомогою регуляторів фірми Viessmann, вбудованих в котли, і які поставляються в комплекті з технологічним обладнанням.

Передбачений у проекті обсяг автоматизації та контролю котельні забезпечує надійну, економічну і безаварійну роботу обладнання, а також можливість аналізу роботи обладнання.

Водогрійні котлоагрегати КВ ГМ – 10 та Viessmann D HW укомплектовані повним комплексом засобів автоматизації для управління та контролю за роботою системи.

Комплекс засобів управління забезпечує автоматичний пуск і зупинку котла за алгоритмом, який задається в залежності від температури зовнішнього повітря, автоматичне регулювання температури води за котлом, сигналізацію про роботу комплексу і стан котла, захист котла і переривання подачі палива при виникненні аварійної ситуації за такими параметрами:

- Переривання подачі води в котел;
- Згасання факела в топці;
- Перевищення тиску води;
- Зниження тиску води нижче допустимого;
- Перевищення температури води на виході з котла;
- Зниження витрати води через котел нижче допустимого;
- Виявлення несправності запобіжного клапана;
- Перевищення тиску газу або падіння тиску газу;
- Відхилення тиску повітря (вище або нижче норми), що подається вентилятором;
- Відключення вентилятора дуттєвого повітря;
- Перевищення температури димових газів;
- Несправності автоматики безпеки, аварійної сигналізації;
- Зникнення напруги .

Зам. інв. №

Підпис та дата

інв. №

Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата

ТП 91мп 88 03 ПЗ

Арк.

80

Розміщення приладів і проводок виконати за місцем, монтаж захисного занулення виконати відповідно до інструкції з монтажу захисного заземлення електроустановок систем автоматизації РМ4 -200- 82 .

Монтаж приладів і засобів автоматизації виконати згідно будівельних норм і правил СНиП 3.05.07-85 [24].

9.1.4 Електробезпека

В електроустановках котельні передбачена система заземлення електроустановок TN-C-S. Проектовані електромережі виконуються 5- ти і 4 - х провідними із захисним РЕ провідником.

Для захисту від ураження електричним струмом в електроустановках котельні передбачається зрівняння потенціалів, для чого в ТП встановлюється головна заземлювальна шина, яка підключається до зовнішнього захисного заземлення.

До головної заземлювальної шини приєднуються всі захисні РЕ провідники внутрішніх мереж, металеві труби комунікацій, які входять в будівлю, металеві елементи будівлі котельні.

Конструкція, виконання і клас ізоляції застосованого обладнання і матеріалів обрані відповідно до умов навколишнього середовища, пожежної безпеки приміщень та прокладання електромереж.

Види електропроводок і способи прокладки електрокабелів прийняті з урахуванням вимог електро- та пожежної безпеки. Оболонки та ізоляція кабелів відповідають способам прокладки і умов навколишнього середовища.

Згідно з вимогами НПАОП 40.1-1.21-98 (ДНАОП 0.00-1.21-98) «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів» [23] електроприміщення комплектуються основними і допоміжними захисними засобами, а також первинними засобами пожежогасіння. Обсяг захисних засобів може збільшуватися залежно від системи організації експлуатації та місцевих умов.

Умови праці при експлуатації та ремонті мереж і електроустановок повинні відповідати вимогам безпеки та захисту працівників від небезпечних і шкідливих виробничих факторів, які можуть впливати на їх здоров'я.

Для створення та дотримання безпечних і нешкідливих умов праці при експлуатації та ремонті мереж і споруд електропостачання необхідно керуватися вимогами [23], а при виконанні окремих видів робіт, які є не специфічними для електротехнічного персоналу - вимогами міжгалузевих, чинних в Україні нормативних актів про охорону праці.

Технологічні карти або інша технічна документація повинні містити вимоги безпеки, дотримання яких є обов'язковим при організації та виконанні робіт.

Зам. інв. №	
Підпис та дата	
Інв. №	

						ТП 91мп 88 03 ПЗ	Арк.
							82
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		

Експлуатувати (обслуговувати) електрогосподарство котельні повинен відповідно підготовлений штат електротехнічного персоналу , забезпечений всіма необхідними засобами і обладнанням для виконання ремонтних робіт .

