

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю.М. ПОТЕБНІ**

КАФЕДРА ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКИ ТА ГІДРОЕНЕРГЕТИКИ

Кваліфікаційна робота

___ перший бакалаврський ___
(рівень вищої освіти)

на тему: «Розрахунок та вибір обладнання водопідготовки котельні по вул.
Фортчна м. Запоріжжя»

Виконав: студент __IV__ курсу, групи _ТЕ-17-1бз_
Спеціальності __144 «Теплоенергетика»_
освітньої програми _Теплоенергетика____
Дзиковський Сергій Олександрович
(ініціали та прізвище)

Керівник доц. каф., к.т.н. Карпенко Г.В.
(вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент доц., канд. техн. наук Радченко В.В.
(вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя
2022

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю.М. ПОТЕБНІ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра _____ Теплоенергетики та гідроенергетики _____

Рівень вищої освіти _____ перший бакалаврський _____

Спеціальність _____ 144 Теплоенергетика _____

Освітня програма _____ Теплоенергетика _____

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____

« _____ » _____ 20 _____ року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Дзиковський Сергій Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проекту) «Розрахунок та вибір обладнання водопідготовки котельні по вул. Фортчна м. Запоріжжя»

керівник роботи Карпенко Ганна Володимирівна, канд. техн. наук.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від « 17 » січня 2022 року № 91-с _____

2 Строк подання студентом роботи 27 травня 2022 року.

3 Вихідні дані до роботи: кількість житлових будинків – 6, розміри будинку: висота – 27м, ширина – 23,8м, глибина – 28,53м, матеріал стін – залізобетон з утеплювачем з пінополістеролових плит, світлопрозорі конструкції – двокамерні склопакети, перекриття – з горищем, підлога – з утеплювачем, кількість споживачів гарячої води – 189, температурний графік теплової мережі – (95/70)°С.

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): 1) Розрахунки теплових навантажень споживачів на опалення і гаряче водопостачання (розрахункові, середні, річні). Теплова схема котельні (опис, вихідні дані до розрахунку, розрахунки для трьох характерних режимів). Вибір основного та допоміжного обладнання котельні (котли, насоси, ємнісний підігрівач гарячої води, гідравлічний розподілювач). Водопідготовка котельні (опис схеми, розрахунки та вибір обладнання).

Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): Титульний аркуш, мета та завдання роботи, принципова теплова схема водогрійної котельні, результати розрахунків втрат теплоти через огорожуючі конструкції, результати розрахунків максимальних навантажень споживачів, принципова теплова схема водогрійної котельні, результати розрахунку теплової схеми для режимів I-III, схема водопідготовки.

5 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Карпенко Г.В., доц. каф. ТГЕ		
Розділ 2	Карпенко Г.В., доц. каф. ТГЕ		
Розділ 3	Карпенко Г.В., доц. каф. ТГЕ		
Розділ 4	Карпенко Г.В., доц. каф. ТГЕ		
Розділ 5	Карпенко Г.В., доц. каф. ТГЕ		

6 Дата видачі завдання 20.01.2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Теплові навантаження, розрахунки теплової схеми		
2	Розрахунки та вибір обладнання водопідготовки		
3	Охорона праці		
4	Графічна частина:		
5	- теплова схема		
6	- розміщення обладнання		
7	Оформлення пояснювальної записки		

Студент _____
(підпис)

_____ С.О. Дзиковський _____
(ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проекту) _____
(підпис)

_____ Г.В. Карпенко _____
(ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер _____
(підпис)

_____ С.Є. Чижов _____
(ініціали та прізвище)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломного проекту вміщує: 70 сторінок, 2 таблиці, 9 рисунків, 20 посилань.

КОТЕЛ, ОПАЛЕННЯ, ГАРЯЧЕ ВОДОПОСТАЧАННЯ, ПРИРОДНИЙ ГАЗ, ВОДОПІДГОТОВКА, НАСОС, ТЕПЛООБМІННИК.

Мета проекту – підвищення ефективності роботи теплоенергетичного обладнання котельні задля економії природний газу.

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

Розрахункові витрати теплоти на опалення визначено за втратами теплоти огороженнями будинків, яка склала 745 кВт, при цьому також враховані витрати теплоти на нагрівання інфільтраційного повітря.

Складена і розрахована теплова схема опалювальної водогрійної котельні для закритої системи тепlopостачання при централізованому приготуванні гарячої води усередині котельні.

За результатами розрахунків теплової схеми обрано два водогрійних котли, обрано допоміжне обладнання котельні з урахуванням виконаних гідравлічних розрахунків.

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, скорочень, термінів	8
ВСТУП	10
1 РОЗРАХУНКИ ТЕПЛОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ СПОЖИВАЧІВ	12
1.1 Витрати теплоти на опалення	12
1.2 Витрати теплоти на гаряче водопостачання	22
2 ТЕПЛОВА СХЕМА КОТЕЛЬНІ	28
2.1 Опис теплової схеми водогрійної котельні	28
2.2 Вихідні дані для розрахунку теплової схеми	29
2.3 Розрахунок теплової схеми котельні	31
3 ВИБІР ОСНОВНОГО ТА ДОПОМІЖНОГО ОБЛАДНАННЯ КОТЕЛЬНІ	36
3.1 Вибір котлів	36
3.2 Вибір насосів	38
3.3 Вибір гідравлічного розподільвача	58
3.4 Вибір ємнісного підігрівача гарячого водопостачання	59
4 ВОДОПІДГОТОВКА КОТЕЛЬНІ	65
4.1 Загальні положення	65
4.2 Вибір схеми водопідготовки. Опис роботи	65
4.3 Вибір обладнання водопідготовки	67
5 ОХОРОНА ПРАЦІ	72
5.1 Технічні рішення та організаційні заходи з безпеки експлуатації технологічного обладнання	73
5.2 Технічні рішення та організаційні заходи з гігієни праці та виробничої санітарії	77
5.3 Технічні рішення з питань пожежної безпеки	81
ВИСНОВКИ	83
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	84

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

Умовні позначення

Q – тепловий потік, кількість теплоти;

k – коефіцієнт теплопередачі;

F – площа поверхні;

Δt – температурний перепад;

t – температура;

L – довжина;

V – об'єм;

G – витрата;

m – кратність повітрообміну;

ρ – густина;

c – теплоємність;

ω – швидкість;

f – площа поперечного перерізу каналу;

d – діаметр трубопроводу.

Індекси

Нижні:

о – опалення;

макс –максимальний;

сер –середній;

вн – внутрішній;

р– розрахункова;

річн –річна;

п – повітря;

гв – гаряча вода; хв – холодна вода;

зовн – зовнішній;

сист – система;

вит – витікання;

м.п – мережевий підігрівник; в.к – водогрійний котел;

пер – перепуск;

рец – рециркуляція; зав – завантаження; м – мережа;

мн – мережний насос; в – вода;

тр – трубопроводи.

Верхні:

л – літній період;

тах – максимальний;

в.п – власні потреби;

гв – гаряча вода;

в – відпуск;

ном – номінальна;

д – дійсна;

м – мережа.

Скорочення

ГВП – гаряче водопостачання;

ТОА – теплообмінний апарат;

ХВО – хімічна вода підготовка;

ККД – коефіцієнт корисної дії

ВСТУП

В сучасній українській енергетиці існує чимало проблем, які потрібно вирішувати. Основною є проблема застарілого обладнання, яке має низький ККД, потребує частого ремонту та контролю за процесом виробництва теплової енергії. Зокрема, це стосується котелень централізованого і помірно-централізованого теплопостачання.

Котельні систем централізованого і помірно-централізованого теплопостачання поділяються на районні, квартальні (групові), котельні підприємств.

Районні котельні призначені для теплопостачання району житлової забудови або промислового вузла і входять до складу підприємств об'єднаних котелень і теплових мереж. Районні котельні можуть бути промисловими, опалювальними та промислово-опалювальними.

Квартальні котельні призначені для теплопостачання кварталу або групи будівель і також входять до складу підприємств об'єднаних котелень і теплових мереж. Квартальні котельні є тільки опалювальними.

Найефективнішим, але, не найдешевшим шляхом вирішення цієї проблеми є заміна існуючого застарілого теплотехнічного обладнання на нове, більш ефективне обладнання з необхідною автоматикою для автоматичного регулювання параметрів роботи котельні та контролю за відпуском теплоти.

