

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

Теплоенергетичний факультет

Кафедра теоретичної і промислової теплотехніки

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Геннадій ВАРЛАМОВ  
(підпис)

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2021 р.

**Дипломний проект  
на здобуття ступеня бакалавра**

зі спеціальності 144 «Теплоенергетика»

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

Виконав: студент IV курсу, групи ТП – 71

\_\_\_\_\_ Грищенко Владислав Іванович  
(прізвище, ім'я, по батькові) \_\_\_\_\_  
(підпис)

Керівник \_\_\_\_\_ доцент, к.т.н. Наталя ПРИТУЛА  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, ім'я, прізвище) \_\_\_\_\_  
(підпис)

Консультант з охорони праці доцент, к.т.н. Юрій ПОЛУКАРОВ  
(назва розділу) (посада, вчене звання, науковий ступінь, ім'я, прізвище) \_\_\_\_\_  
(підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, ім'я, прізвище) \_\_\_\_\_  
(підпис)

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

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 2021 року

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

Факультет Теплоенергетичний

Кафедра Теоретичної і промислової теплотехніки

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність 144 «Теплоенергетика»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Геннадій ВАРЛАМОВ  
(підпис)

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 р.

**ЗАВДАННЯ  
на дипломний проект студенту**

Грищенко Владислав Іванович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту «Реконструкція опалювальної водогрійної котельні для житлового масиву у м. Харків»

керівник проекту Притула Наталя Олександрівна, к.т.н., доцент,  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 р. №\_\_\_

2. Термін подання студентом проекту 16.06.2021 р.

3. Вихідні дані до проекту 1) Кількість житлових будинків – 10. 2) Характеристика одного будинку: кількість поверхів – 15; розміри будинку – 28,8x16,44x45 м; опалюваний об'єм – 21306 м<sup>3</sup>. 3) Кількість споживачів гарячої води – 225 людини. 4) Матеріал стін: пінобетон, облицьований цеглою. Матеріал перекриття: збірні залізобетонні плити. 5) Вікна: подвійний склопакет з металевою рамою. 6) Температурний графік системи тепlopостачання – 95/70 °C.

4. Зміст пояснювальної записки

1) Розрахунки теплових навантажень споживачів на опалення і гаряче водопостачання (розрахункові, середні, річні). 2) Теплова схема котельні (опис, вихідні дані до розрахунку, розрахунки для трьох характерних режимів). 3) Вибір основного та допоміжного обладнання котельні (котли, насоси, теплообмінники, димові труби). 4) Газопостачання внутрішнє. 5)

Опалення та вентиляція котельні. 6) Водопровод та каналізація 7) Охорона праці.

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

1) Теплова схема котельні – 1 арк. ф. А1. 2) Розташування обладнання. План на відмітці 0,000 – 1 арк. ф. А1. 3) Розташування трубопроводів (плани, розрізи) – 2 арк. ф.А1.

6. Консультанти розділів проекту\*

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

7. Дата видачі завдання 19.05.2021 року.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Розрахунки теплових навантажень споживачів на опалення і гаряче водопостачання (розрахункові, середні, річні)	22.05.21 р.	
2	Теплова схема котельні (опис, вихідні дані для розрахунку, розрахунки для трьох характерних режимів)	27.05.21 р.	
3	Вибір основного та допоміжного обладнання котельні (котли, насоси, теплообмінники, димові труби)	28.05.21 р.	
4	Газопостачання внутрішнє	31.05.21 р.	
5	Опалення та вентиляція котельні	2.06.21 р.	
6	Водопровод та каналізація	4.06.21 р.	
7	Охорона праці	12.06.21 р.	
8	Оформлення графічної частини	13.06.21 р.	
9	Оформлення пояснювальної записки	16.06.21 р.	

Студент

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Владислав ГРИЩЕНКО  
(ім'я, прізвище)

Керівник проекту

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Наталя ПРИТУЛА  
(ім'я, прізвище)

\_\_\_\_\_  
\*Консультантом не може бути зазначено керівника дипломного проекту.

# **Пояснювальна записка**

## **до дипломного проекту**

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

## АНОТАЦІЯ

Темою дипломного проекту першого (бакалаврського) рівню вищої освіти є: «Реконструкція опалювальної водогрійної котельні для житлового масиву у м. Харків». Пояснювальна записка на: 80 с.; 13 рис.; 20 табл.; 23 бібліографічних найменувань; 2 дод.; 4 кресленики ф. А1.

Мета проекту – Реконструкція опалювальної водогрійної котельні.

Визначені витрати теплоти на опалення та гаряче водопостачання (максимальні, середні, річні).

В котельні встановлено три газових, водогрійних котли фірми «Viessmann» Vitomax LW M62C потужністю 3140 кВт на систему опалення та одного газового, водогрійного котла фірми «Viessmann» Vitoplex 200 SX2A потужністю 465 кВт на систему гарячого водопостачання, з газовими автоматизованими пальниками з модульним регулюванням спалювання газу фірми "ELCO" на котли системи опалення та фірми «GIERSCH» на котел системи ГВП.

За допомогою гідравлічних розрахунків було підібране допоміжне обладнання, а саме: насоси мережної води, гарячого водопостачання (циркуляційний), циркуляційні котлової води, теплообмінний апарат.

Підготовлена вода на ГВП та її запас зберігається в двох утеплених баках по 10 м<sup>3</sup> кожен. Для підтримання температури води в баках передбачено два циркуляційні насоси фірми «Wilо» з параметрами  $G_{max}=2,0$  м<sup>3</sup>/год;  $H=15$  м.в.ст.

В пункті охорона праці представлені заходи по електробезпеки, пожежної безпеки та виробничому освітленню.

Ключові слова: котельня, насос, система опалення, система вентиляції, системи ГВП, теплова енергія.

## SUMMARY

The theme of the diploma project of the first (bachelor's) level of higher education is: "Reconstruction of a heating water boiler room for a residential area in Kharkiv". Explanatory note on: 80 p.; Fig. 13; 20 tablets; 23 bibliographic titles; 2 add.; 4 drawings f. A1.

The purpose of the project – Reconstruction of the heating boiler.

Heat consumption for heating and hot water supply (maximum, average, annual) is determined. The boiler house has three gas, hot water boilers of Viessmann Vitomax LW M62C with a capacity of 3140 kW for the heating system and one gas, water boiler of Viessmann Vitoplex 200 SX2A with a capacity of 465 kW for a hot water supply system with gas-controlled automatic control. gas company "ELCO" for boilers of the heating system and the company "GIERSCH" for the boiler of the hot water system.

With the help of hydraulic calculations, auxiliary equipment was selected, namely: mains water pumps, hot water supply (circulating), circulating boiler water, heat exchanger.

Prepared water for hot water and its stock is stored in two insulated tanks of 10 m<sup>3</sup> each. To maintain the water temperature in the tanks, there are two circulating pumps company "Wilo" with parameters  $G_{max} = 2.0 \text{ m}^3 / \text{h}$ ;  $H = 15 \text{ m.v.st.}$

The occupational safety section presents measures on electrical safety, fire safety and industrial lighting.

Key words: boiler room, pump, heating system, ventilation system, hot water system, thermal energy.

## АННОТАЦИЯ

Темой дипломного проекта первого (бакалаврского) уровня высшего образования является: «Реконструкция отопительной водогрейной котельной для жилого массива в г. Харьков». Пояснительная записка на: 80с .; 13 рис .; 20 табл .; 23 библиографических наименований; 2 доп .; 4 чертежи ф. А1.

Цель проекта – реконструкция отопительной водогрейной котельной.

Определены расходы теплоты на отопление и горячее водоснабжение (максимальные, средние, годовые).

В котельной установлено три газовых, водогрейных котла фирмы «Viessmann» Vitomax LW M62C мощностью 3140 кВт на систему отопления и одного газового, водогрейного котла фирмы «Viessmann» Vitoplex 200 SX2A мощностью 465 кВт на систему горячего водоснабжения, с газовыми автоматизированными горелками с модульным регулированием сжигания газа фирмы "ELCO" на котлы системы отопления и фирмы «GIERSCH» на котел ГВС.

С помощью гидравлических расчетов было подобрано вспомогательное оборудование, а именно: насосы сетевой воды, горячего водоснабжения (циркуляционный), циркуляционные котловой воды, теплообменный аппарат.

Подготовленная вода на ГВС и ее запас хранится в двух утепленных баках по 10 м<sup>3</sup> каждый. Для поддержания температуры воды в баках предусмотрено два циркуляционных насоса фирмы «Wilo» с параметрами  $G_{max} = 2,0 \text{ м}^3 / \text{ч}$ ;  $H = 15 \text{ м.в.ст.}$  В пункте охраны труда представлены меры по электробезопасности, пожарной безопасности и производственному освещению.

Ключевые слова: котельная, насос, система отопления, система вентиляции, подключение системы ГВС, тепловая энергия.

## ЗМІСТ

	Перелік умовних позначень, скорочень, термінів.....	9
	Вступ.....	11
1	Розрахунки теплових навантажень споживачів.....	12
1.1	Витрати теплоти на опалення.....	12
1.2	Витрати теплоти на гаряче водопостачання.....	18
1.3	Висновки до розділу 1.....	21
2	Тепломеханічна частина.....	22
2.1	Теплова схема котельні.....	22
2.2	Вихідні дані для розрахунку теплової схеми.....	22
2.3	Розрахунок теплової схеми котельні (для I-го режиму).....	24
2.4	Висновки до розділу 2.....	27
3	Вибір основного та допоміжного обладнання котельні.....	28
3.1	Вибір котлів .....	28
3.2	Мережний контур системи опалення .....	30
3.3	Котловий контур.....	34
3.4	Контур системи ГВП.....	36
3.5	Контур системи підживлення .....	37
3.6	Вибір теплообмінників .....	38
3.7	Аеродинамічний розрахунок димової труби .....	47
3.8	Оцінка впливу планової діяльності котельні на навколишнє середовище....	50
3.9	Висновки до розділу 3.....	54
4	Газопостачання внутрішнє.....	55
4.1	Вихідні дані.....	55
4.2	Висновки до розділу 4.....	56
5	Опалення та вентиляція.....	57
5.1	Вихідні дані.....	57
5.2	Теплові надходження.....	57
5.3	Вентиляція.....	59
5.4	Опалення.....	61

					ТП 718401 ПЗ			
Зм.	Кільк	№ докум.	Підпис	Дата				
Студент	Грищенко				Реконструкція опалювальної водогрійної котельні для житлового масиву у м. Харків.  Пояснювальна записка.	Стадія	Аркуш	Аркушів
Керівник	Притула					ДПБ	7	80
П. контр						КПІ ім. Ігоря Сікорського, ТЕФ, кафедра ТПТ		
Н.контр	Боженко							
Зав. каф.	Варламов							



5.5	Висновки до розділу 5.....	63
6	Водопровід та каналізація.....	64
6.1	Водопостачання котельні.....	64
6.2	Каналізація.....	64
6.3	Висновки до розділу 6.....	65
7	Охорона праці.....	66
7.1	Виявлення і аналіз шкідливих і небезпечних факторів. Заходи з охорони праці.....	66
7.2	Виробниче освітлення.....	67
7.3	Виробничий шум і вібрація.....	70
7.4	Електробезпека.....	71
7.5	Безпека технологічних процесів та обслуговування обладнання.....	72
7.6	Пожежна безпека.....	72
7.7	Висновки до розділу 7.....	75
	Висновки.....	76
	Список використаної літератури. ....	77
	Додатки	
	Додаток А	
	Список наукових праць і творчих досягнень .....	79
	Додаток Б	
	Перевірка дипломного проєкта на академічну доброчесність .....	80

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

### Умовні позначення

$Q$  – тепловий потік;  
 $k$  – коефіцієнт теплопередачі;  
 $F$  – площа поверхні;  
 $\Delta t$  – температурний перепад;  
 $t$  – температура;  
 $L$  – довжина;  
 $V$  – об'єм;  
 $n_o$  – тривалість опалювального періоду;  
 $G$  – витрата;  
 $Pr$  – критерій Прандтля;  
 $m$  – кратність повітрообміну;  
 $Re$  – Число Рейнольдса;  
 $Nu$  – число Нуссельта;  
 $\rho$  – густина;  
 $C$  – теплоємність;  
 $\alpha$  – безрозмірна величина;  
 $\beta$  – коефіцієнт місцевих теплових втрат;  
 $\omega$  – швидкість;  
 $z$  – кількість каналів у теплообміннику з гріючої сторони;  
 $f$  – площа поперечного перерізу каналу;  
 $d$  – внутрішній діаметр трубопроводу;  
 $\zeta$  – коефіцієнт загального гідравлічного опору одиниці відносної довжини каналу;  
 $\nu$  – кінематична в'язкість;  
 $R$  – гідравлічний опір пакетів пластин.

### Індекси

Нижні:

о,макс – на опалення максимальні;  
о,сер – на опалення середні;  
вн – внутрішня;  
п – приведений;  
р.о – розрахункова на опалення;  
сер,о – середня опалювального періоду;  
о,річн – на опалення річні;

					ТП 71 84 01 ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

п – повітря;  
 зовн – зовнішня;  
 сист – система;  
 у – умовний.  
 вит – витікання;  
 х.в.о – хімводоочистка;  
 г– гідравлічний, або еквівалентний;  
 м.п – мережевий підігрівник;  
 в.к – водогрійний котел;  
 о. – опалення;  
 пер – перепуск;  
 рец – рециркуляція;  
 м – мережа;  
 мн – мережний насос;  
 тр – трубопроводи.

Верхні:

мах – максимальний;  
 в.п – власні потреби;  
 в – відпуск;  
 ср.м– середньомісячні температури.  
 ном – номінальна;

**Скорочення**

ТОА – теплообмінний апарат;  
 ГВП – гаряче водопостачання.

					ТП 71 84 01 ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВСТУП

Енергетична сфера – одна із найважливіших і невід’ємних складових економічного комплексу України. Рівень її розвитку має значний вплив на стан економіки в державі, вирішення проблем соціальної сфери та рівень життя людини. Водночас енергетична безпека є однією з найслабших складових національної безпеки нашої держави внаслідок того, що Україна належить до країн частково забезпечених традиційними видами первинної енергії, а отже змушена вдаватися до їхнього імпорту. Значні втрати при транспортуванні, розподілі та використанні теплоти, монопольна залежність від імпорту енергоносіїв та брак активної політики енергозбереження в країні ще більше ускладнюють ситуацію на енергетичних ринках України [1,2].

Одним із способів зменшити теплові втрати та покращити екологічні показники в теплоенергетиці є заміна старого обладнання і систем на сучасні. Технічне переоснащення котелень є запорукою довготривалої їхньої роботи. При невиконанні переоснащення з’являється ризик підвищення тарифів на опалення та гаряче водопостачання, збільшення економічних втрат на закупівлю палива та погіршення екологічної ситуації, що в сучасному світі являється основною проблемою [3,4].

Технічне переоснащення котельні розроблено у зв’язку з необхідністю заміни застарілого газопальникового обладнання, автоматики управління, необхідністю експлуатації котлів з більш високим ККД, оптимізації існуючої системи теплопостачання, більш ефективного і економічного використання енергоресурсів за рахунок заміни існуючих котлів та установа сучасного високотехнологічного допоміжного обладнання.

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

Робота котельні передбачається у автоматичному режимі з постійним обслуговуючим персоналом.

Система теплопостачання:

- для систем опалення – двотрубна;
- система ГВП – двотрубна.

Паливо – природний газ по ГОСТ 5542–87 з теплотворною здатністю 33,7 МДж/м<sup>3</sup>.

Резервне паливо – не передбачається.

Котельня за призначенням – опалювальна з гарячим водопостачанням.

По надійності відпуску тепла котельня відноситься до II категорії.

Встановлена потужність котельні – 9,885 МВт.

					ТП 71 84 01 ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 1 РОЗРАХУНКИ ТЕПЛОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ СПОЖИВАЧІВ

Котельня постачає гарячу воду на опалення та гаряче водопостачання споживачів житлового комплексу.

Нижче наведені розрахунки максимальних, середніх та річних витрат теплоти на опалення і середніх за опалювальний період, середніх в літній період, річних витрат теплоти на гаряче водопостачання.

### 1.1 Витрати теплоти на опалення

Визначаються за точною методикою – за втратами теплоти зовнішніми огороженнями.

Спочатку для м. Харків за [5] визначаю кліматологічні дані:

- а) тривалість опалювального періоду  $n_o=179$  діб;
- б) розрахункова температура зовнішнього повітря для опалювання в холодний період року  $t_{p.o.} = -23\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- в) середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період  $t_{ср.о.} = -1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- г) середня температура зовнішнього повітря найбільш холодного місяця  $t_{ср.х.м} = -5,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

План одного з житлових будинків наведено на рис.1.1.

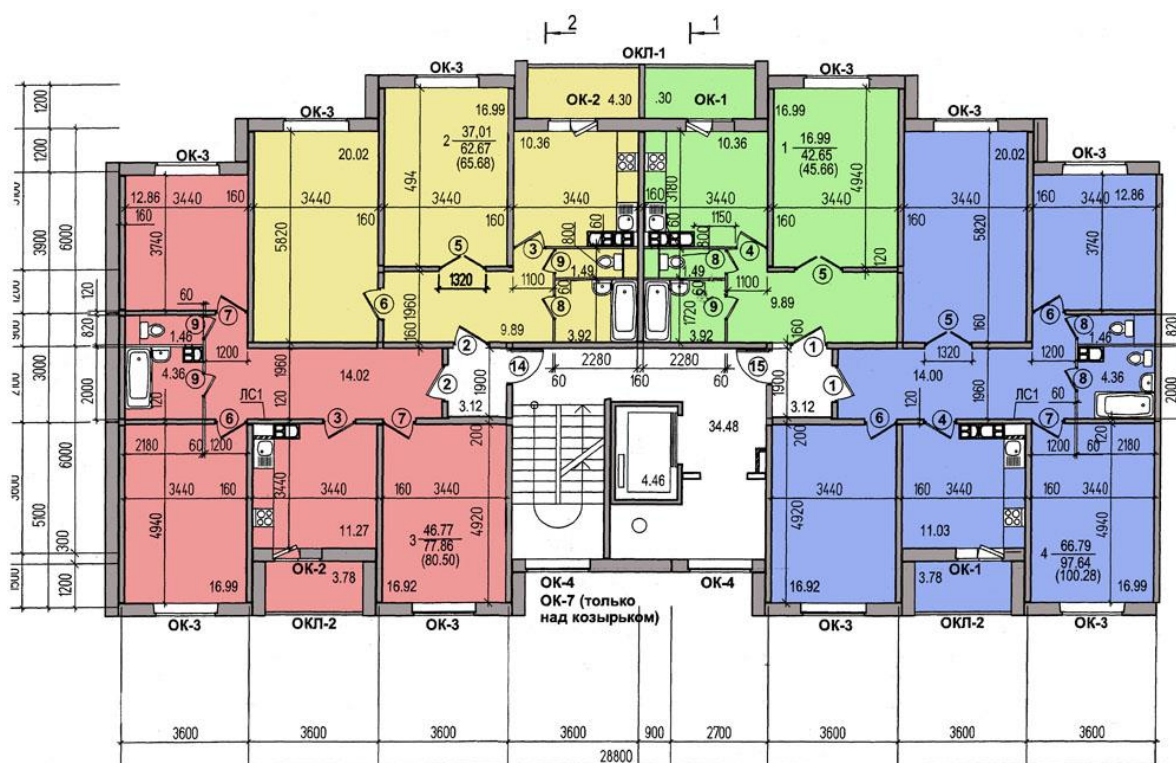


Рисунок 1.1 – План одного з житлових будинків

#### 1.1.1 Вихідні дані до розрахунку:

- кількість житлових будинків – 10;

#### Характеристика одного будинку:

- кількість поверхів – 15;
- розміри будинку – 28,8х16,44х45 м;
- опалюваний об'єм – 21306 м<sup>3</sup>;
- кількість споживачів гарячої води – 225 людини;
- кількість водорозбірних приладів – 225 шт.
- матеріал стін: пінобетон, облицьований цеглою.
- матеріал перекриття: збірні залізобетонні плити.
- вікна: подвійний склопакет з металевою рамою.

1.1.2 Для розрахунку теплових втрат використовую формулу, що рекомендована в [2], кВт

$$Q_{\text{втр}} = \sum Q_{\text{обг}} + Q_{\text{інф}}; \quad (1.1)$$

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

$Q_{\text{інф}}$  – витрати теплоти на нагрівання інфільтраційного повітря, що надходить до приміщення через нещільності в огородженнях, а також при провітрюванні приміщень, кВт.

