

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

Навчально науковий інститут атомної та теплової енергетики

Кафедра теплової та альтернативної енергетики

«На правах рукопису»

УДК 620.9:697.32

«До захисту допущено»

Завідувачка кафедри

Ольга ЧЕРНОУСЕНКО

(підпис)

(ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

“ ” _____ 2024 р.

**Магістерська дисертація
на здобуття ступеня магістра**

зі спеціальності 144 «Теплоенергетика»

на тему: «Реконструкція опалювальної водогрійної котельні для групи житлових будинків в м. Полтава»

Виконав: студент ІІ курсу, групи ТУ-21мп

Семенченко Всеволод Русланович

(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Науковий керівник доцент, к.т.н., доц. Наталя ПРИТУЛА

(посада, науковий ступінь, вчене звання, ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

Консультанти: з охорони праці к.т.н., доцент Сергій КАШТАНОВ

(назва розділу)

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

(підпис)

з економіки

(назва розділу)

Наталка БОЙЧУК

(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)

Керівник _____

(підпис)

Київ – 2024 року

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

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу

1) Схема трубопроводів. Теплова схема котельні – 1 арк.

2) Компоновка обладнання. План на відмітці – 1 арк.

3) Розміщення трубопроводів та димових труб в котельні (плани, розрізи) – 3 арк.

4) Система опалення та вентиляції котельної (схема і розміщення обладнання) – 2 арк.

5) Газопостачання котельні:

- схема газопроводів – 1 арк.;

- розміщення обладнання (план, розрізи) – 1 арк.

7. Орієнтовний перелік публікацій _____

8. Консультанти розділів дисертації*

Розділ	Ім'я, ПРИЗВИЩЕ та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Сергій КАШТАНОВ, доцент		
Економіка	Наталка БОЙЧУК, ст. викладачка		

9. Дата видачі завдання 30.10.2023 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Розрахувати річні теплові навантаження на опалення на ГВП	03.11.2023 р.	
2	Розрахувати теплову схему водогрійної котельні	10.11.2023 р.	
3	Вибір основного та допоміжного обладнання (котлів, насосів, теплообмінників)	17.11.2023 р.	
4	Газопостачання опалювальної котельні	24.11.2023 р.	
5	Аеродинамічний розрахунок димових труб	01.12.2023 р.	
6	Опалення та вентиляція котельного залу	08.12.2023 р.	
7	Економічна частина	15.12.2023 р.	
8	Охорона праці	15.12.2023 р.	
9	Креслення		
9.1	Схема трубопроводів. Принципова теплова схема котельні	01.12.2023 р.	
9.2	Розміщення обладнання в котельні. Плани та розрізи	10.12.2023 р.	
9.3	Розміщення трубопроводів та димових труб в котельні	14.12.2023 р.	
9.4	Система опалення та вентиляції котельні	18.12.2023 р.	
9.5	Газопостачання котельні плани та розрізи	20.12.2023 р.	

Студент

(підпис)

Всеволод СЕМЕНЧЕНКО

(ім'я, ПРИЗВИЩЕ)

Науковий керівник дисертації

(підпис)

Наталія ПРИТУЛА

(ім'я, ПРИЗВИЩЕ)

Пояснювальна записка
до магістерської дисертації
за освітньо-професійною програмою
на тему: «Реконструкція опалювальної водогрійної котельні для групи
житлових будинків в м. Полтава»

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація на здобуття ступеня магістра за освітньо-професійною програмою підготовки на тему: «Реконструкція опалювальної водогрійної котельні для групи житлових будинків в м. Полтава»; пояснювальна записка на 114 с., 15 рис., 15 табл., 1 дод., 27 джерело, 9 креслеників формату А1.

Об'єкт розробки – районна опалювальна водогрійна котельня.

Мета роботи – реконструкція опалювальної водогрійної котельні для групи житлових будинків в м. Полтава.

Були виконані розрахунки тепломеханічної частини котельні, вибір основного та допоміжного обладнання (котлів, триходових клапанів, насосів, теплообмінника), аеродинамічний розрахунок газового тракту.

Теплотехнічна частина котельні спроектована для постачання теплової енергії споживачам при визначеному температурному графіку від 95 до 70 °С. В процесі реконструкції здійснюється модернізація з метою підвищення ефективності котельні та зниження витрат на паливо та утримання. Оновлення включає в себе заміну застарілих котлів на більш сучасні та надійні, а також пальників та додаткового обладнання. Передбачається встановлення трьох водогрійних газових котлів від компанії «Viessmann» з потужністю 2310 кВт кожен. Кожен котел обладнується пальниками фірми «ELCO» з можливістю регулювання спалювання газу.

Враховано, що кожен котел функціонує з використанням окремої димової труби висотою 29 метрів. Для котла Vitomax LW M62C із потужністю 2310 кВт запроектована димова труба діаметром Ø500/560.

Вимірювання витрати природного газу для котельного обладнання визначено за допомогою лічильників об'єму газу в зазначеному діапазоні вимірювання. Для котла Vitomax потужністю 2310 кВт обрано лічильник об'єму газу DELTA G160.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: котельня, реконструкція, опалення, теплові втрати, котел, триходовий клапан, теплопостачання, димова труба, теплообмінник, насос, клапан, тракт.

SUMMARY

Master's thesis for a master's degree in the educational and professional training program on the topic: "Reconstruction of a heating water boiler house for a group of residential buildings in Poltava"; explanatory note on 114 pages, 15 figures, 15 tables, 1 appendix, 27 sources, 9 drawings in A1 format.

The object of development is a district hot water boiler house.

Purpose - Reconstruction of a heating hot water boiler house for a group of residential buildings in Poltava.

Calculations of the thermal and mechanical part of the boiler house, selection of the main and auxiliary equipment (boilers, three-way valves, pumps, heat exchanger), aerodynamic calculation of the gas path were performed.

The heat engineering part of the boiler house is designed to supply heat energy to consumers at a certain temperature schedule from 95 to 70 °C. The reconstruction is being modernized to improve the efficiency of the boiler house and reduce fuel and maintenance costs. The upgrade includes the replacement of outdated boilers with more modern and reliable ones, as well as burners and additional equipment. Three hot water gas boilers from Viessmann with a capacity of 2310 kW each will be installed. Each boiler is equipped with burners from ELCO with the ability to regulate gas combustion.

It was taken into account that each boiler operates with a separate chimney 29 meters high. For the Vitomax LW M62C boiler with a capacity of 2310 kW, a chimney with a diameter of Ø500/560 was designed.

The measurement of natural gas consumption for boiler equipment was determined using gas volume meters in the specified measurement range. For a 2310 kW Vitomax boiler, a DELTA G160 gas volume meter was selected.

KEYWORDS: boiler house, reconstruction, heating, heat losses, boiler, three-way valve, heat supply, chimney, heat exchanger, pump, valve, path.

ЗМІСТ

ЗМІСТ	7
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ	10
ВСТУП	12
1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА	14
1.1 Існуючий стан котельні до реконструкції	14
1.2 Технічні рішення передбаченні реконструкцією	16
1.3 Вихідні дані для виконання реконструкції котельні.....	19
1.4 Розрахунок річних теплових навантажень.....	20
1.5 Висновки з розділу 1	21
2 ТЕПЛОМЕХАНІЧНА ЧАСТИНА	22
2.1 Опис теплової схеми котельні.....	22
2.2 Вихідні дані для розрахунку теплової схеми водогрійної котельні.....	28
2.3 Розрахунок теплової схеми котельні (максимально зимовий за розрахунковою температурою).....	30
2.4 Висновок до розділу 2	34
3 ВИБІР ОСНОВНОГО ТА ДОПОМІЖНОГО ОБЛАДНАННЯ ВОДОГРІЙНОЇ КОТЕЛЬНОЇ	35
3.1 Вибір котлів.....	35
3.2 Вибір триходового клапана для системи опалення та ГВП	36
3.3 Вибір насосів для забезпечення роботи котельного залу	39

						МД.23.144.216.ПЗ		
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата			
Студент	Семенченко					Опалювальна котельня у м. Полтава. Реконструкція. Пояснювальна записка	Сталія	Арк.шіт
Керівник	Притула						МДп	7
Т.контр.	Нікуленкова							114
Н.контр.	Безродний						КПІ ім. Ігоря Сікорського, НН ІАТЕ, кафедра ТАЕ	
Зав.каф.	Черноусенко							

3.4	Вибір теплообмінника	50
3.5	Висновок до розділу 3	59
4	ГАЗОПОСТАЧАННЯ ВНУТРІШНЄ.....	61
4.1	Загальна частина	61
4.2	Встановлення технологічних вузлів обліку	63
4.3	Висновок до розділу 4	63
5	АЕРОДИНАМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ГАЗОВОГО ТРАКТУ	65
5.1	Проектні рішення будівництва нових металевих димових труб	65
5.2	Аеродинамічний розрахунок димових труб	66
5.3	Висновок до розділу 5	71
6	ОПАЛЕННЯ ТА ВЕНТИЛЯЦІЯ	72
6.1	Вихідні дані для системи опалення та вентиляції котельні	72
6.2	Характеристика будівлі котельні	72
6.3	Теплові надходження в приміщення котельні.....	72
6.4	Вентиляція приміщення котельні	73
6.5	Опалення.....	74
6.6	Висновок до розділу 6	75
7	ВОДОПРОВІД ТА КАНАЛІЗАЦІЯ	77
7.1	Вихідні дані	77
7.2	Водопостачання.	77
7.3	Каналізація.....	79
7.4	Висновок до розділу 7	79
8	РІШЕННЯ З ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ	80
8.1	Загальні дані	80
8.2	Електросилове обладнання.	80

8.3	Електроосвітлення котельні	81
8.4	Блискавкозахист.....	82
8.5	Вимоги ПБЕЕ.	82
8.6	Висновок до розділу 8	83
9	РІШЕННЯ З АВТОМАТИЗАЦІЇ.....	84
9.1	Загальні положення.	84
9.2	Основні технічні рішення	84
9.3	Монтаж контрольно-вимірювальних приладів і засобів автоматизації.....	86
9.4	Висновок до розділу 9	87
10	РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ	89
10.1	Існуючий стан котельні для якої планується реконструкція	89
10.2	Стан котельні після реконструкції.....	90
10.3	Розрахунок економічного ефекту	91
10.4	Висновок до розділу 10	92
11	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	93
11.1	Технічні рішення та організаційні заходи з безпеки експлуатації технологічного обладнання.....	94
11.2	Забезпечення вимог гігієни праці та виробничої санітарії у робочому середовищі	97
11.3	Безпека в надзвичайних ситуаціях	101
11.4	Висновки до розділу 11	105
	ВИСНОВОК.....	106
	СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	109
	Додаток А.....	113

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

Умовні позначення:

Q – тепловий потік, кількість теплоти;

F – площа поверхні;

Δt – температурний перепад;

k – коефіцієнт теплопередачі;

t – температура;

L – довжина;

H – висота;

V – об'єм;

G – витрата;

ρ – густина;

c – теплоємність;

ω – швидкість;

d – діаметр.

f – площа поперечного перерізу;

Індекси:

- Нижні:

о – опалення;

макс – максимальний;

вн – внутрішній;

сер – середній;

р – розрахункова;

річн – річна;

п – повітря;

гв – гаряча вода;

хв – холодна вода;

						МД.23.144.216.ПЗ	Арк.
							10
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата		

вит – витікання;
 м.п – мережевий підігрівник;
 в.к – водогрійний котел.
 рец – рециркуляція;
 м – мережа;
 мн – мережний насос;
 в – вода;
 тр – трубопроводи.
 - Верхні:
 л – літній період;
 з – зимовий період
 тах – максимальний;
 в – відпуск;
 ном – номінальна;
 р – робоче.

Скорочення:

ХВО – хімічневодоочищення;
 ХВП – хімводопідготовка;
 ГВП – гарячаводопідговка;
 ККД – коефіцієнт корисної дії
 ТОА – теплообмінний апарат.

ВСТУП

Енергетична сфера України, яка є ключовим компонентом її економічного комплексу, вимагає постійного удосконалення для забезпечення ефективного використання ресурсів та зменшення негативного впливу на довкілля. У цьому контексті виникає необхідність реконструкції енергозабезпечуючих об'єктів, таких як будівлі котельень [1].

Цей проект реконструкції зумовлений необхідністю заміни застарілого газопальникового обладнання, впровадження автоматизації управління та підвищення ефективності котельні. Ключовими завданнями є встановлення нових енергоефективних котлів, оптимізація системи теплопостачання, зменшення витрат енергоресурсів та зменшення негативного впливу на екологічну ситуацію [1-2].

Роботи, заплановані в рамках проекту, охоплюють капітальний ремонт, заміну вікон, утеплення та реконструкцію існуючих будівельних елементів. Також передбачено встановлення сучасних теплових устаткувань, систем автоматизації та обліку.

Цей проект спрямований на покращення теплоенергетики та зменшення впливу на довкілля, що відповідає сучасним стандартам сталого розвитку та вимогам екологічної безпеки [3].

Проект передбачає:

- Капітальний ремонт фасадів з герметизацією швів та фарбуванням.
- Заміну вікон на металопластикові з одинарним склом.
- Влаштування бетонної відмостки навколо котельні.
- Заміну дверей в котельні.
- Ремонт та фарбування внутрішніх стін та стель котельні.
- Ремонт покрівлі котельні.

Архітектурно-планувальних змін існуючих приміщень котельні проектом не передбачає. Для зменшення тепловтрат передбачається встановлення нових металопластикових вікон. Влаштування фундаментів під котли передбачається на місцях старого, демонтованого обладнання.

						МД.23.144.216.ПЗ	Арк.
							12
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата		

Проект реконструкції розроблено у зв'язку з необхідністю заміни застарілого газопальникового обладнання, автоматики управління, необхідністю експлуатації котлів з більш високим коефіцієнтом корисної дії, оптимізації існуючої системи теплопостачання, більш ефективного і економічного використання енергоресурсів за рахунок заміни існуючих котлів та встановлення сучасного високотехнологічного допоміжного обладнання [3-4].

Згідно технічного завдання передбачено демонтаж існуючого обладнання котельні та встановлення трьох водогрійних газових котлів фірми «Viessmann» тип Vitomax LW M62C потужністю 2310 кВт кожний. Кожен котел обладнується автоматизованим пальником фірми «ELCO» тип ЕК EVO 6.2400 G-EF3/BT3 KN. Встановлюються індивідуальні димові труби для проектних котлів, мережеві, підживлювальні, рециркуляційні насоси «Wilo» з частотним керуванням, два пластинчасті теплообмінники фірми «Danfoss» для приготування гарячої води, баки запасу гарячої води об'ємом $V=50 \text{ м}^3$, заміна технологічних трубопроводів котельні.

Проектом передбачено автоматизовану роботу проектного обладнання в залежності від температури зовнішнього повітря та потреб гарячого водопостачання, а також облік відпускаемого теплоносія на потреби опалення, ГВП, вихідної і підживлювальної води з установкою обчислювачів. У будівлі існуючого котельного залу встановлюються котли та допоміжне устаткування, необхідне для забезпечення технологічних процесів виробництва теплоти. Приміщення для оператора та побутові приміщення залишаються без змін.

Встановлена потужність проектованої котельні - 6,930 МВт. Температурний графік теплової мережі 95/70°C. Районна котельня забезпечує тепловою енергією існуючих споживачів на потреби системи опалення та гарячого водопостачання. Загальне приєднане теплове навантаження котельні після реконструкції складає 6,092 МВт.

						МД.23.144.216.ПЗ	Арк.
							13
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата		

1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА

1.1 Існуючий стан котельні до реконструкції

Існуюча котельня розташована в окремій будівлі розмірами у плані 60,5х15,0м, збудована в 1977 році. Площа забудови – 490,4 м².

Категорія приміщення котельного залу по вибуховій, вибухопожежній та пожежній небезпеці – Г.

По конструкціях перекриття і огорожувальних конструкцій приміщення відноситься до II ступеню вогнестійкості.

Клас середовища - «норма».

Приміщення відноситься до вибухонебезпечної зони, клас 2 (ПУЕ).

Районна котельня забезпечує тепловою енергією існуючих споживачів. Загальне приєднане теплове навантаження котельні до реконструкції складає 6,378 МВт.

Котельня має один вихід теплоносія:

Теплове навантаження системи опалення – 4,446 МВт;

Теплове навантаження системи ГВП (максимальне) – 1,932 МВт;

На даний час теплопостачання здійснюється від існуючої котельні з котлами КБНГ-3,15 (2 шт.) та НІКА-1,25 (1шт.).

Обладнання встановлене в котельні та його характеристики наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Основні характеристики встановлених котлів

Тип, марка	Рік встановлення	Теплова потужність, Гкал/год	Робочий тиск, кгс/см ²	ККД котла, %	Кількість пальників, од.
КБНГ-3,15	2007	2,7	6,0	91,5	1
КБНГ-3,15	2010	2,7	6,0	90,7	1
НІКА-1,25	2002	1,08	6,0	85,5	1

Основні характеристики встановлених на котельні насосів наведені у таблиці 1.2.

						МД.23.144.216.ПЗ	Арк.
							14
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата		

Таблиця 1.2 – Основні характеристики встановлених насосів

Призначення	Марка	Прод-ть, м³/год	Напір, м.вод.ст.	Потужність ел. двигуна, кВт
Мережний	Д320/50	320	50	50
Мережний	K290/30	220	30	40
Мережний	K290/30	220	30	40
Підживлення	K20/30	20	30	4
Підживлення	K20/30	20	30	4
Підживлення	Grundfos JP 5	3,5	40	0,775
Підвищувальний ГВП	K45/55	50	50	15
Підвищувальний ГВП	K45/55	50	50	15
Циркуляційний	K45/30	25	8	7,5
Рециркуляційний	WiloBL50/1 50-7/5/2	84	31	7,5
Насос дозатор	Grundfos DDE 6-10 P- PP/E/C	0,006	10	0,12

Відведення димових газів відбувається за допомогою спільного борова в існуючу димову трубу висотою 29 метрів. Димова труба котельні – цегляна, самонесуча, діаметр устя 1200 мм.

Основним паливом для котельні є природний газ. Джерелом газопостачання котельні – є існуючий газопровід середнього тиску DN 100 мм в котельні.

Будівля забезпечена всіма інженерними мережами, у тому числі: електропостачанням, газопостачанням, водопостачанням, каналізацією, водовідведенням.

Ввідний водопровід DN 100 мм. На вводі водопроводу встановлено водомірний вузол з лічильником.

В котельні передбачено господарчо-побутову каналізацію, до якої підключаються санітарні прилади з побутових приміщень для обслуговуючого персоналу.

В існуючий колодязь забезпечується відведення стічних вод від обладнання в систему дренажних трубопроводів.

1.2 Технічні рішення передбаченні реконструкцією

Будівля змінної поверховості, Г-подібної форми з прибудовою, розмірами в плані по осям «1-8» – 61,62м, а по рядах «А-Г» – 15,80м. Умовно будівлю можна розділити на п'ять блоків.

Блок №1 (в осях «1-2» ряди «А-Б»). Одноповерхова частина будівлі прямокутної форми в плані, що примикає до основної будівлі і має з нею спільну стіну по ряду «Б». Стіни виконані з силікатної цегли. Повздовжня (по ряду «А») стіна, завтовшки 510 мм, є самонесучою, поперечні стіни по осі «1» та «2», завтовшки 510мм, є несучими. Фундамент – стрічковий бетонний та з керамічної цегли. Покриття виконано зі збірних залізобетонних багатопустотних плит перекриття (серія 1.141-1), з ухилом в сторону осі «2». Покрівля виконана з рулонних матеріалів. Перегородки в будівлі – цегляні. Підлога – керамічна плитка.

Блок №2 (в осях «1-2» рядах «Б-В»). Триповерхова частина будівлі з повздовжніми (по рядах «Б-В») несучими стінами, товщиною 510мм, з силікатної цегли. Фундамент – стрічковий бетонний та з керамічної цегли. Перекриття першого поверху виконано у вигляді монолітної залізобетонної ребристої плити. Перекриття другого поверху виконано з сталевих листів укладених по головних балках з швелерів №16, та другорядних з гнутих швелерів №12. Покриття виконано у вигляді монолітної залізобетонної плити по двотаврових балках № 18 та швелера №24 звареного з кутниками в двотаврове січення. Покрівля виконана з рулонних матеріалів. Підлога приміщення – керамічна плитка, бетон, метал. Сходи, площадки та огорожа виконані зі сталевих елементів.

						МД.23.144.216.ПЗ	Арк.
							16
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		

Блок №3 (в осях «2-7» ряди «Б-В»). Одноповерхова частина будівлі, виконана з повздовжніми (по рядах «Б-В») несучими стінами, з силікатної цегли, товщиною 380мм та збірними залізобетонними плитами покриття. Фундамент – стрічковий бетонний та з керамічної цегли. Покриття виконано зі збірних залізобетонних багатопустотних плит перекриття (серія 1.141-1), з ухилом в сторону ряду «Б». Покрівля виконана з рулонних матеріалів. Підлога – керамічна плитка. Перегородки – цегляні.

Блок № 4 (в осях «7-8» рядах «Б-В»). Двоповерхова частина будівлі з повздовжніми (по рядах «Б-В») несучими стінами, товщиною 510мм, з силікатної цегли. Фундамент – стрічковий бетонний та з керамічної цегли. Перекриття першого поверху виконано у вигляді монолітної залізобетонної ребристої плити. На другому поверсі влаштована металева етажерка, на відм. +5.550 для обслуговування обладнання. Покриття виконано у вигляді монолітної залізобетонної плити по двотавровим балкам № 22. Покрівля виконана з рулонних матеріалів. Підлога приміщення – керамічна плитка, бетон, метал. Сходи, площадки та огорожа виконані зі сталевих елементів.

Блок № 5 (в осях «1-3» рядах «В-Г»). Одноповерхова прибудова з цегляними стінами, покриття з азбесто-цементних хвилястих листах (шифер) по дерев'яних балках та прогонах. Прибудова примикає до основної будівлі по ряду «В» та має окремий вхід.

Проектом передбачається:

- капітальний ремонт фасадів з герметизацією швів та фарбуванням, утеплення не передбачається. Улаштувати три шари покриття «Керамоізол» (або аналог);
- заміна вікон на металопластикові з одинарним склом товщиною не більше 4мм. Необхідна площа скління $S_{\text{скл}}=25,0\text{м}^2$;
- влаштування бетонної відмостки навколо котельні;
- заміна дверей в котельні;
- ремонт, фарбування внутрішніх стін, стелі приміщень всієї котельні;
- ремонт всієї покрівлі котельні.

						МД.23.144.216.ПЗ	Арк.
							17
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		

Архітектурно-планувальних змін існуючих приміщеннях котельні, проектом не передбачається. Для зменшення тепловтрат проектом передбачається встановлення нових металопластикових вікон. Влаштування фундаментів під котли передбачається на місцях старого, демонтованого обладнання.

Проект реконструкції розроблено у зв'язку з необхідністю заміни застарілого газопальникового обладнання, автоматики управління, необхідністю експлуатації котлів з більш високим коефіцієнтом корисної дії, оптимізації існуючої системи теплопостачання, більш ефективного і економічного використання енергоресурсів за рахунок заміни існуючих котлів та встановлення сучасного високотехнологічного допоміжного обладнання.