В дипломному проекті бакалавра представлено проект реконструкції опалювальної водогрійної котельні в м. Запоріжжя, що працює на групу споживачів, за наступними вихідними даними:

- кількість житлових будинків – 6;
- кількість споживачів гарячої води – 567 людини;
- кількість водорозбірних приладів – 567 шт.;
- матеріал стін: пінобетон, облицьований цеглою;
- матеріал перекриття: збірні залізобетонні плити;
- вікна: подвійний склопакет з металевою рамою;

- система тепlopостачання – закрыта;
- температурний графік теплової мережі – (95/70) °C.

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. Запоріжжя за [1] визначаю кліматологічні дані:

- а) тривалість опалювального періоду $n_o = 180$ діб;
- б) розрахункова температура зовнішнього повітря для опалювання в холодний період року $t_{p.o.} = -20$ °C;
- в) середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період $t_{ср.o.} = 0,3$ °C;
- г) середня температура зовнішнього повітря найбільш холодного місяця $t_{ср.х.м} = -4,2$ °C. План одного з житлових будинків наведено на рис.1.1.

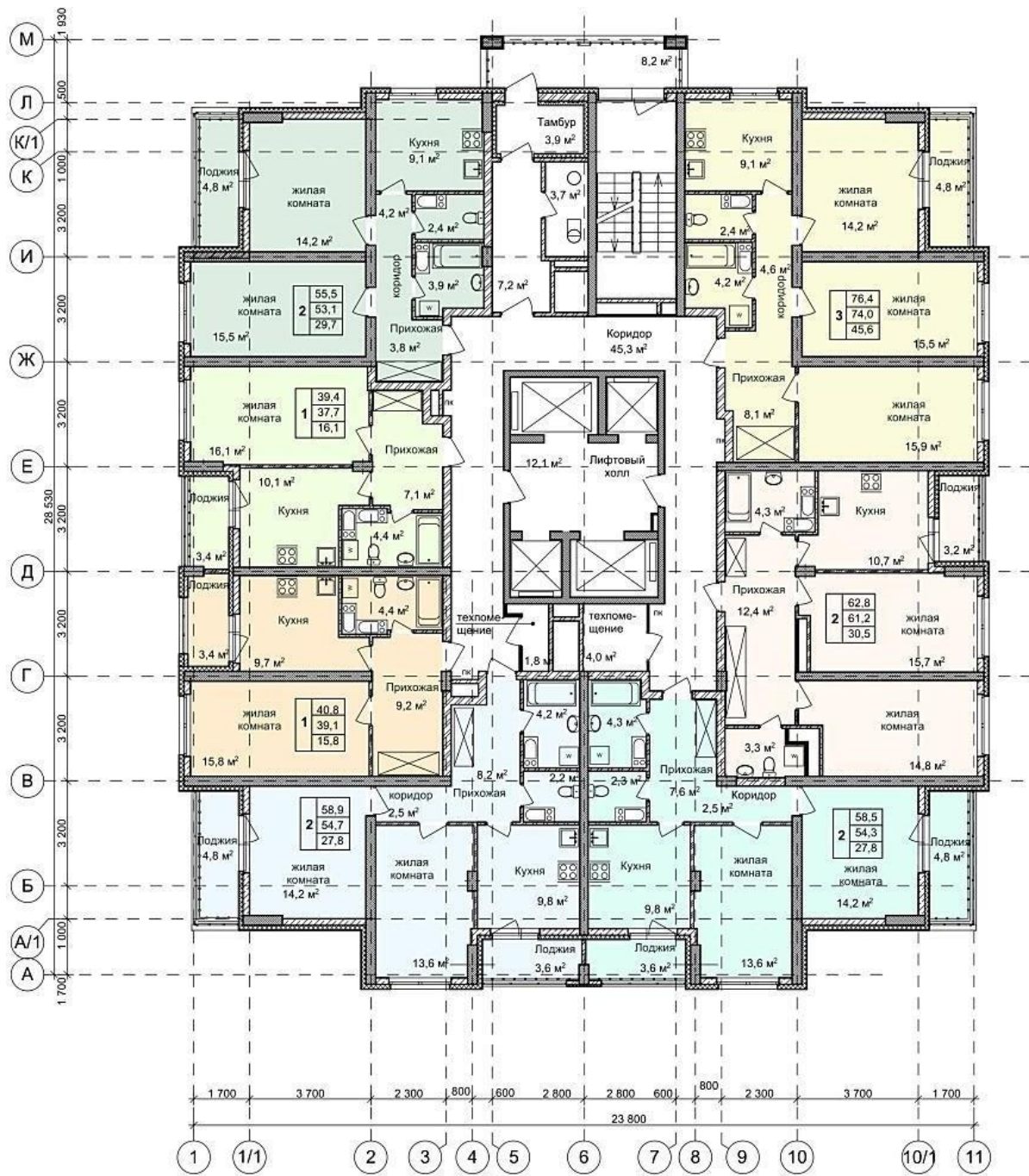


Рисунок 1.1 – План одного з житлових будинків

1.1.1 Вихідні дані до розрахунку:

- кількість житлових будинків – 6;

Характеристика одного будинку:

- кількість поверхів – 9;
- розміри будинку – 23,8x28,53x27 м;
- опалюваний об'єм – 18334 м³;
- кількість споживачів гарячої води – 567 людини;
- кількість водорозбірних приладів – 567 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 [1]:

$$Q_{втр} = \Sigma Q_{обр} + Q_{інф} \quad (1.1)$$

де $\Sigma Q_{обр}$ – сумарні втрати теплоти через зовнішні огороджувальні конструкції (зовнішні стіни, вікна, зовнішні двері, перекриття для останнього поверху, підлогу для першого поверху), кВт;

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

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

$$Q_{обр.i} = K \cdot F_i \cdot \Delta t_i \cdot (1 + \Sigma \beta_i) \cdot n_i \cdot 10^{-3} \quad (1.2)$$

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

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

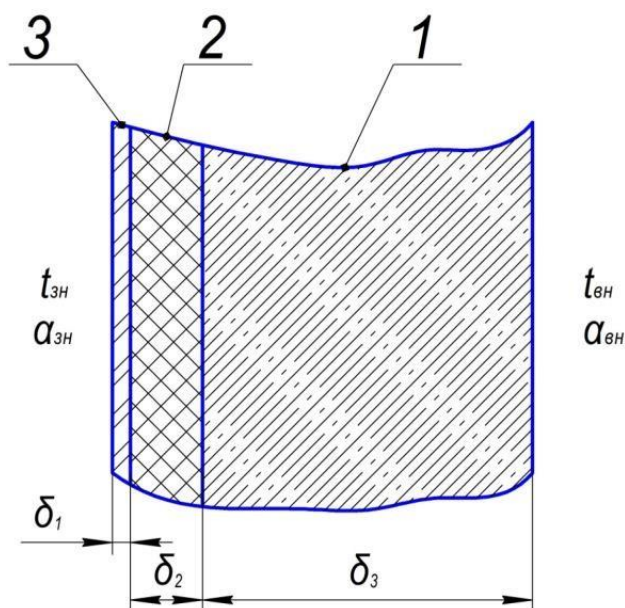
n_i – поправка на розрахункову різницю температур, що залежить від геометричного положення огороження;

β_i - додаткові втрати теплоти в частках до основних.

1.1.3.1 Коефіцієнти теплопередачі огорожень визначаю згідно з архітектурними даними:

– зовнішні стіни.

Фрагмент зовнішньої стіни зображено на рис. 1.2.



1 – монолітна залізобетонна стіна : $\delta_1 = 0,53$ м, $\lambda_1 = 1,51$ Вт/(м²·К) ;

2 – утеплювач : $\delta_2 = 0,10$ м, $\lambda_2 = 0,042$ Вт/(м²·К) [3];

3 – навісна фасадна система: $\delta_3 = 0,04$ м, $\lambda_3 = 3,2$ Вт/(м²·К)

Рисунок 1.2 – Фрагмент зовнішньої стіни

Отже, коефіцієнт теплопередачі через огорожувальні конструкції розраховую за наступною формулою:

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

де $\alpha_{\text{вн}}$, $\alpha_{\text{зн}}$ – коефіцієнти тепловіддачі внутрішніх і зовнішніх поверхонь огорожувальних конструкцій, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \text{ К})$, рекомендовано $\alpha_{\text{вн}} = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ К})$, $\alpha_{\text{зн}} = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ К})$.