1.1.3 Втрати теплоти через окремі огороження визначаються за формулою [2], кВт

$$Q_{\text{обг.і}} = K \cdot F_i \cdot \Delta t_i \cdot (1 + \sum \beta_i) \cdot n_i \cdot 10^{-3}; \quad (1.2)$$

де  $K_i$  – коефіцієнт теплопередачі окремого огороження, Вт/(м<sup>2</sup>·К);

$\Delta t$  – різниця температур між внутрішнім та зовнішнім повітрям °С;

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

$\beta_i$  – додаткові втрати теплоти в частках до основних.

1.1.3.1 Коефіцієнти теплопередачі огорожень визначаю згідно з архітектурними даними:

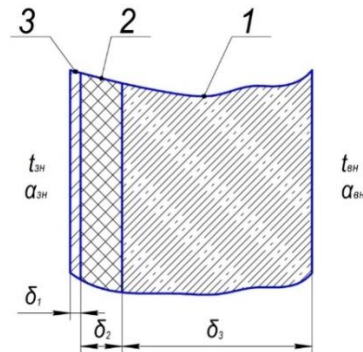
- зовнішні стіни фрагмент зовнішньої стіни зображено на рис. 1.2.

Отже, коефіцієнт теплопередачі через огорожувальні конструкції розраховую за наступною формулою, Вт/(м<sup>2</sup>·К)

					ТП 71 84 01 ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$k_{\text{обг}} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\text{зн}}}}; \quad (1.3)$$

де  $\alpha_{\text{вн}}$ ,  $\alpha_{\text{зн}}$  – коефіцієнти тепловіддачі внутрішніх і зовнішніх поверхонь огорожувальних конструкцій, Вт/(м<sup>2</sup>·К), (рекомендовано  $\alpha_{\text{вн}} = 8,9$  Вт/(м<sup>2</sup>·К),  $\alpha_{\text{зн}} = 27$  Вт/(м<sup>2</sup>·К)).



- 1 – монолітна залізобетонна стіна :  $\delta_1 = 0,48$  м,  $\lambda_1 = 1,57$  Вт/(м·К);  
 2 – утеплювач:  $\delta_2 = 0,14$  м,  $\lambda_2 = 0,039$  Вт/(м·К) [3];  
 3 – навісна фасадна система:  $\delta_3 = 0,07$  м,  $\lambda_3 = 3,9$  Вт/(м·К)

Рисунок 1.2 – Фрагмент зовнішньої стіни

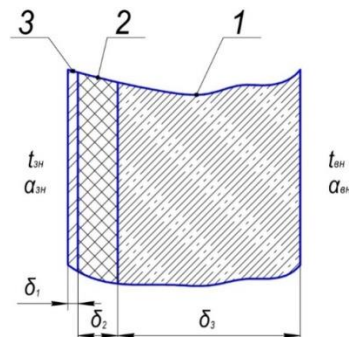
Підставивши значення відповідних величин, отримаємо

$$k_{\text{обг}} = \frac{1}{\frac{1}{8,9} + \frac{0,48}{1,57} + \frac{0,14}{0,039} + \frac{0,039}{3,9} + \frac{1}{27}} = 0,295 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}.$$

- перекриття (див.рис. 1.3)

Таким чином, коефіцієнт теплопередачі через перекриття, Вт/(м<sup>2</sup>·К)

$$k_{\text{пер}} = \frac{1}{\frac{1}{8,9} + \frac{0,052}{1,4} + \frac{0,23}{0,23} + \frac{0,56}{1,54} + \frac{1}{27}} = 0,63 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}.$$



- 1 – залізобетонна плита перекриття :  $\delta_1 = 0,56$  м,  $\lambda_1 = 1,54$  Вт/(м·К).  
 2 – єврорубероїд на бітумній мастиці :  $\delta_2 = 0,23$  м,  $\lambda_2 = 0,23$  Вт/(м·К);  
 3 – атмосферостійка керамічна плитка :  $\delta_3 = 0,052$  м,  $\lambda_3 = 1,4$  Вт/(м·К) ;

Рисунок 1.3 – Фрагмент перекриття

### 1.1.3.2 Додаткові втрати теплоти в частках до основних $\Sigma\beta$

Згідно з [5] сьогодні додаткові втрати теплоти в Україні враховуються тільки на швидкість вітру та її повторюваність.

Цей параметр буде врахований при швидкості вітру більше як 4,5 м/с і повторюваності більше як 15%.

Оскільки в м. Харків для всіх напрямків орієнтації приміщень, окрім Південно-Західного та Західного середня швидкість вітру менше за 4,5 м/с, і повторювальність менша за 15% [5], то відповідно для Західної орієнтації  $\Sigma\beta = 0,05$ , а для інших – дорівнює нулю.

### 1.1.3.3 Розрахункова різниця температур

Оскільки висота приміщень житлових будівель менша за 4 м, то розрахункову різницю температур визначаю за формулою, °С

$$\Delta t = t_{вн} - t_{п.о}; \quad (1.4)$$

$$\Delta t = 20 - (-23) = 43 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

1.1.4 Визначення теплових втрат через підлогу. Підлога поділяється на 4 зони, ширина кожної з яких по 2 м див рис. 1.4.

За умовою розміри підлоги: 28,8х16,44 м, відповідно площі зон

- $F_I = 165 \text{ м}^2$ ;
- $F_{II} = 132,92 \text{ м}^2$
- $F_{III} = 100,95 \text{ м}^2$ ;
- $F_{IV} = 74,6 \text{ м}^2$ .

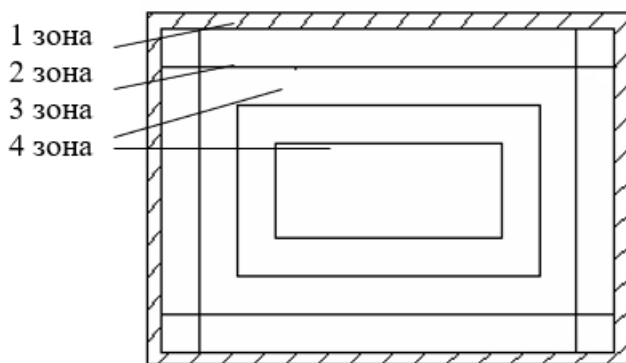


Рисунок 1.4 – Поділ площі підлоги на зони

Термічні опори теплопередачі окремих зон неутепленої підлоги, ( $\text{м}^2 \cdot \text{K}$ )/Вт, [6]

$$r_{y.n.} = r_{н.п.} + \sum \frac{\delta_{ш.у.}}{\lambda_{ш.у.}}; \quad (1.5)$$

де  $r_{y.n.}$  – термічний опір теплопередачі утепленої зони ( $\text{м}^2 \cdot \text{K}$ )/Вт;

					ТП 71 84 01 ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



$r_{н.н.}$  – термічний опір теплопередачі неутепленої зони (  $\text{м}^2 \cdot \text{К}$ )/Вт;

$\delta_{ш.у.}$  – товщина шару утеплення, м;

$\lambda_{ш.у.}$  – теплопровідність шару утеплення Вт/(м·К).

Беру, згідно з конструктивними характеристиками, товщину шару утеплення  $\delta_{ш.у.} = 0,015 \text{ м}$ ; теплопровідність шару утеплення  $\lambda_{ш.у.} = 0,25 \text{ Вт/(м·К)}$  ) [6].

Відповідно, термічні опори для різних зон складають:

– для першої зони –  $r_1 = 2,15 + \frac{0,015}{0,25} = 2,21 ( \text{м}^2 \cdot \text{К} ) / \text{Вт}$  ;

– для другої зони –  $r_2 = 4,3 + \frac{0,015}{0,25} = 4,36 ( \text{м}^2 \cdot \text{К} ) / \text{Вт}$ ;

– для третьої зони –  $r_3 = 8,6 + \frac{0,015}{0,25} = 8,66 ( \text{м}^2 \cdot \text{К} ) / \text{Вт}$ ;

– для четвертої зони –  $r_4 = 14,2 + \frac{0,015}{0,25} = 14,26 ( \text{м}^2 \cdot \text{К} ) / \text{Вт}$ .

Теплові втрати :

–для першої зони

$$Q_{nI} = \frac{1}{2,4} \cdot 165 \cdot (20 - (-23)) \cdot 10^{-3} = 2,95 \text{ кВт};$$

–для другої зони

$$Q_{nII} = \frac{1}{4,6} \cdot 132,92 \cdot (20 - (-23)) \cdot 10^{-3} = 1,24 \text{ кВт};$$

–для третьої зони

$$Q_{nIII} = \frac{1}{8,9} \cdot 100,95 \cdot (20 - (-23)) \cdot 10^{-3} = 0,48 \text{ кВт};$$

–для четвертої зони

$$Q_{nIV} = \frac{1}{14,5} \cdot 74,6 \cdot (20 - (-23)) \cdot 10^{-3} = 0,22 \text{ кВт};$$

- сумарні втрати теплоти через підлогу

$$Q_n = Q_{nI} + Q_{nII} + Q_{nIII} + Q_{nIV} = 2,95 + 1,24 + 0,48 + 0,22 = 4,89 \text{ кВт}.$$

Розрахунок втрат теплоти через огорожуючі конструкції одного будинку зведено в табл. 1.1

					ТП 71 84 01 ПЗ	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1 – Результати розрахунків втрат теплоти

Зовнішнє обгородження	Орієнтація за сторонами світу	Поверхня обгородження $F_i, \text{м}^2$	Розрахункова різниця температур $\Delta t_i, ^\circ\text{C}$	Коефіцієнт теплопередачі $K_i, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$	Додаткові втрати теплоти $\Sigma \beta$	Втрати теплоти через обгородження $Q_{\text{обг.}i}, \text{кВт}$
Зовнішня стіна	Пн	1272	43	0,295	0	16,13
Вікна	Пн	24	43	2,7	0	2,78
Зовнішня стіна	Пд	1272	43	0,295	0	16,13
Вікна	Пд	24	43	2,7	0	2,78
Зовнішня стіна	Зх	739,8	43	0,295	0,05	9,38
Вікна	Зх	0	0	0	0,05	0
Зовнішня стіна	Сх	739,8	43	0,295	0	9,38
Вікна	Сх	0	0	0	0	0
Перекриття останнього поверху	–	473,5	43	0,63	0	12,827
Підлога 1го поверху	–	473,5	43	–	–	7,23
Сумарні теплові втрати через огороження будинку						76,63

1.1.5 Сумарні втрати теплоти через огорожуючі конструкції будинку, кВт

$$\sum Q_{\text{обг}} = Q_{\text{ст}} + Q_{\text{вік}} + Q_{\text{пер}} + Q_n = 76,63 \text{ кВт.}$$

1.1.6 Витрати теплоти на нагрівання інфільтраційного повітря для одного поверху будинку  $Q_{\text{інф}}$ , кВт

$$Q_{\text{інф}} = (m_{\text{об}}/3600) c_n \rho_n F_n h (t_{\text{вн}} - t_{\text{п.о}}); \quad (1.6)$$

де  $c_n$  – питома масова теплоємність повітря, кДж/(кг·К), яку приймаємо 1,003 кДж/(кг·К);

$m_{\text{об}}$  – кратність повітрообміну, 1/год. За технічним завданням  $m_{\text{об}} = 0,25$  1/год;

$\rho_n$  – густина повітря, кг/м<sup>3</sup>, яку наближено приймаємо 1,15 кг/м<sup>3</sup>;

$F_n$  – площа підлоги житлових кімнат і кухонь на поверсі, м<sup>2</sup>, яка згідно з рис. 1.1 складає 272,9 м<sup>2</sup>;

$h$  – висота приміщення від підлоги до стелі, м. Харків згідно з проектом будівлі 2,4 м.

Тоді, витрати теплоти на нагрівання інфільтраційного повітря для одного поверху будинку складуть, кВт

					ТП 71 84 01 ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{inf} = (0,25/3600) 1,003 \cdot 1,15 \cdot 272,9 \cdot 2,4 \cdot (20 - (-23)) = 56,9 \text{ кВт};$$

а для п'ятнадцяти поверхів одного будинку –  $56,9 \cdot 15 = 853,5 \text{ кВт}$ .

1.1.7 Загальні втрати теплоти для десяти будівель, кВт

$$\begin{aligned} \sum Q_{заг} &= (\sum Q_{обг} + Q_{inf}) \cdot 10; \\ \sum Q_{заг} &= (76,63 + 853,5) \cdot 10 = 9421,3 \text{ кВт}. \end{aligned} \quad (1.7)$$

1.1.8 Середня витрата теплоти на опалення, кВт

Для будівлі будь-якого призначення середня витрата теплоти на опалення, кВт, визначається за формулою

$$\begin{aligned} Q_{ср.о} &= Q_{втр} \frac{t_{вн} - t_{ср.о}}{t_{вн} - t_{р.о}}; \\ Q_{ср.о} &= 9421,3 \cdot \frac{20 - (1,0)}{20 - (-23)} = 4109,87 \text{ кВт}. \end{aligned} \quad (1.8)$$

1.1.9 Річна витрата теплоти на опалення, МДж/рік, визначається за формулою, МДж / рік

$$\begin{aligned} Q_{річ.о} &= Q_{ср.о} \cdot n_o \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 10^{-3}; \\ Q_{річ.о} &= 4109,87 \cdot 179 \cdot 24 \cdot 3600 = 63\,561 \text{ МДж / рік}. \end{aligned} \quad (1.9)$$

## 1.2 Витрати теплоти на гаряче водопостачання

Вихідні дані до розрахунку наведені в табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Вихідні дані до розрахунку

Найменування величини	Позначення	Одиниця	Значення величини
Кількість квартир, що обслуговуються	$N_{прим}$	шт.	60
Кількість користувачів води	$U_{спож}$	людей	225
Кількість сантехнічних приладів у одній квартирі	$N_{прил}$	шт.	3
Кількість годин споживання гарячої води	$T$	год/добу	24
Середня норма витрати води за добу [2]	$g_{вит.доб}$	кг/добу	105
Норма витрати за добу найбільшого водоспоживання на одного споживача [2]	$g_{сп}$	кг/добу	120
Секундна норма витрати води на одного споживача [2]	$g$	кг/с	0,2
Норма витрати води в годину найбільшого водоспоживання на одного споживача [2]	$g_{вит.год}$	кг/год	10

					ТП 71 84 01 ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2.1 Секундна витрата води усіх під'єднаних водозабірних приладів, кг/с

$$G_c = 5 \cdot g \cdot a; \quad (1.10)$$

$\alpha = f(N, P)$  – безрозмірна величина, в залежності від загальної кількості  $N$  водорозбірних приладів, що живляться на розрахунковій ділянці, і вірогідності їх дії за годину найбільшого водоспоживання.

1.2.2 Ймовірність дії санітарно – технічних приладів  $P$

$$P = \frac{U_{\text{спож}} \cdot g_{\text{вир.год}}}{g \cdot N \cdot 3600}; \quad (1.11)$$

$$P = \frac{225 \cdot 10,00}{0,2 \cdot 180 \cdot 3600} = 0,017.$$

За графіком [2] у залежності від величини  $P$  і  $N$  визначаю  $\alpha$ , який беру  $\alpha = 0,22$ .

Тоді секундна витрата води дорівнює

$$G_c = 5 \cdot 0,2 \cdot 0,22 = 0,22 \text{ кг/с.}$$

1.2.3 Розрахункова витрата гарячої води за годину найбільшого водоспоживання [2], кг/год

$$G_{\text{год}} = 18 \cdot 10^3 \cdot g \cdot K_{\text{вир}} \cdot \alpha_{\text{год}}; \quad (1.12)$$

де  $K_{\text{вир}}$  – коефіцієнт використання водорозбірного приладу за годину найбільшого водоспоживання.

1.2.4 Ймовірність використання водозабірних приладів [2]

$$P_{\text{год}} = P / K_{\text{вир}}; \quad (1.13)$$

$$P_{\text{год}} = 0,017 / 0,28 = 0,06.$$

Тоді за графіком [2] обираю  $a = 0,84$ .

$$G_{\text{год}} = 18 \cdot 10^3 \cdot 0,2 \cdot 0,28 \cdot 0,84 = 847,24 \text{ кг/год.}$$

1.2.5 Циркуляційні витрати гарячої води у системі ГВП

$$q_{\text{цир}} = \frac{Q_{\text{втр}}^{\text{тр}}}{4,187 \cdot \Delta t}; \quad (1.14)$$

де  $Q_{\text{втр}}$  – втрати теплоти у трубопроводах ГВП, кВт;

$\Delta t$  – різниця температур у подавальному трубопроводі системи від нагрівача до нагрівального тіла до найбільш віддаленого водозабірних приладу, ( $^{\circ}\text{C}$ ). Беру  $\Delta t = 10^{\circ}\text{C}$ .

Середньогодинна витрата теплоти на ГВП без врахування втрат теплоти трубопроводами

$$Q'_{\text{ср}} = 1,16 \cdot q_{\text{ср}} \cdot (55 - 5); \quad (1.15)$$

де  $q_{\text{ср}}$  – середньо-годинна витрата води за добу максимального водоспоживання,  $\text{м}^3/\text{год}$

					ТП 71 84 01 ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Величину  $q_{cp}$  визначаю за формулою [2], м<sup>3</sup>/год

$$q_{cp} = \frac{g_{cp} \cdot U_{спож}}{1000 \cdot T}; \quad (1.16)$$

$$q_{cp} = \frac{120 \cdot 225}{1000 \cdot 24} = 4,58 \text{ м}^3/\text{год};$$

$$Q_{cp}' = 1,16 \cdot 4,58 \cdot (55 - 5) = 464,64 \text{ кВт}.$$

Втрати теплоти у трубопроводах беру для систем з ізольованими стояками у розмірі 25% від середньогодинного теплового потоку, кВт

$$Q_{втр}^{np} = 0,25 \cdot Q_{cp}';$$

$$Q_{втр}^{np} = 0,25 \cdot 264,64 = 66,41 \text{ кВт};$$

$$Q_{цир} = 66,41 / (4,187 \cdot 10) = 1,58 \text{ кг/с}.$$

1.2.6 Об'ємна витрата циркуляційної води, м<sup>3</sup>/год

$$G_{год}^{цирк} = Q_{цирк} \cdot \frac{3600}{\rho_{води}}; \quad (1.17)$$

де  $\rho_{води}$  – густина води, беру 1000 кг/м<sup>3</sup>.

$$G_{год}^{цирк} = 1,58 \cdot 3,6 = 5,68 \text{ м}^3/\text{год}.$$

1.2.7 Навантаження на циркуляцію, кВт

$$Q_{цирк}^{втрат} = 0,17 \cdot N_{прим}; \quad (1.18)$$

$$Q_{цирк}^{втрат} = 0,17 \cdot 60 = 10,2 \text{ кВт}.$$

1.2.8 Максимальна витрата теплоти на ГВП на один будинок, кВт

$$Q_{г.в.мах} = 1,163 \cdot G_{год} \cdot (t_{г.сеп} - t_{х.з.}); \quad (1.19)$$

$$Q_{г.в.мах} = 1,163 \cdot 847,24 \cdot (55 - 5) = 49,2 \text{ кВт}.$$

1.2.9 Середня витрата теплоти на ГВП на один будинок, визначається за формулою, кВт

$$Q_{г.в.мах} = Q_{г.в.сеп} \cdot (2 \dots 2,4). \quad (1.20)$$

Беру коефіцієнт в формулі (1.20) 2, тоді середня витрата теплоти, кВт

$$Q_{г.в.сеп} = Q_{г.в.мах} / 2; \quad (1.21)$$

$$Q_{г.в.сеп} = 49,2 / 2 = 23,6 \text{ кВт}.$$

1.2.10 Річна витрата теплоти на ГВП на один будинок, МДж/рік

$$Q_{г.в.річ.н} = Q_{г.в.мах} \cdot T_3 \cdot n_3; \quad (1.22)$$

де  $n_3$  – продовжуваність навантаження на ГВП продовж року, беру 350 діб.

$$Q_{г.в.річ.н} = 23,6 \cdot 24 \cdot 350 \cdot 3,6 \cdot 10^{-3} = 743,9 \text{ МДж/рік}.$$

1.2.11 Загальне максимальне сумарне навантаження житлового комплексу на опалення і ГВП, кВт

					ТП 71 84 01 ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{o+ГВП} = \Sigma Q_o + Q_{ГВП}; \quad (1.23)$$

$$Q_{o+ГВП} = 9301,3 + 23,6 \cdot 10 = 9547,3 \text{ кВт.}$$

Результати розрахунків максимальних навантажень споживачів наведені в табл. 1.3.