Згідно технічного завдання необхідно виконати наступні роботи в існуючій котельній залі:

- демонтаж всього існуючого обладнання котельні; встановленням трьох водогрійних газових котлів фірми «Viessmann» тип Vitomax LW M62C потужністю 2310 кВт кожний. Кожен котел обладнується автоматизованим пальником з модульним регулюванням спалювання газу фірми «ELCO» тип ЕК EVO 6.2400 G-EF3/VT3 KN;
- встановлення індивідуальних димових труб для проектних котлів;
- встановлення мережевих, підживлювальних, рециркуляційних насосів, насосів гарячого водопостачання та інших енергозберігаючих насосів типу «Wilo» з частотним керуванням, згідно до технологічної схеми;
- встановлення двох пластинчастих теплообмінників фірми «Danfoss» для приготування гарячої води;
- встановлення баків запасу гарячої води об'ємом $V=50 \text{ м}^3$;
- заміна всіх технологічних трубопроводів котельні;
- проектом передбачено автоматизовану роботу проектного обладнання в залежності від температури зовнішнього повітря і потреб гарячого водопостачання регулювання потужності котла;

						МД.23.144.216.ПЗ	Арк.
							18
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата		

- облік відпускаємого теплоносія на потреби опалення, ГВП, вихідної і підживлювальної води з установкою обчислювачів згідно технічному завданню. У будівлі існуючого котельного залу встановлюються котли й допоміжне устаткування, необхідне для забезпечення технологічних процесів виробництва теплоти. Приміщення для оператора, побутові приміщення – існуючі.

Встановлена потужність проекрованої котельні - **6,930 МВт**.

Температурний графік теплової мережі 95/70°C.

Районна котельня забезпечує тепловою енергією існуючих споживачів на потреби системи опалення та гарячого водопостачання.

Загальне приєднане теплове навантаження котельні після реконструкції складає 6,092 МВт.

Теплове навантаження на котельню наведене в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Теплове навантаження котельні

Розрахунковий період	Опалення, МВт	На ГВП, МВт	Сумарне навантаження, МВт
Максимально зимовий	4,165	1,927	6,092
Середній за опалювальний сезон	2,361	1,927	4,288
Літній	–	0,756	0,756

1.3 Вихідні дані для виконання реконструкції котельні

1) Теплові навантаження споживачів житлового масиву в м. Полтава для забезпечення опалення з взяттям до уваги втрат теплоти при транспортуванні теплоносія в теплових мережах складають 4,165 МВт.

2) Параметри температур зовнішнього повітря для м. Полтава згідно з ДСТУ-Н Б В.1.1 – 27:2010 “Будівельна кліматологія” [5]:

- розрахункова температура зовнішнього повітря для опалювання в холодний період року $t_{p.o.} = -23\text{ }^{\circ}\text{C}$;

- середня температура найхолоднішого місяця $t_{\text{ср.х.м}} = -5,6\text{ }^{\circ}\text{C}$;
 - середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період $t_{\text{ср.о.}} = -0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$;
 - тривалість опалювального періоду $n_o = 178$ діб.
- 3) Система опалення житлового масиву – замкнута.
- 4) Теплова схема котельні передбачає відпуск теплової енергії споживачам у вигляді гарячої води з температурним графіком:
- зимовий температурний графік: $95\text{-}70\text{ }^{\circ}\text{C}$;
 - в літній період теплопостачання до споживачів відсутнє.
- 5) Температурний графік котлового контуру – $95/70\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- 6) Паливо – природний газ.

1.4 Розрахунок річних теплових навантажень

1) На основі вихідних даних, максимальне теплове навантаження на опалення житлового комплексу в м. Полтава складає $Q_{\text{макс.о}} = 4,165$ МВт. Для визначення середньої витрати теплоти на опалення будинків, МВт, застосуємо співвідношення [6]

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

де “ $Q_{\text{втр}}$ ” – максимальна витрата теплоти на опалення, МВт [6];

$t_{\text{вн}}$ – нормативна температура повітря всередині опалювальних приміщень.

Відповідно до чинних норм України приймається рівною $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ” [6].

$$Q_{\text{ср.о}} = 4,165 \frac{20 - 0,8}{20 - (-23)} = 1,86 \text{ МВт.}$$

2) “Річна витрата теплоти на опалення житлового комплексу в м. Полтава, МДж/рік, визначається за виразом [6]”

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

$$Q_{\text{річ.о}} = 1,86 \cdot 178 \cdot 24 \cdot 3600 = 2,86 \cdot 10^7 \text{ МДж/рік.}$$

Результати розрахунків додаткових теплових навантажень житлових та громадських будівель наведені в табл. 1.4 і 1.5, а сумарні навантаження (наявні та додаткові – в табл. 1.3.

						МД.23.144.216.ПЗ	Арк.
							20
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата		

Таблиця 1.4 - Розрахункові витрати теплоти споживачами, МВт

Навантаження	Позначення	Значення величини
Розрахункова витрата на опалення	$Q_{o.v.}^{max}$	4,165
Гаряче водопостачання житлових будівель	$Q_{гвп}$	1,927
Сумарне розрахункове навантаження споживачів	$\sum Q$	6,092

Таблиця 1.5 – Річні витрати теплоти споживачами, МДж/рік

Навантаження	Позначення	Значення величини
Розрахункова витрата на опалення	$Q_{o.v.річ}$	$2,86 \cdot 10^7$
Гаряче водопостачання	$Q_{гв.річ}$	$5,82 \cdot 10^7$
Сумарне річне навантаження споживачів	$\sum Q_{річ}$	$8,68 \cdot 10^7$

1.5 Висновки з розділу 1

В розділі 1 магістерської дисертації у відповідності до завдання, ознайомлено з поточним станом котельні до реконструкції. Після чого було визначено подальші методи реконструкції та модернізації застарілого обладнання. Виконано розрахунок середнього навантаження на водогрійну опалювальну котельню $Q_{ср.о} = 1,86$ МВт та річні витрати теплоти, які склали $Q_{річ.о} = 2,86 \cdot 10^7$ МДж/рік. Сумарне річне навантаження споживачів склало $\sum Q_{річ} = 8,68 \cdot 10^7$ МДж/рік, сумарне розрахункове навантаження споживачів $\sum Q = 6,092$ МВт.

2 ТЕПЛОМЕХАНІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Опис теплової схеми котельні

Ділянка під реконструкцію котельні та будівництво нових димових труб розташована в м. Полтава на неогороженій території існуючої котельні, яка забезпечує послугами з централізованого теплопостачання та гарячого водопостачання житловий сектор, бюджетні заклади та інших споживачів даного житлового району.

Загальна площа земельної ділянки – 0,175 га. для експлуатації та обслуговування нежитлової будівлі.

Для забезпечення теплопостачання споживачів системи опалення та ГВП проектом передбачається встановлення трьох водогрійних газових котлів фірми «Viessmann» тип Vitomax LW M62C потужністю 2310 кВт кожний. Кожен котел обладнується автоматизованим пальником з модульним регулюванням спалювання газу фірми «ELCO» тип ЕК EVO 6.2400 G-EF3/ВТ3 KN.

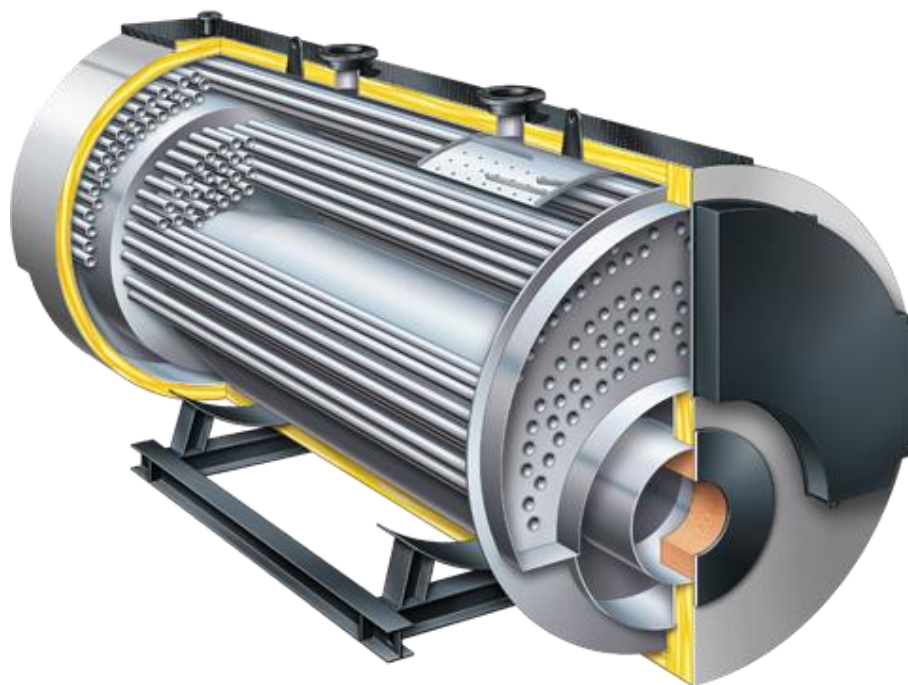


Рис. 2.1 Модель котла «Viessmann» Vitomax LW M62C в розрізі [7]

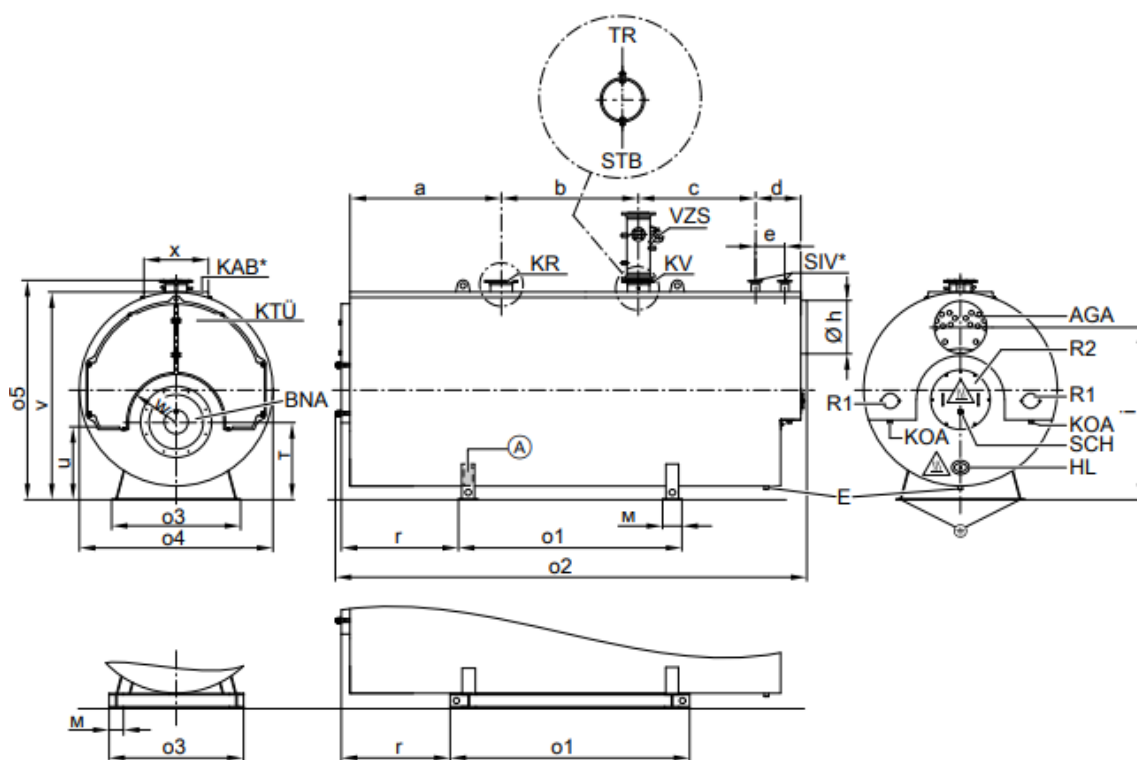


Рис. 2.2 Конструкція котла «Viessmann» Vitomax LW M62C [7]

Режим роботи котельні – цілий рік. Влітку котельня працює на забезпечення потреб ГВП.

Згідно з Завданням на проектування Замовника - підключене теплове навантаження котельні складає 6,092 МВт, з них:

- на систему опалення – 4,165 МВт;
- на систему ГВП – 1,927 МВт.

Теплова схема котельні передбачає відпуск теплової енергії споживачам у вигляді гарячої води з температурним графіком:

- зимовий температурний графік: 95-70°C;
- літній температурний графік: 70-40°C.

Мережний контур системи опалення: теплоносій до теплової мережі подається по якісній схемі регулювання теплового навантаження в залежності від температури зовнішнього повітря за допомогою мережних насосів, регулювання температури теплоносія в мережу забезпечується триходовим клапаном, що встановлений перед групою мережних насосів.

Проектом насоси встановлюються на трубопроводі прямої мережної води, з частотним регулюванням та працюють з постійною витратною характеристикою. За допомогою частотного регулювання забезпечується можливість змінення робочої точки насоса в залежності від приєднання або від'єднання споживачів теплоти.

Для здійснення циркуляції теплоносія до споживачів системи опалення, передбачено встановлення двох насосів фірми «Wilo» тип IL 150/335-37/4 (1-робочий, 1-резервний) на опалювальний період з параметрами $G_{\max}=189 \text{ м}^3/\text{год}$; $H=35 \text{ м.в.ст.}$ Насоси з частотним керуванням.

Для виконання погодозалежного регулювання системи опалення встановлено трьохходовий клапан фірми «Danfoss» типу VF3 DN150 з $K_{vs}=320 \text{ м}^3/\text{год}$.

Для обліку відпущеної теплоти з котельні запроектовано тепловий лічильник, виробництва фірми «СЕМПАЛ», ультразвуковий «СВТУ-10М (М2) РР», з живленням від мережі змінного струму 220 В, витратомірні ділянки DN 150 на подаючому та зворотньому трубопроводах.

Таблиця 2.1 – Підсумкова таблиця вибору витратомірів з теплотічильниками

Витрата води	Параметри системи абонента, $\text{м}^3/\text{год}$		Модель тепло лічильника(витратоміра)	Межі виміру об'ємної витрати води, $\text{м}^3/\text{год}$		
	Max	Min		Max	Ном.	Min
Розрахункові витрати теплоносія на систему опалення	171,7	72,6	СЕМПАЛ (СВТУ-10М (М2), DN150)	630,0	190,0	6,3

На зворотному трубопроводі контура теплової мережі на вході в котельню послідовно встановлюються:

- абонентський грязьовик DN200;

- сепаратор шламу SpiroTrap Dirt BE200FM, DN200.

Контур системи ГВП: для покриття навантаження на гаряче водопостачання (ГВП) передбачається встановлення пластинчастих підігрівачів фірми «Danfoss» тип S14A-ST16-39-TKTL26 (2 шт. по 50 % навантаження кожний). Теплова потужність кожного пластинчастого підігрівача складає 0,831 Гкал/год (966,45кВт).

Необхідна кількість теплоти, що потрібна для нагріву водопровідної води у теплообмінному апарату для системи гарячого водопостачання відбирається з подавального трубопроводу насосами завантаження системи ГВП фірми «Wilo» тип Stratos GIGA 80/1-21/3,5 з параметрами $G_{\max}=62,0$ м³/год; $H=13$ м.в.ст. (1-робочий, 1-резервний). Насоси з вбудованим електронним управлінням.

Температура гарячої води підтримується за допомогою регулятора температури, розділюючий триходовий клапан фірми «Danfoss» типу VF3 DN100 з $K_{vs}=145$ м³/год.

Вода, що йде з міського водопроводу подається на підігрівачі гарячого водопостачання, підігрівається до 65°C і надходить до двох баків-акумуляторів гарячої води, ємністю 50 м³ кожен. З баків гаряча вода за допомогою двох насосів фірми «Wilo» тип Helix VE 2204-1/16/E/KS (1-робочий, 1-резервний), з параметрами $G_{\max}=31$ м³/год; $H=60$ м.в.ст., прямує до споживачів по трубопроводу гарячого водопостачання ТЗ. Насоси з частотним керуванням.

На подавальному трубопроводі системи гарячого водопостачання передбачається встановлення комерційного вузла обліку гарячої води.

Для підтримання постійної температури у баках-акумуляторах на час перерви в подачі гарячої води, передбачається встановлення циркуляційного трубопроводу і насосу фірми «Wilo» тип IPL 32/95-0,55/2 без частотного керування.

Параметри насоса для підтримки температури води в баках-акумуляторах складає 5,54 м³/год; $H=10$ м.в.ст. Оскільки у тепловій мережі відсутній циркуляційний трубопровід гарячого водопостачання (повернення гарячої води від споживачів), зведення його у котельній не передбачається.

						МД.23.144.216.ПЗ	Арк.
							25
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата		

Для обліку відпущеної теплоти з котельні до споживачів ГВП запроектовано тепловий лічильник, виробництва фірми «СЕМПАЛ», ультразвуковий «СВТУ-10М», витратомірна ділянка DN 65 на подаючому трубопроводі ТЗ.

Таблиця 2.2 – Підсумкова таблиця вибору витратомірів з теплолічильниками

Витрата води	Параметри системи абонента, м³/год		Модель тепло лічильника(витра томіра)	Межі виміру об'ємної витрати води, м³/год		
	Max	Min		Max	Ном.	Min
Розрахункові витрати теплоносія на систему опалення	33	5,6	СЕМПАЛ (СВТУ-10М (М2), DN65)	100	35,0	1,0

Контур котлів: від зворотного трубопроводу мережної води подається на котли. Для підтримання температури в зворотному трубопроводі перед проектним котлом не нижче 55°C та циркуляції теплоносія при розігріві котла, проектом передбачається встановлення на кожен котел рециркуляційного насосу фірми «Wilo» тип Stratos Giga 80/1-16/2,3 з параметрами Gmax=50 м³/год; H=5 м.в.ст.. Насоси з вбудованим електронним управлінням. На кожному з котлів встановлено по два запобіжних клапани (постачаються в комплекті з котлами), що спрацьовують при тиску води в котлах P=6 бар.

На виході з котла проектом передбачається встановлення повітряного сепаратору бульбашок Spirovent Air DN250.

Контур системи підживлення: згідно теплової схеми вихідна вода з господарчо - побутового водопроводу надходить на систему водопідготовки. Для обліку води, що надходить до котельні від господарсько-побутового водопроводу проектом використовується існуючий ультразвуковий лічильник холодної води з імпульсним виходом.

Для подачі сирієї води на потреби ХВП та забезпечення аварійного підживлення мережі запроектовано насос для підвищення тиску Helix VE 206-1/16/E/S ф-ми «Wilo» з параметрами $G_{\max}=3 \text{ м}^3/\text{год}$; $H=25 \text{ м.в.ст.}$. Насос з частотним керуванням.

Підживлення теплової мережі здійснюється хімічищеною водою, що готується в існуючих фільтрах пом'якшення води продуктивністю $2,0 \text{ м}^3/\text{год}$.

Підготовлена вода подається в проектний бак запасу хімічищеної води $V=5,5 \text{ м}^3$ (1шт). Для підживлення теплової мережі проектом передбачено станцію SiBoost Smart 2Wilo ф-ми «Wilo» з параметрами $G_{\max}=2,0 \text{ м}^3/\text{год}$; $H=40 \text{ м.в.ст.}$. Насоси з частотним керуванням.

Підбір насосної станції підживлення: розрахункову погодинну витрату води, згідно ДБН В.2.5-39:2008 «Теплові мережі» [8], для підживлення систем тепlopостачання слід приймати для закритих систем $0,75\%$ фактичної місткості води в трубопроводах теплових мереж:

- об'єм теплових мереж становить 105 м^3 (згідно технічного завдання);
- витрата на підживлення становить $105 \text{ м}^3 \times 0,75\% = 0,8 \text{ м}^3/\text{год}$.

Для аварійного підживлення систем тепlopостачання слід приймати для закритих систем 2% фактичної місткості води в трубопроводах теплових мереж: витрата на аварійне підживлення становить $105 \text{ м}^3 \times 2\% = 2,1 \text{ м}^3/\text{год}$.

Проектом передбачається установка деаерації підживлювальної води фірми «Spirovent» тип Superior S6A-R2P. Для цього встановлюється автоматична вакуумна деаераційна установка. Призначення установки – видалення розчиненого кисню з системи мережної та підживлювальної води.

Лінія підживлення обладнана існуючою станцією дозування реагентів для корегування рН з насосом дозатором, пропорційне дозування здійснюється за сигналами від імпульсних витратомірів.

Кожна одиниця обладнання водопідготовки має запірну арматуру та байпасну лінію для аварійного живлення котельні у випадку виходу з ладу основного обладнання. Запірна арматура кожного байпасу має бути закрыта та опломбована в нормальному положенні, а контрольна-відкрита.

						МД.23.144.216.ПЗ	Арк.
							27
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата		

Компоновка допоміжного обладнання та трубопроводів виконана за умов їх безпечної експлуатації та оптимальних трас з'єднувальних трубопроводів.

Вся фланцева арматура, яка розміщена на висоті понад 1,5 м, обслуговується за допомогою площадок або пересувних майданчиків.

Кріплення трубопроводів здійснюється до стін, металоконструкцій та опорних стійок за допомогою кронштейнів та підвісок.

Для видалення повітря з системи, у верхніх точках трубопроводів передбачені автоматичні повітряні клапани.

Скидні та дренажні трубопроводи збираються у дренажні колектори, які влаштовані в каналі котельні, з яких по каналізаційному трубопроводу виводяться до існуючого охолоджуючого колодязя.

2.2 Вихідні дані для розрахунку теплової схеми водогрійної котельні

Розрахунок проведений для 3-ох характерних режимів.

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

II режим – за розрахунковою середньою температурою найбільш холодного місяця $t_{ср.х.м}$.

III режим – літній режим [9].

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

Температура повітря в опалювальній будівлі повинна відповідати санітарним нормам та вимогам комфорту в приміщеннях, де знаходяться люди. Для випадку житлових будівель дана температура повинна бути не менше 20°C , тому котельня повинна забезпечувати дану температуру протягом всіх трьох режимів [6].

Приймаю $t_{вн} = 20^\circ\text{C}$.

1) Температура зовнішнього повітря в районі обслуговування котельні $t_{зовн}, ^\circ\text{C}$ для міста Полтава, становить [5]:

- для I-го режиму $-t_{зовн}^I = t_{p.o} = -23^\circ\text{C}$;
- для II-го режиму $-t_{зовн}^{II} = t_{p.o} = -5,6^\circ\text{C}$;
- в точці зламу температурного графіка теплової мережі

						МД.23.144.216.ПЗ	Арк.
							28
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата		

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

$$t_{\text{зовн}}^{\text{ЗЛ}} = 20 - 0,354 \cdot (20 - (-23)) = 5,14^{\circ}\text{C}.$$

3) «Максимальний (розрахунковий) відпуск теплоти на опалення для I режиму» [9]

Беру згідно розрахунку (див. розділ 1)

$$Q_{\text{о.в.}}^{\text{max}} = 4,165 \text{ МВт.}$$

4) «Середній та максимальний відпуск теплоти на ГВП, МВт» [9]

$$Q_{\text{ГВП}}^{\text{max}} = 1,927 \text{ МВт.}$$

$$Q_{\text{ГВП}}^{\text{сер}} = 1,927 \text{ МВт.}$$

5) «Максимальна температура подавальної мережної води (режим I), $^{\circ}\text{C}$ » [9]

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

6) «Максимальна температура поворотної мережної води (режим I), $^{\circ}\text{C}$ » [9]

$$t_{\text{max.2}}^{\text{I}} = 70^{\circ}\text{C};$$

7) «Температура сирі води на вході в котельню $T_{13}, ^{\circ}\text{C}$;

– режими I– II: $T_{13} = 5^{\circ}\text{C}$;

– режим III: $T_{13} = 15^{\circ}\text{C}$ » [9]

8) «Температура сирі води перед установкою водопідготовки $T_3, ^{\circ}\text{C}$;

– для всіх режимів $T_3 = 25^{\circ}\text{C}$ » [9]

9) «Питомий об'єм води в системі теплопостачання відносно сумарного відпуску теплоти на опалення та гаряче водопостачання $g_{\text{сист}}, \text{кг/МВт.}$;

– для всіх режимів, становить $g_{\text{сист}}=35000 \text{ кг/МВт}$ » [9]

10) «Коефіцієнт зниження втрат води в системі теплопостачання $k_{\text{вит}}$;

– режими I– II, $k_{\text{вит}} = 1$.