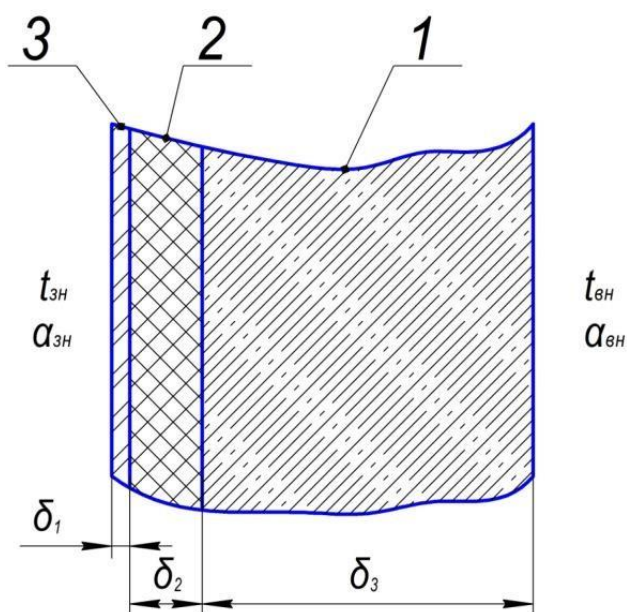
Підставивши значення відповідних величин, отримаємо:

$$k_{\text{обг}} = \frac{1}{\frac{1}{8,7} + \frac{0,53}{1,51} + \frac{0,1}{0,042} + \frac{0,04}{3,2} + \frac{1}{23}} = 0,344 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

- перекриття (див. рис. 1.3).

Коефіцієнт теплопередачі через перекриття:

$$k_{\text{пер}} = \frac{1}{\frac{1}{8,7} + \frac{0,03}{1,1} + \frac{0,2}{0,17} + \frac{0,53}{1,51} + \frac{1}{23}} = 0,58 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$



- 1 – залізобетонна плита перекриття : $\delta_1 = 0,53 \text{ м}$, $\lambda_1 = 1,51 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$;
 2 – еврорубероїд на бітумній мастиці : $\delta_2 = 0,2 \text{ м}$, $\lambda_2 = 0,17 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$;
 3 – атмосферостійка керамічна плитка : $\delta_3 = 0,03 \text{ м}$, $\lambda_3 = 1,1 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$.

Рисунок 1.3 – Фрагмент перекриття

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

Згідно з [1] додаткові втрати теплоти в Україні враховуються тільки на швидкість вітру та його повторюваність.

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

Оскільки в м. Запоріжжя для всіх напрямків орієнтації приміщень, окрім Південно-Західного та Західного середня швидкість вітру менше за 4,5 м/с, і повторювальність менша за 15% [1], то відповідно для Західної орієнтації $\Sigma\beta = 0,05$, а для інших – дорівнює нулю.

Розрахунки за формулою (1.2) виконані для одного із житлового будинку.

1.1.3.3 Розрахункова різниця температур.

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

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

$$\Delta t = 20 - (-20) = 40 \text{ } ^\circ\text{C}$$

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

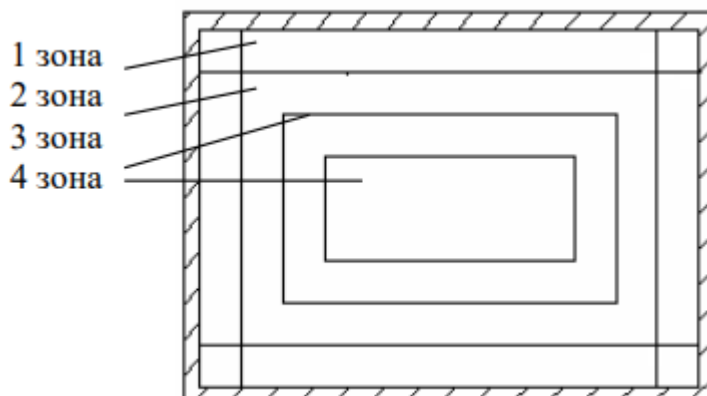


Рисунок 1.4 - Поділ площі підлоги на зони

За умовою розміри підлоги: 23,8x28,53 м, відповідно площі зон:

- $F_I = 187,3 \text{ м}^2$;
- $F_{II} = 167,3 \text{ м}^2$
- $F_{III} = 129,4 \text{ м}^2$;
- $F_{IV} = 195 \text{ м}^2$

Термічні опори теплопередачі окремих зон неутепленої підлоги, ($\text{м}^2 \text{ К}$)/Вт, [4]:

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

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

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

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

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

Відповідно до конструктивних характеристик, товщина шару утеплення дорівнює $\delta_{ш.у.} = 0,01 \text{ м}$; теплопровідність шару утеплення $\lambda_{ш.у.} = 0,22 \text{ Вт/(м·К)}$ [4].

Відповідно, термічні опори для різних зон складають:

для першої зони $r_1 = 2,15 + \frac{0,01}{0,22} = 2,4 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$;

для другої зони $r_2 = 4,3 + \frac{0,01}{0,22} = 4,6 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$;

для третьої зони $r_3 = 8,6 + \frac{0,01}{0,22} = 8,9 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$;

для четвертої зони $r_4 = 14,2 + \frac{0,01}{0,22} = 14,5 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$.

Теплові втрати :

-для першої зони

$$Q_{nI} = \frac{1}{2,4} \cdot 187,3 \cdot (20 - (-20)) \cdot 10^{-3} = 3,12 \text{ кВт};$$

-для другої зони

$$Q_{nII} = \frac{1}{4,6} \cdot 167,3 \cdot (20 - (-20)) \cdot 10^{-3} = 1,45 \text{ кВт};$$

-для третьої зони

$$Q_{nIII} = \frac{1}{8,9} \cdot 129,4 \cdot (20 - (-20)) \cdot 10^{-3} = 0,58 \text{ кВт};$$

-для четвертої зони

$$Q_{nIV} = \frac{1}{14,5} \cdot 195 \cdot (20 - (-20)) \cdot 10^{-3} = 0,54 \text{ кВт};$$

- сумарні втрати теплоти через підлогу

$$Q_n = Q_{nI} + Q_{nII} + Q_{nIII} + Q_{nIV} = 3,12 + 1,45 + 0,58 + 0,54 = 5,69 \text{ кВт}.$$

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

Таблиця 1.1 - Результати розрахунків втрат теплоти

Зовнішнє обгородження	Орієнтація за сторонами світу	Поверхня обгородження $F_i, \text{ м}^2$	Розрахункова різниця температур $\Delta t_i, \text{ }^\circ\text{C}$	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	602	40	0,344	0	8,3
Вікна	Пн	40,5	40	2,6	0	4,2
Зовнішня стіна	Пд	562	40	0,344	0	7,7
Вікна	Пд	81	40	2,6	0	8,5
Зовнішня стіна	Зх	628	40	0,344	0,05	9,1
Вікна	Зх	141,75	40	2,6	0,05	15,5
Зовнішня стіна	Сх	628	40	0,344	0	8,6

Продовження табл. 1.1						
Вікна	Сх	141,75	40	2,6	0	14,7
Перекриття останнього поверху	-	679	40	0,58	0	15,7
Підлога 1го поверху	-	679	40	-	-	5,69
Сумарні теплові втрати через огороження будинку						98

1.1.5 Сумарні втрати теплоти через огорожуючи конструкції будинку:

$$\Sigma Q_{обг} = Q_{ст} + Q_{вік} + Q_{пер} + Q_n = 98 \text{ кВт.}$$

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

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

де c_n – питома масова теплоємність повітря, кДж/(кг·К), яка дорівнює 1,005 кДж/(кг·К);

$m_{об}$ – кратність повітрообміну, 1/год. За технічним завданням $m_{об} = 0,3$ 1/год;

ρ_n – густина повітря, кг/м³, яка наближено дорівнює 1,2 кг/м³ ;

F_n – площа підлоги житлових кімнат і кухонь на поверсі, м², яка згідно з рис. 1.1 складає 252,5 м² ;

h – висота приміщення від підлоги до стелі, згідно з проектом будівлі - 2,7 м.

Тоді, витрати теплоти на нагрівання інфільтраційного повітря для

одного поверхубудинку складуть:

$$Q_{инф} = (0,3/3600) 1,05 \cdot 1,2 \cdot 252,5 \cdot 2,7 \cdot (20 - (-20)) = 2,9 \text{ кВт},$$

а для дев'яти поверхів одного будинку – $2,9 \cdot 9 = 26,1$ кВт.

1.1.7 Загальні втрати теплоти для шести будівель.

$$\sum Q_{заг} = (\sum Q_{обг} + Q_{инф}) \cdot 6 \quad (1.7)$$

$$\sum Q_{заг} = (98 + 26,1) \cdot 6 = 744,6 \text{ кВт}$$

1.1.8 Середня витрата теплоти на опалення.