Таблиця 1.3 – Максимальні витрати теплоти

Навантаження	Позначення	Одиниця	Значення величини
Опалення житлових будівель	$Q_o$	МВт	9,421
Гаряче водопостачання житлових будівель (середня витрата)	$Q_{г.в.ср}^{ж}$	МВт	0,233
Сумарне навантаження споживачів	$\Sigma Q_{спож}$	МВт	9,547

### 1.3 Висновки до розділу 1

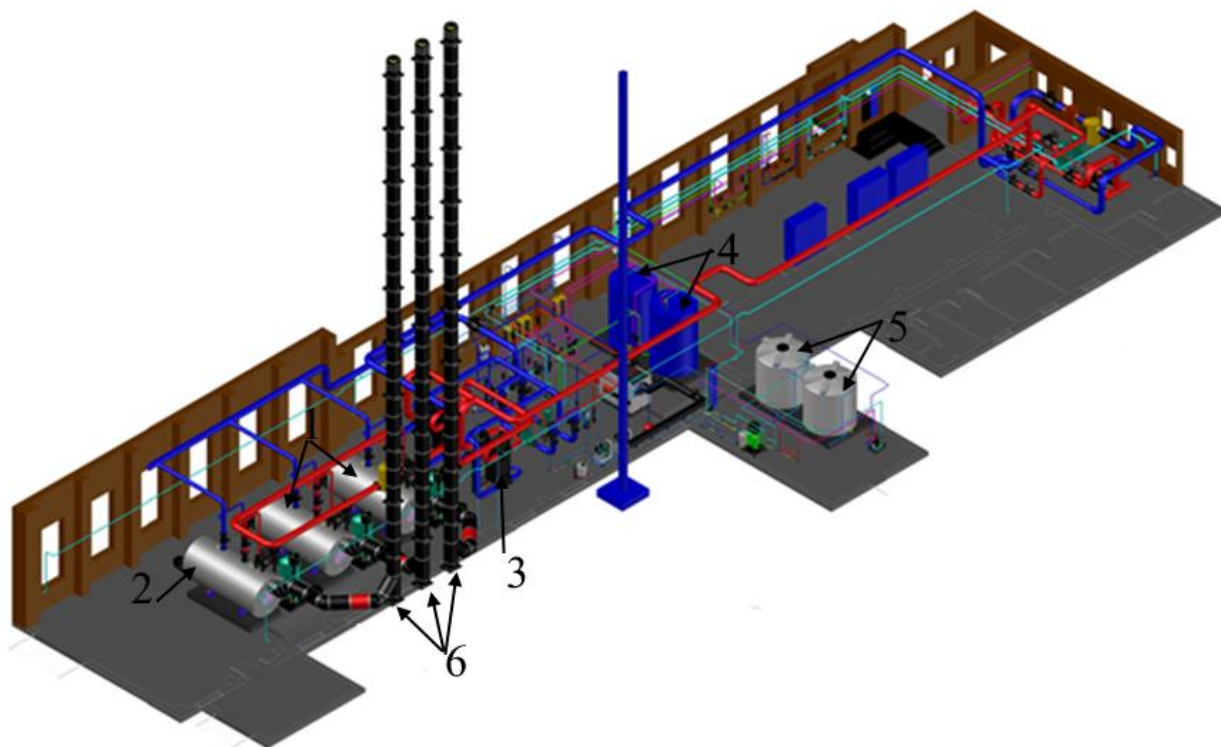
В розділі 1 згідно з завданням на бакалаврську роботу були проведенні розрахунки максимальних, середніх та річних витрат теплоти на опалення і середніх за опалювальний період, середніх в літній період, річних витрат теплоти на гаряче водопостачання. Визначено максимальні витрати теплоти, які становлять на опалення житлових будівель 9,421 МВт, на гаряче водопостачання житлових будівель (середня витрата) 0,233 МВт і відповідно сумарне навантаження споживачів 9,547 МВт.

## 2 ТЕПЛОМЕХАНІЧНА ЧАСТИНА

### 2.1 Теплова схема котельні

3D модель котельні наглядно демонструє розміщення котлів й допоміжного устаткування необхідного для забезпечення технологічних процесів виробництва теплоти у будівлі існуючої котельні. В котельні встановлено три газових, водогрійних котли фірми «Viessmann» Vitomax LW M62C потужністю 3140 кВт на систему опалення та одного газового, водогрійного котла фірми «Viessmann» Vitoplex 200 SX2A потужністю 465 кВт на систему гарячого водопостачання, з газовими автоматизованими пальниками з модульним регулюванням спалювання газу фірми "ELCO" на котли системи опалення та фірми «GIERSCH» на котел системи ГВП.

Режим роботи котельні – опалювальна та гаряче водопостачання (працює цілий рік). Влітку котельня працює на забезпечення потреб ГВП.



1 – котел водогрійний потужністю 3,140 МВт; 2 – котел водогрійний потужністю 0,465 МВт; 3 – теплообмінник нагріву мережної води; 4 – бак запасу води ГВП; 5 – бак запасу підготовленої води, 6 – димові труби

Рисунок 2.1 – 3D модель котельні, що реконструюється, в системі AutoCad

### 2.2 Вихідні дані для розрахунку теплової схеми

Даний розрахунок виконую для трьох характерних режимів роботи котельні:

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

					ТП 71 84 01 ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

;

III режим – літній.

1) Внутрішня температура повітря для типової будівлі  $t_{\text{вн}}$ , °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.

Приймаю  $t_{\text{вн}} = 20^{\circ}\text{C}$ .

2) Температура зовнішнього повітря в районні обслуговування котельні  $t_{\text{зовн}}$ , °C:

Для міста Харків, становить:

– для I-го режиму –  $t_{\text{зовн}}^{\text{I}} = t_{\text{р.о}} = -23^{\circ}\text{C}$ ;

– для II-го режиму –  $t_{\text{зовн}}^{\text{II}} = t_{\text{р.о}} = -5,9^{\circ}\text{C}$ ;

– в точці зламу температурного графіка теплової мережі розраховуємо за формулою, °C

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

$$t_{\text{зовн}}^{\text{ЗП}} = 20 - 0,3455 \cdot (20 - (-23)) = 5,14^{\circ}\text{C}.$$

3) Максимальний (розрахунковий) відпуск теплоти на опалення десяти типових будівель для першого режиму (максимального)

Беру згідно розрахунку (див. розділ 1)

$$Q_{\text{о}}^{\text{макс}} = 9,42 \text{ МВт}.$$

4) Середній та максимальний відпуск теплоти на ГВП десяти типових будівель відповідно

$$Q_{\text{ГВП}}^{\text{макс}} = 0,465 \text{ МВт (для режиму I);}$$

$$Q_{\text{ГВП}}^{\text{ср}} = 0,233 \text{ МВт (для режиму I).}$$

5) Максимальна температура подавальної мережної води (режим I), °C

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

6) Максимальна температура поворотної мережної води (режим I), °C

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

7) Температура сирі води на вході в котельню  $T_{\text{із}}$ , °C

– для режимів I– II становить  $T_{\text{із}}^{\text{I}} = T_{\text{із}}^{\text{II}} = 5^{\circ}\text{C}$ , для режиму III  $T_{\text{із}}^{\text{III}} = 15^{\circ}\text{C}$ .

8) Температура сирі води перед хімічною очисткою  $T_3$ , °C

					ТП 71 84 01 ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



– для всіх режимів, становить  $T_3 = 25^0 \text{C}$ .

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

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

10) Коефіцієнт зниження втрат води в системі теплопостачання  $k_{\text{внт}}$

– для режимів I– II, становить  $k_{\text{внт}}^{\text{I}} = k_{\text{внт}}^{\text{II}} = 1$  ;

– для режима III, становить  $k_{\text{внт}}^{\text{III}} = 0,5$ .

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  $k_{\text{х.в.}}^{\text{в.п.}} = 1,2$ .

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

– для всіх режимів беру  $t_{\text{г.в.}}^3 = 55^0 \text{C}$ .

### 2.3 Розрахунок теплової схеми котельні (для I-го режиму)

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

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

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

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

2) Сумарний відпуск теплоти котельні на опалення,  $Q_{\text{о.в.}}$ , МВт

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

$$Q_{\text{о.в.}} = (9,42 + 0) \cdot 1 = 9,42 \text{ МВт}.$$

3) Сумарний відпуск теплоти котельні на ГВП,  $Q_{\text{г.в.}}$ , МВт

$$Q_{\text{г.в.}} = \frac{Q_{\text{г.в.}}^{\text{ж}} + Q_{\text{г.в.}}^{\text{п}}}{2} ; \quad (2.4)$$

					ТП 71 84 01 ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{г.в} = \frac{0,465 + 0}{2} = 0,2325 \text{ МВт}.$$

4) Температура мережної води на виході з котельні,  $t_1$ , °C

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

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

5) Температура поворотної мережної води після системи опалення,  $t_2$ , °C

$$t_2 = t_1 - 40 \cdot k_{o.в}; \quad (2.6)$$

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

6) Розрахункова витрата мережевої води на опалення  $G_{o.в}$ , кг/с

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

де  $c_{в}$  – теплоємність води, беру 4187 Дж/(кг·К).

$$G_{o.в} = \frac{9,42 \cdot 10^6}{4187 \cdot (95 - 70)} = 89,99 \text{ кг/с}.$$

7) Витрата води на ГВП для споживачів  $G_{г.в}^{сп}$ , кг/с

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

$$G_{г.в}^{сп} = \frac{0,2325 \cdot 10^6}{4187 \cdot (55 - 5)} = 1,11 \text{ кг/с}.$$

8) Вибір схеми підключення підігрівачів системи гарячого водопостачання

Для цього, розраховую співвідношення  $Q_{г.в} / Q_{o.в}$

$$\frac{Q_{г.в}}{Q_{o.в}} = \frac{0,2325}{9,42} = 0,025.$$

За отриманим значенням підігрівачі в системі ГВП приєднуються за змішаною схемою.

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

$$G_{г.в} = \frac{Q_{г.в} \cdot 10^6}{c_{в} (t_1 - t_2)}; \quad (2.9)$$

$$G_{г.в} = \frac{0,2325 \cdot 10^6}{4187 \cdot (95 - 70)} = 2,22 \text{ кг/с}.$$

9) Розрахункова витрата мережевої води на опалення на виході з котельної  $G_{м}$ , кг/с

$$G_{м} = G_{o.в}; \quad (2.10)$$

$$G_{м} = 89,99 \text{ кг/с}.$$

					ТП 71 84 01 ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10) Витрати води для підживлення на заповнення витікань у тепловій мережі  $G_{\text{виг}}$ , кг/с

$$G_{\text{виг}} = \frac{0,75}{100 \cdot 3600} (Q_{\text{о.в}}^{\text{ж+трк}} + Q_{\text{о.в}}^{\text{п}} + Q_{\text{г.в.ср}}^{\text{ж+трк}} + Q_{\text{г.в}}^{\text{п}}) \cdot g_{\text{сист}} \cdot k_{\text{виг}}; \quad (2.11)$$

$$G_{\text{виг}} = \frac{0,75}{100 \cdot 3600} (9,42 + 0 + 0,2325 + 0) \cdot 35000 \cdot 1 = 0,7 \text{ кг/с}.$$

11) Витрата поворотної мережевої води на вході до котельної  $G_{\text{п.м}}$ , кг/с

$$G_{\text{п.м}} = G_{\text{м}} - G_{\text{виг}}; \quad (2.12)$$

$$G_{\text{п.м}} = 89,99 - 0,7 = 89,29 \text{ кг/с}.$$

12) Витрата сирієї води, що надходить на хімічну очистку  $G_{\text{с.в}}$ , кг/с

$$G_{\text{с.в}} = k_{\text{х.в}}^{\text{в.п}} \cdot G_{\text{виг}}; \quad (2.13)$$

$$G_{\text{с.в}} = 1,2 \cdot 0,7 = 0,844 \text{ кг/с}.$$

13) Сумарний відпуск теплоти водогрійними котлами  $Q_{\text{к}}^{\text{в}}$ , МВт

$$Q_{\text{к}}^{\text{в}} = Q_{\text{о.в}} + Q_{\text{г.в}}; \quad (2.14)$$

$$Q_{\text{к}}^{\text{в}} = 9,42 + 0,2325 = 9,6525 \text{ МВт}.$$

14) Необхідна кількість водогрійних котлів  $N_{\text{к.п}}^{\text{в}}$

$$N_{\text{к.п}}^{\text{в}} = \frac{Q_{\text{к}}^{\text{в}}}{Q_{\text{к}}^{\text{ном}}}; \quad (2.15)$$

де  $Q_{\text{к}}^{\text{ном}}$  – номінальна теплопродуктивність одного водогрійного котла, МВт.

$Q_{\text{к}}^{\text{в}} = 9,6525 \text{ МВт}$  – згідно технічного завдання та перерахунку втрат теплоти споживачів.

15) Беру водогрійний котел фірми Viessmann типу Vitomax 200 LW з номінальною теплопродуктивністю  $Q_{\text{к ном}} = 3140 \text{ МВт}$ , тоді кількість котлів

$$N_{\text{к.п}}^{\text{в}} = \frac{9,6525}{3,140} = 3 \text{ компл},$$

Завантаження водогрійних котлів, %

$$K_{\text{зав}}^{\text{в}} = \frac{Q_{\text{к}}^{\text{в}}}{N_{\text{к.п}}^{\text{в}} \cdot Q_{\text{к}}^{\text{ном}}} \cdot 100\%; \quad (2.16)$$

$$K_{\text{зав}}^{\text{в}} = \frac{9,6525}{3 \cdot 3,140} \cdot 100\% = 97\%.$$

16) Беру водогрійний котел фірми «Viessmann» Vitoplex 200 SX2A потужністю 465 кВт на систему гарячого водопостачання, тоді кількість котлів

$$N_{\text{к.п}}^{\text{в}} = \frac{0,2325}{0,465} = 1 \text{ компл}.$$

					ТП 71 84 01 ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Результати розрахунків теплової схеми для інших режимів наведні в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Результати розрахунків теплової схеми для режимів I–II–III

Найменування величини	Позначення	Одиниця	Значення величини для режимів		
			I	II	III
Сумарний відпуск теплоти котельні на опалення	$Q_{o.b.}$	МВт	9,42	0,465	–
Сумарний відпуск теплоти котельні на ГВП	$Q_{г.в.}$	МВт	0,2325	0,2325	0,233
Коефіцієнт зниження витрати теплоти на опалення	$k_{o.b.}$	–	1	0,49	–
Температура мережної води на виході з котельні	$t_1$	°C	95	68,8	–
Температура поворотної мережної води після опалення	$t_2$	°C	70	49,2	–
Розрахункова витрата мережевої води на опалення	$G_{o.b.}$	кг/с	89,99	89,99	–
Витрата води на ГВП для споживачів	$G_{г.в.}$	кг/с	2,22	2,22	1,4
Розрахункова витрата мережевої води на виході з котельної	$G_m$	кг/с	89,99	89,99	–
Витрати води для підживлення на заповнення витікань у тепловій мережі	$G_{вит}$	кг/с	0,7	0,6	–
Витрата поворотної мережевої води на вході до котельної	$G_{п.м.}$	кг/с	89,29	89,39	–
Витрата сирої води, що надходить на хімічну очистку	$G_{с.в.}$	кг/с	0,844	0,518	–
Сумарний потік теплоти, що відпускається водогрійними котлами	$Q_k^B$	МВт	9,6525	5,94	0,233
Сумарна теплопродуктивність*	$\sum Q_k^B = 1,1 \cdot Q_k^B$	МВт	10,61	6,52	0,256

\*Враховуючи втрати котельні через огорожуючі конструкції та втрати в теплових мережах беру додатков і витрати теплоти у розмірі 10% від загального теплового потоку.

## 2.4 Висновок до розділу 2

В цьому розділі були розраховані сумарні відпуски теплоти на опалення та ГВП для трьох різних температурних режимів. Також визначили що для цієї котельні потрібно 3 котли фірми Viessmann типу Vitomax 200 LW з номінальною теплопродуктивністю  $Q_{к ном} = 3140$  МВт та 1 котел водогрійний газовий котел фірми "Viessmann" тип Vitoplex 200 SX2A потужністю 465 кВт на систему гарячого водопостачання.

					ТП 71 84 01 ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 3 ВИБІР ОСНОВНОГО ТА ДОПОМІЖНОГО ОБЛАДНАННЯ КОТЕЛЬНОЇ

### 3.1 Вибір котлів

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

три водогрійні газові котли фірми "Viessmann" тип Vitomax LW M62C потужністю 3140 кВт на систему опалення, з автоматикою безпеки, автоматикою регулювання котлових параметрів та коефіцієнтом корисної дії не менше 93%, які представленні на рис.

3.1. Характеристика котлів Vitomax LW, тип M62C наведена в табл. 3.1.

автоматизовані газові пальники з модульним регулюванням спалювання газу фірми "ELCO" тип EKEVO 7.4500 G-EF3/BT3 KN;

один водогрійний газовий котел фірми "Viessmann" тип Vitoplex 200 SX2A потужністю 465 кВт на систему гарячого водопостачання, з автоматикою безпеки, автоматикою регулювання котлових параметрів та коефіцієнтом корисної дії не менше 93%%, який представлений на рис. 3.2. Характеристика котла Vitomax LW, тип M62C наведена в табл. 3.2;

автоматизований газовий пальник з модульним регулюванням спалювання газу фірми «GIER SCH» тип MG20/1-ZM-L-N-LN.

Таблиця 3.1 – Характеристика котлів Vitomax LW, тип M62C

Найменування величини	Одиниця	Величина
Номінальна теплова потужність	МВт	3,140
Коефіцієнт корисної дії, не менше	%	93
Допустимий робочий тиск	бар	6
Максимальна температура теплоносія, не більш	°C	110
Мінімальна температура води на вході в котел	°C	55
Габаритні розміри ДхШхВ	мм	4700x2150x2500
Діаметр подавальної та зворотної магістралі котла	мм	200
Діаметр газоходу	мм	500
Водяний об'єм котла	м <sup>3</sup>	7,17
Маса котла (без води)	кг	5860



Рисунок 3.1 - Загальний вигляд водогрійного котла "Viessmann" типу Vitomax LW M62C потужністю 3140 кВт на систему опалення

Таблиця 3.2 – Характеристика котлів Vitoplex 200, тип SX2A

Найменування величини	Одиниця	Величина
Номінальна теплова потужність	МВт	0,465
Коефіцієнт корисної дії, не менше	%	93
Допустимий робочий тиск	бар	6
Максимальна температура теплоносія, не більш	°C	110
Мінімальна температура води на вході в котел	°C	55
Габаритні розміри ДхШхВ	мм	2200x1460x1670
Діаметр подавальної та зворотної магістралі котла	мм	100
Діаметр газоходу	мм	300
Водяний об'єм котла	м <sup>3</sup>	0,935
Маса котла (без води)	кг	1725



Рисунок 3.2 – Загальний вигляд водогрійного котла фірми "Viessmann" типу Vitoplex 200 SX2A потужністю 465 кВт на систему гарячого водопостачання

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».

Принцип роботи теплової схеми котельні. 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.

### 3.2 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 температурою виконується за рахунок регулювання параметрів котлового контуру.

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 тепла.

					ТП 71 84 01 ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

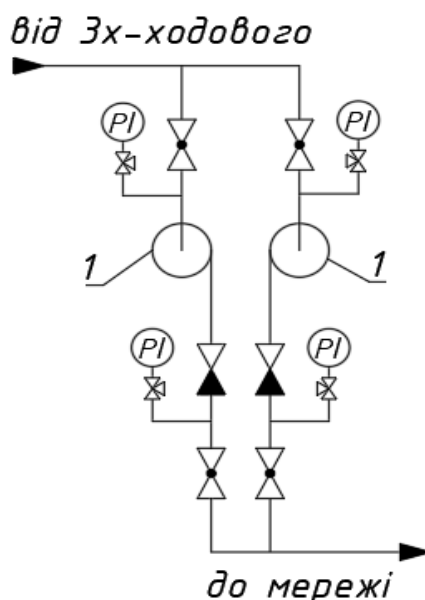
В котельні встановлені наступні групи насосів:

- мережні;
- циркуляційні насоси котлів;
- насоси підживлення котлового та мережного контуру.

Вибір насосів здійснюється за подачею та тиском. Подача насосів визначається за розрахунком теплової схеми котельні, а тиск – за втратами опору в відповідних мережах.

Мережні насоси призначені для забезпечення споживача теплоносієм необхідних параметрів.

Схема мережних насосів наведена на рисунку 3.3.



1 – мережні насоси.

Рисунок 3.3 – Схема об'язки мережних насосів

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

Визначаю подачу насосів за витратою мережної води [2], м<sup>3</sup>/год

$$V_{\text{м.н}} = \frac{G_{\text{м.н}} \cdot 3600}{\rho_{\text{в}}}; \quad (3.1)$$

де  $G_{\text{м}}$  – масова витрата мережної води, кг/с (беру найбільше значення цього параметра з розрахунку теплової схеми, що дорівнює 89,99 кг/с);

$\rho$  – густина води, кг/м<sup>3</sup> ( беру 1000 кг/м<sup>3</sup> ) [6].