– режим III, $k_{\text{вит}} = 0,5$ » [9]

11) «Коефіцієнт власних потреб котельні на хімічне очищення води (водопідготовка) $k_{\text{Х.В.}}^{\text{В.П.}}$;

Значення даної величини приймають в районі:

$$k_{\text{Х.В.}}^{\text{В.П.}} = 1,1 \dots 1,25;$$

– для всіх режимів беру $k_{\text{Х.В.}}^{\text{В.П.}} = 1,2$ » [9]

12) «Розрахункова температура гарячої води в системі централізованого водопостачання при закритій системі теплопостачання $t_{Г.В}^3$:

– для всіх режимів, $t_{Г.В}^3 = 55$ » [9]

13) «Температура повоотної мережної води від підігрівників гарячої води в літній період, $t_{М.П}^{Г.В}$:

– режим III, $t_{М.П}^{Г.В} = 35$ » [9].

2.3 Розрахунок теплової схеми котельні (максимально зимовий за розрахунковою температурою)

Виконую підбір основного та допоміжного обладнання за розрахунками на максимальний режим(I-й режим) роботи котельні.

1) «Виконую перевірку коефіцієнта зниження витрати теплоти на опалення в залежності від температури зовнішнього повітря для першого режиму роботи котельні за формулою» [9]

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

$$k_{о.в.} = \frac{20 - (-23)}{20 - (-23)} = 1.$$

2) «Сумарний відпуск теплоти котельнею на опалення, $Q_{о.в.}$, МВт, визначається за формулою» [9]

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

$$Q_{о.в.} = (4,165 + 0) \cdot 1 = 4,165 \text{ МВт}.$$

3) «Сумарний відпуск теплоти котельні на ГВП, $Q_{Г.В}$, МВт, визначається за виразом» [9]

$$Q_{Г.В.} = \frac{Q_{маx.Г.В}^{ж}}{2,4}; \quad (2.4)$$

$$Q_{Г.В.} = \frac{1,927}{2,4} = 0,8 \text{ МВт}.$$

4) «Температура мережної води на виході з котельні, t_1 , °C» [9]

						МД.23.144.216.ПЗ	Арк.
							30
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата		

$$t_1 = 20 + 62,5 \cdot k_{o.b.}^{0,8} + 12,5 \cdot k_{o.b.}; \quad (2.5)$$

$$t_1 = 20 + 62,5 \cdot 1^{0,8} + 12,5 \cdot 1 = 95^\circ\text{C}.$$

4) «Температура поворотної мережної води після системи опалення, t_2 , $^\circ\text{C}$ » [9]

$$t_2 = t_1 - 25 \cdot k_{o.b.}; \quad (2.6)$$

$$t_2 = 95 - 25 \cdot 1 = 70^\circ\text{C}.$$

6) «Розрахункова витрата мережевої води на опалення житлового масиву $G_{o.b.}$, кг/с» [9]

$$G_{o.b.} = \frac{Q_{o.b.} \cdot 10^6}{c_b \cdot (t_1 - t_2)}; \quad (2.7)$$

де c_b – теплоємність води, беру 4187 Дж/(кг·К).

$$G_{o.b.} = \frac{4,165 \cdot 10^6}{4187 \cdot (95 - 70)} = 39,79 \text{ кг/с}.$$

7) «Витрата води на ГВП для споживачів житлового масиву $G_{г.в.}^{сп}$, кг/с» [9]

$$G_{г.в.}^{сп} = \frac{Q_{г.в.} \cdot 10^6}{C_b \cdot (t_{г.в.} - T_{13})}; \quad (2.8)$$

$$G_{г.в.}^{сп} = \frac{0,8 \cdot 10^6}{4187 \cdot (70 - 5)} = 2,94 \text{ кг/с}.$$

8) «Вибір схеми підключення підігрівачів системи ГВП визначається на основі аналізу співвідношення $Q_{г.в.} / Q_{o.b.}$, яка відповідно може бути паралельною або змішаною» [9]

$$\frac{Q_{г.в.}}{Q_{o.b.}} = \frac{0,8}{4,165} = 0,2.$$

За отриманим значенням теплообмінники в системі гарячого водопостачання приєднуються за паралельною схемою.

9) «Додаткова витрата мережевої води на підігрівники ГВП $G_{г.в.}$, кг/с» [9]

$$G_{Г.В} = \frac{Q_{Г.В} \cdot 10^6}{c_B (t_1 - t_2)}; \quad (2.9)$$

$$G_{Г.В} = \frac{0,8 \cdot 10^6}{4187 \cdot (95 - 70)} = 7,64 \text{ кг/с}.$$

9) «Розрахункова витрата мережевої води на опалення на виході з котельної G_M , кг/с» [9]

$$G_M = G_{O.B.} + G_{Г.В.}; \quad (2.10)$$

$$G_M = 39,79 + 7,64 = 47,43 \text{ кг/с}.$$

10) «Витрати води для підживлення на заповнення витікань у тепловій мережівизначається за співвідношенням $G_{ВИТ}$, кг/с» [9]

$$G_{ВИТ} = \frac{0,75}{100 \cdot 3600} (Q_{O.B.}^{ж+трк} + Q_{O.B.}^п + Q_{Г.В.ср}^{ж+трк} + Q_{Г.В.}^п) \cdot g_{СИСТ} \cdot k_{ВИТ}; \quad (2.11)$$

$$G_{ВИТ} = \frac{0,75}{100 \cdot 3600} (4,165 + 0 + 0,8 + 0) \cdot 35000 \cdot 1 = 0,362 \text{ кг/с}.$$

11) «Витрата поворотної мережевої води на вході до котельної $G_{П.М}$, кг/с» [9]

$$G_{П.М} = G_M - G_{ВИТ}; \quad (2.12)$$

$$G_{П.М} = 47,43 - 0,362 = 47,07 \text{ кг/с}.$$

12) «Витрата сирої води, що надходить на хімічну очистку $G_{с.В}$, кг/с» [9]

$$G_{с.В} = k_{Х.В.}^{В.П} \cdot G_{ВИТ}; \quad (2.13)$$

$$G_{с.В} = 1,2 \cdot 0,362 = 0,434 \text{ кг/с}.$$

13) «Сумарний відпуск теплоти водогрійними котлами Q_K^B , МВт» [9]

$$Q_K^B = Q_{O.B.} + Q_{Г.В.}; \quad (2.14)$$

$$Q_K^B = 4,165 + 0,8 = 4,965 \text{ МВт}.$$

Результати виконаних обчислень теплової схеми обраної котельні для теплопостачання житлових будинків в м. Полтава для всіх режимів зведенні в табл. 2.3.

						МД.23.144.216.ПЗ	Арк.
							32
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата		

Таблиця 2.3 – «Результати розрахунків теплової схеми котельні» [9]

Найменування величини	Позначення	Одиниця	Значення величини для режимів		
			I	II	III
Сумарний відпуск теплоти котельні на опалення	$Q_{o.b.}$	МВт	4,165	1,927	-
Сумарний відпуск теплоти котельні на ГВП	$Q_{г.в.}$	МВт	0,8	0,8	0,64
Коефіцієнт зниження витрати теплоти на опалення	$k_{o.b.}$	—	1	0,6	-
Температура мережної води на виході з котельні	t_1	°C	95	74	-
Температура поворотної мережної води після опалення	t_2	°C	70	59	-
Розрахункова витрата мережевої води на опалення	$G_{o.b.}$	кг/с	39,79	39,79	-
Витрата води на ГВП для споживачів	$G_{г.в.}$	кг/с	7,64	7,64	3,82
Розрахункова витрата мережевої води на виході з котельної	G_M	кг/с	47,43	47,43	-
Витрати води для підживлення на заповнення витікань у тепловій мережі	$G_{вит}$	кг/с	0,362	0,199	-
Витрата поворотної мережевої води на вході до котельної	$G_{п.м.}$	кг/с	47,07	47,23	-
Витрата сирієї води, що надходить на хімічну очистку	$G_{с.в.}$	кг/с	0,434	0,239	-
Сумарний потік теплоти, що відпускається водогрійними котлами	Q_K^B	МВт	4,965	2,727	0,64
Сумарна теплопродуктивність*	$\sum Q_K^B = 1,1 \cdot Q_K^B$	МВт	5,462	3	0,704

2.4 Висновок до розділу 2

За заданим технічним завданням було виконано розрахунок теплової схеми водогрійної опалювальної котельні в місті Полтава, для трьох режимів роботи, де :

I режим – максимальний зимовий при розрахунковій температурі зовнішнього повітря на опалення $t_{p.o}$;

II режим – з середньою температурою найбільш холодного місяця $t_{ср.х.м.}$;

III режим – літній режим.

Виконано опис теплової схеми котельні.

Обрано котли для заміни існуючих - три водогрійні газові котли фірми «Viessmann» тип Vitomax LW M62C потужністю 2310 кВт кожний з автоматикою безпеки, автоматикою регулювання котлових параметрів та коефіцієнтом корисної дії не менше 93%. Представлена 3D-модель котла та його конструкція.

						МД.23.144.216.ПЗ	Арк.
							34
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата		

3 ВИБІР ОСНОВНОГО ТА ДОПОМІЖНОГО ОБЛАДНАННЯ ВОДОГРІЙНОЇ КОТЕЛЬНОЇ

3.1 Вибір котлів

Вибір типу котла залежить від обраного виду і способу палива, а також параметрів теплоносія. А підбір кількості і потужності обладнання здійснюється виходячи з теплопродуктивності котельні, розрахованої з каталогу заводу-виробника.

«Необхідна кількість котлів, компл., визначається з формулою» [9]

$$G_{\text{с.в}} = k_{\text{х.в}}^{\text{в.п}} \cdot G_{\text{вит}}; \quad (3.1)$$

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

$Q_{\text{к}}^{\text{ном}}$ - номінальне навантаження водогрійного котла, МВт. » [9]

$$N_{\text{к.п}}^{\text{в}} = \frac{4,965}{2,31} = 3 \text{ компл.}$$



Рис. 3.1 3D-модель котла «Viessmann» Vitomax LW M62C [7]

В існуючій котельній залі за адресою м. Полтава, передбачається встановлення наступного теплогенеруючого обладнання:

- три водогрійні газові котли фірми «Viessmann» тип Vitomax LW M62C потужністю 2310 кВт(загальний вигляд котла на рис. 3.1) кожний з автоматикою безпеки, автоматикою регулювання котлових параметрів та коефіцієнтом корисної дії не менше 93%, ;

- автоматизований газовий пальник з модульним регулюванням спалювання газу фірми «ELCO» тип ЕК EVO 6.2400 G-EF3/ВТ3 KN.

Характеристика котла Vitomax LW, тип M62C наведена в таблиці 3.1

Таблиця 3.1 – Характеристика котла [7]

Найменування величини	Одиниця виміру	Величина
Номінальна теплова потужність	МВт	2,310
Коефіцієнт корисної дії, не менше	%	93
Допустимий робочий тиск	бар	6
Максимальна температура теплоносія, не більш	°С	110
Мінімальна температура води на вході в котел	°С	53
Габаритні розміри ДхШхВ	мм	4200х1950х2300
Діаметр подавальної та зворотної магістралі котла	мм	150
Діаметр газоходу	мм	400
Водяний об'єм котла	м ³	4,90
Маса котла (без води)	кг	4440

3.2 Вибір триходового клапана для системи опалення та ГВП

При виборі триходового клапана для системи опалення задаємося втратою тиску на клапані враховуючи рекомендації виробника: $\Delta P = 0,5 \text{ кгс/см}^2$.

«Розрахунковий коефіцієнт пропускної здатності клапана, м³/год» [9]:

$$K_v = V_{o \max} / (\Delta P^{1/2}); \quad (3.2)$$

$$K_v = \frac{171,7}{\sqrt{0,5}} = 242,8 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Згідно цього вибираємо клапан: фірми «Danfoss» типу VF3 (рис. 3.2) з електроприводом AMW-435 (230В), DN150 (рис. 3.3), $K_{vs}=320 \text{ м}^3/\text{год}$ [10].



Рис. 3.2 Триходовий клапан фірми «Danfoss» типу VF3 [10]

«Втрати тиску на відкритому повністю клапані становить» [9]:

$$\Delta P = \left(\frac{V_{o \max}}{K_{vs}} \right)^2 ; \quad (3.3)$$

$$\Delta P = \left(\frac{171,7}{320,0} \right)^2 = 0,29 \text{ кгс/см}^2.$$

«Ступінь відкриття клапану» [9]:

$$X = \frac{K_v}{K_{vs}} \cdot 100\%, \quad (3.4)$$

де K_v – розрахункове значення пропускної спроможності, кгс/см^2 ,

K_{vs} – характеристика вибраного клапану, $\text{м}^3/\text{год}$.

$$X = \frac{171,7}{320,0} \cdot 100\% = 53,7\% (X_{\min} \geq 30\%).$$

«Швидкість на клапані» [9]:

$$v = \frac{4 \cdot V_{\text{кл}} \cdot 1000}{\pi \cdot d^2 \cdot 3,6}; \quad (3.5)$$

$$v = \frac{4 \cdot 171,7 \cdot 1000}{3,14 \cdot 150^2 \cdot 3,6} = 2,7 \text{ м/с} \leq 3,5 \text{ м/с}.$$

При виборі триходового клапана для системи ГВП задаємося втратою тиску на клапані враховуючи рекомендації виробника $\Delta P = 0,5 \text{ кгс/см}^2$.

Розрахунковий коефіцієнт пропускної здатності клапана, $\text{м}^3/\text{год}$, визначаю за формулою (3.2)

$$K_v = \frac{76}{\sqrt{0,5}} = 107,48 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Згідно цього вибираємо клапан: фірми «Danfoss» типу VF3 (рис. 3.2) з електроприводом AMW-435 (230В), DN150 (рис. 3.3), $K_{vs} = 145 \text{ м}^3/\text{год}$.



Рис. 3.3 Електроприводом AMW-435 (230В) [10]

Втрати тиску на відкритому повністю клапані становить за формулою (3.3):

$$\Delta P = \left(\frac{76}{145} \right)^2 = 0,27 \text{ кгс/см}^2.$$

Ступінь відкриття клапану, визначаю за формулою (3.4):

$$X = \frac{76}{145} \cdot 100\% = 52,4\% \quad (X_{\min} \geq 30\%)$$

Швидкість на клапані, визначаю за формулою (3.5):

$$v = \frac{4 \cdot 76 \cdot 1000}{3,14 \cdot 150^2 \cdot 3,6} = 2,7 \text{ м/с} \leq 3,5 \text{ м/с}.$$

Температура гарячої води підтримується за допомогою регулятора температури, розділюючий триходовий клапан фірми «Danfoss» типу VF3, DN150 з $K_{vs}=145 \text{ м}^3/\text{год}$ [10].

3.3 Вибір насосів для забезпечення роботи котельного залу

3.3.1 Мережеві насоси для системи опалення

Крім водогрійних котлів в приміщенні котельні встановлюються мережеві насоси, насоси підвищення тиску води, підживлювальні, на котлах підмішуючі насоси. Насосні агрегати виробництва фірми «Wilo».

Вибір насосного обладнання виконано на персональному комп'ютері за програмою фірми «Wilo».

У системі опалення котельні встановлюються насоси для ефективного переміщення води через трубопроводи, при цьому подолання опору, що виникає від обладнання та споживачів тепла, стає важливим завданням. При виборі насосів віддається перевага моделям з високим коефіцієнтом корисної дії (ККД) для максимізації ефективності.

Котельня обладнується різними групами насосів, включаючи:

мережеві насоси для передачі теплоносія до споживачів;

циркуляційні насоси для оптимальної роботи котлів;

						МД.23.144.216.ПЗ	Арк.
							39
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата		

насоси, що відповідають за подачу теплоносія у котловий та мережевий контури.

Вибір конкретного типу насоса базується на розрахунках витрати та тиску. Потужність живлення насоса визначається за допомогою розрахункової теплової карти котельні, тоді як тиск враховує втрати опору у відповідних мережах.

Мережевий насос призначений для ефективного транспортування теплоносія до споживачів, забезпечуючи відповідні параметри системи опалення. За допомогою цих технічних рішень система опалення надає надійне та оптимальне теплопостачання.

«Визначаю подачу насосів за витратою мережної води, м³/год» [9]

$$V_{\text{м.н}} = \frac{G_{\text{м.н}} \cdot 3600}{\rho_{\text{в}}}; \quad (3.6)$$

«де $G_{\text{м}}$ – масова витрата мережної води, кг/с (беру найбільше значення цього параметра з розрахунку теплової схеми, що дорівнює 47,43 кг/с);

ρ – густина води, кг/м³ (беру 1000 кг/м³)» [11].

$$V_{\text{м.н}} = \frac{47,73 \cdot 3600}{1000} = 171,83 \text{ м}^3/\text{год.}$$

«Тиск насосів мережної води, МПа» [9]

$$H_{\text{м}} = 1,1 \cdot \Delta P_{\text{мер}} + \Delta P_{\text{к}} + \Delta P_{\text{зх}} + \Delta P_{\text{тр}}; \quad (3.7)$$

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

$\Delta P_{\text{к}}$ - гідравлічний опір котла, паспортний показник, $\Delta P_{\text{к}}=0,0098$ МПа;

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

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

«Гідравлічний опір мережі, МПа» [9]

$$\Delta P_i = Rl(1 + \alpha) \cdot 10^{-6}; \quad (3.8)$$

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

l – довжина теплової мережі у двотрубному виконанні, $l=2500$ м;

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

«Беру швидкість води $\omega_{\text{в}} = 1,2$ м/с і з рівняння суцільності (нерозривності) визначаю внутрішній діаметр трубопроводу $d_{\text{вн}}$, м» [9]

						МД.23.144.216.ПЗ	Арк.
							40
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата		

$$d_{\text{мер}} = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{G_{\text{м.н}}}{\rho_{\text{в}} \cdot \omega_{\text{в}}}}; \quad (3.9)$$

$$d_{\text{мер}} = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{47,43}{1000 \cdot 1,2}} = 0,225 \text{ м.}$$

Коефіцієнт місцевих опорів можемо визначити у залежності від діаметра умовного проходу трубопроводу $d_y = 225$ мм за даними, що були наведені в табл. 3.2: $\alpha = f(d_{\text{см}}) = 0,6$.

Таблиця 3.2 Коефіцієнт місцевих опорів [9]

Умовний діаметр трубопровода d_y , мм	Коефіцієнт місцевих опорів α
До 150	0,3
175 – 250	0,6
300 – 350	0,8
400 – 500	0,9
600 - 1400	1,0

«Уточнюю швидкість руху води в трубопроводі, м/с» [9]

$$\omega_{\text{в}} = \frac{4 \cdot G_{\text{м.н}}}{\rho_{\text{в}} \cdot \pi \cdot d_{\text{мер}}^2}; \quad (3.10)$$

$$\omega_{\text{в}} = \frac{4 \cdot 47,43}{1000 \cdot 3,14 \cdot 0,225^2} = 1,19 \text{ м/с.}$$

«Питомі втрати тиску на тертя, Па/м» [5]

$$R = \lambda \cdot \frac{\rho_{\text{в}} \cdot \omega_{\text{в}}}{2} \cdot \frac{1}{d_{\text{мер}}}; \quad (3.11)$$

де λ – коефіцієнт опору тертя.

$$\lambda = 0,11 \cdot \left(\frac{k_e}{d} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25}; \quad (3.12)$$

де k_e – еквівалентний коефіцієнт абсолютної шорсткості внутрішньої поверхні труби; відповідно до Правил Держтехнагляду усі трубопроводи промислових й опалювальних котелень можуть виготовлятися із сталевих 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» [9]

$$Re = \frac{d_{\text{вн}} \cdot \omega_{\text{в}}}{\nu}, \quad (3.13)$$

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

«Кінематичну в'язкість визначаю за середньою температурою теплоносія, яка дорівнює 75°C , тоді $\nu = f(t=75^\circ\text{C}) = 0,39 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ » [11].

$$Re = \frac{0,225 \cdot 1,19}{0,39 \cdot 10^{-6}} = 686538.$$

«Визначаю коефіцієнт опору тертя λ » [9]

$$\lambda = 0,11 \cdot \left(\frac{0,01}{22,5} + \frac{68}{686538} \right)^{0,25} = 0,017.$$

«Питомі витрати тиску на тертя, $\text{Па}/\text{м}$ » [9]

$$R = 0,017 \cdot \frac{1000 \cdot 1,19^2}{2} \cdot \frac{1}{0,225} = 53,5 \text{ Па}/\text{м}.$$

«Опір мережі, кПа » [5]

$$\Delta P_{\text{мер}} = 53,5 \cdot 2500 \cdot (1 + 0,6) \cdot 10^{-3} = 214 \text{ кПа}$$

«Гідравлічний опір трубопроводів у середині котельні складає 5% від втрат тиску в мережі, тобто» [9]

$$\Delta P_{\text{тр}} = 0,05 \cdot \Delta P_{\text{м}}; \quad (3.14)$$

$$\Delta P_{\text{тр}} = 0,05 \cdot 214 = 10,7 \text{ кПа}.$$

Гідравлічний 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» [9]

$$H_{\text{мер}} = 1,1 \cdot 214 \cdot 10^{-3} + 9,8 \cdot 10^{-3} + 0,04 + 0,0107 = 0,3 \text{ МПа}.$$

Для здійснення циркуляції теплоносія до споживачів системи опалення, передбачено встановлення двох насосів фірми «Wilо» тип IL 150/335-37/4 (1-робочий, 1-резервний) на опалювальний період з параметрами $G_{\text{max}}=171,83$

						МД.23.144.216.ПЗ	Арк.
							42
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата		

м³/год; Н=30 м.в.ст. Насоси з частотним керуванням представлено на рис. 3.4 [12].



Рисунок 3.4 – Загальний вигляд насосу фірми «Wilo» тип IL 150/335-37/4

3.3.2 Насос циркуляції котла фірми Viessmann типу Vitomax LW M62C потужністю 2310 кВт

З метою збереження необхідної температури в зворотньому трубопроводі перед проектним котлом, яка не повинна опускатися нижче 55°C відповідно до проекту, та для забезпечення циркуляції теплоносія під час прогрівання котла передбачається встановлення рециркуляційного насосу від компанії «Wilo».