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

$$Q_{ср.о} = Q_{втр} \frac{t_{вн} - t_{ср.о}}{t_{вн} - t_{р.о}} \quad (1.8)$$

$$Q_{ср.о} = 744,6 \cdot \frac{20 - (0,3)}{20 - (-20)} = 366,7 \text{ кВт}.$$

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

$$Q_{річ.о} = Q_{ср.о} \cdot n_o \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 10^3. \quad (1.9)$$

$$Q_{річ.о} = 366,7 \cdot 180 \cdot 24 \cdot 3600 = 5702 \frac{\text{МДж}}{\text{рік}}.$$

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	$N_{\text{прим}}$	шт.	63
Кількість користувачів води	$U_{\text{спож}}$	людей	189
Кількість сантехнічних приладів у одній квартирі	$N_{\text{прил}}$	шт.	3
Кількість годин споживання гарячої води	T	год/добу	24
Середня норма витрати води за добу [5]	$g_{\text{вит.доб}}$	кг/добу	105
Норма витрати за добу найбільшого водоспоживання на одного споживача [5]	$g_{\text{сп}}$	кг/добу	120
Секундна норма витрати води на одного споживача [6]	g	кг/с	0,2
Норма витрати води в годину найбільшого водоспоживання на одного споживача [6]	$g_{\text{вит.год}}$	кг/год	10

1.2.1 Секундна витрата води усіх під'єднаних водозабірних приладів:

$$G_c = 5 \cdot g \cdot \alpha, \quad (1.10)$$

де $\alpha = f(N, P)$ – 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 .

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

$$P = \frac{189 \cdot 10,00}{0,2 \cdot 189 \cdot 3600} = 0,014.$$

За графіком [2] у залежності від величини P і N визначаємо α , яка буде дорівнювати 0,24.

Тоді секундна витрата води дорівнює

$$G_c = 5 \cdot 0,2 \cdot 0,24 = 0,24 \text{ кг/с.}$$

1.2.3 Розрахункова витрата гарячої води за годину найбільшого водоспоживання визначається як:

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

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

1.2.4 Ймовірність використання водозабірних приладів визначаємо за формулою:

$$P_{год} = P/K_{вир} \quad (1.13)$$

$$P_{год} = 0,014/0,28 = 0,05.$$

Тоді за графіком [2] обираємо $\alpha = 0,4$.

$$G_{год} = 18 \cdot 10^3 \cdot 0,2 \cdot 0,28 \cdot 0,4 = 403 \text{ кг/год.}$$

1.2.5 Циркуляційні витрати гарячої води у системі ГВП:

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

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

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

Середньогодинна витрата теплоти на ГВП без врахування втрат теплоти трубопроводами:

$$Q_{ср} = 1,16 \cdot q_{ср} \cdot (55 - 5), \quad (1.15)$$

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

Величину $q_{ср}$ визначаю за формулою [2]:

$$q_{\text{ср}} = \frac{g_{\text{сп}} \cdot U_{\text{спож}}}{1000 \cdot T}, \quad (1.16)$$

$$q_{\text{ср}} = (123 \cdot 189) / 1000 \cdot 24 = 0,945 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{ср}} = 1,16 \cdot 0,945 \cdot (55 - 5) = 54,81 \text{ кВт}.$$

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

$$Q_{\text{втр}}^{\text{тр}} = 0,25 \cdot Q_{\text{ср}};$$

$$Q_{\text{втр}}^{\text{тр}} = 0,25 \cdot 54,81 = 13,7 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{цир}} = 13,7 / (4,187 \cdot 10) = 0,3 \text{ кг/с}.$$

1.2.6 Об'ємна витрата циркуляційної води, м³/год:

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

де $\rho_{\text{води}}$ - густина води, що становить 1000 кг/м³.

$$G_{\text{год}}^{\text{цирк}} = 0,3 \cdot 3,6 = 1,08 \text{ м}^3/\text{год}$$

1.2.7 Навантаження на циркуляцію, кВт:

$$Q_{\text{цир}}^{\text{втр}} = 0,17 \cdot N_{\text{прим}}, \quad (1.18)$$

$$Q_{\text{цир}}^{\text{втр}} = 0,17 \cdot 63 = 10,71 \text{ кВт}.$$

1.2.8 Максимальна витрата теплоти на ГВП на один будинок, кВт:

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

$$Q_{г.в.маx} = 1,163 \cdot 403 \cdot (55 - 5) + 13700 = 37,1 \text{ кВт.}$$

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

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

Вибираємо коефіцієнт в формулі (1.20) 2,4, тоді середня витрата теплоти

$$Q_{г.в.сеп} = Q_{г.в.маx} / 2,4; \quad (1.21)$$

$$Q_{г.в.сеп} = 37,1 / 2,4 = 15,46 \text{ кВт.}$$

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

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

де n_3 – навантаження на ГВП продовж року 350 діб.

$$Q_{г.в.річ.н} = 15,46 \cdot 24 \cdot 350 \cdot 3,6 \cdot 10^{-3} = 468 \text{ МДж/рік.}$$

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

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

$$Q_{o+ГВП} = 745 + 15,46 \cdot 6 = 838 \text{ кВт.}$$

Результати розрахунків максимальних навантажень споживачів наведені в табл. 1.3.

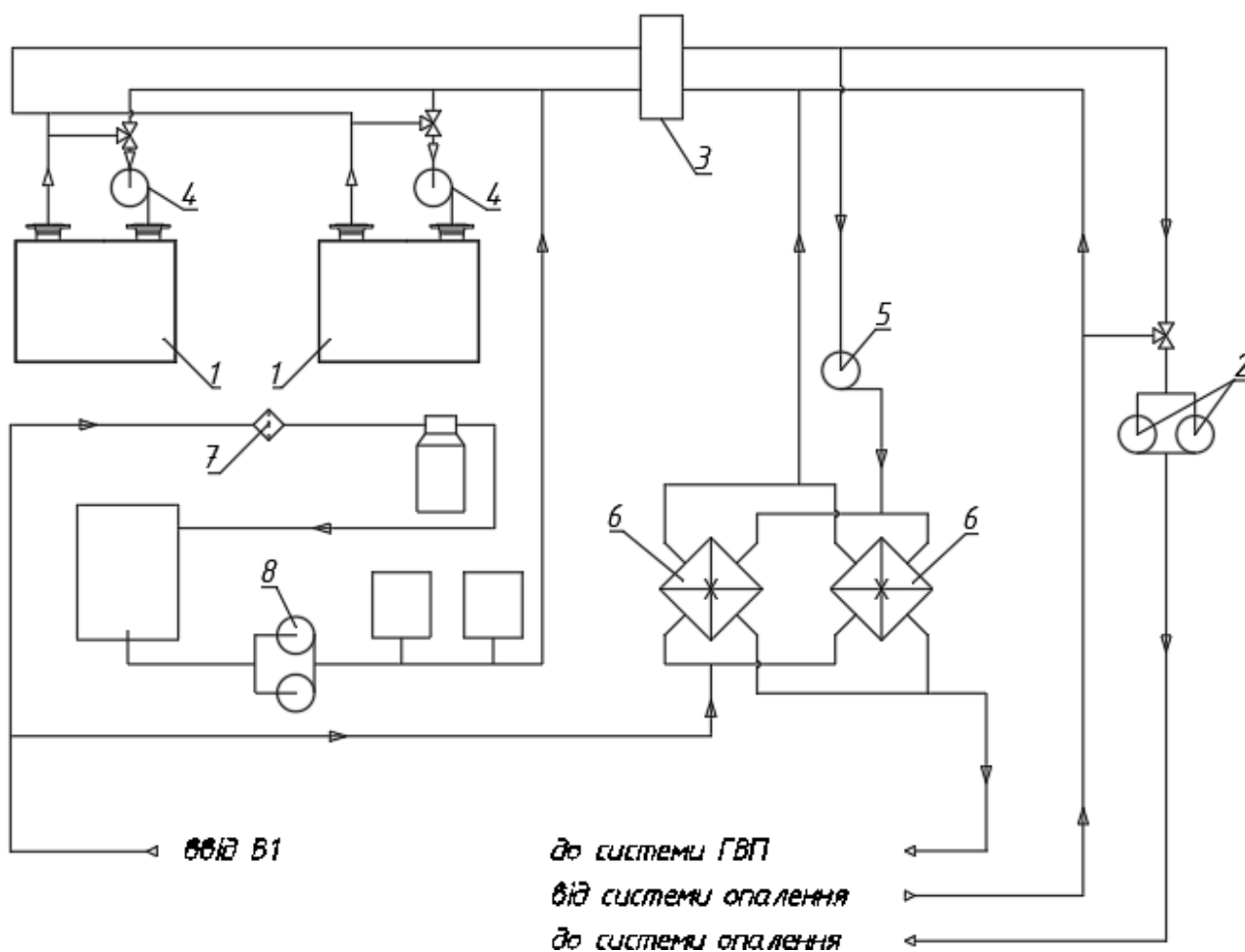
Таблиця 1.3 – Максимальні витрати теплоти

Навантаження	Позначення	Одиниця	Значення величини
Опалення житлових будівель	Q_o	МВт	0,745
Гаряче водопостачання житлових будівель (середня витрата)	$Q_{г.в.сп}^ж$	МВт	0,093
Сумарне навантаження споживачів	$\Sigma Q_{спож}$	МВт	0,838

2 ТЕПЛОВА СХЕМА КОТЕЛЬНОЇ

2.1 Опис теплової схеми водогрійної котельні

На рис. 2.1 представлена принципова тепла схема водогрійної опалювальної котельні з відпуском теплоти на опалення із закритою системою теплопостачання на централізоване приготування води та на гаряче водопостачання усередині котельні.