Електромонтажні роботи виконувати згідно з вимогами СНиП 3.05.06-85 [25].

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

9.2.1 Мікроклімат робочої зони

Під мікрокліматом виробничих приміщень розуміють клімат внутрішнього середовища виробничого приміщення, який визначається поєднаними діями на організм людини, температури, вологості, швидкості руху повітря та теплових випромінювань. Отже, основними параметрами мікроклімату є: температура, відносна вологість, швидкість переміщення повітря та інтенсивність теплового випромінювання. Параметри мікроклімату можуть змінюватись у широких межах і істотно впливати на самопочуття та здоров'я працівника продуктивність та якість його праці. Людина постійно знаходиться в процесі теплової взаємодії з навколишнім середовищем.

Параметри мікроклімату діють на організм людини комплексно. Параметри мікроклімату нормуються по ДСН 3.3.6.042-99 [26] залежно від тяжкості виконуваних робіт і періоду року.

Відповідно до цього нормовані параметри зводимо в табл. 9.1

Таблиця 9.1 - Допустимі і оптимальні параметри температури повітря, відносної вологості і швидкості руху повітря

Період року	Оптимальні параметри			Допустимі параметри		
	$t, ^\circ\text{C}$	$\phi, \%$	$V, \text{м/с}$	$t, ^\circ\text{C}$	$\phi, \%$	$V, \text{м/с}$
Теплий	22-24	40-60	0,2	21-28	≤ 60	0,1-0,3
Холодний	21-23	40-60	0,1	20-24	≤ 75	0,1-0,2

Технічні рішення для забезпечення вимог норм (регламентуються):

- вентиляція котельного залу на всі періоди року передбачена припливно -витяжна, розрахована на асиміляцію теплонадлишків. Обсяг припливного повітря компенсує об'єм повітря, що надходить на горіння у топки котлів і видаляється витяжною вентиляцією. У котельному залі незалежно від режиму експлуатації забезпечується постійний 3- х кратний обмін;
- для підтримки необхідної температури в приміщеннях котельної в зимовий час в котельній виконується опалювання. Теплоносієм системи опалювання є гаряча вода що йде в систему опалювання від водогрійних котлів;
- проходить зниження викидів забруднюючих речовин за рахунок скорочення витрати палива, застосування досконаліших газоспалюючих пристроїв;

Зам. інв. №

Підпис та дата

Інв. №

Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата

ТП 91мп 88 03 ПЗ

Арк.

83

- димова труба забезпечує розсіювання шкідливих викидів на великі площі.

9.2.2 Заходи з оптимізації складу повітря робочої зони котельні

Для безпечної роботи в приміщенні котельні встановлюється газоаналізатор. Контроль наявності до-вибухонебезпечної концентрації природного газу в приміщенні котельні, а саме метану (CH₄), а також перевищення концентрації чадного газу (CO) виконується системою газоаналізатора ВАРТА 1-03 ЗАТ "ТЕМІО".

При досягненні загазованості приміщення 10% від нижньої межі займистості природного газу, а також при перевищенні 200 р.р.т. чадного газу, включається попереджувальна сигналізація. При досягненні загазованості приміщення 20% від нижньої межі займистості природного газу спрацьовує газосигналізатор, який приводить в дію швидкодіючий клапан - відсікач на вводі газопроводу. Також передбачається контроль зниження температури в котельні, пожежний контроль (підвищення температури повітря в котельні вище 70 °С) і охоронна сигналізація.

9.2.3 Заходи з оптимізації виробничого освітлення робочих місць

У котельні передбачені наступні види освітлення:

- робоче освітлення на напрузі 220 В;
- аварійно - евакуаційне на напрузі 220 В;
- ремонтне освітлення на напрузі 12 В.

Підключення щитів освітлення виконано від ТП кабельними лініями по радіальних схемах.

Мережі освітлення захищені від перевантаження і струмів короткого замикання.

Ремонтне освітлення виконується на напрузі 12 В і живиться від мережі аварійного освітлення через знижувальні трансформатори 220/12 В.