Насос циркуляції котла від Viessmann встановлюється з метою захисту котла від низьких температур зворотнього теплоносія шляхом введення гарячого теплоносія за допомогою 3-х ходового клапана.

Графічна схема з'єднання насоса із котлом наведена на рисунку 3.5. Така система допомагає забезпечити ефективне утримання оптимальної температури в системі та захищає котел від небажаних впливів знижених температур зворотнього теплоносія.

						МД.23.144.216.ПЗ	Арк.
							43
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата		

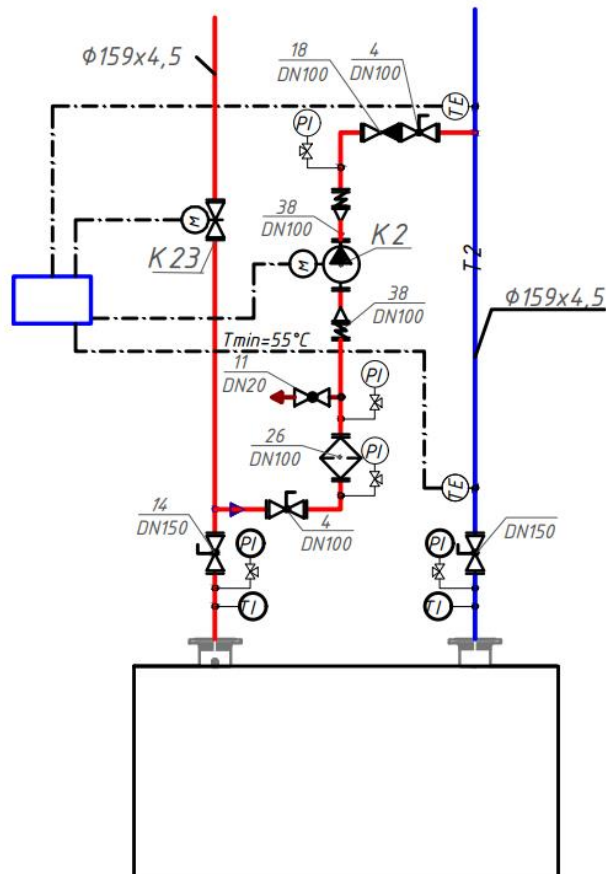


Рисунок 3.5 – Схема обв'язки котла типу Vitomax LW M62C потужністю 2310 кВт

Визначаю подачу насоса за витратою теплоносія [9]

$$V_{\text{м.н}} = \frac{G_{\text{м.н}} \cdot 10^6 \cdot 3600}{c_p \cdot \rho_v \cdot (t_1 - t_2)}; \quad (3.15)$$

де Q_k – 2310 МВт – теплова продуктивність котла;

ρ – густина води кг/м^3 (беру 1000 кг/м^3) [11];

c_p – масова питома теплоємність води, $\text{кДж/(кг} \cdot \text{К)}$ (беру $4,187 \text{ кДж/кг} \cdot \text{К}$) [11].

$$V_{\text{м.н}} = \frac{2310 \cdot 10^6 \cdot 3600}{4187 \cdot 1000 \cdot (95 - 70)} = 80 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Витрата через котел становить $G = 80 \text{ м}^3/\text{ч.}$

Витрата насоса рециркуляції 50% - $G_{\text{рец}} = 40 \text{ м}^3/\text{ч.}$

Тиск насоса, МПа, за формулою (3.16)

$$H_{\text{м}} = 1,1 \cdot \Delta P_{\text{к}} + \Delta P_{\text{атм}} + \Delta P_{\text{зх}} + \Delta P_{\text{тр}} + \Delta P_{\text{ф}}; \quad (3.16)$$

де $\Delta P_{\text{к}}$ - гідравлічний опір котла, паспортний показник, $\Delta P_{\text{к}} = 0,0088$ МПа;

$\Delta P_{\text{зх}}$ - гідравлічний опір триходового клапану, приймаю $\Delta P_{\text{зх}} = 0,025$ МПа;

$\Delta P_{\text{арм}}$ - гідравлічний опір арматури, приймаю $\Delta P_{\text{арм}} = 0,002$ МПа;

$\Delta P_{\text{ф}}$ - гідравлічний опір фільтра, приймаю $\Delta P_{\text{арм}} = 0,004$ МПа;

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

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

$$d_{\text{мер}} = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{40}{1000 \cdot 1,5}} = 0,185 \text{ м.}$$

За довідковим даним беру внутрішній діаметр трубопроводу $d_{\text{мер}} = 200$ мм і за [10] визначаю коефіцієнт місцевого опору $\alpha = f(d_{\text{см}}) = 0,6$.

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

$$\omega_{\text{в}} = \frac{4 \cdot 40}{1000 \cdot 3,14 \cdot 0,1^2} = 1,3 \text{ м/с.}$$

Кінематичну в'язкість визначаю за середньою температурою теплоносія, яка дорівнює 80°C , тоді $\nu = f(t = 80^\circ\text{C}) = 0,365 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ [11].

«Визначаю число Рейнольдса за формулою (3.9)» [9]

$$Re = \frac{0,2 \cdot 1,4}{0,365 \cdot 10^{-6}} = 712328.$$

«Визначаю коефіцієнт опору тертя λ за формулою (3.8)» [9]

$$\lambda = 0,11 \cdot \left(\frac{0,01}{20} + \frac{68}{712328} \right)^{0,25} = 0,017.$$

«Питомі витрати тиску на тертя визначаю за формулою (3.7), Па/м» [9]

$$R = 0,017 \cdot \frac{1000 \cdot 1,3^2}{2} \cdot \frac{1}{0,2} = 71,8 \text{ Па/м.}$$

«Опір трубопроводів, кПа» [9]

$$\Delta P_{\text{мер}} = 78,8 \cdot 50 \cdot (1 + 0,6) \cdot 10^{-3} = 6,3 \text{ кПа.}$$

«Тиск насоса циркуляції котла Viessmann» [9]

$$H_{\text{мер}} = 1,1 \cdot 8,8 \cdot 10^{-3} + 0,025 + 0,002 + 0,04 + 0,0063 = 0,05 \text{ МПа}$$

Виконано підбір насосу типу Stratos GIGA 65/1-17/1,7-R1 з параметрами $G_{\max}=40 \text{ м}^3/\text{год}$; $H=5 \text{ м.в.ст.}$ для котла, що має потужність 2310 кВт [12].



Рисунок 3.6 – Загальний вигляд насосу Stratos GIGA 65/1-17/1,7-R1 [12]

3.3.3 Контур системи підживлення

Згідно з тепловою схемою, вихідна вода з господарсько-побутового водопроводу подається на систему водопідготовки. Проект передбачає використання лічильника холодної води з імпульсним виходом для точного обліку обсягу води, що надходить до котельні. Це технічне рішення дозволяє ефективно враховувати та моніторити кількість води, яка використовується у господарських та побутових цілях, та надає можливість ефективного управління системою водопостачання та забезпечення високої якості подачі води в котельню.

Після вузла обліку в системі передбачено використання аварійного насоса підживлення, яким є модель Helix VE 204-1/16/E/KS від фірми «Wilo» [12]. Цей

						МД.23.144.216.ПЗ	Арк.
							46
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата		

насос має високу продуктивність з максимальною об'ємною витратою $G_{\max} = 3 \text{ м}^3/\text{год}$ та можливістю піднімати воду на висоту до $H = 25 \text{ м.в.ст.}$ Використання даного насосу у випадку аварійних ситуацій дозволяє ефективно забезпечити підживлення системи, зберігаючи надійність та оптимальні характеристики в умовах непередбачуваних обставин.



Рисунок 3.7 – Загальний вигляд насосу Wilo Helix VE 204-1/16/E/KS [12]

Після процедури очищення вода для живлення системи подається або безпосередньо в систему (у випадку наповнення системи), або до резервного баку V-5000 об'ємом 5 м^3 . Забезпечення енергосистеми здійснюється за допомогою хімічно очищеної води, яка готується в станції м'якшення води ECOSOFT FU1054 (див. рис. 3.8) з продуктивністю $2,0 \text{ м}^3/\text{год}$. Важливо відзначити, що використання зазначеної станції м'якшення води дозволяє забезпечити потрібну якість води для підживлення теплової мережі, а об'єм резервного баку забезпечує надійне нагрівання в разі зменшення тиску або інших тимчасових відмов системи подачі води. Така конфігурація системи забезпечує стабільну та ефективну роботу енергосистеми.



Рисунок 3.8 – Загальний вигляд станції пом'якшення води ECOSOFT FU1054

Для ефективного забезпечення теплової мережі використовується станція підживлення мережевого контуру SiBoost Smart 2 Helix VE 206 (рис. 3.9) з параметрами $G_{\max}=4,4 \text{ м}^3/\text{год}$ та $H=15 \text{ м.в.ст.}$. Насоси, обладнані системою частотного керування, забезпечують оптимальну подачу теплоносія відповідно до потреб системи. Використання цієї станції підживлення сприяє стабільній та ефективній роботі теплової мережі, забезпечуючи високу продуктивність та надійність.



Рисунок 3.9 – Загальний вигляд станції підживлення мережевого контуру SiBoost Smart 2 Helix VE 206

Для визначення оптимальної насосної станції підживлення проводяться розрахунки згідно з вимогами ДБН В.2.5-39:2008 «Теплові мережі» [8]. Для подачі в системи теплопостачання рекомендується враховувати 0,75% фактичної місткості води в трубопроводах теплових мереж для забезпечення оптимального підживлення. Зазначені параметри включають об'єм теплових мереж у розмірі 198 м³ та витрату на підживлення, яка становить 1,49 м³/год.

У випадку аварійного підживлення систем теплопостачання, розглядаючи закриті системи та враховуючи одночасну роботу двох насосів [8], рекомендується приймати 2% фактичної місткості води в трубопроводах теплових мереж. Враховуючи зазначені умови, витрата на аварійне підживлення становить 3,96 м³/год при обсязі теплових мереж 198 м³.

В рамках проекту передбачено встановлення деаератора підживлювальної води Spirovent Superior S6A-R2P, що представлено на рисунку 3.10. Ця конструкція дозволяє ефективно управляти якістю підживлювальної води, сприяючи надійній роботі системи теплопостачання.



Рисунок 3.10 – Установка деаерації підживлювальної води Spirovent Superior S6A-R2P

Для цього установлюється тривалість автоматичних вакуумних деаераційних систем, призначених для вилучення розчиненого кисню з системи мережної та підживлювальної води. Кожна з цих установок оснащена лінією підживлення, де встановлена станція дозування реагентів для регулювання рівня рН, при цьому насос дозатор забезпечує пропорційне дозування згідно імпульсних витратомірів. [12]

Кожна одиниця водопідготовки обладнана запірною арматурою та байпасною лінією для аварійного живлення котельні в разі відмови основного обладнання. Запірна арматура на кожному байпасі повинна бути закрыта та опломбована у звичайному положенні, в той час як контрольна-відкрита.

Розташування допоміжного обладнання та трубопроводів спроектоване з урахуванням їх безпечної експлуатації та оптимальних траєкторій з'єднувальних трубопроводів. Весь фланцевий арматурний вузол, розташований на висоті понад 1,5 метра, обслуговується за допомогою площадок або рухомих майданчиків.

Фіксація трубопроводів виконується за допомогою кронштейнів та підвісок, які кріпляться до стін, металоконструкцій та опорних стійок. [12]

Для виведення повітря з системи передбачені автоматичні повітряні клапани в верхніх точках трубопроводів.

Скидні та дренажні трубопроводи збираються в дренажні колектори, що розташовані в каналі котельні, звідки вони виводяться до існуючого охолоджуючого колодязя через каналізаційний трубопровід. [12]

3.4 Вибір теплообмінника

Теплообмінник представляє собою пристрій, який вбудовується в систему теплопостачання з метою ефективної передачі тепла від нагрітого середовища до холодного через поверхню, що їх розділяє, уникнувши при цьому змішування обох середовищ. У випадку пластинчастого теплообмінника, поверхня теплообміну виконана у формі гофрованих пластин [13]. Сучасні розбірні

пластинчасті теплообмінники використовуються широко завдяки своїм перевагам, таким як:

- інтенсивний теплообмін,
- легкість виготовлення,
- компактні розміри,
- мінімальні гідравлічні втрати,
- зручність монтажу,
- легкість очищення від забруднень.

В котельні встановлений пластинчастий теплообмінник, який використовується для нагрівання сирої води.

3.4.1 Водоводяний підігрівач сирої води

Вихідні дані до розрахунку:

- 1) Витрата сирої води, що нагрівається $G_2 = 7,64$ кс/с;
- 2) Початкова температура сирої води $t_2' = 2^\circ\text{C}$;
- 3) Кінцева температура сирої води $t_2'' = 20^\circ\text{C}$;
- 4) Початкова температура мережевої води, що нагріває $t_1' = 95^\circ\text{C}$;
- 5) Кінцева температура мережевої води $t_1'' = 70^\circ\text{C}$;
- 6) Робочий тиск в апараті $P = 1 \cdot 10^6$ Па;
- 7) «Теплофізичні властивості мережевої води при середній температурі $\bar{t}_1 = 0,5 \cdot (20 + 95) = 57,5^\circ\text{C}$ » [11]

- густина $\rho_1 = 985,3$ кг/м³;
- питома масова теплоємність $c_1 = 4178$ Дж/(кг · К);
- теплопровідність $\lambda_1 = 0,648$ Вт/(м · К);
- кінематична в'язкість $\nu_1 = 0,497 \cdot 10^{-6}$ м²/с;

- 8) «Теплофізичні властивості сирої води при середній температурі $\bar{t}_2 = 0,5 \cdot (70 + 2) = 36^\circ\text{C}$ » [11]

- густина $\rho_2 = 994,9$ кг/м³;
- питома масова теплоємність $c_2 = 4174$ Дж/(кг · К);
- теплопровідність $\lambda_2 = 0,62$ Вт/(м · К);

- кінематична в'язкість

$$\nu_2 = 0,72 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с};$$

9) «Теплообмінник komponується з пластин типу 0,6 з кутом перетину вершин гофр 120°. Геометричні розміри пластин та каналів які вони створюють»: $D_y = 200 \text{ мм}$. [11]

- площа поверхні теплообміну однієї пластини $F_1 = 0,5 \text{ м}^2$;
- 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 $L_{\pi} = 0,473 \text{ м}$;
- діаметр умовного проходу кутового отвору $D_y = 200 \text{ мм}$.

3.4.2 Тепловий розрахунок

1) «Теплота, яка передається, кВт» [6]

$$Q = G_2 \cdot c_2 (t_2'' - t_2'); \quad (3.17)$$

$$Q = 7,64 \cdot 4,174(20 - 2) = 574 \text{ кВт}.$$

2) «Витрата мережевої води (масова та об'ємна), що нагріває сиру воду, кг/с» [9]

$$G_1 = \frac{Q}{c_1 (t_1' - t_1'')}; \quad (3.18)$$

$$G_1 = \frac{574 \cdot 10^3}{4178 \cdot (95 - 70)} = 5,5.$$

$$V_1 = \frac{3600 \cdot G_1}{\rho_1}; \quad (3.19)$$

$$V_1 = \frac{3600 \cdot 5,5}{985,3} = 20 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}.$$

3) «Середній температурний напір, °C » [9]

$$\Delta t_6 = 95 - 2 = 93^\circ \text{C};$$

$$\Delta t_6 = 95 - 70 = 25^\circ \text{C}.$$

$$\Delta \bar{t} = \frac{\Delta t_6 - \Delta t_m}{\ln \frac{\Delta t_6}{\Delta t_m}}; \quad (3.20)$$

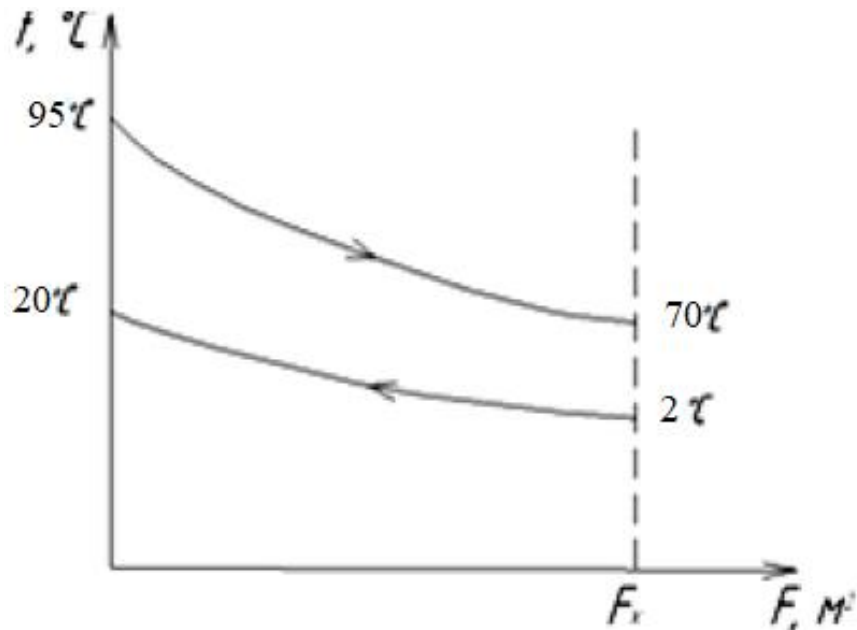


Рисунок 3.11 – Середній температурний напір водоводяного підігрівача сирогої води

$$\Delta \bar{t} = \frac{93 - 25}{\ln \frac{93}{25}} = 51,76^\circ \text{C}.$$

4) «Швидкість мережевої води в каналах теплообмінника, м/с» [9]

$$W_1 = \frac{G_1}{z_1 \cdot f_1 \cdot \rho_1} \quad (3.21)$$

де z_1 – кількість каналів у теплообміннику з гріючої сторони. Приймаю $z_1=4$ шт;

f_1 – площа поперечного перерізу каналу, м^2 .

$$W_1 = \frac{5,5}{4 \cdot 0,00245 \cdot 985,3} = 0,57 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

5) «Число Рейнольдса» [9]

$$\text{Re}_1 = \frac{W_1 \cdot d_e}{\nu_1}; \quad (3.22)$$

$$Re_1 = \frac{0,57 \cdot 0,0083}{0,497 \cdot 10^{-6}} = 9520.$$

6) «Значення критеріїв Прандтля при $\bar{t}_1 = 97,5^\circ C$;» [11]

$$Pr_1 = \frac{c_1 \cdot v_1 \cdot \rho_1}{\lambda_1}; \quad (3.23)$$

$$m_1 = \frac{0,01}{0,00245} = 3,89.$$

при $\bar{t}_{ст1} = 0,5(\bar{t}_1 + \bar{t}_2) = 46,75^\circ C$, $Pr_{ст1} = 3,8$.

7) «Число Нуссельта » [9]

$$Nu_1 = 0,021 \cdot Re_1^{0,8} \cdot Re_1^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr_1}{Pr_{ст1}}\right)^{0,25}; \quad (3.24)$$

$$Nu_1 = 0,021 \cdot 9520^{0,8} \cdot 3,1^{0,43} \cdot \left(\frac{3,1}{3,8}\right)^{0,25} = 49,47.$$

8) «Коефіцієнт тепловіддачі від мережевої води до стінки, $\frac{Вт}{(м^2 \cdot K)}$ » [9]

$$\alpha_1 = \frac{Nu_1 \cdot l_1}{d_e}; \quad (3.25)$$

$$\alpha_1 = \frac{49,47 \cdot 0,688}{0,083} = 405 \frac{Вт}{(м^2 \cdot K)}.$$

9) «Швидкість руху сирої води в каналах теплообмінника за формулою (3.16), приймаючи $z_2 = z_1 = 4$ шт. » [9]

$$W_1 = \frac{5,5}{4 \cdot 0,00245 \cdot 994,9} = 0,56 \frac{м}{с}.$$

10) «Число Рейнольдса » [9]

$$Re_2 = \frac{W_2 \cdot d_e}{v_2}; \quad (3.26)$$

$$Re_2 = \frac{0,56 \cdot 0,0083}{0,72 \cdot 10^{-6}} = 6455.$$

11) «Значення критеріїв Прандтля при $\bar{t}_2 = 82,5^\circ C$ » [9]

$$Pr_2 = \frac{c_2 \cdot v_2 \cdot \rho_2}{\lambda_2}; \quad (3.27)$$

$$Pr_2 = \frac{4174 \cdot 0,72 \cdot 10^{-6} \cdot 994,9}{0,62} = 5;$$

при $\bar{t}_{ст2} = 0,5(\bar{t}_1 + \bar{t}_2) = 46,75^\circ \text{C}$, $Pr_{ст2} = 3,8$.

12) «Число Нуссельта» [9]

$$Nu_2 = 0,021 \cdot Re_2^{0,8} \cdot Re_2^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr_2}{Pr_{ст2}}\right)^{0,25}; \quad (3.28)$$

$$Nu_1 = 0,021 \cdot 6455^{0,8} \cdot 5^{0,43} \cdot \left(\frac{5}{1,95}\right)^{0,25} = 59,3.$$

13) «Коефіцієнт тепловіддачі від стінки до сирої води, $\frac{Вт}{(м^2 \cdot K)}$ » [9]:

$$\alpha_2 = \frac{Nu_2 \cdot l_2}{d_e}; \quad (3.29)$$

$$\alpha_1 = \frac{59,3 \cdot 0,62}{0,083} = 442 \frac{Вт}{(м^2 \cdot K)}.$$

14) «Термічний опір стінки пластини та забруднень на ній» [9]

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

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

- термічний опір стінки (зі сталі 12X1SH10T) при її товщині $\delta_{ст} = 1 \text{ мм}$

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

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

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

15) «Коефіцієнт теплопередачі $\frac{Вт}{(м^2 \cdot K)}$ » [9]

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_{\text{ст}}}{\lambda_{\text{ст}}} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_2}}; \quad (3.30)$$

$$K = \frac{1}{\frac{1}{405} + 0,00045 + 0,000063 + 0,00023 + \frac{1}{442}} = 182 \frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2 \cdot \text{К})}.$$

16) «Площа поверхні теплообміну апарата, м²» [9]

$$F_a = \frac{Q}{K \cdot \Delta t}; \quad (3.31)$$

$$F_a = \frac{574000}{182 \cdot 51,76} = 61 \text{ м}^2.$$

Приймаю, з урахуванням росту забруднень, площу поверхні теплообміну $F_a = 70 \text{ м}^2$.

3.4.3 Конструкторський розрахунок

1) Площа поперечного перерізу пакета [9], м²

$$f_{\pi} = \frac{V}{3600 \cdot W}. \quad (3.32)$$

- зі сторони ходу гріючого потоку (мережева вода)

$$f_{\pi 1} = \frac{20}{3600 \cdot 0,57} = 0,0097 \text{ м}^2;$$

- зі сторони ходу потоку, що нагрівається (сира вода)

$$f_{\pi 2} = \frac{27,6}{3600 \cdot 0,56} = 0,013 \text{ м}^2.$$

2) «Кількість каналів в одному пакеті, шт» [9]

$$m = \frac{f_{\pi}}{f_1}. \quad (3.33)$$

- для гріючого потоку (мережева вода)

$$m_1 = \frac{0,01}{0,00245} = 3,89.$$

Приймаю $m_1 = 4$ шт.

- для потоку, що нагрівається (сира вода)

$$m_2 = \frac{0,013}{0,00245} = 3,96.$$

Приймаю $m_2 = 4$ шт.