1 – котел; 2 – мережний насос; 3 – гідравлічний розподільувач; 4 – циркуляційний котловий насос; 5 – насос циркуляції ГВП; 6 – ємнісний підігрівач; 7 – фільтр; 8 – насоси підживлення.

Рисунок 2.1 - Принципова тепла схема водогрійної котельні з відпуском теплоти на опалення із закритою системою теплопостачання та на гаряче водопостачання

Сира вода надходить у приміщення котельні з зовнішнього джерела, розділяючись на два потоки: перший йде на підігрів у ємнісний підігрівач 6, інший на хімводопідготовку. Після підігрівачів 6 теплоносій надходить на розподільчий колектор, звідки прямує на водорозбір до споживачів. Теплоносій після хімічної обробки насосами підживлення 8 потрапляє безпосередньо у систему. Система поділяється на два контури за допомогою гідравлічного розподільвача 3. В першому контурі теплоносій циркулює крізь котлоагрегати 1 за допомогою циркуляційних насосів 4. В другому контурі вода циркулює крізь споживача за допомогою мережних насосів 2. Для підігріву води на ГВП з контуру споживача забирається теплоносій за допомогою насоса циркуляції ГВП 5, та після ємнісних підігрівачів 6 повертається назад до контуру споживача.

2.2 Розрахунок теплової схеми

Вихідні дані для розрахунку теплової схеми складені для 3-х характерних режимів:

I режим – максимально зимовий при $t_{p.o}$;

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

III режим – літній.

Температура повітря всередині опалювальних будівель (режими I–III) $t_{вн} = 20$ °С.

Температура зовнішнього повітря $t_{зовн}$:

– I режим – $t_{зовн} = t_{p.o} = - 20$ °С;

– II режим – $t_{зовн} = t_{cp.x.m} = - 4,2$ °С.

$$t_{зовн} = t_{з.зл.} = t_{вн} - 0,3455 \cdot (t_{вн} - t_{p.o.}) = 20 - 0,3455 \cdot (20 - (-20)) = 6,18 \text{ °С.}$$

2.2.1 Максимальний (розрахунковий) відпуск теплоти на опалення будівель (режим I).

$$Q_{0.в.}^{ж.} = 0,745 \text{ МВт};$$

2.2.2 Середній та максимальний відпуск теплоти на ГВП будівель відповідно:

$$Q_{г.в.ср}^{ж.} = 0,223 \text{ МВт (режим I)};$$

$$Q_{г.в.ср}^{ж.л.} = 0,093 \text{ МВт (режим III)}.$$

2.2.3 Максимальна температура подавальної мережної води (режим I):

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

2.2.4 Максимальна температура поворотної мережної води (режим I):

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

2.2.5 Питомий об'єм води в системі тепlopостачання відносно сумарного відпуску теплоти на опалення та ГВП (для всіх режимів):

$$G_{сист} = 35000 \text{ кг/МВт}$$

2.2.6 Коефіцієнт зниження витікання води в системі тепlopостачання:

$$k_{вум} = 1 \text{ (режим I-II)};$$

$$k_{вум} = 0,5 \text{ (режим III)}.$$

2.2.7 Коефіцієнт власних потреб хімічного водоочищення

$$k_{х.в.}^{в.п.} = 1.1 \dots 1.25 \text{ (для всіх режимів), приймаємо } 1,2.$$

2.2.8 Розрахункова температура гарячої води в системі місцевого теплопостачання (для всіх режимів) із закритою системою теплопостачання $t_{Г.В.}^3 = 55 \text{ }^\circ\text{C}$.

2.3 Розрахунок теплової схеми котельні

Розрахунок виконано для першого режиму.

2.3.1 Коефіцієнт зниження витрати теплоти на опалення залежно від температуризовнішнього повітря:

$$k_{о.в.} = \frac{t_{ВН} - t_{ЗОВН}}{t_{ВН} - t_{р.о.}}; \quad (2.1)$$

$$k_{о.в.} = 1.$$

2.3.2 Сумарний відпуск теплоти на опалення, МВт:

$$Q_{о.в.} = (Q_{о.в.маx}^{ж+гр} + Q_{о.в.маx}^п) \cdot k; \quad (2.2)$$

$$Q_{о.в.} = (0,745 + 0) \cdot 1 = 0,745 \text{ МВт.}$$

Сумарний відпуск теплоти на ГВП, МВт:

$$Q_{Г.В.}^3 = Q_{Г.В.}^ж + Q_{Г.В.}^п; \quad (2.3)$$

$$Q_{Г.В.}^3 = Q_{Г.В.} = 0,223 + 0 = 0,223 \text{ МВт.}$$

2.3.4 Температура мережної води на виході з котельні, $^\circ\text{C}$:

$$t_I = 20 + 62,5 \cdot k_{о.в.}^{0,8} + 12,5 \cdot k_{о.в.}; \quad (2.4)$$

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

Температура поворотної мережної води після опалення, $^\circ\text{C}$:

$$t_2^{0.B.} = t_1 - 25 \cdot k_{0.B.}; \quad (2.5)$$

$$t_2^{0.B.} = 95 - 25 \cdot 1 = 70 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

2.3.5 Розрахункова витрата мережної води на опалення, кг/с :

$$G_{0.B.} = \frac{Q_{0.B.} \cdot 10^6}{C_B \cdot (t_1 - t_2^{0.B.})}; \quad (2.6)$$

$$G_{0.B.} = \frac{0,745 \cdot 10^6}{4187 \cdot (95 - 70)} = 7,1 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

2.3.6 Витрата води на ГВП для споживачів, кг/с :

$$G_{Г.В.}^{сп} = \frac{Q_{Г.В.} \cdot 10^6}{C_B \cdot (t_{Г.В.} - T_{13})}; \quad (2.7)$$

$$G_{Г.В.}^{сп} = \frac{0,223 \cdot 10^6}{4187 \cdot (55 - 5)}.$$

2.3.7 Розрахункова витрата мережної води на виході з котельної, кг/с :

$$G_M = G_{0.B.}; \quad (2.8)$$

$$G_M = 7,1 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

2.3.8 Витрати води для підживлення на заповнення витікань у тепловій мережі, кг/с:

$$G_{\text{ВИТ}} = \frac{0,75}{100 \cdot 3600} (Q_{\text{О.В.}}^{\text{Ж+ТРК}} + Q_{\text{О.В.}}^{\text{П.}} + Q_{\text{Г.В.СР}}^{\text{Ж+ТРК}} + Q_{\text{Г.В.}}^{\text{П.}}) \cdot g_{\text{СИСТ}} \cdot k_{\text{ВИТ}}; \quad (2.9)$$

$$G_{\text{ВИТ}} = \frac{0,75}{100 \cdot 3600} (0,745 + 0 + 0,223 + 0) \cdot 65000 \cdot 1 = 0,1 \frac{\text{КГ}}{\text{С}}$$

2.3.8 Витрата поворотної мережевої води на вході до котельної, кг/с:

$$G_{\text{П.М}} = G_{\text{М}} - G_{\text{ВИТ}}; \quad (2.10)$$

$$G_{\text{П.М}} = 7,1 - 0,1 = 7,0 \text{ кг/с.}$$

2.3.9 Витрата сирієї води, що надходить на хімічну очистку, кг/с:

$$G_{\text{С.В.}} = k_{\text{Х.В.}}^{\text{В.П.}} \cdot G_{\text{ВИТ}} \quad (2.11)$$

$$G_{\text{С.В.}} = 1,2 \cdot 0,1 = 0,12 \frac{\text{КГ}}{\text{С}}$$

2.3.10 Сумарний потік теплоти, що відпускається водогрійними котлами, МВт:

$$Q_{\text{К}}^{\text{В}} = Q_{\text{О.В.}} + Q_{\text{Г.В.}} \quad (2.12)$$

$$Q_{\text{К}}^{\text{В}} = 0,745 + 0,093 = 0,838 \text{ МВт.}$$

2.3.11 Необхідна кількість водогрійних котлів з округленням до найближчого більшого цілого числа:

$$N_{\text{к.п.}}^{\text{в}} = \frac{Q_{\text{к}}^{\text{в}}}{Q_{\text{к}}^{\text{ном}}} \quad (2.13)$$