					ТП 71 84 01 ПЗ	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



$$V_{\text{м.н}} = \frac{89,99 \cdot 3600}{1000} = 323 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Тиск насосів мережної води, МПа

$$H_{\text{м}} = 1,1 \cdot \Delta P_{\text{мер}} + \Delta P_{\text{тоа}} + \Delta P_{\text{тр}} + \Delta P_{\text{3х}}; \quad (3.2)$$

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

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

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

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

Гідравлічний опір мережі, МПа

$$\Delta P_i = Rl(1+\alpha) \cdot 10^{-6}; \quad (3.3)$$

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

$l$  – довжина теплової мережі у двотрубному виконанні,  $l = 1500$  м;

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

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

$$d_{\text{мер}} = 1,13 \sqrt{\frac{G_{\text{м.н}}}{\rho_{\text{в}} \cdot \omega_{\text{в}}}}; \quad (3.4)$$

$$d_{\text{мер}} = 1,13 \sqrt{\frac{89,99}{1000 \cdot 1,5}} = 0,25 \text{ м.}$$

За довідковим даним беру внутрішній діаметр трубопроводу  $d_{\text{мер}} = 250$  мм і за [2] визначаю коефіцієнт місцевого опору  $\alpha = f(d_{\text{см}}) = 0,39$ .

Уточнюю швидкість руху води, м/с

$$\omega_{\text{в}} = \frac{4 \cdot G_{\text{м.н}}}{\rho_{\text{в}} \cdot \pi \cdot d_{\text{мер}}^2}; \quad (3.5)$$

$$\omega_{\text{в}} = \frac{4 \cdot 89,99}{1000 \cdot 3,14 \cdot 0,250^2} = 1,83 \text{ м/с.}$$

Питомі втрати тиску на тертя, Па/м

$$R = \lambda \cdot \frac{\rho_{\text{в}} \omega_{\text{в}}^2}{2} \cdot \frac{1}{d_{\text{мер}}}, \quad (3.6)$$

де  $\lambda$  – коефіцієнт опору тертя.

$$\lambda = 0,11 \cdot \left( \frac{k_{\text{е}}}{d'} + \frac{68}{\text{Re}} \right)^{0,25}, \quad (3.7)$$

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

$d'$  – внутрішній діаметр трубопроводу, см;

					ТП 71 84 01 ПЗ	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$Re$  – число Рейнольдса .

Визначаю число Рейнольдса

$$Re = \frac{d_{\text{вн}} \cdot \omega_{\text{в}}}{\nu}, \quad (3.8)$$

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

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

$$Re = \frac{0,25 \cdot 1,83}{0,39 \cdot 10^{-6}} = 1173077.$$

Визначаю коефіцієнт опору тертя  $\lambda$

$$\lambda = 0,11 \cdot \left( \frac{1}{40} + \frac{68}{1173077} \right)^{0,25} = 0,043.$$

Питомі витрати тиску на тертя,  $\text{Па}/\text{м}$

$$R = 0,043 \cdot \frac{1000 \cdot 1,83^2}{2} \cdot \frac{1}{0,4} = 180 \text{ Па}/\text{м}.$$

Опір мережі,  $\text{кПа}$

$$\Delta P_{\text{м}} = 180 \cdot 1500 \cdot (1 + 0,39) \cdot 10^{-3} = 375,3 \text{ кПа}.$$

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

$$\Delta P_{\text{тр}} = 0,05 \cdot \Delta P_{\text{м}}; \quad (3.9)$$

$$\Delta P_{\text{тр}} = 0,05 \cdot 375,3 = 18,8 \text{ кПа}.$$

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

$$H_{\text{мер}} = 1,1 \cdot 375,3 + 18,8 \cdot 10^{-3} + 0,002 + 0,04 = 0,413 \text{ МПа}.$$

Для здійснення циркуляції теплоносія до споживачів системи опалення, передбачено встановлення двох насосів фірми «Wilо» тип IL 150/390–75/4 (1–робочий, 1–резервний) на опалювальний період з параметрами  $G_{\text{max}}=330 \text{ м}^3/\text{год}$ ;  $H=0,413 \text{ МПа}$ . Насоси з частотним керуванням.



Рисунок 3.4 – Загальний вигляд насосу фірми «Wilо» тип IL 150/390–75/4

					ТП 71 84 01 ПЗ	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для обліку відпущеного тепла з котельні запроєктовано тепловий лічильник, виробництва фірми «СЕМПАЛ», ультразвуковий "СВТУ–10М (М2) РР", з живленням від мережі змінного струму 220 В, витратомірні ділянки DN 200 на подавальному та зворотному трубопроводах.

Таблиця 3.3 – Підсумкова таблиця вибору витратомірів з теплолічильниками

Витрата води	Параметри системи абонента, м <sup>3</sup> /год		Модель тепло-лічильника (витратоміра)	Межі виміру об'ємної витрати води, м <sup>3</sup> /год		
	Max	Min		Max	Ном.	Min
Розрахункові витрати теплоносія на систему опалення	330	91,8	СЕМПАЛ (СВТУ–10М (М2), DN200)	630,0	190,0	6,3

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

- абонентський грязьовик DN300;
- сепаратор шламу SpiroTrapDirt DN300.

### 3.3 Котловий контур

В котловому контурі (котли – теплообмінники нагріву мережної води) циркуляція в зимовий період виконується двома насосами ІЛ 150/305–30/4 фірми «Wilo». Насоси обладнані шафами частотного регулювання, один насос в роботі, другий в резерві. Для гідравлічного поділу мережі і котлового контуру передбачено два теплообмінники потужністю 6,6 кВт тип S100–IS16–190–TMTL62 фірми «Danfoss».



Рисунок 3.4 – Загальний вигляд насос для циркуляції в зимовий період

					ТП 71 84 01 ПЗ	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Параметри насосів  $G_{\max}=340 \text{ м}^3/\text{год}$ ;  $H=0,18 \text{ м.в.ст.}$  з частотним керуванням розраховані на циркуляцію при повній потужності котлів при температурному графіку 95–75 °С.

Вибір триходового клапана для системи опалення:

Задаємось втратою тиску на клапані враховуючи рекомендації виробника:

$$\Delta P = 0,5 \text{ кгс/см}^2.$$

Розрахунковий коефіцієнт пропускної здатності клапана,  $\text{м}^3/\text{год}$

$$K_v = V_{o \max} / (\Delta P^{1/2}); \quad (3.10)$$

$$K_v = \frac{340}{\sqrt{0,5}} = 465 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Згідно цього вибираємо клапан: фірми «Danfoss» типу VF3 з електроприводом AME855 (230В), DN200,  $K_{vs} = 630 \text{ м}^3/\text{год}$ .

Втрата тиску на відкритому повністю клапані становить,  $\text{кгс/см}^2$

$$\Delta P = (V_{o \max} / K_{vs})^2; \quad (3.11)$$

$$\Delta P = (340/630)^2 = 0,29 \text{ кгс/см}^2.$$

Ступінь відкриття клапану

$$X = \frac{K_v}{K_{vs}} \cdot 100\%, \quad (3.12)$$

де  $K_v$  – розрахункове значення пропускної спроможності,  $\text{м}^3/\text{год}$ ;

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

$$X = \frac{465}{630} \cdot 100\% = 73,8\% \quad (X_{\min} \geq 30\%)$$

Швидкість на клапані,  $\text{м/с}$

$$v = \frac{4 \cdot V_{\text{кл}} \cdot 1000}{\pi \cdot d^2 \cdot 3,6} = \frac{4 \cdot 340 \cdot 1000}{3,14 \cdot 200^2 \cdot 3,6} = 2,9 \text{ м/с} \leq 3,5 \text{ м/с}.$$

Для підтримання температури в зворотному трубопроводі перед кожним котлом не нижче 55°C та циркуляції теплоносія при розігріві котла, проектом передбачається встановлення рециркуляційних насосів фірми «Wilо»:

– тип Stratos GIGA 80/1–16/2,3 з параметрами  $G_{\max}=54 \text{ м}^3/\text{год}$ ;  $H=5,5 \text{ м.в.ст.}$  для котлів системи опалення потужністю 3140 кВт.

Насоси з вбудованим електронним управлінням.

Підбір насосів рециркуляції котлів системи опалення 3140 кВт:

Витрата через котел становить  $G = 108 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

Витрата насоса рециркуляції 50%:  $G_{\text{рец}} = 54 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

					ТП 71 84 01 ПЗ	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Гідравлічні втрати:опір котла – 1 м в.ст.;опір трубопроводів – до 1 м в.ст.;опір арматури – до 0,5 м в.ст.;місцеві втрати – до 0,5 м в.ст.;опір фільтра – до 1 м.в.ст.;запас – до 1,0 м.в.ст..

Всього –  $\Delta P=5,0$  м.вод.ст.

На виході з котлового контуру проектом передбачається встановлення загального повітряного сепаратору бульбашок Spirovent Air DN300.

В неопалювальний період підготовка води для цілей ГВП виконується за рахунок котла Vitoplex 200, тип SX2A потужністю 465 кВт. Циркуляція в літній період забезпечується двома насосами HELIX VE1602–1/16/E/S фірми «Wilo». Параметри насосів  $G_{\max}=17$  м³/год;  $H=16$  м.в.ст. з частотним керуванням розраховані на циркуляцію при повній потужності котлів при температурному графіку 95/70 °С.

Для підтримання температури не нижче 55°C в зворотному трубопроводі перед котлом системи ГВП потужністю 465 кВт та циркуляції теплоносія при розігріві котла, проектом передбачено рециркуляційний насос фірми «Wilo» Stratos GIGA 50/1–14/0,8 з параметрами  $G_{\max}=8$  м³/год;  $H=5,0$  м.в.ст.

Підбір насоса рециркуляції котла системи ГВП 465 кВт: витрата через котел становить  $G = 17$  м³/ч. Витрата насоса рециркуляції 50%:  $G_{\text{рец}} = 8,5$  м³/год.

Гідравлічні втрати:опір котла – 1 м в.ст.;опір трубопроводів – до 0,5 м в.ст.;опір арматури – до 0,5 м в.ст.;місцеві втрати – до 0,5 м в.ст.;опір фільтра – до 1 м.в.ст.;запас – до 1,5 м.в.ст.

Всього –  $\Delta P=5,0$  м.вод.ст.

На кожному з котлів встановлено по два запобіжних клапани (постачаються в комплекті з котлами), що спрацювують при тиску води в котлах  $P=6$  бар.

### 3.4 Контур системи ГВП

Для покриття навантаження на гаряче водопостачання (ГВП) передбачається встановлення пластинчастих підігрівачів фірми «Danfoss» тип S7A–ST16–31–TKTL98 продуктивністю 0,457 МВт.

Підготовлена вода на ГВП та її запас зберігається в двох утеплених баках по 10 м³ кожен. Для підтримання температури води в баках передбачено два циркуляційні насоси IPL 32/105–0,75/2 фірми «Wilo» з параметрами  $G_{\max}=2,0$  м³/год;  $H=15$  м.в.ст.

Підтримання рівня води в баках виконується за рахунок прямого заповнення через теплообмінний апарат сирою водою. Регулювання виконується за рахунок крану шарового DN50 з електроприводом та швидкодіючими електромагнітними клапанами DN32 перед кожним баком.

					ТП 71 84 01 ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

З баків гаряча вода за допомогою двох насосів фірми «Wilo» тип Helix VE 410–1/16/E/S (1–робочий, 1–резервний), з параметрами  $G_{\max}=5,2$  м³/год;  $H=50$  м.в.ст., прямує до споживачів по трубопроводу гарячого водопостачання ТЗ. Насоси з частотним керуванням.

Температурний графік мережі ГВП 60/5 °С. Витрата становить  $G=4,8$  м³/год.

Необхідний тиск на виході з котельні – до 50 м в.ст.

На подавальному трубопроводі системи гарячого водопостачання ТЗ та рециркуляції Т4 передбачається встановлення комерційного вузла обліку гарячої води фірми «СЕМПАЛ» з двома ультразвуковими ділянками "CBTU–10M" DN 32.

Таблиця 3.4 – Вибір витратомірів з теплолічильниками

Витрата води	Параметри системи абонента, м³/год		Модель тепло лічильника (витратоміра)	Межі виміру об'ємної витрати води, м³/год		
	Max	Min		Max	Ном.	Min
Розрахункові витрати теплоносія на систему опалення	5,2	1,04	СЕМПАЛ (CBTU–10M (M2), DN32)	35	25,0	0,25

### 3.5 Контур системи підживлення

Вода з господарчо–побутового водопроводу надходить на систему водопідготовки. Для обліку води, що надходить до котельні від господарсько–побутового водопроводу проектом передбачено лічильник холодної води з імпульсним виходом.

Після вузлу обліку передбачено аварійний насос підживлення системи Helix VE 602–1/16/E/S фірми "Wilo" з параметрами  $G_{\max}=7,6$  м³/год;  $H=25$  м.в.ст.

Після системи очищення вода на підживлення подається або в систему (при заповненні системи), або до 3–х баків запасу підготовленої води об'ємом 10 м³ кожний.

Підживлення теплової мережі здійснюється хімічищеною водою, що готується в станції пом'якшення води Delta–p 1 " продуктивністю 3,5 м³/год.

Для підживлення теплової мережі проектом передбачено станцію SiBoost 2 Helix VE 206 з параметрами  $G_{\max}=3,5$  м³/год;  $H=30$  м.в.ст. Насоси з частотним керуванням.

Розрахункову погодинну витрату води для підживлення систем теплопостачання слід приймати для закритих систем 0,75% фактичної місткості води в трубопроводах теплових мереж [7–8].

Об'єм теплових мереж становить  $368,2 \text{ м}^3$ .

Витрата на підживлення становить  $368,2 \text{ м}^3 \times 0,75\% = 2,76 \text{ м}^3/\text{год}$ .

Для аварійного підживлення систем теплопостачання слід приймати для закритих систем 2% фактичної місткості води в трубопроводах теплових мереж з врахування роботи двох насосів в роботі.

Витрата на аварійне підживлення становить  $368,2 \text{ м}^3 \times 2\% = 7,36 \text{ м}^3/\text{год}$ .

Проектом передбачається установка деаерації підживлювальної води фірми «Spirovent» тип Spirotech S600–R. Для цього встановлюється три автоматичні вакуумні деаераційні установки. Призначення установки – видалення розчиненого кисню з системи мережної та підживлювальної води.

Лінія підживлення обладнується станцією дозування реагентів для корегування рН з насосом дозатором, пропорційне дозування здійснюється за сигналами від імпульсного витратоміру.

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.

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.

### 3.6 Вибір теплообмінників

Теплообмінники, що застосовуються в котельнях, є кожухотрубчатими та пластинчастими апаратами поверхневого типу й використовуються для підігрівання мережної, сирової та хімічно очищеної води, а також для охолодження води та конденсату.

В наявній котельні встановлені пластинчасті теплообмінники для нагрівання сирової води (водоводяний).

					ТП 71 84 01 ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3.5.1 Водоводяний підігрівач сирії води

Вихідні дані до розрахунку:

1) Витрата сирії води, що нагрівається  $G_2 = 63,39 \text{ кг/с}$  ( $V_2 = 228,2 \text{ м}^3/\text{год}$ );

2) Початкова температура сирії води  $t'_2 = 70 \text{ }^\circ\text{C}$ ;

3) Кінцева температура сирії води  $t''_2 = 95 \text{ }^\circ\text{C}$ ;

4) Початкова температура мережевої води, що нагріває  $t'_1 = 100 \text{ }^\circ\text{C}$ ;

5) Кінцева температура мережевої води  $t''_1 = 75 \text{ }^\circ\text{C}$ ;

6) Робочий тиск в апараті  $P = 10^6 \text{ Па}$ ;

7) Теплофізичні властивості мережевої води при середній температурі  
 $\bar{t}_1 = 0,5 \cdot (100 + 75) = 87,5 \text{ }^\circ\text{C}$  [6]

- густина  $\rho_1 = 960,1 \text{ кг/м}^3$  ;
- питома масова теплоємність  $c_1 = 4217 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{K)}$  ;
- теплопровідність  $\lambda_1 = 0,68 \text{ Вт/(м} \cdot \text{K)}$  ;
- кінематична в'язкість  $\nu_1 = 0,303 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$  .

8) Теплофізичні властивості сирії води при середній температурі  
 $\bar{t}_2 = 0,5 \cdot (70 + 95) = 82,5 \text{ }^\circ\text{C}$  [6]

- густина  $\rho_2 = 970,3 \text{ кг/м}^3$  ;
- питома масова теплоємність  $c_2 = 4197 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{K)}$  ;
- теплопровідність  $\lambda_2 = 0,675 \text{ Вт/(м} \cdot \text{K)}$  ;
- кінематична в'язкість  $\nu_2 = 0,355 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$  .

9) Теплообмінник komponується з пластин типу 0,6 з кутом перетину вершин гофр  $120^\circ$ . Геометричні розміри пластин та каналів які вони створюють:

- площа поверхні теплообміну однієї пластини  $F_1 = 0,9 \text{ м}^2$ ;
- 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  $L_{\text{п}} = 1,01 \text{ м}$ ;
- діаметр умовного проходу кутового отвору  $D_y = 200 \text{ мм}$ .

#### 3.5.1.1 Тепловий розрахунок

1) Теплота яка передається [9], кВт

$$Q = G_2 \cdot c_2 (t''_2 - t'_2); \quad (3.13)$$

					ТП 71 84 01 ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



$$Q = 63,39 \cdot 4,197 \cdot (95 - 70) = 6651,2 \text{ кВт.}$$

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

$$G_1 = \frac{Q}{c_1(t'_1 - t''_1)}; \quad (3.14)$$

$$G_1 = \frac{6651,2 \cdot 10^3}{4217 \cdot (100 - 75)} = 110,07 \text{ кг/с;}$$

$$V_1 = \frac{3600 \cdot G_1}{\rho_1}; \quad (3.15)$$

$$V_1 = \frac{3600 \cdot 110,07}{960,1} = 412,71 \text{ м}^3/\text{год.}$$

3) Середній температурний напір [9], °C

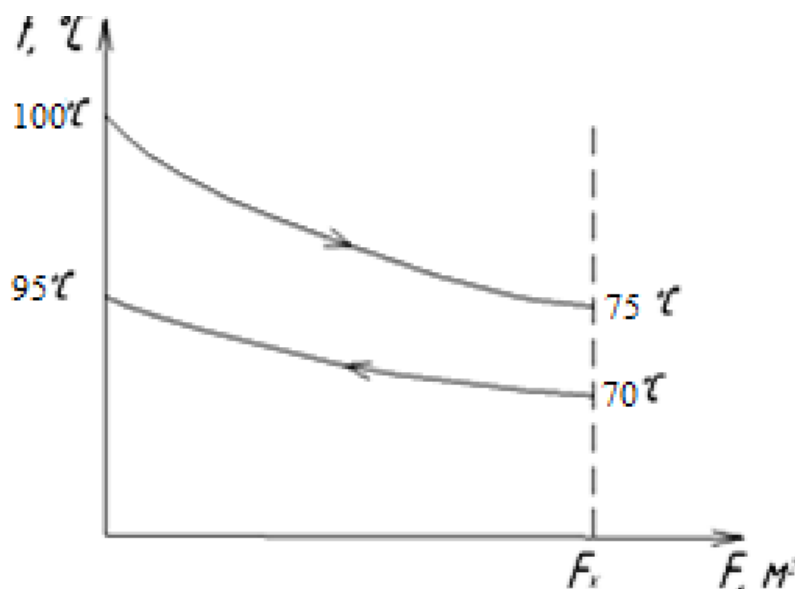


Рисунок 3.5 – Середній температурний напір водоводяного підігрівача сирої води

$$\Delta t_6 = 100 - 75 = 25^\circ\text{C};$$

$$\Delta t_m = 100 - 95 = 5^\circ\text{C};$$

$$\Delta \bar{t} = \frac{\Delta t_6 - \Delta t_m}{\ln \frac{\Delta t_6}{\Delta t_m}}; \quad (3.16)$$

$$\Delta \bar{t} = \frac{25 - 5}{\ln \frac{25}{5}} = 12,5^\circ\text{C.}$$

4) Швидкість мережевої води в каналах теплообмінника [5], м/с

$$W_1 = \frac{G_1}{z_1 \cdot f_1 \cdot \rho_1}; \quad (3.17)$$

					ТП 71 84 01 ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де  $z_1$  – кількість каналів у теплообміннику з гріючої сторони. Приймаю  $z_1=4$  шт;  
 $f_1$  – площа поперечного перерізу каналу, м<sup>2</sup>.

$$W_1 = \frac{110,07}{4 \cdot 0,00245 \cdot 960,1} = 11,69 \text{ м/с}.$$

5) Число Рейнольдса

$$Re_1 = \frac{W_1 \cdot d_e}{n_1}; \quad (3.18)$$

$$Re_1 = \frac{11,69 \cdot 0,0083}{0,303 \cdot 10^{-6}} = 32045.$$

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

$$Pr_1 = \frac{c_1 \cdot \nu_1 \cdot \rho_1}{\lambda_1}; \quad (3.19)$$

$$Pr_1 = \frac{320451 \cdot 0,303 \cdot 10^{-6} \cdot 960,1}{0,68} = 13,7.$$

при  $\bar{t}_{\text{сг1}} = 0,5(\bar{t}_1 + \bar{t}_2) = 90^\circ\text{C}$ ,  $Pr_{\text{сг1}} = 1,95$ .