3) «Число пластин в одному пакеті, шт» [9]

- для гріючого потоку (мережева вода)

$$n_1 = 2 \cdot m_1 = 2 \cdot 4 = 8 \text{ шт};$$

- для потоку, що нагрівається (сира вода)

$$n_2 = 2 \cdot m_2 = 2 \cdot 4 = 8 \text{ шт.}$$

4) «Поверхня теплообміну одного пакета, м^2 » [9]

- для гріючого потоку (мережева вода)

$$F_{\pi 1} = F_1 \cdot n_1 = 1 \cdot 8 = 8 \text{ м}^2;$$

- для потоку, що нагрівається (сира вода)

$$F_{\pi 2} = F_1 \cdot n_2 = 1 \cdot 8 = 8 \text{ м}^2.$$

5) «Кількість пакетів в апараті, шт»

$$X = \frac{F_a}{F_{\pi}}; \quad (3.34)$$

- для гріючого потоку (мережева вода)

$$X_1 = \frac{8}{8} = 1.$$

Приймаю $X_1 = 1$.

- для потоку, що нагрівається (сира вода)

$$X_2 = \frac{8}{8} = 1.$$

Приймаю $X_2 = 1$.

6) «Число пластин в апараті, шт.» [5]

$$n_a = \frac{F_a + 2 \cdot F_{\pi}}{f_n}; \quad (3.35)$$

$$n_a = \frac{8 + 2 \cdot 1}{1} = 10_{\text{шт.}}$$

7) «Фактична площа поперечного перерізу пакетів [5] », м²

$$f_{\Pi} = f_1 \cdot m; \quad (3.31)$$

$$f_{\Pi 1} = 0,00245 \cdot 13 = 0,0319 \text{ м}^2;$$

$$f_{\Pi 2} = 0,00245 \cdot 13 = 0,0319 \text{ м}^2.$$

8) «Фактична швидкість мережної води та сирової води в каналах теплообмінника», м/с

$$W_2 = \frac{20}{3600 \cdot 0,0319} = 0,17 \frac{\text{м}}{\text{с}};$$

$$W_2 = \frac{27,6}{3600 \cdot 0,0319} = 0,24 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Перевіримо величину вибраної поверхні площі поверхні теплообміну при фактичних швидкостях робочих середовищ

«Число Рейнольдса за формулою (3.22) та (3.26) »

$$Re_1 = \frac{0,17 \cdot 0,0083}{0,72 \cdot 10^{-6}} = 1960;$$

$$Re_2 = \frac{0,24 \cdot 0,0083}{0,72 \cdot 10^{-6}} = 2767.$$

«Число Нуссельта за формулою (3.24) та (3.28) »

$$Nu_1 = 0,135 \cdot 1960^{0,73} \cdot 3,1^{0,43} \cdot \left(\frac{3,1}{3,8}\right)^{0,25} = 53;$$

$$Nu_2 = 0,135 \cdot 2767^{0,73} \cdot 5^{0,43} \cdot \left(\frac{2,14}{1,95}\right)^{0,25} = 67,9.$$

«Коефіцієнт тепловіддачі за формулою (3.20) та (3.24) », $\frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2 \cdot \text{K})}$

$$\alpha_1 = \frac{53 \cdot 0,68}{0,083} = 434,2 \frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2 \cdot \text{K})};$$

$$\alpha_2 = \frac{67,9 \cdot 0,62}{0,083} = 556 \frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2 \cdot \text{K})}.$$

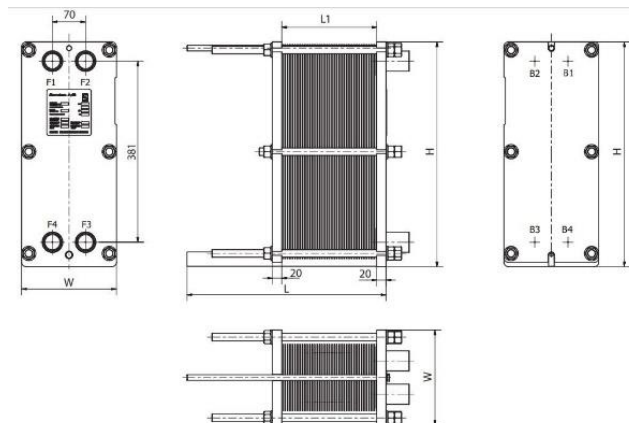
«Коефіцієнт теплопередачі за формулою (3.30), $\frac{Вт}{(м^2 \cdot K)}$ »

$$K = \frac{1}{\frac{1}{434,2} + 0,00045 + 0,000063 + 0,00023 + \frac{1}{556}} = 207,7 \frac{Вт}{(м^2 \cdot K)}$$

«Площа поверхні теплообміну апарата, $м^2$ »

$$F_a = \frac{574000}{(207,7 \cdot 51,76)} = 53,4 м^2.$$

Вибрана площа поверхні теплообміну $F_a = 54 м^2$ та схема компоновки достатні для заданих умов. В результаті розрахунку був вибраний пластинчастих підігрівачів-теплообмінник фірми «Danfoss» тип S4A-IG16-10-TL габаритні розміри та конфігурація, якого показані на рис. 3.12 [14].



Количество пластин	L (Длина рамы) (мм)	W (мм)	H (мм)	Максимальный вес теплообменника без пластин (кг)	Тип присоединения
S4A IG16					
7 - 34	270	200	473	44	1.25" Резьбовое трубное 1" Пищевая муфта
35 - 45	320	(7.87")	(18.62")	47	
46 - 68	420			56	
69 - 90	520			63	

Рисунок 3.12 - Теплообмінник пластинчастий Danfoss

3.5 Висновок до розділу 3

В розділі 3 проведено вибір обладнання для ефективного функціонування котельні та забезпечення споживача теплом. Для опалення були обрані три водогрійні котли «Viessmann» типу Vitomax LW M62C з потужністю 2310 кВт, оснащені автоматизованими газовими пальниками від фірми «ELCO».

У виборі триходового клапана для систем опалення та гарячого водопостачання ми врахували рекомендації виробника та обрали клапан «Danfoss» типу VF3 з електроприводом AMW-435 (230В), DN150.

Проведені розрахунки втрат тиску та ступеня відкриття підтвердили відповідність обраного клапана вимогам для обох систем.

Обрана модель, оснащена електроприводом AMW-435 (230В), ефективно підтримує температуру гарячої води за допомогою регулятора температури. Це забезпечує стабільну та ефективну роботу систем, відповідаючи сучасним стандартам надійності та енергоефективності.

Для здійснення циркуляції теплоносія до споживачів системи опалення, передбачено встановлення двох насосів фірми «Wilo» тип IL 150/335-37/4.

Для забезпечення ефективної роботи теплової мережі вибрана станція підживлення мережевого контуру SiBoost Smart 2 Helix VE 206, з параметрами $G_{max}=4,4 \text{ м}^3/\text{год}$ та $H=15 \text{ м.в.ст.}$

За результатами теплового та конструктивного розрахунків визначено оптимальний пластинчастий теплообмінник фірми «Danfoss» типу S4A-IG16-10-TL.

Вибраний теплообмінник характеризується високим коефіцієнтом корисної дії (ККД), низькими гідравлічними втратами, самоочищенням через турбулентний потік, а також високою надійністю. Такий вибір обладнання сприятиме оптимальному та надійному тепlopостачанню споживача.

						МД.23.144.216.ПЗ	Арк.
							60
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата		

4 ГАЗОПОСТАЧАННЯ ВНУТРІШНЄ

4.1 Загальна частина

Газопровід середнього тиску Ду100 $P_p=0,08$ МПа входить в приміщення ГРП. Газорегуляторний пункт прибудований до будівлі котельні. На вводі в приміщення ГРП (за стіною) передбачається встановлення ізолюючих фланців, заглушки, запірної арматури з ручним приводом. Тиск газу після ГРП не повинен перевищувати 300 мбар.

На вводі газопровода в приміщення котельні проектом передбачено встановлення електромагнітний відсічний клапан НЗ Madas M16/RM N.C DN200, який відсікає подачу газу при спрацюванні системи сигналізації загазованості приміщення та пожежної сигналізації, відключення електроенергії.

Після вузла комерційного обліку газу та вузла регулювання тиску газу, газ подається на газові рампи пальників через розподільчий колектор DN200, що прокладений по приміщенню котельної зали.

Газова рампа котлів складається з наступного обладнання, по ходу газу:

- запірна труба DN50;
- фільтр газовий DN50;
- компенсатор вібраційний DN50;
- електромагнітний блок газових клапанів Dungs MBC 700 1 ½».

Згідно проекту в котельні встановлюються 3 котли фірми «Viessmann» тип Vitomax LW M62C потужністю 2310 кВт кожний. На підвідному газопроводі до кожного котла проектом передбачена відключаюча арматура, фільтр, лічильник технологічного обліку та продувний газопровід. На вертикальній ділянці введення газопроводу, в приміщенні котельного залу, встановити швидкодіючий клапан MADAS M16/RN N.C. DN150 з ручним взводом, нормально закритий та відсікаючу задвижку з редуктором DN150.

Для забезпечення достатнього об'єму газу при різних режимах роботи котлів передбачено прокладання газорозбірного колектору DN200. На кінцевій ділянці колектора встановити продувний газопровід.

						МД.23.144.216.ПЗ	Арк.
							61
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата		

Витрата природного газу на кожний котельний агрегат складає – 267 нм³/год. Загальна проектна витрата природного газу на встановлювальне обладнання складає – 801 нм³/год.

Проектом передбачається газифікація об'єкта:

- встановлення єдиного комерційного вузла обліку на межі балансової належності до об'єкту Замовника;
- встановлення вузла редукування тиску газу;
- газопостачання встановлених проектом котлів.

Кожен котел обладнується автоматизованим пальником з модульним регулюванням спалювання газу фірми «ELCO» тип ЕК EVO 6.2400 G-EF3/ВТЗ КН. Газопостачання котлів передбачається природним газом з нижньою теплотворною спроможністю $Q_{н.р.} = 8000$ ккал/м³ від існуючого газопроводу середнього тиску ($P_p \leq 0,08$ МПа). Тиск газу перед газовою лінією пальника – 270 мбар.

Технологічний поагрегатний облік витрат природного газу передбачено на кожному котельному агрегаті.

Розрахунок витрати газу на котел [15], м³/год

$$V_n = \frac{Q_k}{Q_n \cdot \eta} 3600; \quad (4.1)$$

Де V_n – витрата газу при нормальних умовах, м³/год;

Q_k – теплопродуктивність котла, кВт;

Q_n – нижча теплота згоряння природного газу, кДж/м³ (беру 33500 кДж/м³);

η – ККД котла.

Максимальна витрата газу на котел фірми «Viessmann» тип Vitomax LW M62C потужністю 2310 кВт при 100% навантаженні [15] складе

$$V_n = \frac{2310}{33500 \cdot 0,93} 3600 = 267 \text{ м}^3/\text{год.}$$

4.2 Встановлення технологічних вузлів обліку

Для контролю обліку споживання газу перед кожним котлом проектом передбачено встановлення технологічного вузла обліку газу (ТВОГ) на базі роторного лічильника DELTA (Itron). Перед лічильником встановлюється фільтр газовий MADAS FM.

Перед фільтром, як контрольний вимикаючий пристрій встановлено фланцевий кульовий кран, повнопрохідний.

Діапазон витрат палива – природного газу на котел складає: 79,6...267 н.м³/год.

Мінімальна витрата палива – природного газу розраховується для рекомендованої мінімальної теплопродуктивності котла, що складає 30% від номінальної потужності котла за формулою (4.1) [15-16]:

$$V_{\text{н}}^{\text{min_пальника}} = \frac{2310 \cdot 0,3}{33500 \cdot 0,93} 3600 = 79,6 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Діапазон вимірювання об'єму природного газу лічильником DELTA G160, $Q_{\text{max}}/Q_{\text{min}}=1/20$ складає: 12,5...250 м³/год при робочих умовах.

Розрахунковий діапазон становить:

$$q_{\text{max.г.о.}} = \frac{267 \cdot (273,15 + 40) \cdot 0,101325 \cdot 0,99538}{(0,02 + 0,101325) \cdot 293,15} = 237,1 \text{ м}^3/\text{год};$$
$$q_{\text{max.г.о.}} = \frac{79,6 \cdot (273,15 + (-25)) \cdot 0,101325 \cdot 0,97614}{(0,03 + 0,101325) \cdot 293,15} = 50,7 \text{ м}^3/\text{год.}$$

4.3 Висновок до розділу 4

В 4-му розділі був виконаний розрахунок діапазону витрат палива – природного газу для котлів фірми «Viessmann» тип Vitomax LW M62C потужністю 2310 кВт з автоматизованими пальниками з модульним регулюванням спалювання газу фірми «ELCO» тип ЕК EVO 6.2400 G-EF3/BT3 KN та визначено діапазон вимірювання об'єму газу лічильником. Для кожного із трьох котлів Vitomax LW M62C потужністю 2310 кВт було обрано лічильник об'єму газу DELTA G160. Лічильники об'єму газу забезпечують вимірювання

						МД.23.144.216.ПЗ	Арк. 63
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата		

витрати природного газу для котельного обладнання в заданому діапазоні вимірювання. Передбачено встановлення в приміщенні котельного залу газосигналізатора «Варта 1-03.14», для контролю і сигналізації у випадку підвищення концентрації метану вище норми.

						МД.23.144.216.ПЗ	Арк.
							64
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		

5 АЕРОДИНАМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ГАЗОВОГО ТРАКТУ

5.1 Проектні рішення будівництва нових металевих димових труб

Проект будівництва нових металевих димових труб не внесе змін у вже сформований існуючий план та благоустрій забудови території котельні.

Благоустрій території існуючої котельні завданням на проектуванням (окрім влаштування відмостки по периметру існуючого корпусу котельні та відновлення зони будівництва після влаштування фундаментів під димові труби та баки запасу води) не передбачався.

Таблиця 5.1 Техніко-економічні показники по генплану

№ по ген плану	Назва показників	Одиниця виміру	Величина
1	Загальна площа ділянки	га	0,175
2	Площа забудови загальна	га	0,051
4	Щільність забудови	%	29

Димова труба розрахована для влаштування у 2 вітровому районі по класифікації ДБН В.1.2-2:2006., з середньою А температурою зовнішнього повітря найбільш холодної п'ятиденки -31°C і районі сейсмічності до 5 балів.

Газовивідні отвори і сталеві вежі розраховані на сумісні дії вітрового навантаження, власної ваги металоконструкцій вежі та газовідвідної димової труби.

Кліматичні умови району будівництва (м. Полтава)

- швидкісний натиск вітру - 430Па;
- нормативне снігове навантаження - 1600 Па;
- сейсмічність - 5 балів.

Термін експлуатації вежі згідно ДБН В.1.2-2:2006 складає $T_e f = 40$ років.

Підтримуюча вежа запроектована у вигляді просторової трикутної, в плані, решітчастої конструкції, всередині якої знаходиться газовідвідна димова труба (циліндрична оболонка).

Вежа запроектована висотою 25м з розмірами в плані 2мх2м. Висота димової труби складає 29м. Труба-оболонка димової труби опирається на діафрагму вежі використовуючи розвантажуючі платформи, конструкція яких створює можливість компенсації температурного розширення труби – оболонки відносно вежі.

Газовідвідна димова труба представляє собою тонкостінну циліндричну оболонку діаметром 500/560 мм і товщиною нержавіючої сталі 0,8мм, з кільцевими ребрами жорсткості.

Для підйому на вежу по всій висоті димової труби запроектована – драбина.

Запроектовано, що монтажні з'єднання секцій вежі здійснюються за допомогою болтів підвищеної міцності. Також запроектовано заводські з'єднання елементів вежі виконувати за допомогою зварювальних робіт.

Обслуговування димової труби заключається в періодичному спостереженні за станом конструкції і забезпечення та підтримання нормальної безперервної роботи димових труб. При обслуговуванні робочим персоналом необхідно звертати увагу на стан упорів димової труби. Упори повинні сприймати та витримувати горизонтальні вітрові навантаження і забезпечувати компенсацію температурних переміщень газовідвідної димової труби відносно вежі. Ретельний огляд конструкцій димової труби робочим персоналом повинен проводитися не рідше 2-ох разів в рік, а також після ураганного вітру та поганих погодних умов.

5.2 Аеродинамічний розрахунок димових труб

Кожен котел працює на окрему попередньоізольовану димову трубу, висотою якої складає 29 м. Для котлів Vitomax LW M62C потужністю 2310 кВт запроектовано димову трубу Ø 500/560.

В нижній частині кожна димова труба обладнана патрубком для зливу конденсату та люком ревізії.

						МД.23.144.216.ПЗ	Арк.
							66
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата		

Висота димових труб для котлів для котлів фірми «Viessmann» тип Vitomax LW M62C потужністю 2310 кВт визначена на підставі аеродинамічного розрахунку газоповітряного тракту, а також враховано висоту найближчих будинків та споруд, з умови розсіювання шкідливих викидів в атмосферу та з умови підтримання необхідного розрідження за котлом. Кріплення димових труб виконано за допомогою кронштейнів до несучих металевих конструкцій. В таблиці 5.2 представлено вихідні дані для виконання розрахунку та підбору димової труби для кожного котла.

Таблиця 5.2 Аеродинамічний розрахунок димової труби:

Вихідні дані розрахунку димової труби:		
Потужність котла	2310	кВт
Температура відхідних газів	140	°C
Зовнішня розрахункова температура	10	°C
Коефіцієнт надлишку повітря а	1,2	
КПД котла	93	%
Теплотворна здатність газу	8000	ккал/м ³
Тиск димових газів на границі поставки обладнання	0	мбар
Місцеві опори на вертикальній ділянці: Вихід з димової труби	1	
Трійник поворотний	1,5	
Місцеві опори на горизонтальній ділянці: Трійник прохідний	0,5	
Поворот 30°	0,4	
Розширення	0,1	
Шибер	0,5	
Трійник поворотний	1,1	

5.2.1 Витрата палива водогрійною котельнею, кг/год [9]

$$G = \frac{Q}{Q_n \cdot \eta}; \quad (5.1)$$

де Q – сумарна потужність котельні, кВт;

Q_H – нижча теплота горіння палива, кДж/кг;

η – ККД котельної установки.

$$G = \frac{2310 \cdot 3600}{33700 \cdot 0,93} = 265,3 \text{ кг/год.}$$

5.2.2 Питома потреба в повітрі для горіння природного газу, що спалюється в котельному залі за допомогою котлів, $\text{м}^3/\text{м}_H^3$ [9]

$$V_{\text{пов}} = \frac{1,12 \cdot Q_H}{1000}; \quad (5.2)$$

$$V_{\text{пов}} = \frac{1,12 \cdot 8000}{1000} = 8,96 \text{ м}^3/\text{м}_H^3.$$

5.2.3 Питомий обсяг продуктів згоряння, $\text{м}^3/\text{м}_H^3$ [9]

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

де α - коефіцієнт надлишку повітря пальника.

$$V_{\text{пз}} = 1,2 \cdot 8,96 = 10,75 \text{ м}^3/\text{м}_H^3.$$

5.2.4 Обчислюю нормативний обсяг продуктів згоряння, $\text{м}^3/\text{год}$ [9]

$$V_{\text{н.пз}} = G \cdot V_{\text{пз}}; \quad (5.4)$$

$$V_{\text{н.пз}} = 265,3 \cdot 10,75 = 2852 \text{ м}^3/\text{год}.$$

5.2.5 Визначаю ступінь охолодження димових газів в ізольованій трубі, $^{\circ}\text{C}/\text{м}$ [9]

$$\Delta t = \frac{(T_{\text{г}} - T_{\text{пов}})}{K_{\text{ст}} \cdot 3,14 \cdot ((D_{\text{г}} \cdot L) + (D_{\text{в}} \cdot H)) + 0,5}; \quad (5.5)$$

де $T_{\text{г}}$ – максимальна температура вихідних газів, $^{\circ}\text{C}$;

$T_{\text{пов}}$ – температура повітря, $^{\circ}\text{C}$;

$K_{\text{ст}}$ – коефіцієнт теплопередачі стін димоходу, $\text{кВт}/\text{м}^2 \cdot \text{K}$;

$D_{\text{г}}$ – діаметр горизонтального ділянки, м;

L – довжина горизонтальної ділянки, м;

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

H – висота труби, м.

$$\Delta t = \frac{(140 - 10)}{2,9 \cdot 3,14 \cdot ((0,5 \cdot 5) + (0,5 \cdot 26)) + 0,5} = 0,9 \text{ } ^\circ\text{C} / \text{м}.$$

5.2.6 Середня температура димових газів, $^\circ\text{C}$ [9]

$$T_{\text{cp}} = T_{\text{r}} - \frac{(L + H) \cdot \Delta t}{2}; \quad (5.6)$$

де T_{r} – максимальна температура вихідних газів, $^\circ\text{C}$;

L – довжина горизонтальної ділянки димової труби, м;

H – висота димової труби, м.

$$T_{\text{cp}} = 140 - \frac{(5 + 29) \cdot 0,9}{2} = 125 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

5.2.7 Фактичний секундний обсяг продуктів згоряння, $\text{м}^3/\text{сек}$ [9]

$$V = V_{\text{пз}} \cdot \frac{G}{3600} \cdot \left(\frac{273 + T_{\text{cp}}}{273} \right); \quad (5.7)$$

$$V = 10,75 \cdot \frac{265,3}{3600} \cdot \left(\frac{273 + 125}{273} \right) = 1,16 \text{ м}^3/\text{сек}.$$

5.2.8 Швидкість газів на горизонтальній ділянці димоходу, м/с [9]

$$W_{\text{гор}} = \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot D_{\text{r}}^2}; \quad (5.8)$$

$$W_{\text{гор}} = \frac{4 \cdot 1,16}{3,14 \cdot 0,5^2} = 5,9 \text{ м/с}.$$

5.2.9 Аналогічно для вертикальної ділянки димоходу, м/с [9]

$$W_{\text{врт}} = \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot D_{\text{в}}^2}; \quad (5.9)$$

$$W_{\text{врт}} = \frac{4 \cdot 1,16}{3,14 \cdot 0,5^2} = 5,9 \text{ м/с}$$

5.2.10 Густина газів на горизонтальній ділянці димоходу, кг/м^3 [9]

$$\gamma_{\text{гор}} = \frac{\gamma_0 \cdot 273}{T_{\text{r}} + 273}; \quad (5.10)$$

$$\gamma_{\text{гор}} = \frac{1,34 \cdot 273}{140 + 273} = 0,886 \text{ кг/м}^3.$$

5.2.11 Аналогічно для вертикальної ділянки димоходу, кг/м³ [9]

$$\gamma_{\text{верт}} = \frac{\gamma_0 \cdot 273}{T_{\text{ср}} + 273}; \quad (5.11)$$

$$\gamma_{\text{верт}} = \frac{1,34 \cdot 273}{125 + 273} = 0,919 \text{ кг/м}^3.$$

Коефіцієнти місцевих опорів (див. табл. 5.2)

Таблиця 5.2 – Коефіцієнти місцевих опорів

Вид	рапто- ве зву- ження	рапто- ве розши- рення	пово- рот 90°	розши- рення з поворо- том 90°	розши- рення з поворо- том 45°	трійник		вихід з труби
						Про- хід	Пово- рот	
КМО	0,3	0,1	0,9	1,2	0,5	0,5	1,5	1
Кількість на гозиронта- льній ділянці	0	1	1	0	1	1	0	0
Кількість на верти- кальній ділянці	0	0	0	0	0	0	1	1

5.2.12 Втрати тиску на горизонтальній ділянці димової труби, Па [9]

$$\Delta p_{\text{гор}} = \left(\lambda \cdot \frac{L}{D_r} + \Sigma \xi \right) \cdot \frac{W_{\text{гор}}^2}{2} \cdot \gamma_{\text{гор}}; \quad (5.12)$$

$$\Delta p_{\text{гор}} = \left(0,03 \cdot \frac{5}{0,5} + 2 \right) \cdot \frac{5,9^2}{2} \cdot 0,886 = 35,5 \text{ Па}.$$

5.2.13 Втрати тиску на вертикальній ділянці димової труби, Па [9]

$$\Delta p_{\text{верт}} = \left(\lambda \cdot \frac{H}{D_b} + \Sigma \xi \right) \cdot \frac{W_{\text{верт}}^2}{2} \cdot \gamma_{\text{ср}}; \quad (5.13)$$

$$\Delta p_{\text{верт}} = \left(0,03 \cdot \frac{29}{0,5} + 2,5 \right) \cdot \frac{5,9^2}{2} \cdot 0,919 = 67,8 \text{ Па}.$$

5.2.14 Повний аеродинамічний опір газового тракту, Па [9]

$$\Delta p_{\text{гор}} + \Delta p_{\text{верт}} = 35,5 + 67,8 = 103,3 \text{ Па}.$$

5.2.15 Самотяга димової труби, Па [9]

$$H_c = H \cdot \left(\gamma_b \cdot \frac{273}{273 + T_b} - \gamma_0 \cdot \frac{273}{273 + T_{cp}} \right) \cdot g; \quad (5.14)$$

$$H_c = 29 \cdot \left(1,293 \cdot \frac{273}{273 + 0} - 1,34 \cdot \frac{273}{273 + 125} \right) \cdot 9,81 = 106,4 \text{ Па}.$$

Самотяга газового тракту не перевищує аеродинамічний опір на:

$$H_c - (\Delta p_{\text{гор}} + \Delta p_{\text{верт}}) = 106,4 - 103,3 = 3,1 \text{ Па}.$$

5.3 Висновок до розділу 5

Самотяга газового тракту впевнено відповідає встановленим вимогам та умовам ефективної роботи. Кожен котел працює на індивідуальну попередньо ізольовану димову трубу, висота якої становить 29 метрів. Для котлів Vitomax LW M62C потужністю 2310 кВт була запроектована димова труба з діаметром Ø 500/560.