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

Обираємо два водогрійних котли фірми ICI Caldaie типу GREENOx.e. з номінальним навантаженням $Q_{\text{к}}^{\text{ном}} = 0,700$ МВт та $Q_{\text{к}}^{\text{ном}} = 0,300$ МВт, тоді кількість котлів складе:

$$N_{\text{к.п.}}^{\text{в}} = \frac{0,838}{0,700 + 0,300} = 1 \text{ компл.}$$

2.3.12 Завантаження водогрійних котлів, %:

$$K_{\text{зав}}^{\text{в}} = \frac{Q_{\text{к}}^{\text{в}}}{N_{\text{к.п.}}^{\text{в}} \cdot Q_{\text{к}}^{\text{ном}}} \cdot 100\% \quad (2.14)$$

$$K_{\text{к.п.}}^{\text{в}} = \frac{0,838}{1} \cdot 100 = 83,8 \%$$

Результати розрахунку для інших режимів наведені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Результати розрахунку теплової схеми для режимів I-III

Найменування величини	Позначення	Одиниця	Значення величини для режиму		
			I	II	III
Коефіцієнт зниження витрати теплоти на опалення залежно від температури зовнішнього повітря	$k_{o.v.}$		1	0,4925	-
Сумарний відпуск теплотина опалення	$Q_{o.v.}$	МВт	0,745	0,367	-
Сумарний відпуск теплотина ГВП	$Q_{ГВП}$	МВт	0,093	0,093	0,06
Температура мережної водина виході з котельні	T_1	°C	95	61,6	-
Температура поворотної мережної води після опалення	T_2	°C	70	49,3	-
Розрахункова витрата мережної води на опалення	$G_{o.v.}$	кг/с	7,1	7,1	-
Витрата води на ГВП для споживачів	$G_{ГВП}$	кг/с	1,1	1,1	1,3
Розрахункова витрата мережної води на виході з котельної	$G_{ГВП.кот}$	кг/с	2,1	4,33	-
Витрати води для підживлення на заповнення витікань у тепловій мережі	$G_{вит}$	кг/с	0,1	0,1	-
Витрата поворотної мережної води на вході до котельної	$G_{п.м}$	кг/с	7,0	7,0	-
Витрата сирі води, що надходить на хімічну очистку	$G_{с.в.}$	кг/с	0,12	0,12	
Сумарний потік теплоти, що відпускається водогрійними котлами	$Q_{сум}$	МВт	0,838	0,59	0,06

З урахуванням втрат теплоти котельні крізь огорожуючі конструкції та в теплових мережах, які беру 10%, сумарна теплопродуктивність котельні складає:

- в режимі I – 0,922 МВт;
- в режимі II – 0,649 МВт;
- в режимі III – 0,066 МВт.

3 ВИБІР ОСНОВНОГО ТА ДОПОМІЖНОГО ОБЛАДНАННЯ КОТЕЛЬНОЇ

3.1 Вибір котлів

Вибір типу котлів обумовлюється видом спалюваного палива, теплоносія, що циркулює в системі та його параметрів. Кількість і одинична продуктивність котлів визначаються розрахунковою тепловою потужністю котельної. Для зменшення капітальних і експлуатаційних витрат доцільно встановлювати в котельній однотипові котли з однаковою теплопродуктивністю.

Кількість водогрійних котлоагрегатів вибирається за максимальним відпуском теплоти у вигляді гарячої води:

$$N_{\text{к.п.}}^{\text{в}} = \frac{Q_{\text{к}}^{\text{в}}}{Q_{\text{к}}^{\text{ном}}} \quad (3.1)$$

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

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

В результаті розрахунку теплової схеми котельні прийнято до установки один водогрійний котел GREENOx.e. 70 та один GREENOx.e. 30 з наступними характеристиками, що наведено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики обраних котлів

Найменування величини	Позначення	Одиниця	Значення величини	
			GREENOx.e 70	GREENOx.e 30
Номінальні потужність	$Q_{ном}$	МВт	0,700	0,300
Коефіцієнт корисної дії	η_k	%	95,37	95,24
Аеродинамічний опір	ΔP_z	мбар	5,6	3,9
Гідравлічний опір	$\Delta P_{вк}$	кПа	4,8	5,0
Розрахункові витрати палива, (при теплоті спалювання газу $Q_{н,р}=33700$ кДж/м ³)	V_k	м ³ /ГОД	77,67	33,33
Мінімальні температура відхідних газів	t_z	°С	124	127
Габаритні розміри	довжина	мм	2228	2228
	ширина	мм	945	945
	висота	мм	1925	1625

Загальний вигляд котла GREENOx.e. 70 наведений на рис. 3.1 .



Рисунок 3.1 - Котел GREENOX.e

3.2 Вибір насосів

В котельні встановлені наступні насоси:

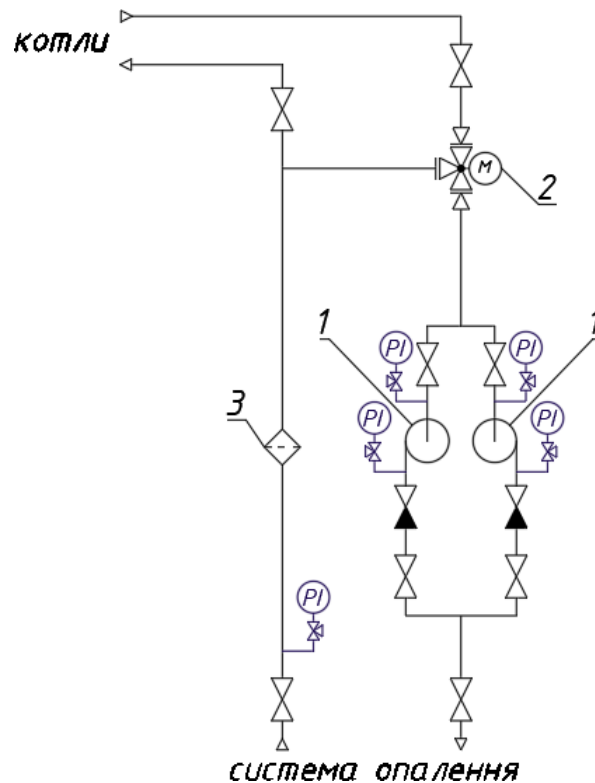
- мережної води системи опалення;
- підживлювальної води;
- циркуляції ГВП;
- циркуляційний котловий.

Всі встановлені насоси з електричним приводом. Вибір насосів здійснюється за подачею та тиском.

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

3.2.1 Насоси мережної води

Мережні насоси призначені для забезпечення циркуляції води в теплових мережах, вибір їх здійснюють за подачею та тиском. Схема контуру мережної води наведена на рисунку 3.2



1- мережні насоси; 2 -перепускний вентиль; 3 – фільтр.

Рисунок 3.2 – Схема контуру мережної води системи опалення

Згідно зі схемою, яка наведена на рис. 3.2, поворотний теплоносій від системи опалення споживачів надходить безпосередньо на котли. Після нагріву теплоносія до необхідної температури він надходить на мережні насоси, які і прокачують його по всьому контуру споживача.

3.2.1.1 Визначення подачі насосів за витратою мережної води, м³/год:

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

де $G_{\text{м.п.}} = 7,1$ кг/с масова витрата мережної води (беру найбільше значення цього параметра з розрахунку теплової схеми);

ρ – густина води кг/м³ (беру 1000 кг/м³) [8].

Тоді

$$V_{\text{м.п.}} = \frac{7,1 \cdot 3600}{100} = 25,56 \frac{\text{м}^3}{\text{год.}} \quad (3.2)$$

Тиск насосів мережної води, МПа:

$$H_{\text{м}} = 1,1 \cdot \Delta P_{\text{мер}} + \Delta P_{\text{в.к}} + \Delta P_{\text{тр}} \quad (3.3)$$

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

$\Delta P_{\text{в.к.}}$ - гідравлічний опір водогрійного котла, приймаю $\Delta P_{\text{в.к}} = 0,0035$ МПа;

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

Гідравлічний опір мережі, МПа:

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

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

l – довжина теплової мережі у двотрубному виконанні, $l = 420$ м;

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

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

$$d_{\text{BH}} = 1,13 \sqrt{\frac{G_{\text{M.H.}}}{\rho_{\text{B}} \cdot \omega_{\text{B}}}} \quad (3.5)$$

$$d_{\text{BH}} = 1,13 \sqrt{\frac{7,1}{1000 \cdot 1,5}} = 0,077 \text{ м.}$$

Користуючись [9] обираємо внутрішній діаметр трубопроводу $d_{\text{мер}} = 80$ мм і за [6] визначаємо коефіцієнт місцевого опору $\alpha = f(d_{\text{cm}}) = 0,3$.