Проектні рішення по природному, штучному і комбінованому освітленню приміщень та окремих зон відповідають вимогам ДБН В.2.5-28-2018 [27].

9.2.4 Засоби і методи захисту від виробничого шуму

Для забезпечення допустимих параметрів шуму, нормованих в [34], в котельній передбачені наступні засоби:

- для машиніста котлів створене окреме, ізольоване від шуму, приміщення з розміщенням в ньому щитів технологічної сигналізації (щитова);

- службово-побутові приміщення захищені від шуму діючого устаткування глухими стінами;

- застосовуються засоби індивідуального захисту від шуму – протишумні навушники;

- зменшення шуму в джерелі шляхом вдосконалення устаткування і експлуатації його в нормальних режимах.

вентилятори і димососи встановлюються за котлом біля стіни будівлі, самої віддаленої від робочих місць обслуговуючого персоналу;

Зам. інв. №

Підпис та дата

Інв. №

Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата

ТП 91мп 88 03 ПЗ

Арк.

84

організаційних заходів щодо оповіщення, евакуації та дій персоналу котельні у разі виникнення надзвичайної ситуації (НС), а також визначення основних заходів з питань пожежної безпеки.

9.3.1 Технічні та організаційні заходи щодо ліквідації / локалізації аварійних ситуацій

У разі виникнення НС працівники зобов'язані діяти тверезо й спокійно, не панікувати, точно й оперативно слідувати вказівкам керівництва підприємства, осіб, відповідальних за цивільний захист (цивільну оборону) та техногенну безпеку, протипожежну безпеку, охорону праці, а також представників ДСНС та державної пожежної охорони.

У випадку виникнення НС кожний працівник мусить:

- припинити роботу (якщо це дозволено технологічним процесом виробництва);
- якнайшвидше сповістити про НС керівника та відповідальну посадову особу;
- приступити до ліквідації (локалізації) НС наявними засобами;
- за необхідності викликати підрозділи ДСНС.

Керівництво підприємства, а також особи, відповідальні за цивільний захист (цивільну оборону) та техногенну безпеку, протипожежну безпеку, охорону праці, зобов'язані в разі виникнення НС:

- перевірити та продублювати повідомлення про НС, довести це до відома керівника підприємства;
- оцінити умови, з'ясувати кількість і місцезнаходження людей, за потреби вжити заходів щодо оповіщення працівників, населення про НС;
- під час загрози для життя людей негайно організувати їх рятування (евакуацію), використовуючи для цього наявні сили й засоби;
- забезпечити виведення з небезпечної зони людей, які не беруть безпосередньої участі в ліквідації НС;
- обмежити допуск людей та транспортних засобів до небезпечної зони;
- у разі необхідності виконати: відключення електроенергії (за винятком систем протипожежного захисту), зупинку транспортувальних пристроїв, агрегатів, апаратів, перекриття сировинних, газових комунікацій, зупинку систем вентиляції в аварійному приміщенні (за винятком пристроїв протидимового захисту) та вжити інших заходів, що сприяють ліквідації (локалізації) НС;
- організувати надання медичної допомоги потерпілим, харчування та відпочинок осіб, які беруть участь у ліквідації НС;

У разі дій щодо локалізації (ліквідації) наслідків НС потрібно:

Зам. інв. №	
Підпис та дата	
Інв. №	

Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата

9.4 Висновки з розділу 9

В розділі 9 було розглянуті і описані прийняті в проекті технічні рішення щодо безпечної експлуатації об'єкта, рішення з гігієни праці та виробничої санітарії та безпеки в надзвичайних ситуаціях, прийняті в проекті при роботі з обладнанням під тиском, з вибухо- та пожежо-небезпечним обладнанням та дії персоналу в разі надзвичайної ситуації.

Зам. інв. №								
Підпис та дата								
Інв. №							ТП 91мп 88 03 ПЗ	Арк.
								92
		Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата	

ВИСНОВКИ

У магістерській дисертації була виконано проект реконструкції опалювальної водогрійної котельні в м. Миколаєві, що відпускає теплоту на опалення.