Важливим елементом є обладнання димової труби люком ревізії та патрубком для зливу конденсату в нижній її частині. Висота димових труб була ретельно визначена згідно аеродинамічного розрахунку газоповітряного тракту, враховуючи висоту найближчих будівель та споруд. Це забезпечує оптимальне розсіювання шкідливих речовин в атмосферу та підтримання розрідження за кожним котлом.

Кріплення димових труб здійснено кронштейнами до несучих металевих конструкцій, що гарантує їхню надійність та стійкість. Враховуючи вищезазначені параметри та виконані розрахунки, можна стверджувати, що аеродинамічний розрахунок димової труби проведено належним чином, що забезпечує високий рівень ефективності функціонування газового тракту системи.

6 ОПАЛЕННЯ ТА ВЕНТИЛЯЦІЯ

6.1 Вихідні данні для системи опалення та вентиляції котельні

В якості вихідних даних прийняті розрахункові параметри зовнішнього повітря для м. Полтава за даними ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія» [5]:

- максимально-зимова температура повітря -23°C ;
- максимально-літня температура $+25^{\circ}\text{C}$;
- тривалість опалювального періоду 178 діб;
- середня температура опалювального періоду $-0,8^{\circ}\text{C}$.

6.2 Характеристика будівлі котельні

Одноповерхова частина будівлі, виконана з повздовжніми (осі «2-7» по рядах «Б-В») несучими стінами, з силікатної цегли, товщиною 380мм та збірними залізобетонними плитами покриття.

Фундамент – стрічковий бетонний та з керамічної цегли.

Покриття виконано зі збірних залізобетонних багатопустотних плит перекриття (серія 1.141-1), з уклоном в сторону ряду «Б».

Покрівля виконана з рулонних матеріалів.

Підлога – керамічна плитка.

Перегородки – цегляні.

Перегородки – цегляні.

6.3 Теплові надходження в приміщення котельні

Розрахункові температури зовнішнього повітря: взимку приймаємо -23°C , а відповідно влітку ця температура становить $+25^{\circ}\text{C}$.

Температура внутрішнього повітря в котельні для холодного періоду року прийнята $+12^{\circ}\text{C}$, для теплого відповідно $+27^{\circ}\text{C}$ (в приміщенні постійно присутній робочий персонал).

Теплові надходження в холодний період в приміщення котельні [17]:

- зовнішньої ізоляції котла:

						МД.23.144.216.ПЗ	Арк.
							72
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата		

$$Q_{\text{котл}}^{\text{вод}} = Q \cdot q_5; \quad (6.1)$$

$$Q_{\text{котл}}^{\text{вод}} = 6930 \cdot 0,0053 = 34,89 \text{ кВт};$$

- від технологічного устаткування та трубопроводів:

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

де F - сумарна площа поверхонь ізоляції обладнання та трубопроводів – 115 м²;

$t_{\text{із}}$ - середня температура на поверхні ізоляції °С;

α – коефіцієнт тепловіддачі при природній конвекції 8,6 Вт/(м²·К).

$$Q_{\text{об}} = 8,6 \cdot (40 - 12) \cdot 137,5 = 33,1 \text{ кВт}.$$

Теплові надходження в холодний період в приміщення котельні від роботи електродвигунів [17]:

$$Q_{\text{ел.дв.}} = (N \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_T); \quad (6.3)$$

де N – номінальна потужність електродвигунів, кВт;

K_1 – коефіцієнт завантаження, $K_1 = 0,6$;

K_2 – коефіцієнт сумісності роботи обладнання, $K_2 = 0,6$;

K_T – коефіцієнт тепловиділення, $K_T = 0,3$.

$$Q_{\text{ел.дв.}} = 78,78 \cdot 0,7 \cdot 0,6 \cdot 0,3 = 9,8 \text{ кВт}.$$

Сумарні теплові надходження від роботи котельні складають – 74,69 кВт.

6.4 Вентиляція приміщення котельні

Існуюча система вентиляції котельні запроектована для умов асиміляції теплонадходжень від працюючого обладнання та забезпечення трьохкратного повітрообміну за годину. Вентиляція котельного залу запроектована припливно-витяжна з природним спонуканням.

Розрахунок витрати повітря на горіння палива в котлах [17]:

$$G_{\text{пов}}^{\text{гор}} = \alpha \cdot B \cdot V^0; \quad (6.4)$$

де B – витрата палива, м³/год;

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

α – коефіцієнт надлишку повітря.

						МД.23.144.216.ПЗ	Арк.
							73
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата		

$$G_{\text{пов}}^{\text{гор}} = 1,2 \cdot 9,8 \cdot \left(\frac{6,98 \cdot 10^6}{1,163} \right) / 8050 / 0,93 = 9417,54 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Розрахунок витрати повітря на забезпечення однократного повітрообміну в котельні [17]:

$$G_{\text{пов}}^{\text{об}} = V_{\text{кот}} \cdot K; \quad (6.5)$$

де $V_{\text{кот}}$ – об'єм котельного залу, м^3 .

$$G_{\text{пов}}^{\text{об}} = 757,35 \cdot 3 = 2272,1 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Вентиляція котельні виконана в об'ємі, необхідному для:

- забезпечення горіння палива в котлах $9417,54 \text{ м}^3/\text{год.}$;
- повітрообмін в приміщенні котельного залу $2272,1 \text{ м}^3/\text{год.}$, що відповідає

вимогам ДБН В.2.5-77:2014 «Котельні».

Необхідна кількість зовнішнього повітря в розмірі $11689,6 \text{ м}^3/\text{год}$ подаватиметься до котельної зали через решітки $1000 \times 1000(\text{h})$ - 3шт., що встановлюється у віконній рамі будівлі. Надходження повітря до приміщення ХВО забезпечується вентиляцією з природнім спонуканням через нещільності в дверних та віконних прорізів - $525,6 \text{ м}^3/\text{год.}$

Видалення повітря з котельного залу здійснюється через котлоагрегат в об'ємі необхідному для спалювання палива та з витяжкою повітря з верхньої зони котельні через дефлектори $\Phi 650(\text{мм})$ - 2шт. Для відведення повітря в приміщенні ХВО та допоміжних приміщень передбачено встановлення дефлекторів $\Phi 250(\text{мм})$ - 2шт.

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 складають – $23,7 \text{ кВт.}$

Кількість тепла на підігрів повітря, що поступає в котельний цех [17]:

$$Q_{\text{п}} = c_{\text{п}} \cdot \rho_{\text{п}} \cdot G_{\text{п}} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{н}}); \quad (6.6)$$

$$Q_{\text{п}} = 0,28 \cdot 1,2 \cdot 11689,59 \cdot (12 - (-23)) = 137,5 \text{ кВт.}$$

							МД.23.144.216.ПЗ	Арк.
								74
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата			

Теплові надходження в котельню менші за теплові втрати огорожувальних конструкцій та підігрів припливного повітря.

Система опалення котельного залу - відсутня. Тому проектом застосовується система повітряного опалення приміщення до температури +12°C.

Необхідна продуктивність проектної системи опалення котельного залу становить 86,51 кВт.

Як чергове опалення у приміщенні котельної зали передбачається установка одного агрегату повітряного опалення WOLF LH40, який вмикатиметься від датчика температури внутрішнього повітря.

У побутових приміщеннях опалення здійснюється від мережевих трубопроводів котельні існуючими опалювальними приладами. Система опалення виконана радіаторами з гладких труб та залишається без змін. Теплові втрати через огорожуючі конструкції в приміщення ХВО складають 7,8 кВт. В якості опалювальних приладів приймаються два радіатори RODA RSP 22 розмірами 600x1200, потужністю 3,9 кВт кожний.

У побутових приміщеннях опалення здійснюється від мережевих трубопроводів котельні існуючими опалювальними приладами. Система опалення виконана радіаторами з гладких труб та залишається без змін. Джерелом теплопостачання системи опалення є теплоносій з параметрами 95-70°C.

6.6 Висновок до розділу 6

В 6 розділі були визначені розрахунки на опалення та вентиляцію приміщень, які входять до складу котельного залу. Були розраховані теплові надходження, площа повної ізоляції, об'єм вентиляції, кількість теплоти на підігрів повітря. Відповідно до розрахунків прийняті технічні рішення для забезпечення котельного залу системою опалення та вентиляції.

Вентиляція приміщення виконана в об'ємі з 3-х кратного повітрообміну в приміщенні 2280 м³/год, що відповідає вимогам ДБН В.2.5-77:2014 «Котельні».

						МД.23.144.216.ПЗ	Арк.
							75
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата		

В котельні опалення здійснюється за рахунок теплонадлишків від працюючого обладнання, повітряно-опалювальних агрегатів та радіаторів опалення: WOLF LH4-0 - 3 шт. для підтримання нормативної температури в робочій зоні котельного залу; радіатор RODA RSR - 2 шт. для підтримання нормативної температури в робочій зоні приміщення ХВО. Існуюча система опалення допоміжних приміщення залишається без змін. Проектом передбачається підключення існуючої системи опалення до джерела теплопостачання з температурним графіком - 95/70°C.

Для забезпечення притоку повітря для горіння палива та асиміляції теплонадходжень від працюючого обладнання проектом передбачається загальнообмінна припливно-витяжна система вентиляції з природнім спонуканням. Проектом передбачається подача необхідної кількості зовнішнього повітря до котельні в розмірі 11 689,6 м³/год через решітки розмірами 1000x1000(h)мм – з площею «живого» перерізу $F_{ж.п}=0,825 \text{ м}^2$ – 3 шт. Встановлення решіток виконати у віконних отворах будівлі. Видалення повітря з котельної зали здійснюється через котлоагрегат в об'ємі, необхідному для спалювання палива, та з витяжкою повітря з верхньої зони котельні через існуючий дефлектор.

						МД.23.144.216.ПЗ	Арк.
							76
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата		

7 ВОДОПРОВІД ТА КАНАЛІЗАЦІЯ

7.1 Вихідні дані

Розділ по водопостачанню і каналізації розроблений на основі:

- завдання на проектування;
- будівельної і технологічної частини проекту;
- відповідних розділів ДБН В.2.5-77:2014 [4], ДБН В.2.5-64.2012 [18].

В котельні передбачаються наступні системи:

- мережа господарсько-питного водопостачання (система В1);
- мережа протипожежного водопостачання (система В2);
- мережа гарячого водопостачання (система Т3);
- мережа дренажної каналізації незабруднених стічних вод (система К13);
- мережа господарсько-побутової каналізації (система К1).

7.2 Водопостачання.

Водопостачання котельні для виробничих, господарчо-побутових та протипожежних потреб здійснюється від існуючої міської мережі водопроводу.

Водопостачання котельні здійснюється одним вводом Ду100 з встановленим водомірним вузлом на базі існуючого ультразвукового лічильника Ду50 з передачею даних.

Норми водоспоживання прийняті згідно ДБН В.2.5-64.2012 і технологічного завдання.

Протипожежний трубопровід передбачається із сталевих електрозварних труб d76x3,5 по ГОСТ 10704-91 та зі сталевих водогазопровідних труб DN 50-25мм по ГОСТ 3262-75 покритих посиленою антикорозійною ізоляцією.

Технологічний трубопровід підживлення системи проектується зі сталевих електрозварних труб по ГОСТ 10704-91 та труб PPR.

Водопровід підводиться до всіх санітарних приладів та пожежних кранів.

						МД.23.144.216.ПЗ	Арк.
							77
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата		

Магістральні трубопроводи прокладаються відкрито по стінах і опорах і після монтажу фарбуються олійною фарбою за 2 рази по ґрунту ГФ-021. Всі трубопроводи, крім відгалужень до пожежних кранів, ізолюються тепловою ізоляцією фірми “Thermaflex” з товщиною стінки 9мм.

Передбачено встановлення лічильників для обліку витрати води на технологічні та господарсько-побутові потреби.

Таблиця 7.1 – Перелік споживачів

Назва споживачів	Одиниця виміру	К-ть	Норма водоспоживання	К-сть годин роботи	Водоспоживання м³/доб	Водовідведення м³/доб
На підживлення теплової мережі	м³	-	-	24	1,1	-
На аварійне підживлення теплової мережі	м³	-	-	3	3,0	-
На потреби ГВП	м³	-	-	24	31	-
Блок ХВО регенерація	м³	-	-	4		
Обслуговуючий персонал	осіб	24	25	1	1,03	1,03
Вологе прибирання	м²	630	0,4	1	0,26	0,26

Даним проектом система господарсько-питного та гарячого водопостачання для власних потреб котельної залишається існуючою, без змін.

7.3 Каналізація.

В котельні передбачена технологічна і господарсько-побутова каналізація.

Побутові стоки від санітарних приладів відводяться в зовнішню мережу міської побутової каналізації. Каналізація побутова - існуюча, залишається без змін.

В котельній залі передбачена система дренажної каналізації для зливу води з трубопроводів та обладнання.

Стоки від дренажної каналізації відводяться до існуючого колодязя-охолоджувача, де вони охолоджуються до температури 40 °С та перекачуються в існуючу зовнішню мережу каналізації.

Проектом передбачено ремонт існуючого охолоджувального колодязя.

Мережа виробничої каналізації (умовно чистих стоків) виконується зі сталевих електрозварних труб по ГОСТ 10704-91 та сталевих водогазопровідних труб по ГОСТ 3262-75. Трубопроводи прокладаються в лотку та опорах і після монтажу фарбуються олійною фарбою за 2 рази по ґрунту ГФ-021.

Даним проектом система побутової каналізації для власних потреб котельної залишається існуючою, без змін.

7.4 Висновок до розділу 7

У цьому розділі розглянуті питання водопостачання та каналізації для котельні. Застосовані підходи спрямовані на максимальну надійність та ефективність системи. Водопостачання виконано через існуючу міську мережу, з дотриманням норм витрат та встановленням лічильників. Система каналізації орієнтована на відведення стічних вод, враховуючи технологічні та побутові вимоги. Запропоновано оптимальні технічні рішення для забезпечення стійкості та автономності систем в умовах високого технологічного навантаження.

						МД.23.144.216.ПЗ	Арк.
							79
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата		

8 РІШЕННЯ З ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

8.1 Загальні дані

Електропостачання котельні, здійснюється двома кабельними лініями 380/220В.

В даному розділі проекту вирішуються питання електрообладнання приміщення котельні.

Даний розділ проекту розроблено на підставі завдань теплотехнічної частини, будівельних завдань та у відповідності з вимогами нормативних документів:

- ДБН В.2.5-77:2014 «Котельні» [4];
- ДБН В.2.5-20-2018 «Газопостачання» [15];
- «Правила улаштування електроустановок» (ПУЕ), 2017р [19].
- НПАОП 40.1-1.21-98. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів [20];
- НПАОП 0.00-1.81-18. Правила охорони праці під час експлуатації обладнання, що працює під тиском [21];
- ДБН В.2.5-28-2018 «Природне та штучне освітлення» [22].

Таблиця 8.1 - основні технічні показники

Розрахункова потужність	106,6 кВт
Напруга мережі живлення	~380/220В

Електроприймачі котельні по надійності електропостачання, віднесено до 2-ої категорії.

8.2 Електросилове обладнання.

Даним проектом передбачається установка для живлення та керування обладнанням котельні ввідно - розподільчого щита ВРП з автоматичними вимикачами на ввідних лініях та з захисними автоматичними вимикачами на лініях відводу. Щит ВРП розміщується в електрощитовій.

						МД.23.144.216.ПЗ	Арк.
							80
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		

Розподільчі мережі, які живлять обладнання, виконано кабелями з мідними жилами відповідних перерізів, які прокладаються на кабельних лотках, та в гофрорукавах.

8.3 Електроосвітлення котельні

Згідно з ДБН В.2.5-77:2014 «Котельні» в приміщенні котельні передбачаються такі види електроосвітлення [4]:

- робоче, напругою 220 В, 50 Гц;
- безпеки (аварійне), напругою 220В, 50 Гц.;
- ремонтне, напругою 12В, 50 Гц.

Вибір світильників здійснено згідно з призначенням приміщень та характеристикою середовищ у них. Як джерело освітлення використовуються світильники зі світлодіодними лампами LED.

У приміщенні котельні передбачені однофазні групові лінії для живлення робочого освітлення. Проводка робочого освітлення передбачена кабелем ПВСнгд. Мережа аварійного освітлення та підключення показників «Вихід» виконані кабелем марки FLAME-X950 (N)HXH FE180/E30 зі ступенем вогнестійкості не менше 30 хв.

Керування робочим та аварійним освітленням здійснюється із щитів ЩО та ЩАО. Проводка освітлення основних проходів передбачена кабелем ПВСнгд, що не розповсюджує горіння.

Ремонтне освітлення живиться через понижуючий трансформатор 220/12 В, встановлений в ящику ЯТП в приміщенні котельні.

Розрахункові величини освітленості прийняті згідно ДБН В 2.5-28-2018 «Природне та штучне освітлення» [22], розряд зорових робіт – згідно з додатком 10 до ДБН В.2.5-77:2014 [4]. Освітленість приміщення котельної 150 лк, приміщення ХВО 75 лк.

						МД.23.144.216.ПЗ	Арк. 81
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата		

8.4 Блискавкозахист

У відповідності з ДСТУ Б В.2.5-38:2008 [23] (ІЕС 62305:2006, NEQ) «Улаштування блискавкозахисту будівель і споруд» об'єкти комплексу - котельні, віднесено до 3 категорії блискавкозахисту.

Проектом передбачається блискавкозахист димових труб проєктних котлів. У якості блискавко приймача прийнято металевий стержень діаметром 16 мм, який встановлюють на металоконструкції димової труби, перевищуючи її на 2м.

Блискавковідвід під'єднано до залізобетонного фундаменту через металевий каркас димової труби, що надійно з'єднаний анкерними болтами.

8.5 Вимоги ПБЕЕ.

В котельні передбачена TN-C-S система заземлення, до котельні підводиться мережа із системою TN-C, розподіл N провідника на N і PE виконується на ввідному щиті. PE шина з'єднується із заземлювачем.

Для захисту в котельні виконано захисне заземлення корпусів електрообладнання. Всі електрощити заземляються. Всі корпуси електроприймачів приєднуються за допомогою мідного провідника, перетином не менше 6 мм², до контуру заземлення.

Проектом передбачена система зрівнювання потенціалів, яка передбачає під'єднання до PE шини металевих елементів конструкції будівлі, тепломагістралі, водопроводу, і внутрішнього газопроводу. Під'єднання трубопроводів до системи зрівнювання потенціалів виконується на їх вводі в котельню.

Внутрішній контур заземлення котельні виконується сталюю штабою 40х4 мм, що під'єднується до проєктованого зовнішнього контуру заземлення котельні в двох місцях. Полоса прокладається на відмітці 300 мм від відмітки підлоги приміщень і кріпиться до стін на штирях.

При експлуатації електричного обладнання необхідно дотримуватись вимог «Правил безпечної експлуатації електроустановок».

						МД.23.144.216.ПЗ	Арк. 82
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата		

8.6 Висновок до розділу 8

В розділі 8 було вирішено ключові питання електропостачання котельні, дотримуючись вимог теплотехнічної та будівельної частин проекту та враховуючи нормативи. Були запропоновані ефективні рішення для надійного та безперебійного електроживлення.

Зазначено, що електропостачання котельні реалізується через дві кабельні лінії 380/220В. Важливим етапом було розроблення системи електроосвітлення, дотримано вимог щодо вибору світильників та забезпечено відповідність освітленості в приміщенні.

Електросилове обладнання реалізовано через використання ввідно-розподільчого щита ВРП, забезпечено електрозахист та блискавкозахист димових труб. Важливим аспектом є дотримання вимог щодо захисту від статичної електрики та системи заземлення.

В результаті розділу були втілені технічні рішення, спрямовані на забезпечення ефективності, надійності та безпеки електропостачання котельні, відповідаючи всім вимогам та стандартам.

						МД.23.144.216.ПЗ	Арк.
							83
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата		

9 РІШЕННЯ З АВТОМАТИЗАЦІЇ

9.1 Загальні положення.

Проект виконано на підставі завдання на проектування від замовника у відповідності з вимогами нормативних матеріалів та документів, що діють на території України на момент розробки.

Реконструкція котельні передбачає:

встановлення трьох водогрійних газових котлів фірми «Viessmann» типу Vitomax LW M62C, потужністю 2310 кВт кожний;

котли обладнується автоматизованими модульованими газовими пальниками фірми «ELCO» тип ЕК EVO 6.2400 G-EF3/BT3 KN;

встановлення каскадного контролера Vitotronic 300 CM1E та двох контролерів котлового контуру Vitotronic 100 CC1E;

встановлення загальної шафи управління котельнею (ШУ);

встановлення мережевих насосів та насоса підтримання температури з частотними перетворювачами в окремій шафі (ШСН);

встановлення для підживлення комплектної насосної станції підвищення тиску з частотними перетворювачами і шафою управління (фірми «WILO»);

встановлення насосів завантажувальних на теплообмінники ГВП, ГВП, підвищення тиску ХВП та рециркуляційних з частотними перетворювачами змонтованими на насосах;

встановлення вузлів обліку теплової енергії поданої в мережу, використаної ГВП та на опалення котельні;

встановлення лічильників води на ГВП котельні та на підживлення.