3.2.1.3 Уточнюємо швидкість руху води, м/с:

$$\omega_{\text{B}} = \frac{4 \cdot G_{\text{M.H.}}}{\rho_{\text{B}} \cdot \pi \cdot d_{\text{мер}}^2} \quad (3.6)$$

$$\omega_{\text{B}} = \frac{4 \cdot 7,1}{100 \cdot 3,14 \cdot 0,08^2} = 1,4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

3.2.1.4 Питомі втрати тиску на тертя, Па/м:

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

де λ – коефіцієнт опору тертя.

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

де k_e – еквівалентний коефіцієнт абсолютної шорсткості внутрішньої поверхні труби; відповідно до Правил Держтехнагляду усі трубопроводи промислових й опалювальних котелень можуть виготовлятися із сталевих безшовних зварних труб, виконаних з вуглецевої сталі, для яких $k_e = 1$ мм;

d' - внутрішній діаметр трубопроводу, мм;

Re – число Рейнольдса.

Визначаємо число Рейнольдса:

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

де ν - кінематична в'язкість води, м²/с.

Кінематичну в'язкість визначаємо за середньою температурою теплоносія, яка дорівнює 82,5 °С, тоді $\nu = f(t = 82,5 \text{ °С}) = 0,420 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ [8].

Тоді

$$Re = \frac{0,08 \cdot 1,4}{0,420 \cdot 10^{-6}} = 266666.$$

Визначаю коефіцієнт опору тертя λ :

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{1}{80} + \frac{68}{2666666} \right)^{0,25} = 0,04.$$

Питомі втрати тиску на тертя:

$$R = 0,04 \cdot \frac{1000 \cdot 1,4^2}{2} \cdot \frac{1}{0,08} = 490 \frac{\text{Па}}{\text{м}}.$$

3.2.1.5 Опір мережі, кПа:

$$\Delta P_{\text{м}} = 490 \cdot 420 \cdot (1+0,3) \cdot 10^{-3} = 267 \text{ кПа}.$$

3.2.1.6 Гідравлічний опір трубопроводів усередині котельні складає 5% від втрат тиску в мережі, тобто

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

$$\Delta P_{\text{тр}} = 0,05 \cdot 0,267 = 1,5 \text{ кПа.}$$

3.2.1.7 Тиск насосів мережної води:

$$H_{\text{м}} = 1,1 \cdot \Delta P_{\text{мер}} + \Delta P_{\text{в.к}} + \Delta P_{\text{тр}} \quad (3.11)$$

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

$$H_{\text{мер}} = 1,1 \cdot 0,267 + 1,5 \cdot 10^{-3} = 0,295 \text{ МПа.}$$

За величинами $V_{\text{н.м}} = 25,56 \text{ м}^3/\text{год}$ та $H_{\text{мер}} = 0,295 \text{ МПа}$ обрано мережний насос типу Wilo Stratos GIGA 50/1-50/4,2, з наступними характеристиками:

- подача – 26 м³/год;
- тиск – 0,3 МПа;
- ККД – 87,5%;
- потужність електродвигуна – 4,8 кВт;
- частота обертання електродвигуна – 2800 об/хв.

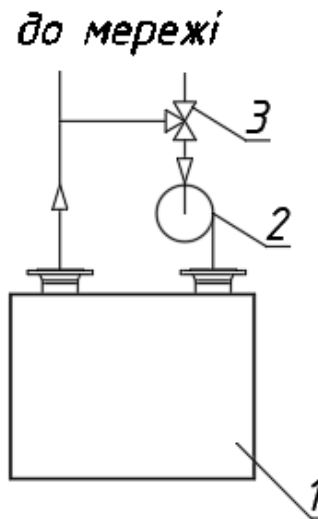
Загальний вигляд насосу мережної води зображений на рисунку 3.3.



Рисунок 3.3 – Загальний вигляд мережного насосу

3.2.2 Насоси рециркуляції

Насоси рециркуляції призначені для забезпечення циркуляції води в контурі котла, вибір їх здійснюють за величиною подачі води та тиском. Схема контуру наведена на рисунку 3.4



1 – котел; 2 – насос рециркуляції; 3 – перепускний вентиль.

Рисунок 3.4 – Схема контуру рециркуляції

Згідно схеми, яка наведена на рис. 3.4, поворотний теплоносій від гідравлічного розподільвача, поступає до рециркуляційного насоса, далі прокачується насосом через котел, і, за потреби, додається до поворотного теплоносія в перепускному вентилі.

3.2.2.1 Визначаю подачу насоса за витратою води через котел GREENOX.e.

70:

- масова витрата, кг/с:

$$G = \frac{Q_k \cdot 10^6}{C_B \cdot (t_1 - t_2)},$$

- об'ємна витрата, м³/год:

$$V = \frac{G \cdot 3600}{\rho_B}, \quad (3.12)$$

де Q_k - номінальна потужність котла, яка дорівнює 0,7 МВт (див. табл. 3.1);

C_B – теплоємність води, Дж/(кг·К) (обрано 4187 Дж/(кг·К));

ρ – густина води кг/м³ (1000 кг/м³).

Тоді

$$V_{\text{м.н.}} = \frac{0,7 \cdot 10^6}{4187 \cdot (95 - 70)} \cdot 3600 = 24 \frac{\text{м}^3}{\text{год.}}$$

3.2.2.2 Тиск насосу рециркуляції

$$H_M = \Delta P_K + \Delta P_{\text{тр}} \quad (3.13)$$

За табл. 3.1 опір котла складає $\Delta P_K = 4,8$ кПа.

Гідравлічний опір трубопроводів у контурі котла у два рази більший, ніж втрати тиску в котлі, тобто

$$\Delta P_{\text{тр}} = 2 \cdot \Delta P_K; \quad (3.14)$$

$$\Delta P_{\text{тр}} = 2 \cdot 4,8 = 9,6 \text{ кПа.}$$

За величинами $V_{\text{н.м}} = 24$ м³/год та $H_{\text{мер}} = 0,01$ МПа вибираю рециркуляційний насос типу Wilo Stratos GIGA 65/1-8/0,6 з наступними характеристиками:

- подача – 24 м³/год;
- тиск – 0,05 МПа;
- ККД – 87,5%;
- потужність електродвигуна – 0,7 кВт;
- частота обертання електродвигуна – 2180 об/хв.

3.2.2.3 Визначаю подачу насосу за витратою води через котел GREENOX.e. 30:

- масова витрата, кг/с:

$$G = \frac{Q_k \cdot 10^6}{C_B \cdot (t_1 - t_2)},$$

- об'ємна витрата, м³/год:

$$V = \frac{G \cdot 3600}{\rho_B}, \quad (3.12)$$

де Q_k - номінальна потужність котла, яка дорівнює 0,3 МВт (див. табл. 3.1);

C_B – теплоємність води, Дж/(кг·К) (4187 Дж/(кг·К));

ρ – густина води кг/м³ (1000 кг/м³).

Тоді

$$V_{\text{н.н.}} = \frac{0,3 \cdot 10^6}{4187 \cdot (95 - 70)} \cdot 3600 = 11 \frac{\text{м}^3}{\text{год.}}$$

3.2.2.2.4 Тиск насосів рециркуляції

$$H_m = \Delta P_k + \Delta P_{\text{тр}} \quad (3.13)$$

За табл. 3.1 опір котла складає $\Delta P_k = 5,0$ кПа.

Гідравлічний опір трубопроводів у контурі котла у два рази більший, ніж втрати тиску в котлі, тобто

$$\Delta P_{\text{тр}} = 2 \cdot \Delta P_k; \quad (3.14)$$

$$\Delta P_{\text{тр}} = 2 \cdot 5,0 = 10,0 \text{ кПа.}$$

За величинами $V_{\text{н.н.}} = 11$ м³/год та $H_{\text{мер}} = 0,015$ МПа вибираю рециркуляційний насос типу Wilo Stratos GIGA 65/1-8/0,6 з наступними характеристиками:

- подача – 11 м³/год;
- тиск – 0,05 МПа;
- ККД – 87,5%;
- потужність електродвигуна – 0,7 кВт;
- частота обертання електродвигуна – 180 об/хв.