Згідно отриманого завдання, максимальне теплове навантаження на опалення складає $Q_{\text{мах.о.}} = 26$ МВт. Було розраховано середню витрату теплоти на опалення, яка склала $Q_{\text{ср.о.}} = 12,285$ МВт; та річну витрату теплоти на опалення $Q_{\text{річ.о.}} = 1,709 \cdot 10^8$ МДж/рік.

Відповідно до навантажень, розраховано теплову схему котельні та вибрано незалежну схему приєднання споживачів. Для цього застосовано теплообмінники фірми DANFOSS тепловою потужністю $Q_{\text{тоа}} = 13,2 \cdot 10^3$ кВт.

Визначена витрата води на підживлення теплової мережі та витрати сирової і хімічно підготовленої води.

Також визначені витрати води і її температури за всіма потоками теплової схеми котельні.

За сумарним тепловим навантаженням при роботі на газі обрано газовий котел фірми «Viessmann» типу VITOMAX D HW з номінальною теплопродуктивністю $Q_{\text{к}}^{\text{ном}} = 26,4$ МВт.

Були підібрані два мережних насоси (один – робочих і один – резервний), Wilo SCP 200/460HA-160/4; насос циркуляції теплоносія для котла Viessmann - Wilo IL 200/270-30/4, насос циркуляції теплоносія для котла KB ГМ – 10 - 150 – Wilo IL 100/170-30/2, насосну станцію підживлення котлового контуру Wilo CO-2 MHI 406N/ER-EB та станцію підживлення теплової мережі – Wilo SiBOOST SMART 3 HELIX VE 1004.

Для забезпечення погодозалежного регулювання роботи котельні (якісного регулювання відпуску теплоносія) було розраховано та підібрано 3х-ходовий клапан фірми Clorius типу G3FM-TL DN250; для захисту котла Viessmann від холодної зворотньої магістралі було підібрано 3х-ходовий Clorius G3FM-TR DN200.

Проведено гідравлічний розрахунок газопроводу котельні – вибрано діаметри, розраховано тиск в точках приєднання газових рамп.

Розраховано аеродинамічну складову, а саме: для розсіювання димових газів у навколишнє середовище використано існуючу димову трубу висотою 60м і діаметром устя 2м, в якості газоходу з'єднання котла Viessmann з димовою трубою обрано сталеві газоходи згідно ПГВУ $\varnothing 1300$ мм.

У розділі з охорони праці розглянуті питання, що характерні, розглянуто організаційні заходи щодо загазованості та запиленості повітря, безпеки в надзвичайних ситуаціях, електробезпеки, пожежобезпеки.

Розроблений старап-проект, де розглянуто схеми утилізації тепла за котлом KB ГМ – 10 – 150.

Зам. інв. №	
Підпис та дата	
Інв. №	

										Арк.
										93
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дат	ТП 91мп 88 03 ПЗ				