Передбачається робота котельні з постійним обслуговуючим персоналом.

9.2 Основні технічні рішення

Автоматизація і система керування котельної передбачена на базі «погодного» каскадного контролера Vitotronic 300, контролерів котлового контуру Vitotronic 100 та проєктованих шаф управління.

Контролер Vitotronic 300 керує каскадом котлів (одним – самостійно, двома – з використанням котлових модулів Vitotronic 100) з контролем

						МД.23.144.216.ПЗ	Арк.
							84
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата		

температури всіх котлів і забезпеченням рівного часу напрацювання кожного котла з каскаду; двома змішувальними опалювальними контурами із завданням різних функцій кожному з них і баком-накопичувачем ГВС з лінією рециркуляції. Загальна температура магістралі подачі для опалювальної установки задається контролером Vitotronic 300 в залежності від погоди. У режимі погодозалежної теплогенерації температура магістралі подачі регулюється в залежності від температури зовнішнього повітря. Що нижчою є зовнішня температура, то вищою є загальна температура магістралі подачі.

Комплектні системи керування кожного котла з пальником, при роботі в автономному або каскадному режимах роботи забезпечать:

- контроль температури та тиску води в котлоагрегаті, тиску газу та повітря перед пальниками, тиску газів в топці, наявності факела;
- автоматичне регулювання температури мережевої води на виході котла згідно з заданим алгоритмом;
- автоматичні пуск та зупинку котла по заданій програмі (вентиляція топки, перевірка герметичності газових клапанів і т.і.);
- керування насосом і клапаном з електроприводом котлового контуру для підтримання температури мережевої води на вході котла не нижче встановленої для застосованих котлів.

Автоматичний захист спрацьовує при досягненні допустимих значень таких параметрів:

- підвищенні або зниженні тиску газоподібного палива перед пальниками;
- зниження тиску повітря перед пальником;
- згасання факелів пальників;
- підвищення температури води на виході з котла;
- підвищення або зниження тиску води на виході з котла;
- при неполадках відводу продуктів спалення;

- розриві ланцюгів захисту та зникненні напруги, а також при виході з ладу основних вузлів автоматики.

При аварійній зупинці обладнання запам'ятовується першопричина аварійної ситуації і забезпечується сигналізація персоналу про аварію.

Контролери “Vitotronic”, шафа управління ШУ, контрольно-вимірювальні прилади і засоби автоматизації забезпечать:

керування трьома котлами в залежності від теплового навантаження котельної;

автоматичну підтримку температури мережної води в подавальному трубопроводі за заданим розрахунковим графіком з адаптацією до реальних умов теплоспоживання і в залежності від температури зовнішнього повітря;

автоматичну підтримку температури ГВП;

захист системи опалення від замерзання;

автоматичне керування насосами, в залежності від режиму теплоспоживання або по заданій часовій програмі;

контроль рівня в баках акумуляторах гарячої води та запасу хімічноочищеної води;

видачу аварійного сигналу в систему сигналізації при несправності обладнання та відхиленні від заданих норм технологічних параметрів.

Усі прилади і засоби автоматизації, які нормально не знаходяться під напругою, зануляються відповідно до вимог ПУЕ.

Електричні проводки виконуються кабелями з мідними жилами у гофрорукавах та металевих перфорованих лотках.

9.3 Монтаж контрольно-вимірювальних приладів і засобів автоматизації

Датчик температури зовнішнього повітря встановлюється на стіні будівлі з північного або північно-західного боку на висоті 2,5-3 м від рівня землі.

Датчик встановлюється так, щоб додаткові температурні впливи (тепле повітря з відкритих вікон чи вентиляційних каналів) не спричиняли додаткових похибок при вимірах температури зовнішнього повітря.

Прокладка кабельних проводок виконується:

- по кабельним конструкціям на лотках по стінах і під перекриттям приміщення котельної;
- в гофрованих ПВХ трубах при підключенні до приладів і засобів автоматизації.

Для запобігання додатковим електричним перешкодам і наводкам, а також механічному пошкодженню кабельних проводок і небезпеки поразки електричним струмом сигнальні та живлячі проводки прокладаються у вище названих кабельних конструкціях окремо.

Прилади, щитові пристрої, до яких підводиться електроживлення, металеві захисні металорукави і труби повинні бути надійно занулені (заземлені) у відповідності з вимогами розділу 1.7 ПУЕ-2017 і вимог заводів - виробників обладнання.

Для занулення (заземлення) електроустановок використовується зануляюча мережа системи електропостачання об'єкту.

9.4 Висновок до розділу 9

У розділі 9 магістерської дипломної роботи було вирішено широкий спектр завдань, пов'язаних із впровадженням автоматизації та системи керування в проект реконструкції котельні. Робота здійснювалася у відповідності з завданням від замовника та врахуванням вимог нормативних матеріалів та чинних документів на території України.

Одним із ключових рішень було встановлення трьох водогрійних газових котлів фірми «Viessmann» та їх обладнання автоматизованими модульованими газовими пальниками фірми «ELCO». Застосування каскадного контролера та контролерів котлового контуру дозволяє ефективно регулювати температурні

режими та забезпечити оптимальне функціонування котельні з урахуванням реальних умов теплоспоживання.

Робочі процеси системи автоматизації включають контроль температури, тиску, та інших параметрів, що дозволяє забезпечити безперебійне та ефективне функціонування обладнання. Застосування сучасних технологій таких як частотні перетворювачі, контролери «Vitotronic,» та система керування дозволяють забезпечити оптимальний тепловий баланс та знизити витрати енергії.

Запропоновані рішення, щодо монтажу та розміщення контрольно-вимірювальних приладів та засобів автоматизації, враховують вимоги безпеки та надійності. Система автоматизації має ефективний механізм захисту, що спрацьовує при можливих аварійних ситуаціях, а також передбачає автоматичне записування та сигналізацію для оперативної реакції персоналу.

Загальною метою впроваджених рішень є забезпечення стабільного та ефективного функціонування котельні, зниження витрат енергії, та забезпечення високої надійності системи теплопостачання. В результаті виконаної роботи досягнуті поставлені завдання та досягнуто високого рівня автоматизації, що відповідає сучасним стандартам та вимогам технічної безпеки.

						МД.23.144.216.ПЗ	Арк.
							88
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		

10 РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ

Під час перебудови котельні виникає важливе питання доцільності застосування технічних та проектних рішень. Оскільки завжди існують обмеження бюджету для виконання реконструкційних робіт, вирішення повинно бути належно технічно обґрунтованим і економічно підтвердженим. У контексті магістерської роботи, яка розглядає проект реконструкції котельні в м. Полтава, пропонується встановлення трьох нових котлоагрегатів «Viessmann» типу Vitomax LW M62C з потужністю 2310 МВт. Це спрямовано на забезпечення витрат теплоти для опалення та гарячого водопостачання споживачів житлового комплексу.

В даному розділі роботи вивчено ефективність реконструкції порівняно з існуючою схемою. Проаналізовано економічний вплив та період окупності для розрахунку вартості реконструкційних робіт по зміні водогрійних котлів на даному об'єкті. Зазначено, що рішення про реконструкцію мають бути обґрунтовані як технічно, так і економічно, що враховує обмеження бюджету та доцільність застосування вибраних рішень.

10.1 Існуючий стан котельні для якої планується реконструкція

Необхідну кількість тепла у 6,378 МВт для опалення та гарячого водоспоживання забезпечує робота трьох водогрійних котлів, а саме двох котлів КБНГ-3,15 та одного НІКА-1,25, які детально вказані в таблиці 1.1 розділу 1.

Розрахунок витрати палива на котельню виконується з урахуванням існуючого стану обладнання, зокрема коефіцієнта корисної дії (ККД) існуючих котлів. Відповідно до результатів технічної експертизи, котли відповідають встановленим нормам і допускаються до подальшої експлуатації з ККД, яке не перевищує значень: КБНГ-3,15 – 91%, КБНГ-3,15 – 90%, НІКА-1,25 – 85%.

Враховуючи ці дані, проведено розрахунок річної витрати природного газу на котельню в існуючому стані, використовуючи рівняння теплового балансу, виражене у кількості метрів кубічних на годину (м³/год).

						МД.23.144.216.ПЗ	Арк.
							89
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата		

$$B_{\text{річ}} = \frac{Q_{\text{річ}}}{Q_{\text{н}}^{\text{р}} \cdot \eta_{\text{ка}}} \cdot K_{\text{т.п}}, \quad (10.1)$$

де $Q_{\text{річ}}$ – річна витрата теплоти, кДж/рік;

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

$\eta_{\text{ка}}$ – коефіцієнт корисної дії (ККД) котла;

$K_{\text{т.п}}$ – коефіцієнт втрати палива при транспортуванні.

Згідно з заданим технічним завданням теплові навантаження споживачів $Q_{\text{річ}} = 8,68 \cdot 10^{10}$ кДж/рік, за довідковими даними $Q_{\text{н}}^{\text{р}} = 34\,358$ кДж/м³, $\eta_{\text{ка}} = 0,9$, $K_{\text{т.п}} = 1,02$

Тоді витрати природного газу складуться (за формулою 10.1):

Для першого котла КБНГ-3,15

$$B_{1 \text{ річ}} = \frac{8,68 \cdot 10^{10}}{33700 \cdot 0,91} \cdot 1,02 = 2887012,1 \text{ м}^3/\text{рік},$$

Для другого котла КБНГ-3,15

$$B_{2 \text{ річ}} = \frac{8,68 \cdot 10^{10}}{33700 \cdot 0,9} \cdot 1,02 = 2855631,53 \text{ м}^3/\text{рік},$$

Для котла НІКА-1,25

$$B_{3 \text{ річ}} = \frac{8,68 \cdot 10^{10}}{33700 \cdot 0,85} \cdot 1,02 = 3090801,19 \text{ м}^3/\text{рік}.$$

Сумарні витрати складають:

$$B_{\text{річ}} = B_{1 \text{ річ}} + B_{2 \text{ річ}} + B_{3 \text{ річ}}, \quad (10.2)$$

$$B_{\text{річ}} = 2887012,1 + 2855631,53 + 3090801,19 = 8896903,3 \text{ м}^3/\text{рік}.$$

10.2 Стан котельні після реконструкції

Проект передбачає встановлення трьох водогрійних котлів «Viessmann» типу Vitomax LW M62C, кожен з потужністю 2310 кВт. Коефіцієнт корисної дії (ККД) встановлених котлів становить 97% для кожного з них, що гарантує більш ефективну роботу та зменшення витрат природного газу.

З урахуванням даного значення ККД розрахована річна витрата природного газу на котельню в реконструкційному стані за допомогою рівняння теплового балансу, вираженого у метрах кубічних на годину (м³/год).

						МД.23.144.216.ПЗ	Арк.
							90
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата		

Для одного котла:

$$B_{\text{річ}} * = \frac{Q_{\text{річ}}}{Q_{\text{н}}^{\text{р}} \cdot \eta_{\text{ка}}} \cdot K_{\text{т.п}}, \quad (10.3)$$

Де $Q_{\text{річ}}$ – річна витрата теплоти, кДж/рік;

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

$\eta_{\text{ка}}$ – коефіцієнт корисної дії(ККД) котла;

$K_{\text{т.п}}$ – коефіцієнт втрати палива при транспортуванні.

Згідно з заданим технічним завданням теплові навантаження споживачів $Q_{\text{річ}} = 8,68 \cdot 10^{10}$ кДж/рік, за довідковими даними $Q_{\text{н}}^{\text{р}} = 34\,358$ кДж/м³, $\eta_{\text{ка}} = 0,93$, $K_{\text{т.п}} = 1,02$

Тоді витрати природного газу одного котла складуть:

$$B_{1 \text{ річ}} * = \frac{8,68 \cdot 10^{10}}{33700 \cdot 0,97} \cdot 1,02 = 2708434,03 \text{ м}^3/\text{рік}.$$

Сумарні витрати складають:

$$B_{\text{річ}} = n \cdot B_{1 \text{ річ}} *, \quad (10.4)$$

де n – кількість встановлених котлів

$$B_{\text{річ}*} = 3 \cdot 2708434,03 = 8125302,09 \text{ м}^3/\text{рік}$$

10.3 Розрахунок економічного ефекту

Економія природного газу при заміні існуючих котлів на сучасні

$$\Delta B_{\text{річ}} = B_{\text{річ}} - B_{\text{річ}} * \quad (10.5)$$

$$\Delta B_{\text{річ}} = 8629021 - 7969692 = 771601,21 \text{ м}^3/\text{рік}$$

Економія коштів після заміни котлів:

$$E = \Delta B_{\text{річ}} \cdot \text{Ц}_{\text{пал}} \quad (10.6)$$

де $\text{Ц}_{\text{пал}}$ – ціна палива за 1 м³, грн – 7,96 за даними Мінфін станом на 2023 рік.

$$E = 771601,21 \cdot 7,96 = 6141946 \text{ грн}.$$

Період окупності реконструкції:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K}{E}, \quad (10.7)$$

						МД.23.144.216.ПЗ	Арк.
							91
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата		

де К – вартість проекту реконструкції, грн – 25 млн грн.

$$T_{\text{ок}} = \frac{25\,000\,000}{6141946} = 4,1 \text{ роки.}$$

10.4 Висновок до розділу 10

У розділі 10 магістерської роботи розглянуто доцільність технічних та проектних рішень під час реконструкції котельні. Проаналізовано встановлення нових котлоагрегатів «Viessmann» та їхнє порівняння з існуючою схемою.

Визначено ефективність реконструкції, встановивши, що економія природного газу досягає 771601,21 м³/рік в грошовому перерахунку 6141946 грн/рік після встановлення нового обладнання. Розглянуто економічний вплив та період окупності проекту, який становить приблизно 4 роки.

Результати досліджень вказують на доцільність проведення стартап-проекту, оскільки ефективність полягає в зменшенні витрат на паливо, що сприяє поліпшенню енергоефективності та приносить економічні вигоди.

						МД.23.144.216.ПЗ	Арк.
							92
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата		

11.1 Технічні рішення та організаційні заходи з безпеки експлуатації технологічного обладнання.

Проект передбачає використання системи автоматизації для контролю та управління технологічним процесом. Застосовані технічні рішення забезпечують контроль параметрів, автоматичне управління та регулювання температур, а також аварійне відключення у разі виникнення небезпечних ситуацій. Це забезпечує високий рівень надійності, ефективності та безпеки експлуатації обладнання котельні, а також можливість проведення аналізу його роботи.

Технічні рішення та заходи з безпеки експлуатації включають:

- Система контролю параметрів: Надійний моніторинг технологічних параметрів і вчасна сигналізація про відхилення від заданих значень.
- Автоматичне управління: Реалізація автоматичного управління ключовими технологічними блоками, агрегатами та виконавчими механізмами.
- Регулювання параметрів: Автоматичне регулювання основних технологічних параметрів для оптимальної ефективності.
- Аварійне відключення: Автоматичне відключення газопостачання у разі перевищення допустимої концентрації горючих газів у приміщенні та інші аварійні сценарії.
- Модульне регулювання: Використання модульного регулювання спалювання газу для підтримання технологічних режимів.
- Системи сигналізації та захисту: Реалізація системи сигналізації про стан обладнання та захист від аварій за різними параметрами.

11.1.1 Організація простору та устаткування котельні

Структура розташування та компоновка основного та допоміжного устаткування в котельні відповідає вимогам, визначеним у розділі 7 Державних нормативів та правил з охорони праці (ДНАОП 0.00-1.08-94) [26]. Враховуючи можливість демонтажу та монтажу котлів в умовах діючого виробництва, система розташування котлів фіксована на висоті +0,100 м. Відстань від фронту котлів до протилежної стіни (по осі А) складає 2,2 м, а відстань від пальника до цієї стіни дорівнює 1,5 м. Проект включає індивідуальні газоходи для кожного

						МД.23.144.216.ПЗ	Арк.
							94
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата		

котла, що з'єднані з індивідуальними димовими трубами. Діаметр газоходів становить 500 мм, а на кожному з них встановлені вибухові клапани Ду 500. Загальна димова труба має висоту 26 м та діаметр 500 мм. З метою забезпечення обслуговування котлів, запобіжних клапанів та арматури, передбачено використання металевої приставної площадки висотою +1000 мм.

11.1.2 Заходи з техніки безпеки

Під час експлуатації та технічного обслуговування котлів важливо дотримуватися "Правил безпеки систем газопостачання України" (ДНАОП 0.00-1.20-98) [27], "Правил будови та безпечної експлуатації об'єкта електроустановок споживачів" та "Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів" для електроустановок напругою до 1000 В.

Основні організаційні та технічні заходи з техніки безпеки включають:

- Допуск до роботи на котлах надається лише тим особам, які пройшли інструктаж з охорони праці та отримали відповідне посвідчення для роботи з газифікованим обладнанням та обслуговуванням котлів.
- Роботи з технічного обслуговування та ремонту електроустаткування та автоматики повинні виконуватися тільки кваліфікованим персоналом, який має право на проведення робіт в електроустановках, не нижче III розряду.
- Заходи для надійного захисту клем датчиків і виконавчих приладів від пилу і вологи.
- Заземлення металоконструкцій та електрообладнання для забезпечення вимог з електробезпеки.
- Заборона знімання кришок з електроустаткування при наявності напруги, а також експлуатація обладнання з відкритими захисними кришками.
- Заборона повторного запуску пальників після аварійного вимкнення без з'ясування та усунення причин вимикання.
- Запобіжні заходи у випадку витоку газу, включаючи заборону роботи пальника та включення/виключення електрообладнання.

						МД.23.144.216.ПЗ	Арк.
							95
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата		

- Ремонтні та профілактичні роботи можуть виконуватися лише на вимкненому обладнанні, відключеному від блокової палника електричних і газових мереж.

- Розміщення приладів і проводки відповідає будівельним нормам і правилам ДСТУ Б В.2.5-82:2016, із монтажем захисного заземлення відповідно до інструкції з монтажу захисного заземлення електроустановок систем автоматизації РМ4-200-82 [28].

11.1.3 Електробезпека

В електроустановках котельні використовується система захисного заземлення електроустановок TN-C-S. Проектовані 3-х фазні електромережі з робочими напругами 220/380 В мають заземлену нейтраль і виконуються як 5-ти, так і 4-х провідними. В якості заземлюючих провідників використовуються відповідно РЕ- або PEN- провідник. З метою додаткового захисту від ураження електричним струмом, система передбачає зрівняння потенціалів, що досягається за допомогою головної заземлювальної шини, яка підключається до зовнішнього захисного заземлення.

Всі РЕ- та PEN- провідники провідники внутрішніх мереж, металеві труби комунікацій, які входять в будівлю, та металеві елементи будівлі котельні приєднуються до головної заземлювальної шини.

Вибір конструкції, виконання та клас ізоляції обладнання та матеріалів визначається відповідно до умов навколишнього середовища, пожежної безпеки та місцевих умов. Електропроводка та прокладка електрокабелів відповідають вимогам електро- та пожежної безпеки, зокрема, оболонки та ізоляція кабелів відповідають умовам прокладки і властивостям навколишнього середовища.

Згідно з ДНАОП 0.00-1.21-98, електроприміщення комплектуються основними та допоміжними захисними засобами, а також первинними засобами пожежогасіння [29]. Кількість та вид захисних засобів може змінюватися 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

						МД.23.144.216.ПЗ	Арк. 96
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата		

факторів, що можуть впливати на їх здоров'я, відповідно до ДСТУ Б В.2.5-82:2016. [28]

При організації та виконанні робіт, технічна документація, така як технологічні карти, повинна включати вимоги безпеки, які є обов'язковими для виконання.

Для забезпечення безпечних та нешкідливих умов праці під час експлуатації та ремонту мереж і споруд електропостачання, необхідно дотримуватися вимог НПАОП 0.00-1.76-15, а при виконанні окремих видів робіт - міжгалузевих нормативних актів про охорону праці, чинних в Україні [16].

11.2 Забезпечення вимог гігієни праці та виробничої санітарії у робочому середовищі

11.2.1 Оптимізація параметрів мікроклімату робочої зони

Поняття мікроклімату виробничих приміщень визначає сукупність параметрів внутрішнього середовища, які взаємодіють з організмом працівника. Ці параметри включають температуру, вологість, швидкість повітря та теплове випромінювання. Оптимальний мікроклімат сприяє покращенню самопочуття та здоров'я працівників, а також позитивно впливає на їхню продуктивність та якість виконаної роботи.

Параметри мікроклімату, нормовані згідно з ДСН 3.3.63042-92 (Санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони), в залежності від сезону, подаються в таблиці 11.1:

Таблиця 11.1 - параметри мікроклімату

Період року	Оптимальні параметри			Допустимі параметри		
	$t, ^\circ\text{C}$	$\varphi, \%$	v	$t, ^\circ\text{C}$	φ	v
Теплий	22-	40-	0,2	21-	$\leq$	0,1-
Холодні	21-	40-	0,1	20-	$\leq$	0,1-

Ці параметри визначають межі температур, вологості та швидкості повітря, які забезпечують комфортні умови для працівників у різні періоди року. Застосування оптимальних параметрів сприяє підвищенню ефективності праці та зменшенню негативного впливу на здоров'я.

Додаткові заходи для забезпечення гігієни праці та санітарії:

1. Вентиляція: Забезпечення постійного та ефективного обміну повітря для уникнення перегріву та накопичення шкідливих речовин. Використання гнучких трубопровідних вставок для зменшення шуму та вібрацій в системах вентиляції відповідно до вимог ДБН В.2.5-28-2018 [22].

2. Організація перерв: Регулярні перерви для відпочинку та відновлення працівників, особливо у важких умовах.

3. Індивідуальний підбір одягу: Забезпечення працівників спецодягом, що враховує особливості мікроклімату.

4. Контроль за забрудненням: Регулярне очищення та дезінфекція робочих приміщень для підтримання оптимального гігієнічного стану.

5. Здійснення цих заходів сприятиме створенню комфортних та безпечних умов для працівників, сприяючи їхньому здоров'ю та підвищуючи ефективність виробничого процесу.

Технічні рішення для забезпечення нормативних вимог:

1. Вентиляційна система:

- Застосування припливно-витяжної вентиляційної системи, розрахованої на асиміляцію теплових надлишків та забезпечення постійного 3-х кратного обміну повітря в котельному залі.

- Обсяг припливного повітря компенсується витратами повітря, необхідними для горіння в топці котлів, та видаляється витяжною вентиляцією, що дозволяє забезпечити ефективну вентиляцію протягом всього року.

2. Опалювання в зимовий період:

- Забезпечення опалювання котельні в зимовий період за допомогою системи опалювання, яка використовує гарячу воду, що подається в систему опалювання від водогрійних котлів "Viessmann" типу Vitomax LW M62C.

						МД.23.144.216.ПЗ	Арк. 98
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата		

- Застосування системи гарячого водопостачання для опалювання дозволяє забезпечити стабільну температуру в приміщеннях котельні, забезпечуючи комфортні умови для обслуговуючого персоналу.