7) Число Нуссельта [2]

$$Nu_1 = 0,135 \cdot Re_1^{0,73} \cdot Pr_1^{0,43} \cdot \left( \frac{Pr_1}{Pr_{\text{сг1}}} \right)^{0,25}; \quad (3.20)$$

$$Nu_1 = 0,135 \cdot 32045^{0,73} \cdot 13,7^{0,43} \cdot \left( \frac{13,7}{1,95} \right)^{0,25} = 522,1.$$

8) Коефіцієнт тепловіддачі від мережевої води до стінки [2]

$$\alpha_1 = \frac{Nu_1 \cdot l_1}{d_e}; \quad (3.21)$$

$$\alpha_1 = \frac{522,1 \cdot 0,68}{0,083} = 4276 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)};$$

9) Швидкість руху сирої води в каналах теплообмінника за формулою (3.17),  
 приймаючи  $z_2 = z_1 = 4$  шт.

$$W_2 = \frac{63,39}{4 \cdot 0,00245 \cdot 970,3} = 6,66 \text{ м/с};$$

10) Число Рейнольдса [2]

$$Re_2 = \frac{W_2 \cdot d_e}{\nu_2}; \quad (3.22)$$

$$Re_2 = \frac{6,66 \cdot 0,0083}{0,355 \cdot 10^{-6}} = 15590.$$

					ТП 71 84 01 ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$\text{Pr}_2 = \frac{c_2 \cdot V_2 \cdot \rho_2}{\lambda_2}; \quad (3.23)$$

$$\text{Pr}_2 = \frac{4197 \cdot 0,355 \cdot 10^{-6} \cdot 970,3}{0,675} = 2,14.$$

при  $\bar{t}_{\text{сг2}} = 0,5(\bar{t}_1 + \bar{t}_2) = 90^\circ\text{C}$ ,  $\text{Pr}_{\text{сг2}} = 1,95$ .

12) Число Нуссельта [2]

$$\text{Nu}_2 = 0,135 \cdot \text{Re}_2^{0,73} \cdot \text{Pr}_2^{0,43} \cdot \left( \frac{\text{Pr}_2}{\text{Pr}_{\text{сг2}}} \right)^{0,25}; \quad (3.24)$$

$$\text{Nu}_2 = 0,135 \cdot 15590^{0,73} \cdot 2,14^{0,43} \cdot \left( \frac{2,14}{1,95} \right)^{0,25} = 220,43.$$

13) Коефіцієнт тепловіддачі від стінки до сирої води [2],  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ :

$$\alpha_2 = \frac{\text{Nu}_2 \cdot \lambda_2}{d_e}; \quad (3.25)$$

$$\alpha_2 = \frac{220,43 \cdot 0,675}{0,083} = 1792 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

14) Термічний опір стінки пластини та забруднень на ній

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

$$\frac{\delta_1}{\lambda_1} = 0,00045 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)}/\text{Вт};$$

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

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

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

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

15) Коефіцієнт теплопередачі [10],  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ :

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_{\text{сг}}}{\lambda_{\text{сг}}} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_2}}; \quad (3.26)$$

					ТП 71 84 01 ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K = \frac{1}{\frac{1}{4276} + 0,00045 + 0,000063 + 0,00023 + \frac{1}{1792}} = 1351,2 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К});$$

16) Площа поверхні теплообміну апарата [10],  $\text{м}^2$

$$F_a = \frac{Q}{K \cdot \Delta t}; \quad (3.27)$$

$$F_a = \frac{665120}{1351,2 \cdot 12,5} = 39,3 \text{ м}^2.$$

Приймаю, з урахуванням росту забруднень, площу поверхні теплообміну  $F_a = 50 \text{ м}^2$ .

### 3.5.1.2 Конструкторський розрахунок

1) Площа поперечного перерізу пакета [9],  $\text{м}^2$

$$f_n = \frac{V}{3600 \cdot W}; \quad (3.28)$$

- зі сторони ходу гріючого потоку (мережева вода)

$$f_{n1} = \frac{412,71}{3600 \cdot 11,69} = 0,01 \text{ м}^2;$$

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

$$f_{n2} = \frac{314,88}{3600 \cdot 6,66} = 0,013 \text{ м}^2.$$

2) Кількість каналів в одному пакеті [9]

$$m = \frac{f_n}{f_1}; \quad (3.29)$$

- 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

- для гріючого потоку (мережева вода)

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

- для потоку, що нагрівається (сира вода)

					ТП 71 84 01 ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

4) Поверхня теплообміну одного пакета, м<sup>2</sup>

- для гріючого потоку (мережева вода)

$$F_{n1} = F_1 \cdot n_1 = 0,9 \cdot 8 = 7,2 \text{ м}^2;$$

- для потоку, що нагрівається (сира вода)

$$F_{n2} = F_1 \cdot n_2 = 0,9 \cdot 8 = 7,2 \text{ м}^2.$$

5) Кількість пакетів в апараті, шт

$$X = \frac{F_a}{F_n}; \quad (3.30)$$

- для гріючого потоку (мережева вода)

$$X_1 = \frac{8}{7,2} = 1,11;$$

Приймаю  $X_1 = 2$ .

- для потоку, що нагрівається (сира вода)

$$X_2 = \frac{8}{7,2} = 1,11.$$

Приймаю  $X_2 = 2$ .

6) Число пластин в апараті [2]

$$n_a = \frac{F_a + 2 \cdot F_n}{f_n}; \quad (3.31)$$

$$n_a = \frac{8 + 2 \cdot 0,9}{0,9} = 11 \text{ шт.}$$

7) Фактична площа поперечного перерізу пакетів [2], м<sup>2</sup>

$$f_n = f_1 \cdot m; \quad (3.32)$$

$$f_{n1} = 0,00245 \cdot 13 = 0,0319 \text{ м}^2;$$

$$f_{n2} = 0,00245 \cdot 13 = 0,0319 \text{ м}^2.$$

8) Фактична швидкість мережної води та сирої води в каналах теплообмінника, м/с

$$W_1 = \frac{412,71}{3600 \cdot 0,0319} = 3,82 \text{ м/с};$$

$$W_2 = \frac{314,88}{3600 \cdot 0,0319} = 2,74 \text{ м/с}.$$

					ТП 71 84 01 ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

Число Рейнольдса за формулою (3.18) та (3.22)

$$Re_1 = \frac{3,82 \cdot 0,0083}{0,303 \cdot 10^{-6}} = 10464;$$

$$Re_2 = \frac{2,74 \cdot 0,0083}{0,355 \cdot 10^{-6}} = 6406.$$

Число Нуссельта за формулою (3.20) та (3.24)

$$Nu_1 = 0,135 \cdot 10464^{0,73} \cdot 13,7^{0,43} \cdot \left(\frac{13,7}{1,95}\right)^{0,25} = 582,33;$$

$$Nu_2 = 0,135 \cdot 6406^{0,73} \cdot 2,14^{0,43} \cdot \left(\frac{2,14}{1,95}\right)^{0,25} = 115,16.$$

Коефіцієнт тепловіддачі за формулою (3.21) та (3.25), Вт/(м<sup>2</sup> · К)

$$\alpha_1 = \frac{582,33 \cdot 0,68}{0,083} = 4708 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)};$$

$$\alpha_2 = \frac{115,16 \cdot 0,675}{0,083} = 936 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}.$$

Коефіцієнт теплопередачі за формулою (3.26), Вт/(м<sup>2</sup> · К)

$$K = \frac{1}{\frac{1}{4708} + 0,00045 + 0,000063 + 0,00023 + \frac{1}{936}} = 494,85 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)};$$

Площа поверхні теплообміну апарата, м<sup>2</sup>

$$F_a = \frac{665120}{494,85 \cdot 25,1} = 53,5 \text{ м}^2.$$

Вибрана площа поверхні теплообміну  $F_a = 70 \text{ м}^2$  та схема компоновки достатні для заданих умов.

### 3.5.1.3 Гідромеханічний розрахунок

1) Фактична швидкість руху мережевої та сирової води в каналах теплообмінника

$$W_1 = 3,82 \text{ м/с}; W_2 = 2,74 \text{ м/с}.$$

Число Рейнольдса

$$Re_1 = 10464; Re_2 = 6406.$$

2) Коефіцієнт загального гідравлічного опору одиниці довжини каналу

					ТП 71 84 01 ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\zeta = \frac{15}{\text{Re}^{0,25}}; \quad (3.33)$$

$$\zeta_1 = \frac{15}{10464^{0,25}} = 1,5;$$

$$\zeta_2 = \frac{15}{6406^{0,25}} = 1,67.$$

3) Гідравлічний опір пакетів пластин [2], кПа

$$\Delta P = \zeta \cdot \frac{L_{\text{п}}}{d_{\text{е}}} \cdot \rho \cdot \frac{W^2}{2} \cdot X \cdot 10^{-3}; \quad (3.34)$$

$$\Delta P_1 = 1,5 \cdot \frac{1,01}{0,0083} \cdot 960,1 \cdot \frac{3,82^2}{2} \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 255,27 \text{ кПа};$$

$$\Delta P_2 = 1,67 \cdot \frac{1,01}{0,0083} \cdot 970,3 \cdot \frac{2,74^2}{2} \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 148,3 \text{ кПа}.$$

4) Перевіримо швидкість руху теплоносія в штуцерах, м/с

$$W_{\text{шт}} = \frac{4 \cdot V}{3600 \cdot \pi \cdot D_y^2}; \quad (3.35)$$

де  $D_y$  – діаметр умовного проходу кутового отвору штуцера.

$$W_{\text{шт}1} = \frac{4 \cdot 412,71}{3600 \cdot 3,14 \cdot 0,2^2} = 0,365 \text{ м/с};$$

$$W_{\text{шт}2} = \frac{4 \cdot 314}{3600 \cdot 3,14 \cdot 0,2^2} = 0,277 \text{ м/с}.$$

Так як швидкості теплоносіїв у штуцерах менше граничних ( $W_{\text{шт}1} = 0,365 \text{ м/с} < 2,5 \text{ м/с}$ ) та ( $W_{\text{шт}2} = 0,277 \text{ м/с} < 2,5 \text{ м/с}$ ), то місцевий опір штуцерів врахований при розрахунку коефіцієнтів  $\zeta_1$  і  $\zeta_2$ .

Отже, в результаті розрахунку був вибраний теплообмінник з умовним позначенням пластинчастих підігрівачів фірми «Danfoss» тип S7A–ST16–31–TKTL98.

### 3.7 Аеродинамічний розрахунок димової труби

Таблиця 3.5 – Аеродинамічний розрахунок димової труби

Аеродинамічний розрахунок димової труби			
1. Вихідні дані:			
Найменування показника	Позначення	Одиниця	Значення
Сумарна потужність котельні	$Q$	кВт	3140
Розрахункова температура зовнішнього повітря	$T_v$	°C	-5
Температура вихідних газів тах (паспорт)	$T_{\Gamma}$	°C	140
Температура повітря, навколишнього димох.	$T_{ov}$	°C	10
Коефіцієнт теплопередачі стін димохода	$K_{ст}$	кВт/м <sup>2</sup> · К	2,9
Висота труби	$H$	м	25,5
Довжина горизонтальної ділянки	$L$	м	8
Швидкість повітря в теплий період	$W_v$	м/с	20
Коефіцієнт тертя для димохода	$\lambda$		0,03
Аеродинамічний коефіцієнт приміщення	$a$		0,1
КПД котельної установки	$\eta$		0,93
Діаметр горизонтального ділянки	$D_{\Gamma}$	м	0,6
Діаметр вертикальної труби	$D_{\Gamma}$	м	0,6
Коефіцієнт надлишку повітря пального	$\alpha$		1,17
Об'ємна теплоємність димових газів	$C_{\Gamma}$	кВт/м <sup>3</sup> · К	5,018
Нижча теплота горіння палива	$Q_H$	кДж/кг	37,7

Витрата палива котельнею, кг/год

$$G = \frac{Q}{Q_n \cdot \eta}; \quad (3.36)$$

$$G = \frac{3140000}{8050 \cdot 0,93} = 359,86 \text{ кг/год.}$$

Питома потреба в повітрі для горіння, м<sup>3</sup>/м<sub>н</sub><sup>3</sup>

$$V_g = \frac{1,12 \cdot Q_n}{1000}; \quad (3.37)$$

$$V_g = \frac{1,12 \cdot 8050}{1000} = 9,016 \text{ м}^3/\text{м}_n^3.$$

Питомий обсяг продуктів згорання, м<sup>3</sup>/м<sub>н</sub><sup>3</sup>

$$V_{nc} = \alpha \cdot V_g; \quad (3.38)$$

$$V_{nc} = 1,17 \cdot 9,016 = 10,54 \text{ м}^3/\text{м}_n^3.$$

Нормативний обсяг продуктів згорання, м<sup>3</sup>/год

					ТП 71 84 01 ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



$$V_{н.пс} = G \cdot V_{пс}; \quad (3.39)$$

$$V_{н.пс} = 359,86 \cdot 10,54 = 3796,1 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Охолодження димових газів, °C/м

$$\Delta t = \frac{(T_z - T_{ов})}{C_g \cdot V_{н.пс} / (K_{ст} \cdot F) + 0,5}, \quad (3.40)$$

$$\Delta t = \frac{(140 - 10)}{4,15 \cdot 3796,1 / (8 \cdot 25) + 0,5} = 0,708 \text{ } ^\circ\text{C} / \text{м}.$$

Середня температура димових газів, °C

$$T_{cp} = T_z - \frac{(L + H) \cdot \Delta t}{2}; \quad (3.41)$$

$$T_{cp} = 140 - \frac{(8 + 25,5) \cdot 0,708}{2} = 128,14 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Фактичний секундний обсяг продуктів згоряння, м³/сек

$$V = V_{пс} \cdot \frac{G}{3600} \cdot \left( \frac{273 + T_{cp}}{273} \right); \quad (3.42)$$

$$V = 10,54 \cdot \frac{359,86}{3600} \cdot \left( \frac{273 + 128,14}{273} \right) = 1,549 \text{ м}^3/\text{сек}.$$

Швидкість газів на горизонтальній ділянці, м/с

$$W_{гор} = \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot D_z^2}; \quad (3.43)$$

$$W_{гор} = \frac{4 \cdot 1,549}{3,14 \cdot 0,6^2} = 5,48 \text{ м/с}.$$

Те ж, на вертикальній ділянці, м/с

$$W_{верт} = \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot D_m^2}; \quad (3.44)$$

$$W_{верт} = \frac{4 \cdot 1,549}{3,14 \cdot 0,6^2} = 5,48 \text{ м/с}$$

Густина газів на горизонтальній ділянці, кг/м³

$$\gamma_{гор} = \frac{\gamma_0 \cdot 273}{T_z + 273}; \quad (3.45)$$

$$\gamma_{гор} = \frac{1,34 \cdot 273}{140 + 273} = 0,88 \text{ кг/м}^3.$$

Те ж на вертикальній ділянці, кг/м³:

$$\gamma_{верт} = \frac{\gamma_0 \cdot 273}{T_{cp} + 273}; \quad (3.46)$$

$$\gamma_{верт} = \frac{1,34 \cdot 273}{128,14 + 273} = 0,91 \text{ кг/м}^3.$$

					ТП 71 84 01 ПЗ	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнти місцевих опорів (див. табл. 3.6)

Таблиця 3.6 – Коефіцієнти місцевих опорів

Вид	Раптове звуження	Раптове розширення	Поворот 90°	Розширення з поворотом 90°	вихід з труби	трійник	
						прохід	поворот
КМО	0,3	0,1	0,9	1,2	1	0,5	1,5
Кількість на горизонтальній ділянці	0	2	3	1	0	1	0
Кількість на вертикальній ділянці	0	0	0	0	1	1	0

Втрати тиску на горизонтальній ділянці, Па

$$\Delta p_{\text{гор}} = \left( \lambda \cdot \frac{L}{D_z} + \Sigma \xi \right) \cdot \frac{W_{\text{гор}}^2}{2g} \cdot \gamma_{\text{гор}}; \quad (3.47)$$

$$\Delta p_{\text{гор}} = \left( 0,03 \cdot \frac{8}{0,6} + 5 \right) \cdot \frac{5,48^2}{2 \cdot 9,81} \cdot 0,88 = 5,157 \text{ Па}.$$

Втрати тиску на вертикальній ділянці, Па

$$\Delta p_{\text{верт}} = \left( \lambda \cdot \frac{H}{D_m} + \Sigma \xi \right) \cdot \frac{W_{\text{верт}}^2}{2g} \cdot \gamma_{\text{сп}}; \quad (3.48)$$

$$\Delta p_{\text{верт}} = \left( 0,03 \cdot \frac{8}{0,6} + 5 \right) \cdot \frac{5,48^2}{2 \cdot 9,81} \cdot 0,91 = 3,877 \text{ Па}.$$

Повний аеродинамічний опір газового тракту, Па

$$\Delta p_{\text{гор}} + \Delta p_{\text{верт}} = 5,157 + 3,877 = 9,03 \text{ Па}$$

Самотяга димової труби, кг/м<sup>2</sup>

$$H_c = H \cdot \left( \gamma_g \cdot \frac{273}{273 + T_g} - \gamma_0 \cdot \frac{273}{273 + T_{\text{сп}}} \right) \cdot \frac{g}{9,81}; \quad (3.49)$$

$$H_c = 25,5 \cdot \left( 0,91 \cdot \frac{273}{-5 + T_g} - 1,34 \cdot \frac{273}{273 + 128,1} \right) \cdot \frac{9,81}{9,81} = 10,33 \text{ кг/м}^2$$

Висновок: Самотяга газового тракту перевищує аеродинамічний опір на:

$$H_c - (\Delta p_{\text{гор}} + \Delta p_{\text{верт}}) = 10,33 - 9,03 = 1,297 \text{ Па}$$

### 3.8 Оцінка впливу планової діяльності котельні на навколишнє середовище

При оцінці впливів на навколишнє природне середовище виділяються такі його компоненти: клімат і мікроклімат; повітряне середовище; геологічне середовище; водне середовище; ґрунти; флору і фауну. Найбільший вплив йде на повітряне середовище, тому воно показане у пояснювальній записці.

Характеристика джерел утворення і джерел викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря.

Джерелом утворення забруднюючих речовин є котли котельні.

Об'єми газоповітряної суміші, що надходять в атмосферне повітря від джерел утворення, приведені до таких умов:

– якщо газоподібні продукти горіння – температура 273 К, тиск 101,3 кПа, сухий газ, 3% кисню для газоподібного палива.

Температура газоповітряної суміші, яка надходить з устя труби в атмосферне повітря, прийнята за даними, наведеними в технологічних паспортах на обладнання.

Характеристика джерел утворення забруднюючих речовин наведена в таблиці 3.7.

Перелік видів та обсягів забруднюючих речовин, які будуть надходити в атмосферне повітря від запроектованого об'єкту, наведений в таблиці 3.7.

Перелік видів та обсягів забруднюючих речовин наведений з урахуванням наступних нормативних документів [11–12]:

Керуючись вищенаведеними нормативними актами в таблиці 3.7 наведені:

– перелік найбільш поширених забруднюючих речовин та їх обсяги, викиди яких підлягають регулюванню та за якими здійснюється державний облік;

– перелік небезпечних забруднюючих речовин та їх обсяги, викиди яких підлягають регулюванню та за якими здійснюється державний облік;

– перелік інших забруднюючих речовин та їх обсяги, які викидаються в атмосферне повітря стаціонарними джерелами об'єкта;

– перелік забруднюючих речовин та їх обсяги, для яких не встановлені ГДК (ОБРД), в атмосферному повітрі населених місць.