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДСТУ-Н Б В.1.1 – 27:2010. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія. – Чинний від 2011 – 11 – 01. Київ: Мінрегіонбуд України, 2011. – 123 с.
2. Боженко М.Ф. Джерела теплопостачання та споживачі теплоти”: Навч. посіб./ М.Ф.Боженко, В.П.Сало, – К.: ІВЦ „Видавництво «Політехніка»”, 2004. – 192 с.
3. Краснощеков Е.А. „Задачник по теплопередаче”: Учебн. пособие для вузов./ Е.А. Краснощеков, А.С. Сукомел – 4-е изд., перераб. – М.: Энергия, 1980. - 288 с., ил.
4. ДБН В.2.5-77:2014. Котельні. – Чинний від 2015-01-01. Київ: Мінрегіон України, 2014. – 54 с.
5. Алабовський О.М. Проектування котельень промислових підприємств. Навч. посіб./О.М. Алабовський, М.Ф. Боженко, Ю.В. Хоренженко.- К.: Вища шк., 1992. – 207с.
6. Ривкин С.Л. „Теплофизические свойства воды и водяного пара”./ С.Л. Ривкин, А.А. Александров – М.: Энергия, 1980. – 424., ил.
7. Пластинчатые теплообменники в промышленности / Л.Л. ТОВАЖНЯНСКИЙ. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2004. – 232 с.
8. Данфос Україна. Теплова автоматика Данфос. – Київ, 2018. – 300с.
9. Лифшиц О.В. Справочник по водоподготовке котельных установок./ О.В.Лифшиц. - М.: Энергия ,1976. – 287 с.
10. ДБН В.2.5-2018. Газопостачання. – Чинний від 2019-07-01. Київ: Мінрегіон України, 2019. – 114 с.
11. «Аэродинамический расчет котельных установок (нормативный метод)»: нормативный метод / С.И.Мочан и др. – 3-е изд. - М.: Энергия, 1977. – 256 с.
12. Кудинов А.А. Энергосбережение в теплогенерирующих установках / А.А.Кудинов. – Ульяновск: УлГПУ, 2000. – 139 с.
13. Экологически чистая теплоутилизационная установка с контактными теплообменниками: отчет о НИР (заключит.) : 25-11 / Институт проблем энергосбережения НАН Украины; рук. Л.Г.Семенюк; исполн. : А.А.Михайлов и др. – Киев, 1994. – 64 с. – Инв.№ 1194.
14. Безлюдный П.П. Определение температуры точки росы продуктов сгорания природного газа / П.П. Безлюдный, Л.Г. Семенюк, В.Н.Николаев и др. // Изв. вузов «Энергетика». – 1986. - № 12. – С. 89 - 90.
15. Боженко М.Ф. Підвищення енергетичної та екологічної ефективності поверхневих теплоутилізаторів димових газів водогрійних котельень / М.Ф.Боженко, О.В. Озеруга // Наукові вісті НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського». – 2020. - № 1. – С. 7- 14.

Зам. інв. №	
Підпис та дата	
Інв. №	

							Арк.
						ТП 91мп 88 03 ПЗ	94
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		

30. ПУЕ. Правила улаштування електроустановок (перше переглянуте, перероблене, доповнене та адаптоване до умов України видання). – Чинний від 2017-08-21. Київ: Міністерство енергетики та вугільної промисловості України, 2017. – 617 с.

31. ДСТУ EN 54-3:2003. Системи пожежної сигналізації. Частина 3. Оповіщувачі пожежні звукові. Зі зміною №1. – Чинний від 2004-07-01. Київ: ТК 25 «Пожежна техніка та протипожежна безпека», ТОВ «Росток-ВЦ», 2004. – 33 с.

32. ДСТУ Б В.2.5-38-2008. Інженерне обладнання будинків і споруд. Улаштування блискавкозахисту будівель і споруд. – Чинний від 2009-01-01. Київ: Державний науково-дослідний проектно-вишукувальний технологічний інститут з перспектив розвитку енергетики «Енергоперспектива». – 54 с.

33. ДСТУ 3675-98. Пожежна техніка. Вогнегасники переносні. Загальні технічні вимоги та методи випробувань. Зі зміною №1. – Чинний від 1999-01-01. Київ: Український науково-дослідний інститут пожежної безпеки МНС України, 1998. – 49 с.

34. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. – Чинний від 1999-12-01. Київ: Міністерство охорони здоров'я. – 34 с.

Зам. інв. №							
Підпис та дата							
Інв. №							
						ТП 91мп 88 03 ПЗ	Арк.
							96
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		

ДОДАТОК А

Методика розрахунку теплових втрат приміщень

А.1 Розрахувати теплові втрати (у холодний період року) через зовнішні конструкції приміщення можна за допомогою методики, викладеної детально в [2].

А.2 Для розрахунку теплових втрат використовується формула, що рекомендована в [1]

$$Q_{\text{втр}} = \sum Q_{\text{обг}} + Q_{\text{інф}} \quad (\text{A.1})$$

де $\sum Q_{\text{обг}}$ – сумарні втрати теплоти через зовнішні огорожувальні конструкції (зовнішні стіни, вікна, зовнішні двері, перекриття для останнього поверху, підлогу для першого поверху), кВт;

$Q_{\text{інф}}$ – витрати теплоти на нагрівання інфільтраційного повітря, що надходить до приміщення через нещільності в огороженнях, а також при провітрюванні приміщень, кВт. Для котельні ці втрати замінюються витратами тепла на підігрів припливного повітря на горіння, а також на об'єм кратного повітрообміну котельні.