3. Зниження викидів забруднюючих речовин:

- Впровадження заходів щодо скорочення витрати палива та застосування високоефективних газоспалюючих пристроїв для зменшення викидів забруднюючих речовин.

- Використання сучасних технологій та обладнання для оптимізації горіння пального, що сприяє зниженню викидів і поліпшенню екологічних характеристик котельні.

4. Розсіювання шкідливих викидів:

- Забезпечення конструкції димової труби, що сприяє розсіюванню шкідливих викидів на значні площі, зменшуючи їхній вплив на навколишнє середовище.

- Застосування високоефективних систем фільтрації та очистки для додаткового зменшення забруднюючих речовин у відходах газів.

Ці технічні рішення спрямовані на забезпечення ефективної та екологічно безпечної експлуатації котельні, відповідно до встановлених нормативів та стандартів.

11.2.2 Заходи по оптимізації складу повітря робочої зони персоналу котельні:

Відповідно до вимог ДБН Б.2.5-67:2016 "Природний та штучний освітлення. Гігієнічні вимоги", система контролю за складом повітря робочої зони персоналу котельні включає в себе сучасний газоаналізатор, а саме систему ВАРТА 1-03 ЗАТ "ТЕМІО", що надійно контролює рівні метану (CH₄) та чадного газу (CO). При досягненні критичних концентрацій газів, система автоматично спрацьовує попереджувальну сигналізацію, а в разі вищих концентрацій, активізує газосигналізатор і відсікач газопроводу.

						МД.23.144.216.ПЗ	Арк.
							99
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		

Для забезпечення оптимальних умов праці та відповідності ДБН Б.2.5-67:2016, проводиться систематичний моніторинг температурного режиму в приміщенні котельні. Це забезпечує не лише комфорт працівників, а й попереджує можливість виникнення аварійних ситуацій. Крім того, впроваджено пожежний контроль з підвищеною температурою повітря в котельні, що спрацьовує якщо температура перевищує 70 °С, а також функцію охоронної сигналізації.

11.2.3 Освітлення робочих місць:

Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 "Освітлення промислових приміщень", система освітлення котельні забезпечує [22]:

- Нормовані значення освітлення робочих місць.
- Рациональне використання робочого, аварійно-евакуаційного та ремонтного освітлення для забезпечення оптимальних робочих умов праці та безпеки персоналу.
- Використання технічних засобів для захисту мереж освітлення від перевантажень та коротких замикань, відповідно до вимог ДБН В.2.5-28-2018 [22].
- Забезпечення безпеки підключення щитів освітлення за допомогою кабельних ліній та радіальних схем.

11.2.4 Засоби та методи захисту від виробничого шуму:

Відповідно до вимог ДБН В.2.2-55-2014 "Шум в промислових приміщеннях. Гігієнічні вимоги та методи вимірювань", введено систему заходів для контролю та зниження рівнів шуму в котельні.

Ізольовані приміщення та захисні засоби:

- Забезпечено організацію окремого, ізольованого приміщення для машиніста котлів зі щитовою технологічною сигналізацією, відповідно до вимог ДБН В.2.2-55-2014.
- Застосовано захисні стінки в службово-побутових приміщеннях для мінімізації впливу шуму від робочого устаткування.

						МД.23.144.216.ПЗ	Арк. 100
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата		

- Засоби індивідуального захисту:

- Використання протишумних навушників для працівників з метою забезпечення безпеки та зниження рівня шуму до допустимих норм.

Оптимізація шумових параметрів обладнання:

- Застосування технологічних рішень для зменшення шуму в джерелі, включаючи встановлення глушників шуму у вентиляційних системах та обмеження швидкості потоку повітря в димовій трубі з метою зниження рівня шуму на викидах.

11.2.5 Захист від інфрачервоного випромінювання

Згідно з ДБН В.2.5-28-2018, розроблено та впроваджено комплекс заходів для захисту персоналу від інфрачервоного випромінювання [22].

Теплова ізоляція:

- Встановлення теплової ізоляції на технологічному обладнанні з температурою вище 45 °С, щоб забезпечити допустимі рівні теплового опромінювання.

Засоби захисту:

- Застосування засобів індивідуального захисту, зокрема, засобів захисту обличчя та очей, для ефективного управління інтенсивністю теплового випромінювання.

Гігієнічні заходи:

- Регулярне забезпечення персоналу підсоленою газованою водою для поповнення водного балансу та зменшення впливу високих температур на організм.

Всі ці заходи спрямовані на забезпечення високих стандартів гігієни праці, ефективності та безпеки працівників у котельні, відповідаючи українським стандартам та нормативам.

11.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Виконання вимог безпеки в надзвичайних ситуаціях потребує розробки відповідних технічних рішень та організаційних заходів щодо оповіщення,

						МД.23.144.216.ПЗ	Арк. 101
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата		

евакуації та дій персоналу у разі виникнення надзвичайної ситуації, а також визначення основних заходів з пожежної безпеки.

11.3.1 Технічні та організаційні заходи щодо ліквідації/локалізації аварійних ситуацій

Мета даного підрозділу полягає в розгляді комплексу технічних та організаційних рішень для оперативної ліквідації та локалізації непередбачених подій. Використання інноваційних підходів та автоматизованих систем є ключовим у досягненні максимальної безпеки енергетичного об'єкта з урахуванням вимог ДСТУ Б.В.1.1-36:2016 та НПАОП 40.1-1.32-01 [4].

1. Автоматизація моніторингу обладнання:

- Застосування систем, що автоматично контролюють та аналізують параметри обладнання для оперативної реакції на будь-які відхилення.

2. Резервування живлення:

- Використання автоматизованих систем для резервування живлення критичних компонентів, забезпечуючи неперервну роботу об'єкта під час надзвичайних ситуацій.

3. Системи автоматичного відключення:

- Впровадження автоматизованих механізмів відключення обладнання при виявленні будь-яких аномалій з метою запобігання подальшим аварійним ситуаціям.

4. Інтелектуальна система реагування:

- Застосування інтелектуальних систем для ефективною та точної реакції на надзвичайні ситуації.

11.3.2 Обов'язки та дії персоналу у разі виникнення НС

Реконструкція котельні передбачає не лише вдосконалення технічних аспектів, але й чітке визначення обов'язків та автоматизацію дій персоналу для надійного управління надзвичайними ситуаціями, згідно з вимогами ДСТУ Б.В.1.1-36:2016.

1. Автоматичні системи оповіщення та захисту:

						МД.23.144.216.ПЗ	Арк. 102
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата		

- Застосування автоматизованих систем оповіщення для оперативного сповіщення персоналу про аварійні ситуації.

2. Інтегровані системи індивідуального захисту та відеоспостереження:

- Використання автоматизованих систем індивідуального захисту та відеоспостереження для підвищення безпеки працівників.

3. Автоматизоване оновлення знань персоналу:

- Впровадження систем автоматичного оновлення та перевірки знань персоналу щодо процедур безпеки та реагування на надзвичайні ситуації.

11.3.3 Вимоги щодо оповіщення персоналу при НС

Для забезпечення швидкого та ефективного оповіщення персоналу, важливо впроваджувати передові технології та дотримуватися вимог ДСТУ Б.В.1.1-36:2016.

1. Автоматизовані системи масового оповіщення:

- Застосування систем масового оповіщення через голосові та візуальні сигнали для швидкого та ефективного інформування персоналу.

2. Резервування живлення для систем оповіщення:

- Автоматизоване резервування живлення для систем оповіщення, гарантуючи їхню працездатність в умовах непередбачених ситуацій.

3. Використання мережевих технологій для швидкого оповіщення:

- Застосування автоматизованих мережевих технологій для надійного та оперативного оповіщення персоналу.

11.3.4 Пожежна безпека

В ході реконструкції опалювальної водогрійної котельні, яка забезпечує тепlopостачання житлового масиву у місті Полтава, основний акцент робиться на забезпеченні пожежної безпеки, дотриманні нормативів та врахуванні класифікації приміщення та робочих зон.

Згідно з вимогами ДСТУ Б.В.1.1-36:2016, приміщення отримало категорію «Г», а робочі зони, відповідно до НПАОП 40.1-1.32-01, були визначені як «П-

						МД.23.144.216.ПЗ	Арк. 103
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		

Па» - пожежонебезпечні. Це робочі зони приміщень, в яких є тверді горючі речовини або матеріали, що нездатні переходити у зважений стан.

Пожежні ризики можуть виникнути внаслідок порушення ізоляції електропроводів та устаткування внаслідок короткого замикання, неправильної експлуатації та порушення правил пожежної безпеки. У приміщенні містяться пожежонебезпечні матеріали, зокрема, складові частини вентиляційного устаткування - електро- та теплоізоляція установки.

Основні заходи з протипожежного захисту включають:

- застосування неспалимих матеріалів для теплової ізоляції трубопроводів і повітропроводів;
- автоматизація систем вентиляції й кондиціювання повітря;
- сигналізація аварійного режиму на автоматичних щитах управління;
- впровадження системи захисного заземлення для усього обладнання;
- використання оцинкованих сталевих транзитних повітропроводів;
- автоматичне відключення вентиляційного устаткування при виявленні пожежі.

Додатково, засоби персонального вогнегасіння, зокрема, вуглекислотні вогнегасники типу ВВ-8, встановлені відповідно до вимог ДБН 1.1-7-2016.

Система евакуації включає один евакуаційний вихід та розроблену схему шляхів евакуації при пожежі, розташовану на видимому місці біля виходу.

Приміщення, де розташовані кабельні комунікації, відповідає II ступеню вогнестійкості з межею вогнестійкості 0,75 год згідно з ДБН 1.1-7-2016.

Технічні рішення з попередження пожежі та протипожежного захисту приймаються з урахуванням реальних виробничих умов та вимог діючих нормативних документів. До цих рішень включаються:

- системи автоматичної пожежної сигналізації та пожежогасіння;
- системи димовидалення для забезпечення безпеки працюючих при пожежі;
- евакуаційні заходи;
- засоби первинного пожежогасіння.

						МД.23.144.216.ПЗ	Арк. 104
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата		

Наведені заходи спрямовані на гарантування ефективного протипожежного захисту та відповідності всім вимогам ДБН В.2.5-56-2014 «Системи протипожежного захисту» та ДБН В.2.5-77:2014 "Котельні" [4].

11.4 Висновки до розділу 11

Розділ 11 в проекті реконструкції котельні є важливим елементом, спрямованим на створення безпечних та комфортних умов для працівників. В ході підготовки проекту враховані всі сучасні стандарти, законодавчі вимоги та найкращі практики з охорони праці.

Система вентиляції та мікроклімату виробничих приміщень відповідає встановленим нормам, забезпечуючи оптимальні параметри температури, вологості та швидкості руху повітря. Технічні рішення щодо вентиляції котельного залу та опалювання взимку сприяють підтримці необхідної температури.

Заходи з оптимізації складу повітря та контролю за його якістю, такі як використання газоаналізатора та системи автоматичного контролю, гарантують надійний захист персоналу від небезпечних речовин.

Впроваджені заходи з протипожежного захисту, такі як системи сигналізації, комунікації та евакуації, сприяють ефективній реакції на виникнення пожежі та безпечній евакуації персоналу. Зовнішнє пожежогасіння та системи водопостачання розроблені відповідно до норм і стандартів, забезпечуючи необхідні резерви для тушіння пожеж.

Також розроблено технічні та організаційні заходи щодо ліквідації/локалізації аварійних ситуацій, порядок дій у випадку НС та приділено особливу увагу пожежній безпеці.

						МД.23.144.216.ПЗ	Арк.
							105
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата		

ВИСНОВОК

В магістерському дипломі у відповідності до завдання, ознайомлено з поточним станом котельні до реконструкції.

Виконано розрахунок середнього навантаження на водогрійну опалювальну котельню $Q_{ср.о} = 1,86$ МВт та річні витрати теплоти, які склали $Q_{річ.о} = 2,86 \cdot 10^7$ МДж/рік. Сумарне річне навантаження споживачів склало $\Sigma Q_{річ} = 8,68 \cdot 10^7$ МДж/рік, сумарне розрахункове навантаження споживачів $\Sigma Q = 6,092$ МВт.

Проведено вибір обладнання для ефективного функціонування котельні та забезпечення споживача теплом. Для опалення були обрані три водогрійні котли «Viessmann» типу Vitomax LW M62C з потужністю 2310 кВт, оснащені автоматизованими газовими пальниками від фірми «ELCO». У виборі триходового клапана для систем опалення та гарячого водопостачання було враховано рекомендації виробника та обрано клапан «Danfoss» типу VF3 з електроприводом AMW-435 (230В), DN150.

Проведені розрахунки втрат тиску та ступеня відкриття підтвердили відповідність обраного клапана вимогам для обох систем. Обрана модель, оснащена електроприводом AMW-435 (230В). Для здійснення циркуляції теплоносія до споживачів системи опалення, передбачено встановлення двох насосів фірми «Wilo» тип IL 150/335-37/4. Для забезпечення ефективної роботи теплової мережі вибрана станція підживлення мережевого контуру SiBoost Smart 2 Helix VE 206, з параметрами $G_{max} = 4,4$ м³/год та $H = 15$ м.в.ст. За результатами теплового та конструктивного розрахунків визначено оптимальний пластинчастий теплообмінник фірми «Danfoss» типу S4A-IG16-10-TL.

Був виконаний розрахунок діапазону витрат палива – природного газу для котлів фірми «Viessmann» з автоматизованими пальниками з модульним регулюванням спалювання газу фірми «ELCO» тип ЕК EVO 6.2400 G-EF3/ВТ3 KN та визначено діапазон вимірювання об'єму газу лічильником. Для кожного із трьох котлів було обрано лічильник об'єму газу DELTA G160.

						МД.23.144.216.ПЗ	Арк.
							106
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата		

Для котлів була запроектована димові труби з діаметром Ø 500/560 та висотою 29 метрів. Висота димових труб була ретельно визначена згідно аеродинамічного розрахунку газоповітряного тракту, враховуючи висоту найближчих будівель та споруд.

Були розраховані теплові надходження, площа повної ізоляції, об'єм вентиляції, кількість теплоти на підігрів повітря. Вентиляція приміщення виконана в об'ємі з 3-х кратного повітрообміну в приміщенні 2280 м³/год.

В котельні опалення здійснюється за рахунок теплонадлишків від працюючого обладнання, повітряно-опалювальних агрегатів та радіаторів опалення: WOLF LH4-0 - 3 шт. для підтримання нормативної температури в робочій зоні котельного залу; радіатор RODA RSR - 2 шт. для підтримання нормативної температури в робочій зоні приміщення ХВО. Проектом передбачається підключення існуючої системи опалення до джерела тепlopостачання з температурним графіком - 95/70°C. Для забезпечення притоку повітря для горіння палива та асиміляції теплонадходжень від працюючого обладнання проектом передбачається загальнообмінна припливно-витяжна система вентиляції з природнім спонуканням.

Проектом передбачається подача необхідної кількості зовнішнього повітря до котельні в розмірі 11 689,6 м³/год через решітки розмірами 1000x1000(h)мм – з площею «живого» перерізу $F_{ж.п}=0,825 \text{ м}^2$ – 3 шт.

Розглянуті питання водопостачання та каналізації для котельні. Застосовані підходи спрямовані на максимальну надійність та ефективність системи. Водопостачання виконано через існуючу міську мережу, з дотриманням норм витрат та встановленням лічильників. Система каналізації орієнтована на відведення стічних вод, враховуючи технологічні та побутові вимоги.

Було вирішено ключові питання електропостачання котельні, дотримуючись вимог теплотехнічної та будівельної частин проекту та враховуючи нормативи. Були запропоновані ефективні рішення для надійного та безперебійного електроживлення. Зазначено, що електропостачання котельні

						МД.23.144.216.ПЗ	Арк.
							107
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата		

реалізується через дві кабельні лінії 380/220В. В результаті були втілені технічні рішення, спрямовані на забезпечення ефективності, надійності та безпеки електропостачання котельні, відповідаючи всім вимогам та стандартам.

Було вирішено широкий спектр завдань, пов'язаних із впровадженням автоматизації та системи керування в проект реконструкції котельні. Робота здійснювалася у відповідності з завданням від замовника та врахуванням вимог нормативних матеріалів та чинних документів на території України. Застосування каскадного контролера та контролерів котлового контуру дозволяє ефективно регулювати температурні режими та забезпечити оптимальне функціонування котельні з урахуванням реальних умов теплоспоживання.

Розглянуто доцільність технічних та проектних рішень під час реконструкції котельні. Визначено ефективність реконструкції, встановивши, що економія природного газу досягає 771601,21 м³/рік в грошовому перерахунку 6141946 грн/рік після встановлення нового обладнання. Розглянуто економічний вплив та період окупності проекту, який становить приблизно 4 роки. Також розроблено розділ охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

						МД.23.144.216.ПЗ	Арк.
							108
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Енергетична стратегія України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність» схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 18 серпня 2017 р. № 605-р. 73с.
2. Хилько М.І. Екологічна безпека України: Навчальний посібник. – К., 2017.– 267 с.
3. Алабовський О.М. Проектування котелень промислових підприємств: Курсове проектування з елементами САПР: Навч. посібник / О.М. Алабовський, М.Ф. Боженко, Ю.В.Хоренженко. - К.: Вища шк., 1992. - 207с.
4. ДБН В.2.5-77:2014. Котельні. – Чинний від 2015-01-01. Київ: Мінрегіон України, 2014. – 54 с.
5. 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.
6. Боженко М.Ф. Джерела теплопостачання та споживачі теплоти: навч. посіб. / М.Ф. Боженко, В.П. Сало. – Київ : ІВЦ «Видавництво «Політехніка», 2004. – 192 с.
7. Проектування та монтаж котлів Viessmann [Електронний ресурс] // Режим доступу – <https://www.viessmann.ua/uk/produkt/velyki-kotly/vitomax-lw.html>
8. ДБН В.2.5–39:2008. Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди. Теплові мережі. [Чинні від 2009–01–07]. Київ, 2009. 56с. (Інформація та документація).
9. Водогрійні котельні для систем децентралізованого та помірно-централізованого теплопостачання [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студентів спеціальності 144«Теплоенергетика»/ М.Ф. Боженко; КПІ ім. Ігоря Сікорського.–Електронні текстові дані (1 файл:5,021Мбайт). –Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022.–170с.
10. Технічний опис Клапан регулюючий «Danfoss» типу VF3 [Електронний ресурс] // Режим доступу –

https://profimann.com.ua/images/companies/1/PDF/vf2-3_ua_2016.pdf?1587738384357

11. Практикум з тепломасообміну. Стаціонарна теплопровідність без внутрішніх джерел теплоти [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студентів спеціальності 144 «Теплоенергетика», освітнього ступеня «бакалавр». / Укладач: І.Е. Фуртат, Н.О. Притула; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,8 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 53 с.

12. Обладнання WILO [Електронний ресурс] // Режим доступу – <http://www.wilo.ua/cps/rde/xchg/ua-ua/layout.xsl/index.htm>

13. Розрахунок теплообмінних апаратів [Електронний ресурс]: навч. посіб. Для студентів спеціальності 144 «Теплоенергетика», освітньо-професійної програми «Промислова та муніципальна теплоенергетика і енергозбереження», освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр». / Укладачі: І.О. Назарова, Н.О. Притула; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,6 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 51 с. – Назва з екрана. – Доступ: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/38231>

14. Обладнання теплообмінник пластинчастий Danfoss [Електронний ресурс] // Режим доступу – <https://www.danfoss.com/uk-ua/products/dhs/heat-exchangers/gasketed-heat-exchangers/standard-plate-heat-exchangers/#tab-overview>

15. ДБН В.2.5-20:2018. Газопостачання. Внутрішні пристрої. – Чинний від 2019.07.01. Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2019. – 114 с.

16. НПА ОП 0.00-1.76-15. Правила безпеки систем газопостачання. – Чинний від 2015.07.07. Київ: Міністерство енергетики та вугільної промисловості України, 2015. – 67 с.

17. Системи опалення, вентиляції і кондиціонування повітря будівель [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студентів спеціальності 144 «Теплоенергетика» / М.Ф.Боженко ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 380 с.

						МД.23.144.216.ПЗ	Арк. 110
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата		

18. ДБН В.2.5-64:2012 Внутрішній водопровід та каналізація. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво. Зі Зміною № 1. – Чинний від 2013.03.01. Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. – 134 с.

19. 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.

20. НПАОП 40.1-1.21-98. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. – Чинний від 1998-02-20. Київ: Державний комітет України з нагляду за охороною праці, 1998. – 114с.

21. НПАОП 0.00-1.81-18. Правила охорони праці під час експлуатації обладнання, що працює під тиском. – Чинний від 2018.05.25. Київ: Міністерство соціальної політики України, 2018. – 44 с.

22. ДБН В.2.5-28-2018. Природне і штучне освітлення. – Чинний від 2019-03-01. Київ: Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій, 2018. – 137 с.

23. 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.

24. ДБН В.2.5-20-2001 Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди. Газопостачання.

25. ДНАОП 0.00-1.08-94. Правила будови і безпечної експлуатації парових та водогрійних котлів (зі змінами та доповненнями)

26. ДСТУ Б В.2.5-82:2016. Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд. – Чинний від 01.04.2017. Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства

27. ДНАОП 0.00-1.21-98. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. - Чинний від 20.02.1998. Київ: Держнаглядохоронпраці (Державний комітет України з нагляду за охороною праці) – 94 с.

						МД.23.144.216.ПЗ	Арк.
							112
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата		

Додаток А

Перевірка дипломного проєкту на академічний плагіат

						МД.23.144.216.ПЗ	Арк.
							113
Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата		

ВІДОМІСТЬ МАГІСТЕРСЬКОЇ ДИСЕРТАЦІЇ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проект	2	
2	A4	МД.23.144.216.ПЗ	Пояснювальна записка	114	
3	A1	МД.23.144.216.001 ТМК	Схема розташування трубопроводів	1	
4	A1	МД.23.144.216.002 ТМК	Компоновка обладнання. Схема розташування трубопроводів. План на відм. 0,000	1	
5	A1	МД.23.144.216.003 ТМК	Розріз 1-1. Розріз 2-2	1	
6	A1	МД.23.144.216.004 ТМК	Розташування обладнання. Опалення та вентиляція. План на відм. +0,000	1	
7	A1	МД.23.144.216.005 ТМК	Розріз 1-1. Аксонометрична схема опалення котельні	1	
8	A1	МД.23.144.216.001 ГВП	Газоходи. План на відм. +0,000	1	
9	A1	МД.23.144.216.002 ГВП	Газоходи. Розріз А-А	1	
10	A1	МД.23.144.216.003 ГВП	Схема газопостачання принципова	1	
11	A1	МД.23.144.216.004 ГВП	Газопостачання котельні. . План на відм. +0,000	1	
12	A3	МД.23.144.216.001.С	Специфікація обладнання та матеріалів	3	

Зам. інв. №		Підпис та дата		МД.23.144.216.ПЗ					
				Зм.	Кільк.	Арк.	№док	Підпис	Дата
Інв. №	Студент	Семенченк			Відомість магістерської дисертації	Аркуш	Аркушів		
	Керівник	Притула				1	1		
	Т.конт.	Нікуленкова				КПІ ім. І.Сікорського, НН ІАТЕ, Кафедра ТАЕ			
	Н.контр.	Безродний							
	Зав.каф.	Черноусенко							