					ТП 71 84 01 ПЗ	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.7 – Перелік видів та обсягів забруднюючих речовин, які будуть надходити в атмосферне повітря

Забруднююча речовина		Потенційний обсяг викидів, (т/рік)	Порогові значення Потенційних викидів для взяття на державний облік, (т/рік)
Код по групі держобліку	Найменування		
4001	Оксиди азоту Nox (у перерахунку на діоксид азоту)	1,295	1
12000	Метан	0,064	10
1007	Вуглецю оксид	1,086	1,5
7000	Вуглецю діоксид	3893,930	500
4002	Оксид діазоту	0,006	0,1
1007	Ртуть та її сполуки (у перерахунку на ртуть)	0,000006	0,0003
Всього для підприємства		3896,38	
Найбільш поширені забруднюючі речовини			
4001	Оксиди азоту NOx (у перерахунку на діоксид азоту)	1,295	1
6000	Вуглецю оксид	1,086	1,5
Всього		2,380	
Небезпечні забруднюючі речовини			
1007	Ртуть та її сполуки (у перерахунку на ртуть)	0,000006	0,0003
Всього		0,000006	
Інші забруднюючі речовини, присутні у викидах б'єкта			
12000	Метан	0,064	10
Всього		0,064	
Забруднюючі речовини, для яких невстановлені ГДК (ОБРД) в атмосферному повітрі населених міст			
4002	Азоту (1) оксид (N2O)	0,006	0,1
7000	Вуглецю діоксид	3893,930	500
Всього		3893,93	

Згідно таблиці 3.7 об'єкт потрібно ставити на державний облік так, як потенційні обсяги вуглецю діоксид перевищує 500 т/рік, оксиду азоту  $\text{Nox}$  (у перерахунку на діоксид азоту) перевищує 1 т/рік.

Порівняльна характеристика проектних викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря до встановлених законодавством України нормативів на викиди.

Отримані концентрації забруднюючих речовин, що надходять в атмосферне повітря від джерела викиду котельні після реалізації проектних рішень, порівнюються з «Нормативами граничнодопустимих викидів забруднюючих речовин із стаціонарних джерел», затверджених наказом Міністерства охорони навколишнього природного середовища України № 309 від 27.06.2006 року. Згідно вимог концентрації забруднюючих речовин, що надходять в атмосферне повітря від стаціонарного джерела викиду приведені до нормальних умов і стандартного вмісту кисню для газоподібного палива 3 %. Для парникових газів  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{CH}_4$  граничнодопустимі концентрації не встановлюються, тому в таблиці 3.8 парникові гази не наводяться.

Таблиця 3.8 – Порівняльна характеристика проектних викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря до встановлених законодавством України нормативів на викиди.

Номер джерела викиду	Код речовини	Найменування забруднюючої речовини	Фактичний викид		Нормати в гранично допустимого Викиду згідно законодавства	
			величина масового потоку в газах що відходять, кг/год	масова концентрація в газопиловому потоці, $\text{мг/м}^3$	величина масового потоку в газах, що відходять, кг/год	масова концентрація і газопиловому потоці, $\text{мг/м}^3$
1	2	3	4	5	6	7
1.1–1.3	301	Діоксид азоту	0,2512	68,0	5кг/год або більше	500
	337	Вуглецю оксид	0,2103	57	5кг/год або більше	250
21	301	Діоксид азоту	0,0372	68,0	5кг/год або більше	500
21	337	Вуглецю оксид	0,0311	57	5кг/год або більше	250

Отримані концентрації забруднюючих речовин не перевищують встановлених законодавством України граничнодопустимих викидів.

Пропозиції встановлення граничнодопустимих викидів (ГДВ):

– джерело викидів № 1.1–1.3 – димова труба котла:

Для речовин, на які не встановлені нормативи ГДВ відповідно до Законодавства, встановлюються наступні величини масової витрати:

- для оксиду вуглецю 0,0584 г/с;
- для оксидів азоту (у перерахунку на діоксид азоту) 0,0698 г/с;
- для ртуті 0,0000003 г/с;

джерело викидів № 21 – димова труба котла:

Для речовин, на які не встановлені нормативи ГДВ відповідно до Законодавства, встановлюються наступні величини масової витрати:

- для оксиду вуглецю 0,0087 г/с;
- для оксидів азоту (у перерахунку на діоксид азоту) 0,0103 г/с;
- для ртуті 0,00000005 г/с.

Складна екологічна ситуація в Україні, яка зумовлена значною мірою шкідливими викидами підприємств традиційної теплоенергетики потребує впровадження енергозберігаючих заходів та технологій. Є певна залежність між послідовним проведенням політики, спрямованої на збільшення енергоефективності (шляхом реалізації енергозберігаючих заходів) та охороною навколишнього природного середовища (шляхом позитивного впливу на довкілля). Ефективне енергоспоживання зменшить загальне використання паливо-енергетичних ресурсів, що відповідно зумовить зменшення забруднення довкілля, зокрема, скорочення викидів в атмосферу газів, які виникають у промислових процесах виробництва енергоносіїв.

Для зменшення викидів забруднюючих речовин в атмосферу встановлюються пальники з низькими показниками емісії. Отримані концентрації забруднюючих речовин не перевищують встановлених законодавством України граничнодопустимих викидів. Обсяги викидів забруднюючих речовин (діоксиду азоту, оксиду вуглецю) до реконструкції котельні становлять – 2,27 г/с (11,06 т/рік), після реконструкції котельні – 0,40 г/с (2,38 т/рік). Обсяги викидів забруднюючих речовин (діоксиду азоту, оксиду вуглецю) після реконструкції котельні зменшаться на 1,86 г/с (8,68 т/рік).

					ТП 71 84 01 ПЗ	Арк.
						53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3.9 Висновки до розділу 3

В розділі 3 було виконано підбір основного обладнання котельні. При реконструкції котельні буде встановлено три водогрійні газові котли фірми "Viessmann" тип Vitomax LW M62C потужністю 3140 кВт на систему опалення з автоматизованими газовими пальниками фірми "ELCO" та один водогрійний газовий котел фірми "Viessmann" тип Vitoplex 200 SX2A потужністю 465 кВт на систему гарячого водопостачання з автоматизованим газовим пальником фірми «GIER SCH».

Виконано підбір двох насосів фірми «Wilo» тип IL 150/390–75/4 (1–робочий, 1–резервний) на опалювальний період з параметрами  $G_{max}=330 \text{ м}^3/\text{год}$ ;  $H=0,413 \text{ МПа}$  для забезпечення циркуляції теплоносія до споживачів системи опалення. В результаті розрахунку був вибраний теплообмінник фірми «Danfoss» тип S7A–ST16–31–TKTL98. Виконано аеродинамічний розрахунок димової труба та проаналізовано вплив планової діяльності котельні на навколишнє середовище.

					ТП 71 84 01 ПЗ	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 4 ГАЗОПОСТАЧАННЯ ВНУТРІШНЄ

### 4.1 Вихідні дані

Проект реконструкції котельні передбачає установку чотирьох водогрійних котлів фірми "Viessmann": Vitomax LW тип M62C потужністю 3140 кВт (3 шт.) та Vitoplex 200 тип SX2A потужністю 465 кВт (1 шт.)

Витрата природного газу на котельний агрегат складає – 360,6 нм<sup>3</sup>/год та 53,40 нм<sup>3</sup>/год, відповідно.

Загальна проектна витрата природного газу на встановлювальне обладнання складає – 1135,2 нм<sup>3</sup>/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: котел Vitomax LW M62C потужністю 3140 кВт – фірми "ELCO" тип ЕК EVO 7.4500 G–EF3/BT3 KN; котел Vitoplex 200 тип SX2A потужністю 465 кВт – фірми "GIERSCH" тип MG20/1–ZM–L–N–LN.

Газопостачання котлів передбачається природним газом з нижньою теплотворною спроможністю  $Q_{н.р.} = 33,7 \text{ Мдж/м}^3$  від існуючого газопроводу середнього тиску [13].

Технологічний по агрегатний облік витрат природного газу передбачено на кожному котельному агрегаті, окрім котла Vitoplex 200 типу SX2A.

Газопровід середнього тиску Ду100 Р<sub>р</sub>=0,08 МПа входить в приміщення ГРП.

Газорегуляторний пункт прибудований до будівлі котельні. На вводі в приміщення ГРП (за стіною) передбачається встановлення електромагнітного відсічного клапану НЗ Madas M16/RM N.C DN150, який відсікає подачу газу при спрацюванні системи сигналізації загазованості приміщення та пожежної сигналізації, відключення електроенергії.

Тиск газу після ГРП не повинен перевищувати 300 мбар.

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: пальник ЕК EVO 7.4500 G–EF3/BT3 KN; запірна труба DN65; фільтр газовий DN65; компенсатор вібраційний DN65; електромагнітний блок газових клапанів DungsMBC 700 2";

					ТП 71 84 01 ПЗ	Арк.
						55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



пальник MG20/1–ZM–L–N–LN: запірна труба DN40; фільтр газовий DN40; компенсатор вібраційний DN40; електромагнітний блок газових клапанів DungsDMV–D512/11 1 ½".

Встановлення технологічних вузлів обліку. Для контролю обліку споживання газу перед кожним котлом потужністю більше 1 МВт проектом передбачено встановлення технологічного вузла обліку газу (ТВОГ) на базі роторного лічильника DELTA (Itron). Перед лічильником встановлюється фільтр газовий MADAS FM [13].

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

Для котла Vitomax LW M62C потужністю 3140 кВт, діапазон витрат природного газу на котел складає: 72,12...360,62 н.м<sup>3</sup>/год.

Діапазон вимірювання об'єму газу лічильником DELTA G250,  $Q_{\max}/Q_{\min}=1/20$  складає: 20...400 м<sup>3</sup>/год при робочих умовах.

Розрахунковий діапазон буде такий:

$$q_{\max \text{ г.о.}} = \frac{360,62 \cdot (273,15 + 10) \cdot 0,101325 \cdot 0,9989629}{(0,03 + 0,101325) \cdot 293,15} = 268,47, \text{ м}^3/\text{год};$$

$$q_{\min \text{ г.о.}} = \frac{72,12 \cdot (273,15 + (-25)) \cdot 0,101325 \cdot 0,9888587}{(0,08 + 0,101325) \cdot 293,15} = 33,73, \text{ м}^3/\text{год};$$

Висновок:

Лічильник об'єму газу DELTA G250  $Q_{\max}/Q_{\min}=1/20$  забезпечує вимірювання витрати природного газу для котельного обладнання в заданому діапазоні вимірювання:

$$400 \text{ т.м}^3/\text{год} > 268,47 \text{ т.м}^3/\text{год};$$

$$20 \text{ т.м}^3/\text{год} < 33,73 \text{ т.м}^3/\text{год}.$$

## 4.2 Висновки до розділу 4

В 4 розділі розраховували діапазон витрат природного газу для котлів та діапазон вимірювання об'єму газу лічильником. Також передбачили газифікацію об'єкта та встановлення технологічних вузлів обліку. Визначено, що лічильник об'єму газу DELTA G250  $Q_{\max}/Q_{\min}=1/20$  забезпечує вимірювання витрати природного газу для котельного обладнання в заданому діапазоні вимірювання.

					ТП 71 84 01 ПЗ	Арк.
						56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5 ОПАЛЕННЯ ТА ВЕНТИЛЯЦІЯ

### 5.1 Вихідні дані

В вихідних даних прийняті розрахункові параметри зовнішнього повітря для м. Харків [5]:

- максимально–зимня температура повітря  $-23^{\circ}\text{C}$ ;
- максимально–літня температура  $+25^{\circ}\text{C}$ ;
- тривалість опалювального періоду 179 діб;
- середня температура опалювального періоду  $-1^{\circ}\text{C}$ .

Даним проектом передбачається проектна система опалення для приміщень (позначених для даного розділу): №3 – Котельний Зал; №2 – Котельня; №1 – Бойлерна.

Характеристика будівлі котельні. Основна частина будівлі складається з несучих цегляних стін товщиною 380 мм з пілястрами. Внутрішні стіни та перегородки, також виконані з керамічної цегли на цементно–піщаному розчині.

Фундаменти під стіни та пілястри стрічкового типу, виконані з керамічної цегли на цементно–піщаному розчині.

Покрівля виконана з рулонних матеріалів з металевим покриттям.

Підлога – керамічна плитка, бетонна.

Перегородки–цегляні.

### 5.2 Теплові надходження

Розрахункові температури зовнішнього повітря: взимку  $-23^{\circ}\text{C}$ , влітку  $+25^{\circ}\text{C}$ .

Температура внутрішнього повітря в котельному залі для холодного періоду прийнята  $+12^{\circ}\text{C}$ , для теплого періоду  $+27^{\circ}\text{C}$  (присутні постійні робочі місця).

Теплові надходження в холодний період в приміщення котельні [14]:

А) До Приміщення №3

Зовнішньої ізоляції котла  $Q_{\text{котл}}^{\text{вод}}$ , кВт

$$Q_{\text{котл}}^{\text{вод}} = n_i \cdot Q_i \cdot q_5 \cdot 10^3; \quad (5.1)$$

де  $n_i$  – к–ть встановлених котлів в приміщенні, шт.;

$Q_i$  – номінальна потужність котла, МВт;

$q_5$  – тепловиділення від котлів.

$$Q_{\text{котл}}^{\text{вод}} = 3 \cdot 3,14 \cdot 0,005 \cdot 10^3 = 47,1 \text{ кВт.}$$

Від технологічного устаткування та трубопроводів  $Q_{\text{об}}$ , кВт

$$Q_{\text{об}} = \alpha \cdot (t_{\text{із}} - t_{\text{пр}}) \cdot F_{\text{пі}} \cdot 10^{-3}; \quad (5.2)$$

де  $F_{\text{пі}}$  – сумарна площа поверхонь ізоляції обладнання та трубопроводів,  $\text{м}^2$ ;

					ТП 71 84 01 ПЗ	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$t_{13}$  – середня температура на поверхні ізоляції, °С;

$\alpha$  – коефіцієнт тепловіддачі 8,6 Вт/(м<sup>2</sup> · К).

Сумарна площа поверхонь ізоляції обладнання та трубопроводів

$$F_{\text{пi}} = F_{\text{БАГВ}} + F_{\text{Тр}}; \quad (5.3)$$

$$F_{\text{пi}} = 12,72 \cdot 2 + 219,63 = 245,1 \text{ м}^2.$$

$$Q_{\text{о6}} = 8,6 \cdot (40 - 12) \cdot 245,1 \cdot 10^{-3} = 59,02 \text{ кВт}.$$

Від роботи електродвигунів  $Q_{\text{ел.дв.}}$ , кВт

$$Q_{\text{ел.дв.}} = N \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot \frac{1 - \eta}{\eta}, \quad (5.4)$$

де  $N$  – номінальна потужність електродвигунів, кВт;

$K_1$  – коефіцієнт завантаження;

$K_2$  – коефіцієнт сумісності роботи обладнання;

$\eta$  – ККД електродвигунів.

Таблиця 5.1 – Розрахунок теплових надходжень від працюючих насосів

Поз.	Насос	К–ть, шт.	N, кВт	K <sub>1</sub>	K <sub>1</sub>	ККД	$Q_i$ , кВт
K4	GIGA 80/1–16/2,3–R1	3	2,3	0,5	1,0	0,7	1,48
K5	IL 150/390–75/4	2	75	0,93	0,5	0,85	12,3
K7	IL 150/305–30/4	2	30	0,94	0,5	0,85	4,98
K8	HELIX VE1602–1/16/E/S	2	2,2	0,53	0,5	0,6	0,78
K11	IPL 32/105–0,75/2	1	0,75	0,55	1,0	0,6	0,28
						$\sum Q_i$	19,82

Тепловий потік від роботи теплообмінників, кВт

$$Q_{\text{т.о}} = N \cdot n_i \cdot q; \quad (5.5)$$

$$Q_{\text{т.о}} = 6652 \cdot 2 \cdot 0,005 = 66,52 \text{ кВт}.$$

де  $N$  – номінальна потужність теплообмінників, кВт;

$n_i$  – к–ть встановлених теплообмінників в приміщенні, шт;

$q$  – тепловиділення від теплообмінника, %.

Сумарні теплові надходження до приміщення складають – 192,46 кВт.

Б) До Приміщення №2

					ТП 71 84 01 ПЗ	Арк.
						58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Від технологічного устаткування та трубопроводів  $Q_{об}$ , кВт за формулою (5.2)

$$Q_{об} = 8,6 \cdot (40 - 12) \cdot 43,4 \cdot 10^{-3} = 10,45 \text{ кВт.}$$

де  $F_{ни}$  – сумарна площа поверхонь ізоляції обладнання та трубопроводів

$$F_{ни} = F_{тр} = 43,4 \text{ м}^2$$

Сумарні теплові надходження до приміщення складають – 10,45 кВт.

В) До Приміщення №1

Від технологічного устаткування та трубопроводів  $Q_{об}$ , кВт за формулою (5.2)

$$Q_{об} = 8,6 \cdot (40 - 12) \cdot 3,15 \cdot 10^{-3} = 0,76 \text{ кВт.}$$

де  $F_{ни}$  – сумарна площа поверхонь ізоляції обладнання та трубопроводів

$$F_{ни} = F_{тр} = 3,15 \text{ м}^2.$$

Тепловий потік від роботи електродвигунів  $Q_{ел.дв.}$ , кВт за формулою (5.4)

$$Q_{ел.дв.} = 2 \cdot 0,81 \cdot 0,5 \cdot \frac{1 - 0,6}{0,6} = 0,4 \text{ кВт.}$$

Таблиця 5.2 – Розрахунок теплових надходжень від працюючих насосів

Поз.	Насос	К– ть, шт.	N, кВт	K <sub>1</sub>	K <sub>1</sub>	ККД	Q <sub>i</sub> , кВт
K18	SiBoost 2 Helix VE 206	2	0,75	0,81	0,5	0,6	0,4
						$\sum Q_i$	0,4

Теплові надходження від роботи теплообмінників за формулою (5.5):

$$Q_{т.о} = 61,6 \cdot 1 \cdot 0,01 = 0,62 \text{ кВт}$$

Сумарні теплові надходження до приміщення складають – 1,78 кВт.

### 5.3 Вентиляція

Існуюча система вентиляції котельні запроектована для умов асиміляції теплонадходжень від працюючого обладнання та забезпечення трьохкратного повітрообміну за годину.

Вентиляція котельних приміщень запроектована припливно-витяжна з природним спонуканням.

Розрахунок необхідної кількості повітря для надходження в холодний період:

А) До Приміщення №3

					ТП 71 84 01 ПЗ	Арк.
						59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок витрати повітря на горіння палива в котлах, м<sup>3</sup>/год

$$G_{\text{пов}}^{\text{гор}} = \alpha \cdot B \cdot V^0; \quad (5.6)$$

де  $B$  – витрата палива, м<sup>3</sup>/год;

$V^0$  – теоретично необхідна кількість повітря для спалювання 1 м<sup>3</sup> газу;

$\alpha$  – коефіцієнт надлишку повітря.

$$G_{\text{пов}}^{\text{гор}} = 1,2 \cdot 9,8 \cdot \left( \frac{9,42 \cdot 10^6}{1,163} \right) \cdot \frac{1}{8050 \cdot 0,931} = 12709,6 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Розрахунок витрати повітря на забезпечення 3-х кратного повітрообміну в приміщенні, м<sup>3</sup>/год

$$G_{\text{пов}}^{\text{об}} = V_{\text{кот}} \cdot K; \quad (5.7)$$

де  $V_{\text{кот}}$  – розрахунковий вільний об'єм приміщення, м<sup>3</sup>;

$K$  – кратність повітрообміну в приміщенні.

$$G_{\text{пов}}^{\text{об}} = 1976,7 \cdot 3 = 5930,1 \text{ м}^3/\text{год}$$

Вентиляція виконана в об'ємі:

- необхідному для забезпечення горіння палива в котлах 12709,6 м<sup>3</sup>/год;
- 3-х кратного повітрообміну в приміщенні 5930,1 м<sup>3</sup>/год, що відповідає вимогам ДБН В.2.5-77:2014 «Котельні».

Проектом передбачається подача необхідної кількості зовнішнього повітря до котельні в розмірі 18639,7 м<sup>3</sup>/год через:

- регульовані решітки розмірами 1200x800(н)мм – з площею «живого» перерізу  $F_{\text{ж.п}}=0,75 \text{ м}^2$  – 3 шт.

Видалення повітря здійснюється через котлоагрегат в об'ємі, необхідному для спалювання палива, та з витяжкою повітря з верхньої зони котельні через дефлектори – Ø400(мм) – 4шт;

Б) До Приміщення №2

Розрахунок витрати повітря на забезпечення 3-х кратного повітрообміну в приміщенні за формулою (5.7):

$$G_{\text{пов}}^{\text{об}} = 825,5 \cdot 3 = 2475,0 \text{ м}^3/\text{год}$$

Вентиляція приміщення виконана в об'ємі:

- 3-х кратного повітрообміну в приміщенні 2475,0 м<sup>3</sup>/год, що відповідає вимогам ДБН В.2.5-77:2014 «Котельні».