А.3 Втрати теплоти через окремі огороження визначаються за формулою [2]

$$Q_{\text{обг.}i} = K \cdot F_i \cdot \Delta t_i \cdot (1 + \sum \beta_i) \cdot n_i \cdot 10^{-3} \quad (\text{A.2})$$

де K_i – коефіцієнт теплопередачі окремого огороження, Вт/(м²·К);

Δt – різниця температур між внутрішнім та зовнішнім повітрям °С;

n_i – поправка на розрахункову різницю температур, що залежить від геометричного положення огороження;

β_i – додаткові втрати теплоти в частках до основних.

Основні зовнішні огороження:

- віконні прорізи;
- дверні прорізи;
- стіни, що межують з назовнішнім повітрям;
- стіни, що межують з приміщеннями, де внутрішня температура повітря $t_{\text{вн}}$ менша за нормативну температуру внутрішнього повітря для даного приміщення.

Розрахунки теплових втрат проводять окремо для кожного типу огорожуючої конструкції, потім сумують всі теплові втрати і таким чином отримують теплові втрати через зовнішні огорожуючі конструкції.

Розрахунки проводять для I-го режиму – найхолоднішої п'ятиденки забезпеченістю 0,92 ($t_{\text{р.о.}}$).

А.4 Коефіцієнти теплопередачі огорожень визначаються за наступною формулою [2]

$$k_{\text{обг}} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\text{зн}}}} \quad (\text{A.3})$$

Зам. інв. №

Підпис та дата

інв. №

Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата

ТП 91мп 88 03 ПЗ

Арк.

97

де $\alpha_{вн}$, $\alpha_{зн}$ – коефіцієнти тепловіддачі внутрішніх і зовнішніх поверхонь огорожувальних конструкцій, Вт/(м² · °С), (рекомендовано $\alpha_{вн} = 8,7$ Вт/(м² · °С), $\alpha_{зн} = 23$ Вт/(м² · °С));

δ_1 – товщина і-го шару огороження, м;

λ_1 – теплопровідність і-го шару, Вт/(м · К).

А.5 Витрати теплоти на нагрівання інфільтраційного повітря для одного поверху будинку
 $Q_{інф}$, кВт

$$Q_{інф} = (m_{об}/3600) c_n \rho_n F_n h (t_{вн} - t_{р.о}), \quad (A.4)$$

де c_n – питома масова теплоємність повітря, кДж/(кг·К);

$m_{об}$ – кратність повітрообміну, 1/год;

ρ_n – густина повітря, кг/м³;

F_n – площа підлоги, м²;

h – висота приміщення від підлоги до стелі, м.

або

$$Q_{інф} = Q_n = c_n \cdot \rho_n \cdot G_n \cdot (t_{вн} - t_n) \quad (A.5)$$

де c_n – питома теплоємність повітря ($c_n=1005$ Дж/кг·°С);

ρ_n – густина повітря ($\rho_n=1,226$ кг/ м³);

G_n – витрата повітря.

А.6 У випадку котельні замість формули (А.4) розраховують формулу (А.5) як витрату теплоти на підігрів повітря, що потрапляє в котельню.

Зам. інв. №	
Підпис та дата	
інв. №	

Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дат

ЗАТВЕРДЖУЮ

Декан теплоенергетичного
факультету КПІ ім. Ігоря Сікорського

_____ Є.М. Письменій
(підпис) (ініціали, прізвище)

« ____ » _____ 2020 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Голова представництва
«ЕНЕРТЕКС»
(керівник підприємства, організації)

_____ Д.Ж. Аладеніс
(підпис) (ініціали, прізвище)

« ____ » _____ 2020 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на проектно-конструкторську розробку

«Реконструкція опалювальної водогрійної котельні для житлового масиву у м. Миколаєві»

1. Термін виконання роботи

Початок – 01.09. 2020 р.

Закінчення – 26.10. 2020 р.