					ТП 71 84 01 ПЗ	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Проектом передбачається подача необхідної кількості зовнішнього повітря до приміщення в розмірі 2475,0 м<sup>3</sup>/год через існуючі нещільності та проектну вентиляцію приміщення №3

Видалення повітря здійснюється витяжкою повітря з верхньої зони котельні через дефлектори – Ø400(мм) – 2шт;

В) До Приміщення №1

Розрахунок витрати повітря на забезпечення 3-хкратного повітрообміну в приміщенні:

$$G_{\text{пов}}^{\text{об}} = 141,98 \cdot 3 = 425,9 \text{ м}^3/\text{год}$$

Вентиляція приміщення виконана в об'ємі:

- 3-х кратного повітрообміну в приміщенні 425,9 м<sup>3</sup>/год, що відповідає вимогам ДБН В.2.5-77:2014 «Котельні».

Проектом передбачається подача та видалення необхідної кількості зовнішнього повітря в розмірі 425,9 м<sup>3</sup>/год через існуючі нещільності та проектну вентиляцію приміщення №3.

#### 5.4 Опалення

А) Приміщення №3

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

Теплові втрати через огорожуючі конструкції складають – 41,5 кВт.

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

$$Q_{\text{п}} = c_{\text{п}} \cdot \rho_{\text{п}} \cdot G_{\text{п}} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{н}}); \quad (5.8)$$

де  $c_{\text{п}}$  – питома масова теплоємність повітря ( $c_{\text{п}}=1005 \text{ Дж/кг} \cdot ^\circ\text{C}$ );

$\rho_{\text{п}}$  – густина повітря ( $\rho_{\text{п}}=1,226 \text{ кг/ м}^3$ );

$G_{\text{п}}$  – витрата повітря.

$$Q_{\text{п}} = 0,28 \cdot 1,226 \cdot 18639,7 \cdot (12 - (-23)) = 223,95 \text{ кВт}$$

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

Існуюча система опалення приміщення – відсутня. Тому проектом застосовується система повітряного опалення приміщення до температури +12°C. Необхідна продуктивність проектної системи опалення котельного залу 73,0 кВт. Як чергове опалення у приміщенні установки котлів передбачається установка двох агрегатів повітряного опалення WOLFLH40 тип2 – Q=24,3–42,1кВт, які будуть вмикатися від

					ТП 71 84 01 ПЗ	Арк.
						61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

датчика температури внутрішнього повітря, підключеного до трубопроводів теплофікаційної води від котлів. Джерелом тепла для системи опалення є теплоносії з параметрами 95–70°C.

#### Б) Приміщення №2

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

Теплові втрати через огорожуючі конструкції складають – 11,95 кВт.

Кількість тепла на підігрів повітря, що поступає в приміщення:

$$Q_{\text{п}} = 0,28 \cdot 1,226 \cdot 2475,0 \cdot (12 - (-23)) = 29,74 \text{ кВт}$$

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

Існуюча система опалення приміщення – присутня, забезпечує покриття теплових втрат через огорожуючі конструкції. Тому проектом застосовується система повітряного опалення приміщення до температури +12°C. Необхідна продуктивність проектної системи опалення 19,29 кВт. Як додаткове опалення у приміщенні передбачається установка одного агрегату повітряного опалення WOLFLH25 тип2 – Q=15,3–26,5кВт, який буде вмикатися від датчика температури внутрішнього повітря, підключеного до трубопроводів теплофікаційної води від котлів. Джерелом тепла для системи опалення є теплоносії з параметрами 95–70°C.

#### В) Приміщення №1

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

Теплові втрати через огорожуючі конструкції складають – 4,9 кВт.

Потік теплоти на підігрів повітря, що поступає в приміщення:

$$Q_{\text{п}} = 0,28 \cdot 1,226 \cdot 425,9 \cdot (12 - (-23)) = 5,12 \text{ кВт}$$

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

Існуюча система опалення приміщення – відсутня. Тому проектом застосовується система радіаторного опалення приміщення до температури +12°C. Необхідна продуктивність проектної системи опалення 8,24 кВт. Як чергове опалення у приміщенні передбачається встановлення трьох радіаторів RODARSR 22 600x900 – Q=2,92 кВт. Джерелом тепла для системи опалення є теплоносії з параметрами 95–70°C.

					ТП 71 84 01 ПЗ	Арк.
						62
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5.5 Висновки до розділу 5

В 5 розділі були визначені розрахунки на опалення та вентиляцію трьох приміщень, які входять до складу котельного залу. Були розраховані теплові надходження, площа повної ізоляції, об'єм вентиляції, кількість тепла на підігрів повітря. Відповідно до розрахунків прийняті технічні рішення для забезпечення котельного залу системою опалення та вентиляції.

Вентиляція приміщення виконана в об'ємі:

- 3-х кратного повітрообміну в приміщенні 425,9 м<sup>3</sup>/год, що відповідає вимогам ДБН В.2.5-77:2014 «Котельні».

Проектом передбачається подача та видалення необхідної кількості зовнішнього повітря в розмірі 425,9 м<sup>3</sup>/год через існуючі нещільності та проектну вентиляцію приміщення №3.

					ТП 71 84 01 ПЗ	Арк.
						63
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



## 6 ВОДОПРОВІД ТА КАНАЛІЗАЦІЯ

### 6.1 Водопостачання котельні

В котельні передбачаються наступні системи:

мережа господарсько–питного водопостачання (система В1);

мережа протипожежного водопостачання (система В2);

мережа дренажної каналізації незабруднених стічних вод (система К13);

мережа господарсько–побутової каналізації (система К1).

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

Водопостачання котельні здійснюється одним вводом Ду100 з існуючим вodomірним вузлом на базі лічильника Ду 40 з функцією передачі даних до інтелектуальної системи обліку та диспетчеризації.

Протипожежний трубопровід передбачається із сталевих водогазопровідних труб DN 80–25мм по ГОСТ 3262–75 покритих посиленою антикорозійною ізоляцією.

Технологічний трубопровід підживлення системи проектується зі сталевих електрозварник труб по ГОСТ 10704–91 та труб PPR.

Водопровід підводиться до всіх санітарних приладів та пожежних кранів.

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.

Вода з мережі поступає до 3 баків запасу підготовленої води об’ємом 10 м<sup>3</sup> кожний. Далі вода станцією підвищення тиску фірми “Wilo” подається до системи через станцію дозування хімічних реагентів та деаераційні установки для забезпечення теплової мережі хімічно підготовленою водою. До котлового контуру вода подається через редукційний клапан та запобіжний електромагнітний клапан.

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

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

### 6.2 Каналізація

В котельні передбачена технологічна і господарсько–побутова каналізації. 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.

					ТП 71 84 01 ПЗ	Арк.
						64
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.1 – Таблиця витрат на водоспоживання

Назва споживачів	Одиниця	Кіль- кість	Норма водо- спожи- вання	К-сть годин роботи	Водо- спожи- вання м <sup>3</sup> /год	Водо- відведе- ння м <sup>3</sup> /доб
На підживлення теплової мережі	м <sup>3</sup>	—	—	24	2,76	—
На аварійне підживлення теплової мережі	м <sup>3</sup>	—	—	3	7,6	—
На потреби ГВП	м <sup>3</sup>	—	—	24	2	—
Блок ХВО регенерація	м <sup>3</sup>	—	—	3	0,6	1,8
Обслуговуючий персонал	осіб	9	25	1	0,23	0,23
Вологе прибирання	м <sup>2</sup>	784	0,4	1	0,31	0,31

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 ґрунтовці ГФ–021.

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

### 6.3 Висновок до розділу 6

В розділі 6 розглянули водопостачання та каналізацію котельні, а саме визначені, які труби для цього використовують, лічильники, куди відправляють сточні води та які баки використовуються для підготовленої води. Водопостачання котельні здійснюється одним вводом Ду100 з існуючим водомірним вузлом на базі лічильника Ду 40 з функцією передачі даних до інтелектуальної системи обліку та диспетчеризації. Стоки від дренажної каналізації відводяться до існуючого колодязя–охолоджувача, після чого перекачуються в існуючу зовнішню мережу каналізації.

## 7 ОХОРОНА ПРАЦІ

Котельню побудовано для забезпечення житлових будинків гарячою водою та підготовкою води потрібної температури. Потужність котельні по гарячому водопостачанню складає 260 кВт. Розрахунковий графік у теплових мережах 95/55 °С, у системі гарячого водопостачання 55°С.

Всі проектні рішення ухвалено з дотриманням сучасних вимог охорони праці.

При монтажі та експлуатації цього обладнання мають місце потенційно шкідливі та небезпечні виробничі фактори, які за певних умов можуть призвести до негативних наслідків для персоналу котельні.

З метою зниження їх негативного впливу на виробництві котельні в цьому розділі запропоновано комплекс заходів з безпеки експлуатації робочих приміщень та технологічного обладнання, а також запропоновано заходи з виробничої санітарії та пожежної профілактики.

### 7.1 Виявлення і аналіз шкідливих і небезпечних факторів. Заходи з охорони праці

Оптимальні параметри мікроклімату в приміщенні забезпечується підтримкою теплової рівноваги між організмом і навколишнім середовищем, підтримкою на заданому рівні нормованих параметрів, що визначають мікроклімат – температура ( $t, ^\circ\text{C}$ ), відносна вологість повітря ( $W, \%$ ), швидкість його переміщення ( $\text{м/с}$ ).

Оптимальні і допустимі параметри мікроклімату для даних умов (категорія робіт і період року) наведено в таблиці 7.1

Для забезпечення нормативних параметрів мікроклімату, згідно [16], проектом передбачено комплекс технічних заходів:

- теплообмінне обладнання оснащується місцевою витяжною вентиляцією у вигляді локальних відсмоктувачів, витяжних зонтів та ін.;
- припливна вентиляція з механічним спонуканням і подачею повітря у верхню зону;
- витяжна місцева вентиляція, для видалення повітря з теплових пунктів.

					ТП 71 84 01 ПЗ	Арк.
						66
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 7.1 – Параметри мікроклімату виробничого приміщення

Період року	Категорія робіт	Температура, °С					Відносна вологість %		Швидкість руху, м/с	
		оптимальна	допустима				оптимальна	допустима на робочих місцях постійних і непостійних, не більш ніж	Оптимальна, не більш ніж	допустима на робочих місцях постійних і непостійних, не більш ніж
			Верхня межа		Нижня межа					
			На робочих місцях							
			Постійних	Непостійних	Постійних	Непостійних				
Холодний	Легка Іб	17–19	21	23	15	13	40 – 60	70	0,2	До 0,4
Теплий		20–22	27	29	15	15	40 – 60	75	0,3	0,2–0,5

Вентиляція і опалення приміщення забезпечують видалення надлишків вологості та пилу.

Для вимірювання параметрів мікроклімату використовуються ртутні та спиртові термометри (для вимірювання температури), психрометри (для визначення відносної вологості повітря), анемометри й кататермометри (для встановлення швидкості руху повітря).

## 7.2 Виробниче освітлення

В даних робочих приміщеннях застосовано загальне штучне та природне освітлення згідно ДБН В.2.5–27:2017 [17].

Розміри приміщення: довжина 6 м, ширина 6м, висота 3,5 м, тобто вихідні дані для розрахунку:  $A=6$  м;  $B=7$  м;  $H_n=3,5$  м.

Визначаємо площу приміщення:  $S=A \cdot B=6 \cdot 6=36 \text{ м}^2$ .

Схему розміщення світильників у приміщенні наведено на Рис. 7.1.

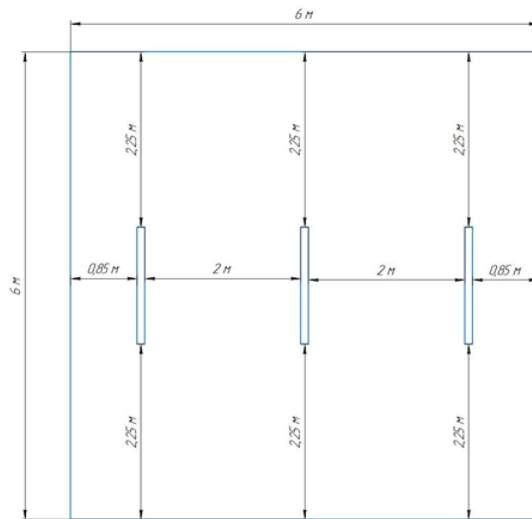


Рисунок 7.1 – Схема розміщення світильників

Обчислимо висоту підвісу світильника над робочою поверхнею:

$$H_p = H_n - h_{p.n}, \quad (7.1)$$

де  $h_{p.n}$  – висота робочої поверхні ( $h_{p.n}=0,8$  м);

$$H_p = 3,3 - 0,8 = 2,5 \text{ м}.$$

Для досягнення рівномірної освітленості проектом передбачено, щоб відношення відстаней між центрами світильників до висоти їх підвісу над робочою поверхнею дорівнювала конкретному числу, характерному для типу вибраного світильника.

У приміщеннях встановлюються люмінесцентні лампи низького тиску ЛБ80, відношення  $L_k/H_p=2$ .

Визначимо  $L_k$  – відношення між центрами світильників:

$$L_k = H_p \cdot 2 = 2,5 \cdot 2 = 5,0 \text{ м}. \quad (7.2)$$

Для визначення коефіцієнта використання світлового потоку необхідно обчислити індекс приміщення:

$$i = \frac{A \cdot B}{(A + B) \cdot H_p} = \frac{6 \cdot 6}{(6 + 6) \cdot 2,5} = 1,1 \quad (7.3)$$

Отримане значення  $i$  округляємо до найближчого табличного  $i$ , прийнявши значення коефіцієнтів відбиття стелі, стін та підлоги «стандартного» приміщення як  $\rho_{ст} = 50\%$ ,  $\rho_{с} = 30\%$  та  $\rho_{під} = 10\%$  відповідно, отримуємо за таблицею коефіцієнтів використання світлового потоку значення  $\eta=23\%$  для світильника.

					ТП 71 84 01 ПЗ	Арк.
						68
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок світлового потоку світильника методом коефіцієнта використання, Лм, виконується за формулою:

$$\Phi_c = \frac{E_n \cdot S \cdot k \cdot z \cdot 100}{N \cdot \eta} = \frac{100 \cdot 36 \cdot 1,3 \cdot 1,15 \cdot 100}{2 \cdot 23} = 11700 \text{ Лм} \quad (7.4)$$

де  $\Phi_c$  – необхідний світловий потік ламп в кожному світильнику, Лм;

$E_n$  – нормована освітленість ( $E = 100 \text{лк}$ );  $k$  – коефіцієнт запасу ( $k = 1,3$ );

$S$  – площа, що освітлюється,  $\text{м}^2$ ;

$z$  – коефіцієнт нерівномірності освітлення, величина якого знаходиться в межах від 1,1 до 1,5 (при оптимальних відношеннях відстані між світильниками до розрахункової висоти; для люмінесцентних ламп  $z = 1,15$ );

$N$  – число світильників в приміщенні.

Визначаємо кількість світильників для установки в приміщенні, шт

$$N = \frac{S}{L_k^2} = \frac{46}{5,4^2} = 1,23 \quad (7.5)$$

Використовуємо 2 світильники Н4Т4Л 3\*58 по 3 лампи Т8 TL–D Philips 58Вт світловим потоком 4000Лм у кожному, отримуємо загальний світловий потік на рівні  $\Phi_{\text{реальн.}} = \Phi_{\text{л}} \cdot 6 = 24000 \text{ Лм}$ , що дуже близько до розрахункового  $\Phi_c \cdot 2 = 23400 \text{ Лм}$ .

На практиці допускається відхилення світлового потоку реального і розрахункового в межах  $-10\%$  до  $+20\%$ .

Розрахуємо похибку для обраної системи освітлення:

$$\Delta = \frac{\Phi_p - \Phi_{\text{розр.}}}{\Phi_{\text{розр}}} \cdot 100\% \quad (7.6)$$

$$\Delta = \frac{24000 - 23400}{23400} \cdot 100 = 2,6\%$$

Підрахована похибка цілком задовольняє вимогам. Отже, потрібно використовувати лампи Т8 TL–D Philips 58Вт, розміщені в трьох світильниках Н4Т4Л 2\*58.

Розрахуємо загальну потужність, що споживається цією системою освітлення:

$$P_c = N \cdot n \cdot P_l, \quad (7.7)$$

де  $N$  – кількість світильників;

$n$  – кількість ламп в одному світильнику;

					ТП 71 84 01 ПЗ	Арк.
						69
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

P1 – потужність, споживана однією лампою, яка становить 58 Вт.

$$P_c = 3 \cdot 2 \cdot 58 = 322 \text{ Вт}. \quad (7.8)$$

Отже, при проектуванні енергосистеми повинна бути врахована потужність 322 Вт, що споживається системою освітлення.

### 7.3 Виробничий шум і вібрація

Одним з головних завдань правильної організації роботи промислового підприємства є контроль рівня шуму і вібрацій, які негативно впливають на здоров'я обслуговуючого персоналу. Основними джерелами шуму в приміщеннях для роботи тепловентиляторів є насоси.

Рівень шуму на виробництві не повинен перевищувати 80 дБА, згідно [18]. Фактичне значення складає 75 дБА, що відповідає регламентованому значенню.

Відповідно до [16], нормуються допустимі величини віброшвидкості (Дб, м/с) або віброприскорення (Дб, м/с<sup>2</sup>) відповідно:

- трубопроводи з середньгеометричною частотою смуг 31,5 Гц відповідно для 1/3 окт: 87 Дб або 0,11 м/с, 57 Дб або 0,224 м/с<sup>2</sup>; для 1/1 окт: 92 Дб або 0,2 м/с, 62 Дб або 0,4 м/с<sup>2</sup>;
- насоси з середньгеометричною частотою смуг 40 Гц для 1/3 окт: 87 Дб або 0,11 м/с, 59 Дб або 0,29 м/с<sup>2</sup>.

Заходи з віброізоляції знижують коливання від працюючого устаткування, сприяють зменшенню шуму і збільшують надійність будівельних конструкцій.

Віброізолюючі елементи:

а) у вигляді окремих опор:

- пружинні віброізолятори, основним робочим елементом яких є одна або кілька сталевих гвинтових пружин;
- пружні прокладки, нерідко мають складну форму;

б) у вигляді шару пружного матеріалу, що укладається між машиною і фундаментом;

в) у вигляді плаваючої підлоги на пружній основі. Підлога на пружній основі являє собою залізобетонну стяжку, влаштовану на пружній основі поверх несучої плити перекриття будівлі.

Також при установці надпотужних промислових компресорів обов'язковою умовою є організація для них локальних фундаментів, відокремлених від конструкції будівель.

					ТП 71 84 01 ПЗ	Арк.
						70
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для поглинання шуму від роботи конденсатора передбачено використання пористого акустичного поролону, який розсіює звукову енергію і перетворює її в теплову. Для збільшення звукоізоляції працюючих компресорів використовується непориста, еластична самоклеюча звукоізоляція на кам'яній основі.

Для контролю шуму і вібрації використовується шумомір і вібратор АСВШ–МГ4.

Якщо в робочій зоні рівень перевищує нормативні значення і заходи щодо віброізоляції і поглинання шуму не знизять його рівень, додатково передбачено застосування індивідуальних засобів захисту від шуму, відповідно до ДСТУ ГОСТ 26568:2009 (навушників, берушів).

#### 7.4 Електробезпека

Котельня за рівнем небезпеки електротравматизму відноситься до 3 категорії «особливо небезпечні приміщення» через наявність струмопровідної підлоги у приміщенні, можливості одночасного дотику людини до корпусу споживача електроенергії та металевих предметів, які мають контакт з землею, а також підвищеної вологості повітря.

Основними споживачами електроенергії в котельні є електродвигуни насосних установок та джерела штучного освітлення.

Електрообладнання живиться від трьохфазної чотирьохпровідної мережі змінного струму з глухозаземленою нейтраллю частотою 50Гц (ПУЕ – 17).

Для виключення можливих електротравм при експлуатації електрообладнання тепlopункту проектом його реконструкції передбачено впровадити наступні заходи:

- ізоляція нормально струмоведучих частин з опором  $R_{32} \geq 1 \text{ кОм}$ ; допускається експлуатація електроустановок при зниженні опору ізоляції до  $0,5 \text{ кОм}$  ;

- прилади, що огорожують та закривають, буде виконано таким чином, щоб знімати чи відкривати їх можна тільки за допомогою ключів чи інструменту;

- живлення ламп накаливання загального освітлення здійснюється від трифазної мережі перемінного струму 380/220 В з глухозаземленою нейтраллю, висота підвішування ламп 3,5м;

- передбачено мережу розеток 12 В для переносного освітлення;

- для захисту персоналу від помилкових дій та випадкового дотику до струмоведучих частин застосована різнокольорова ізоляція провідників окремих

					ТП 71 84 01 ПЗ	Арк.
						71
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



елементів електросхем, таблички та написи з позначенням робочих напруг, попереджувальні знаки, використання напруги до 42 В для підключення електроінструменту;

- для захисту обслуговуючого персоналу від ураження електричним струмом, від дії електричної дуги, всі установки забезпечуються засобами захисту;

- наявність надійного та швидкодіючого автоматичного відключення частин електрообладнання, яке випадково виявилось під напругою та пошкоджених частин електромереж [17].

### **7.5 Безпека технологічних процесів та обслуговування обладнання**

В даному проекті обладнання здійснюється автоматично: контроль, управління та регулювання. Це дозволяє мінімізувати контакт працівників з обладнанням.

Доступ до приміщення осіб з кваліфікаційною групою з електробезпеки нижче II дозволено тільки під наглядом особи, що обслуговує ці установки. До обслуговування теплообмінників та насосів допускається лише та особа, яка має кваліфікаційну групу з електробезпеки не нижче III.

Заходи, які передбачені проектом, для уникнення аварійних ситуацій:

- система контролю та сигналізація для попередження про небезпечну ситуацію у тепловому пункті;
- прилади знаходяться в справному стані та присутній плановий ремонт та техогляд;
- персонал ознайомлений з документацією щодо правил безпеки, зберігання та експлуатації обладнання.

Також обов'язково всі працівники, які працюють на даному об'єкті, проходять інструктаж з охорони праці

### **7.6 Пожежна безпека**

Відповідно до вимог будівельних норм і правил і від характеру використовуваних у виробництві речовин і їхньої кількості проєктована котельня ставиться до виробництва категорії Г, вогнестійкість будинків котельні характеризується II ступенем вогнестійкості.

Найбільш частими причинами пожеж можуть бути:

- порушення правил пожежної безпеки;
- порушення правил зберігання горючих речовин, особливо поблизу нагрівальних

					ТП 71 84 01 ПЗ	Арк.
						72
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

приладів;

- порушення правил експлуатації електроустаткування;
- паління в не відведених для цих цілей місцях.

Вибухи й пожежі можуть відбутися при витоках газу через нещільності різних з'єднань газопроводів і арматур.

Загальні вимоги пожежної безпеки викладено в [16–17]: всі трубопроводи котельні з температурою поверхні вище 45°C ізолюють. Ізоляція виконана двошаровою: першим шаром є мінерало–ватний, а другий покривний матеріал – фольга.

Для продувки газопроводів передбачені продувні свічі й штуцери (вибираються залежно від діаметра вихідного отвору на трубопроводі) із запірними органами й заглушками для поводження продувного агента гнучким шлангом. Обмін забезпечується п'ятикратний не більш ніж за 20 хв. Продувні свічі виводяться вище даху котельні на 1 м.

Проектом реконструкції котельні передбачається установка клапана запобіжно–запірного електромагнітного газового КПЭГ Ду100 Саратовского ВАТ «Газапарат» для контролю загазованості в котельні на уведенні газопроводу в котельню, що спрацьовує при перевищенні припустимих концентрацій токсичних і вибухонебезпечних газів у приміщенні котельні.

Котельні установки постачають наступними захистами й блокуваннями: на погашення факела, відключення всіх димососів, вентиляторів, повітропідігрівників. Запалювання пальників блокується без попередньої вентиляції топлення протягом 10...15 хв, подача палива повністю припиняється при закритому повітряному шибері або відключеному вентиляторі даного пальника. Подача палива блокується при хоча бодній незакритій засувці з електроприводом у пальника.

Передбачено пристрої захисту від блискавки в будівлі – стрижньові блискавковідводи.

Для розміщення первинних засобів пожежогасіння в котельні установлені спеціальні пожежні щити з набором для пожежогасіння: пінних вогнегасників ОХВП– 10–12шт.; вуглекислотних вогнегасників, ОУ– 5–3шт.; ящик з піском; щільне полотно. Щити розташовуються у легко доступних місцях, ближче до виходів із приміщень. На місцевому тепловому щиті кожного котла є два вуглекислотних вогнегасники ОУ– 5.

Кількість, розташування та умови зберігання вогнегасників відповідають ДСТУ 3675–98 та ISO 3941–77

У котельні влаштований протипожежний водопровід. Пожежні крани встановлені в приміщенні котельні.

Протипожежне водопостачання забезпечується наступними проектними рішеннями:

					ТП 71 84 01 ПЗ	Арк.
						73
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- загальна витрата води на площадці становить 10 л/с, з урахуванням потреб пожежогасіння:

- пожежогасіння котельні приймається двострунним. Необхідний напір при внутрішньому пожежогасінні становить 16 м;

- пожежні крани до котельному відділенні розміщені на основних оцінках обслуговування;

- у допоміжних, санітарно – побутових приміщеннях котельні проектом передбачена пожежна сигналізація.

Для попередження руйнування устаткування при можливому нагромадженні природного газу на металевих газоходах від каналів до димаря встановлені підривні клапани.

Для пожежної сигналізації, згідно ДБН В.2.5–56–14, застосовано пристрої охоронної сигналізації УОТС– 1– 1, які працюють з димовими й тепловими датчиками.

Датчики встановлюються на стелі. Пристрій охоронної сигналізації встановлюється в приміщенні чергового персоналу.

Таблиця 7.2 – Показники пожежо– та вибухонебезпечних речовин.

Котел	Назва дільниці	Показники пожежо– та вибухонебезпечності			Межа вибуху		Вибухонебезпечні суміші з повітрям		Вогнегасні засоби	Категорія приміщення за ЗНТП 24–86	Клас приміщення і зовнішніх установок згідно з ПУЕ	Категорія об'єкта і тип зони захисту і влаштування блискавкозахисту згідно з БН 305–77
		Температура спалаху	Температура займання	Температура самозаймання	% об'ємних	мг/м <sup>3</sup>	Категорія	Група				
Природний газ	Речовини, що мають обіг у виробництві ГОСТ											
Газ	Агрегатний стан речовини в нормальних умовах											
негорючий	Горючість, займистість											
–												
600												
650												
3,7–33,5												
–												
–												
–												
Вогнегасники, пісок												
Г												
2												
Б–1а												

### 7.7 Висновок до розділу 7

В цьому розділі були розглянуті такі проблеми: виявлення і аналіз шкідливих і небезпечних факторів, заходи з охорони праці, розрахунок аерації цеху, виробниче освітлення, виробничий шум та вібрації, електробезпека. Безпека виробничих процесів та обслуговування обладнання, пожежна безпека.

					ТП 71 84 01 ПЗ	Арк.
						75
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВИСНОВКИ

В даному дипломному проєкті бакалавра була виконана реконструкція водогрійної опалювальної котельні в м. Харків, що виробляє теплоту для опалення споживачів, а також теплоту для потреб ГВП.

В результаті розрахунків теплових навантажень були отримані теплові втрати одного будинку з житлового масиву, який є безпосереднім споживачем теплової енергії котельні. Теплові навантаження складають: 9,42 МВт – навантаження системи опалення; 0,465 МВт – навантаження системи ГВП; 9,885 МВт – сумарне навантаження котельні.

Для отриманого навантаження була розроблена теплова схема котельні, за якою було підібране необхідне основне обладнання.

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

три водогрійні газові котли фірми "Viessmann" тип Vitomax LW M62C потужністю 3140 кВт на систему опалення, з автоматикою безпеки, автоматикою регулювання котлових параметрів та коефіцієнтом корисної дії не менше 93%;

автоматизовані газові пальники з модульним регулюванням спалювання газу фірми "ELCO" тип EKEVO 7.4500 G-EF3/BT3 KN;

один водогрійний газовий котел фірми "Viessmann" тип Vitoplex 200 SX2A потужністю 465 кВт на систему гарячого водопостачання, з автоматикою безпеки, автоматикою регулювання котлових параметрів та коефіцієнтом корисної дії не менше 93%;

Необхідні для руху теплоносія насоси були взяті від німецької фірми "WILO", тип IL 150/390-75/4 (1-робочий, 1-резервний) на опалювальний період з параметрами  $G_{max}=330$  м³/год;  $H=41$  м.в.ст.. Насоси з частотним керуванням.

Для забезпечення безпечного обслуговування котельні та наявного в ній працюючого обладнання, а також обладнання, що ремонтується було розроблено комплекс заходів, яких необхідно дотримуватися під час експлуатації котельні та висвітлено в розділі 7 "Охорона праці".

					ТП 71 84 01 ПЗ	Арк.
						76
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Варламов Г.Б. Теплоенергетика та екологія: Підручник / Г.Б. Варламов, Г.М. Любчик, В.А. Малярєнко. – Х.: «Видавництво САГА», 2008. – 234 с.
2. Боженко М.Ф. Джерела теплопостачання та споживачі теплоти: навч. посіб. / М.Ф. Боженко, В.П. Сало. – Київ : ІВЦ «Видавництво «Політехніка», 2004. – 192 с.
3. ДБН В.2.5–77:2014. Котельні. [Чинні від 2015–01–01]. Київ, 2014. 61с. (Інформація та документація).
4. Алабовський О.М. Проектування котелень промислових підприємств: Курсове проектування з елементами САПР : навч. посібник / О.М. Алабовський, М.Ф. Боженко, Ю.В. Хорєнженко. – К.: Вища шк., 1992. – 207 с.
5. ДСТУ–Н Б В.1.1–27:2010. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія. [Чинні від 2011–11–01]. Київ, 2011. 130 с. (Інформація та документація).
6. Е.А. Краснощеков, А.С. Сукомел – 4–е изд., перераб. – М.: Энергия, 1980. – 288 с., ил. ДБН В.2.5–39:2008. Інженерне обладнання будинків і споруд.
7. Зовнішні мережі та споруди. Теплові мережі. [Чинні від 2009–01–07]. Київ, 2009. 56с. (Інформація та документація).
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. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. / Е.Я.Соколов. – М.: Издательство МЭИ, 2001. – 472с. 5 Проектирование тепловых пунктов. СП 41 – 101–95. – Москва: Госстрой России – 1999. – 79 с
10. 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; КППіМ. Ігоря Сікорського.– Електронні текстові дані (1 файл: 1,6Мбайт).–Київ: КПП ім. Ігоря Сікорського, 2020.–51с.
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; КПП ім. Ігоря Сікорського.– Електронні текстові дані (1 файл: 1,8Мбайт).–Київ: КПП ім. Ігоря Сікорського, 2021.–53с.

					ТП 71 84 01 ПЗ	Арк.
						77
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

12. «Переліку найбільш поширених і небезпечних забруднюючих речовин, викиди яких в атмосферне повітря підлягають регулюванню», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 29.11.2001 № 1598 – Назва з екрана <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1598-2001-%D0%BF#Text>;

13. Інструкції про порядок та критерії взяття на державний облік об'єктів, які справляють або можуть справити шкідливий вплив на здоров'я людей і стан атмосферного повітря, видів та обсягів забруднюючих речовин, що викидаються в атмосферне повітря», затвердженої наказом Мінекоресурсів України від 10.05.2002 № 177 та зареєстрованої у Міністерстві юстиції України 22.05.2002 за № 445/6733 – Назва з екрана <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0445-02#Text>

14. ДБН В.2.5-20-2018 "Газопостачання" [Чинні від 2019-06-01]. Київ, 2019. 113с. (Інформація та документація).

15. ДБН В.2.5-64:2012 Внутрішній водопровід та каналізація. Частина I. Проектування. Частина II. Будівництво [Чинні від 2013-03-01]. Київ, 2013. 134с. (Інформація та документація).

16. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення [Чинні від 2019-03-01]. Київ, 2018. 137с. (Інформація та документація).

17. ДБН В.2.5-56:2014 Системи протипожежного захисту [Чинні від 2015-07-01]. Київ, 2015. 134с. (Інформація та документація).

					ТП 71 84 01 ПЗ	Арк.
						78
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Додаток А

## СПИСОК НАУКОВИХ ПРАЦЬ І ТВОРЧИХ ДОСЯГНЕНЬ

Грищенко Владислав Іванович  
(прізвище, ім'я, по-батькові студента)

№ з/п	Найменування праць	Рукописні або друковані	Назва видавництва, журналу (номер, рік) або номер авторського свідоцтва, номер диплома на винахід	Кількість друкованих аркушів або сторінок разом	Прізвища співавторів праць
1	2	3	4	5	6
1	Технічне переоснащення котельні з використанням системи AutoCad. ГРИЩЕНКО В.І., студент гр. ТП-71 Керівник – доц., к.т.н. Притула Н.О	Друк.	Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики: Матеріали XVI Міжнародної науково-практичної конференції аспірантів, магістрантів і студентів, м. Київ, 20–23 квітня 2021 р. У 2 т. – К. : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – Т. 1. – 282–283 с. ISBN 978–966–990–026–5 (Т. 1)	2 с.	Притула Н.О.

Автор

Владислав ГРИЩЕНКО



## Додаток Б

### Перевірка дипломного проєкта на академічну доброчесність



Ім'я користувача:  
Боженко Михайло Федорович

ID перевірки:  
1008295548

Дата перевірки:  
14.06.2021 19:26:35 EEST

Тип перевірки:  
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:  
14.06.2021 19:29:05 EEST

ID користувача:  
100005082

Назва документа: Grishenko\_bakalavr

Кількість сторінок: 56 Кількість слів: 12764 Кількість символів: 82492 Розмір файлу: 1.97 MB ID файлу: 1008364014

## 35% Схожість

Найбільша схожість: 15.3% з джерелом з Бібліотеки (ID файлу: 1008324160)

28.4% Джерела з Інтернету

34

Сторінка 58

27.7% Джерела з Бібліотеки

105

Сторінка 59

## 0% Цитат

Вилучення цитат вимкнено

Вилучення списку бібліографічних посилань вимкнено

## 0.14% Вилучень

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

0.09% Вилучення з Інтернету

77

Сторінка 60

0.06% Вилученого тексту з Бібліотеки

260

Сторінка 61

## Модифікації

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

Замінені символи

238

		Позиція	Найменування і технічна характеристика	Тип, марка, позначення документу, опитувального листа	Код обладнання, виробу, матеріалу	Завод – виробник	Одиниця виміру	Кількість	Маса одиниці, кг	Примітка
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
		Основне обладнання								
Взаєм. інв. №		K1	Котел водогрійний низькотемпературний газувий потужністю 3,140 МВт, Рр=6 бар	MC62C Vitomax LW		Viessmann	к-т.	3		
		K1.1	Пальник газувий, модульований в комплекті з газовою рампою Q=510–4290 кВт; Рдв=7,5 кВт; 50 Hz; DN65	EK EVO 7.4500 G-EF3/BT3 KN		Elco	к-т.	3		
		K2	Котел водогрійний низькотемпературний газувий потужністю 0,465 МВт, Рр=6бар	Vitoplex 200 SX2A		Viessmann	к-т.	1		
		K2.1	Пальник газувий, модульований в комплекті з газовою рампою DN40	MG 20/1		Giersch	к-т.	1		
		K3	Насос рециркуляції котла G=55 м³/год, H=5,0 м з частотним керуванням	Stratos GIGA 80/1-16/2,3-R1		Wilo	к-т.	3		
		K4	Насос рециркуляції котла G=8 м³/ч, H=5,0 м з частотним керуванням	Stratos GIGA 50/1-14/0,8-R1		Wilo	к-т.	1		
		K5	Мережевий насос зовнішнього контуру G=330 м³/год, H=41 м в комплекті шафа з частотним керуванням	IL 150/390-75/4		Wilo	к-т.	2		
		K6	Теплообмінник нагріву мережної води, 5,72Гкал/год	S100-IS16-190-TMTL62			к-т.	2		
		K7	Циркуляційний насос внутрішнього контуру G=340 м³/год, H=18 м в комплекті шафа з частотним керуванням	IL 150/305-30/4		Wilo	к-т.	2		
		K8	Циркуляційний насос внутр. контуру ГВП G=17,0 м³/год, H=16 м, з частотним керуванням	HELIX VE1602-1/16/E/S		Wilo	к-т.	2		
		K9	Теплообмінник ГВП, 0,393 Гкал/год	S7A-ST16-31-TKTL98			к-т.	1		
		K10	Бак запасу води ГВП, 10м³	БАГВ-10			к-т.	2		
		K11	Насос рециркуляції ГВП з баків G=2 м³/год, H=15 м	IPL 32/105-0,75/2		Wilo	к-т.	1		
		K12	Циркуляційний насос ГВП G=5,2 м³/год, H=50 м	Helix VE 410-1/16/E/S		Wilo	к-т.	2		
Підп. та дата		K13	Теплообмінник нагріву води перед ХВП	S4A-IG16-10-TL			шт.	1		
		K14	Комплексна ХВП G=3,5 м³/год	Delta-p 1 1/4”			к-т.	1		
Інв. № дійсн.										
								ТП 71 84 001 ТМК.С		
								Житлового масиву у м. Харкові		
		Ізм.	Кіл.	Лист	N°док.	Підпис	Дата	Котельня. Реконструкція		
		Студент		Грищенко						
		Керівник		Притула						
		П. контр.								
Н. контр.		Боженко				Специфікація обладнання		КПІ ім. Ігоря Сікорського ТЕФ, кафедра ТПТ		
Зав. Каф.		Варламов								

		Позиція	Найменування і технічна характеристика	Тип, марка, позначення документа, опитувального листа	Код обладнання, виробу, матеріалу	Завод – виробник	Одиниця виміру	Кількість	Маса одиниці, кг	Примітка		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Інв. № ориг.	Зам. інв. №	K14.1	Механічний фільтр Gном=3,5 м³/год				шт.	1				
		K15	Бак запасу підготовленої води, 10 м³	V-10000			шт.	3				
		K16	Станція деаерації мережевої води	Spirotech S600-R			к-т.	3				
		K17	Абонентський грязьовик, Ду 250				шт.	1				
		K18	Станція підживлення мережевого контуру	SiBoost 2 Helix VE 206		Wilo	к-т.	1				
			G=3,5 м³/год, H=30 м, з частотним керуванням									
		K19	Станція дозування хім. речовин у складі:	DM 2/40, 200l		Genodos	к-т.	1				
			– Дозуючий насос									
			– Бак розчину реагентів 200 л									
			– Лічильник з імпульсним виходом									
		K20	Сепаратор шлам та мікробульбашок DN250	SpiroCombi DN250			шт.	1				
		K21	Сепаратор мікробульбашок DN250	Spirovent Air DN250			шт.	1				
		K22	Триходовий клапан, фл			Danfoss	к-т.	1				
			DN50; Kvs=40 м³/год; PN16, 220B	Danfoss VF3								
		K23	Розширювальний бак, 1500 л, PN10, 2”	Wilo-U 1500/10		Wilo	шт.	3				
		K24	Розширювальний бак, 80 л, PN6, 1”	Wilo-H 80/6		Wilo	шт.	1				
		K25	Насос підвищення тиску XB	Helix VE 604-1/16/E/S		Wilo	к-т.	1				
			G=7,6 м³/год, H=25 м, з частотним керув.									
		K26	Охолоджувач відбору проб ООП-1	OCT108.030.04-80			шт.	6				
		K27	Тепловий лічильник з 2 вимірювальними ділянками Gном=320 м³/год, DN200	CBТУ10М виконання 5		Семпал	к-т.	1				
			– дві вимірювальні ділянки DN200									
			– термоперетворювач опору (кабель 5м)									
			– RS485									
		Підпис і дата		– модуль зв’язку								
	K28		Тепловий лічильник власних потреб котельні Gном=12 м³/год, DN40	CBТУ-10М виконання 2		Семпал	к-т.	1				
			з одною ділянкою та комплектом термоперетворювачів									
	K29		Лічильник теплової ен. мережі ГБП Gном=5,2 м³/год, DN32	CBТУ-10М виконання 7		Семпал	к-т.	1				
	Інв. № ориг.	K30	Триходовий клапан теплової мережі DN200; Kvs=630 м³/год; PN16, 220B	Danfoss VF3 + AME 855		Danfoss	к-т.	1				
											Арк.	
										2		
					Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата	Т/Г 71 84 001 ТМК.С	

## ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проєкт	2	
2	A4	ТП 71 84 001 ПЗ	Пояснювальна записка	80	
3	A1	ТП 71 84 001 001 ТМК	Теплова схема	1	
4	A1	ТП 71 84 001 002 ТМК	Компоновка обладнання. План на відм. 0,000	1	
5	A1	ТП 71 84 001 003 ТМК	Розташування трубопроводів. План на відм.0,000	1	
6	A1	ТП 71 84 001 004 ТМК	Розташування трубопроводів. Розріз 1–1	1	
7	A3	ТП 71 84 001 ТМК.С	Специфікація обладнання	2	

				ТП 71 84 001		
	ПІБ	Підп.	Дата	Відомість дипломного проєкту	Аркуш	Аркушів
Студент	Грищенко					1
Керівн.	Притула				КПІ ім. Ігоря Сікорського, ТЕФ, Кафедра ТПТ	
Консульт.	—					
Н.контр.	Боженко					
Зав.каф.	Варламов					