2. Обґрунтування для виконання роботи

В наявній котельні встановлені три водогрійних котли КВ-ГМ-10. У зв'язку з закінченням терміну експлуатації котлів, та складністю в їх обслуговуванні необхідна реконструкція котельні – заміна одного котлоагрегату на новий, більш потужний котел фірми Viessmann, та модернізація інших двох котлів. Дана обставина потребує розробку теплової схеми котельні з відповідними розрахунками обладнання.

3. Мета роботи

Реконструкція котельні з метою безперебійного теплопостачання мешканців житлового масиву теплоносієм з відповідними параметрами системи опалення.

4. *Зміст основних етапів виконання роботи*

Розрахунки теплової схеми котельні.

Вибір основного та допоміжного обладнання котельні.

Водопідготовка котельні.

Газопостачання котельні.

Аеродинамічні розрахунки газового тракту котельні.

Система опалення і вентиляції котельні.

Графічний матеріал:

- теплова схема котельні;.

- розміщення обладнання та трубопроводів в котельні;

- газопостачання котельні;

- система опалення котельні.

5. *Матеріали, що подаються після закінчення роботи*

5.1. Пояснювальна записка (текстова частина магістерської дисертації).

5.2. Креслення.

5.3. Довідка про впровадження результатів.

6. *Порядок розгляду і приймання роботи*

Результати роботи розглядаються на засіданні ЕК із захисту атестаційних робіт освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 144 «Теплоенергетика», освітньо-професійною програмою «Промислова та муніципальна теплоенергетика і енергозбереження».

Керівник роботи

Виконавець

Студент гр. ТП-91мп
ТЕФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського

_____ доц. М.Ф. Боженко
(підпис) (посада, ініціали, прізвище)

_____ О.О. Озеруга
(підпис) (ініціали, прізвище)

« _____ » _____ 2020 р.

« _____ » _____ 2020 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Голова представництва

«ЕНЕРТЕКС»

(керівник підприємства, організації)

_____ Д.Ж. Аладеніс
(підпис) (ініціали, прізвище)

« ____ » _____ 2020 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

результатів магістерської дисертації

студента КПІ ім. Ігоря Сікорського Озеруги Олексія Володимировича

Результати магістерської дисертації на здобуття ступеня магістра студента теплоенергетичного факультету КПІ ім. Ігоря Сікорського Озеруги О.В. на тему «Реконструкція опалювальної водогрійної котельні для житлового масиву у м. Миколаєві» упроваджені в представництві «ЕНЕРТЕКС» в частині розрахунків теплової схеми котельні, розрахунків та вибору основного та допоміжного обладнання котельні, розрахунків та вибору обладнання водопідготовки, аеродинамічного розрахунку газового тракту, розрахунків та вибору обладнання системи газопостачання, розрахунків систем опалення і вентиляції котельні.

Головний інженер проекту

_____ М.Б. Белюженко
(підпис) (ініціали, прізвище)

« ____ » _____ 2020 р.

СПИСОК НАУКОВИХ ПРАЦЬ Озеруга Олексій Володимирович

прізвище, ім'я, по-батькові

№ п/п	Найменування праць	Рукописні або друковані	Назва видавництва, журналу (номер, рік) або номер авторського свідоцтва, номер дипломного на винахід	Кількість друкованих аркушів або сторінок разом	Прізвище спів-автора праці
1	2	3	4	5	6
1	Оптимізація режимів роботи утилізаторів теплоти димових газів в котельнях при зволоженні дуттьового повітря (тези)	друк.	Матеріали XVII Міжнар. наук.-практ. конференції молодих вчених та студентів «Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики», Київ, 23–26 квітня 2019 р., у 2 т. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2019. – Т.1, С.257	1 с	Боженко М.Ф.
2	Оптимізація режимів роботи утилізаторів теплоти димових газів в котельнях (наукова робота на конкурс)	рук.	XVIII Всеукраїнський конкурс «Молодь–енергетиці України-2018: відкритий конкурс молодих енергетиків та вчених» (III призове місце)	32 с	Науковий керівник: Боженко М.Ф.
3	Порівняльні характеристики утилізаційних установок димових газів котельень зі зволоженням дуттьового повітря (тези)	друк	Матеріали XVIII-й міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених та студентів "Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики", Київ, 21 - 24 квітня 2020 р., у 2 т.-Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2020. - Т.1, С.178	1 с	Боженко М.Ф.

4	Підвищення енергетичної та екологічної ефективності поверхневих теплоутилізаторів димових газів водогрійних котелень	друк	Наукові вісті НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського». – 2020 - 1.	7 с	Боженко М.Ф.
5	Порівняльні характеристики утилізаційних установок димових газів котелень зі зволоженням дуттьового повітря (наукова робота на конкурс)	на прав. рук.	XIX Всеукраїнський конкурс «Молодь-енергетиці України-2019: відкритий конкурс молодих енергетиків та вчених» (I призове місце)	38 с	Науковий керівник: Боженко М.Ф.
6	Порівняльні характеристики утилізаційних установок димових газів котелень зі зволоженням дуттьового повітря	прийняти до друку	Енергетика: економіка, технології, екологія. - 2020 – 1.	13 с	Боженко М.Ф.

Автор

Олексій Озеруга

Ім'я користувача:
Боженко Михайло Федорович

ID перевірки:
1005372924

Дата перевірки:
05.12.2020 08:45:48 EET

Тип перевірки:
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:
05.12.2020 08:51:07 EET

ID користувача:
100005082

Назва документа: Озеруга МДП а

Кількість сторінок: 63 Кількість слів: 10439 Кількість символів: 72066 Розмір файлу: 2.96 MB ID файлу: 1005665529

10.9% Схожість

Найбільша схожість: 8.43% з Інтернет-джерелом (https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/30604/1/Nikitenko_magistr.pdf)

9.17% Джерела з Інтернету

15

Сторінка 65

6.9% Джерела з Бібліотеки

77

Сторінка 65

0% Цитат

Вилучення цитат вимкнене

Вилучення списку бібліографічних посилань вимкнене

0.06% Вилучень

Деякі джерела вилучено автоматично (фільтри вилучення: кількість знайдених слів є меншою за 10 слів та 0%)

0.02% Вилучення з Інтернету

71

Сторінка 66

0.04% Вилученого тексту з Бібліотеки

141

Сторінка 67

Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи

414

ВІДОМІСТЬ МАГІСТЕРСЬКОЇ ДИСЕРТАЦІЇ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проект	2	
2	A4	ТП 91мп 88 03 ПЗ	Пояснювальна записка	105	
3	A2x3	ТП 91мп 88 03 001 ТМК	Теплова схема котельні	1	
4	A1	ТП 91мп 88 03 002 ТМК	Розміщення обладнання. План на відм. 0,000	1	
5	A1	ТП 91мп 88 03 003 ТМК	Розміщення обладнання. План на відм. +4,800	1	
6	A1	ТП 91мп 88 03 004 ТМК	Розташування трубопроводів. План на відм. 0,000	1	
7	A1	ТП 91мп 88 03 005 ТМК	Розташування трубопроводів. План на відм. +4,800	1	
8	A1	ТП 91мп 88 03 006 ТМК	Розташування трубопроводів. Розріз 1-1	1	
9	A1	ТП 91мп 88 03 007 ТМК	Газоходи. План на відм. 0,000	1	
10	A1	ТП 91мп 88 03 001 ОВ	Система опалення. Аксонометрична схема	1	
11	A1	ТП 91мп 88 03 002 ОВ	Система опалення. План на відм. +4,800	1	
12	A1	ТП 91мп 88 03 001 ГПВ	Газопостачання. Схема газопроводів	1	
13	A1	ТП 91мп 88 03 002 ГПВ	Газопостачання. Розташування трубопроводів. План на відм. +4,800	1	
14	A3	ТП 91мп 88 03 ТМК.С	Специфікація обладнання	2	

Зам. інв. №

Підпис та дата

Інв. №

ТП 91мп 88 03

Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата

Студент	Озеруга			
Керівник	Боженко			
П.конт.				
Н.контр.	Боженко			
Зав.каф.	Варламов			

Відомість магістерської дисертації

Аркуш	Аркушів
1	1
КПІ ім. І.Сікорського, ТЕФ, Кафедра ТПТ	