Загальний вигляд насоса рециркуляції зображений на рисунку 3.5.

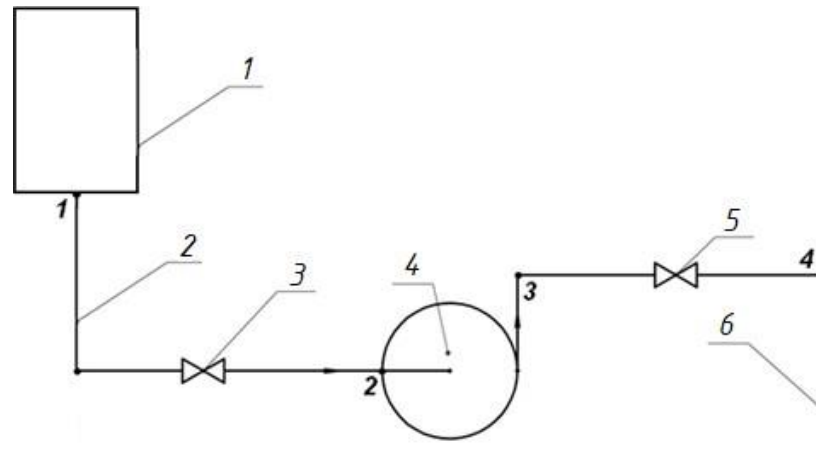


Рисунок 3.5 – Загальний вигляд насоса рециркуляції

3.2.3 Вибір насосів підживлювальної води

Насоси для підживлення вводяться з метою заповнення витоків води в закритих системах тепlopостачання .

Схема контуру підживлювальної води наведена на рис. 3.6



1 – бак запасу хімоочищеної води; 2 – трубопровід; 3 – вентиль; 4 – насос підживлення; 5- вентиль; 6 – трубопровід зворотної мережної води.

Рисунок 3.6 – Схема підживлювальних трубопроводів

Гідравлічний розрахунок тракту підживлювальної води.

а) Подача підживлювальних насосів визначається за масовою витратою води для підживлення, одержаною при розрахунку теплової схеми котельної:

$$V_{\text{підж}} = \frac{2 \cdot G_{\text{вит}}}{\rho} \cdot 3600, \quad (3.15)$$

де $G_{\text{вит}} = G_{\text{підж}}$ – витрата води на підживлення (з розрахунку теплової схеми, $G_{\text{вит}} = 0,1$ кг/с).

$$V_{\text{підж}} = \frac{2 \cdot 0,1}{1000} \cdot 3600 = 0,72 \frac{\text{м}^3}{\text{год.}}$$

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

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

в) Діаметри трубопроводів.

З рівняння суцільності (нерозривності)

$$d_{\text{ВН}} = 1130 \cdot \sqrt{\frac{G_{\text{ПідЖ}}}{\rho_{\text{В}} \cdot \omega_{\text{В}}}}. \quad (3.16)$$

Діаметр трубопроводу на ділянці 1-2

$$d_{\text{ВН}}^{(1-2)} = 1130 \cdot \sqrt{\frac{0,1}{1000 \cdot 1,0}} = 0,011 \text{ м}$$

Діаметр трубопроводу на ділянці 3-4

$$d_{\text{ВН}}^{(3-4)} = 1130 \cdot \sqrt{\frac{0,1}{1000 \cdot 2,5}} = 0,01 \text{ м}$$

Як остаточні данні приймаємо заокруглені розрахункові внутрішні діаметри із стандартного ряду

$$d_{\text{ВН}}^{(1-2)} = 20 \text{ м}$$

$$d_{\text{ВН}}^{(3-4)} = 20 \text{ м.}$$

г) Знаходимо дійсні швидкості руху води.

На ділянці 1-2

$$\omega_{\text{В}}^{1-2} = \frac{4 \cdot G_{\text{ПідЖ}}}{\rho \cdot \pi \cdot (d_{\text{ВН}}^{1-2})^2},$$

$$\omega_{\text{В}}^{1-2} = \frac{4 \cdot 0,1}{1000 \cdot 3,14 \cdot (0,02)^2} = 0,65 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

На ділянці 3-4

$$\omega_{\text{В}}^{3-4} = \frac{4 \cdot G_{\text{ПідЖ}}}{\rho \cdot \pi \cdot (d_{\text{ВН}}^{3-4})^2},$$

$$\omega_{\text{В}}^{3-4} = \frac{4 \cdot 0,1}{1000 \cdot 3,14 \cdot (0,02)^2} = 0,65 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

д) Число Рейнольдса.

$$Re = \frac{d_{\text{вн}} \cdot \omega_{\text{в}}}{\nu}, \quad (3.19)$$

де ν - кінематична в'язкість, $\nu = f(t = 70 \text{ } ^\circ\text{C}) = 0,422 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$.

На ділянці 1-2

$$Re^{1-2} = \frac{0,02 \cdot 0,65}{0,422 \cdot 10^{-6}} = 15403.$$

На ділянці 3-4

$$Re^{3-4} = \frac{0,02 \cdot 0,65}{0,422 \cdot 10^{-6}} = 15403.$$

е) Коефіцієнт гідравлічного тертя

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{k_e}{d'} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25} \quad (3.20)$$

де k_e – еквівалентний коефіцієнт абсолютної шорсткості внутрішньої поверхні труби (відповідно до Правил Держтехнагляду усі трубопроводи промислових й опалювальних котелень виготовляються із сталених безшовних зварних труб, з вуглецевої сталі, для яких $k_e = 1 \text{ мм}$);

d' - внутрішній діаметр трубопроводу, мм.

На ділянці 1-2

$$\lambda^{1-2} = 0,11 \left(\frac{0,1}{20} + \frac{68}{15403} \right)^{0,25} = 0,034$$

На ділянці 3-4

$$\lambda^{3-4} = 0,11 \left(\frac{0,1}{20} + \frac{68}{15403} \right)^{0,25} = 0,034$$

Питомі витрати тиску на тертя

$$R = \lambda \cdot \frac{\rho_B \cdot \omega_B^2}{2} \cdot \frac{1}{d'}$$

На ділянці 1-2

$$R = 0,034 \cdot \frac{1000 \cdot 0,65^2}{2} \cdot \frac{1}{0,02} = 264 \text{ Па/м}$$

На ділянці 3-4

$$R = 0,034 \cdot \frac{1000 \cdot 0,65^2}{2} \cdot \frac{1}{0,02} = 264 \text{ Па/м}$$

ж) Втрати тиску в місцевих опорах, Па:

$$P_{\text{м.о.}} = \sum \xi \frac{\rho_B \cdot \omega_B^2}{2}, \quad (3.21)$$

де ξ - коефіцієнт місцевого опору;

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

На ділянці 1-2

$$P_{\text{м.о.}}^{1-2} = (1,0 + 1,0 + 0,5) \cdot \frac{1000 \cdot 0,65^2}{2} = 528 \text{ Па}$$

На ділянці 3-4

$$P_{\text{м.о.}}^{3-4} = (1,0 + 1,0) \cdot \frac{1000 \cdot 0,65^2}{2} = 422,5 \text{ Па}$$

з) Втрати тиску по тракту підживлювальної води, МПа:

$$\Delta P_T = \sum (R \cdot l + P_{\text{м.о.}}) \cdot 10^{-6},$$

На ділянці 1-2

$$\Delta P_{T1} = (264 \cdot 5 + 258) \cdot 10^{-6} = 0,018 \text{ МПа}$$

На ділянці 3-4

$$\Delta P_{T2} = (264 \cdot 2 + 422,5) \cdot 10^{-6} = 0,0095 \text{ МПа}$$

и) Гідравлічний опір трубопроводу та арматури лінії:

$$\Delta P_{\text{тр}} = \Delta P_{T1} + \Delta P_{T2}, \quad (3.22)$$

$$\text{і} \Delta P_{\text{тр}} = 0,018 + 0,0095 = 0,0275 \text{ МПа.}$$

і) Напір підживлювальних насосів вибирається залежно від гідравлічних опорів трубопроводів та тиску в зворотній магістралі $\Delta P_{\text{пов}} = 0,22 \text{ МПа}$:

$$H_{\text{п.в.}} = \Delta P_{\text{пов}} + \Delta P_{\text{тр}}, \quad (3.23)$$

$$H_{\text{п.в.}} = 0,22 + 0,0275 = 0,2475 \text{ МПа.}$$

За подачею та тиском вибираю насосну станцію підживлення системи, типу Wilo CO-2 HELIX V 404/CE, з наступними характеристиками:

подача – 1 м³/год;

тиск – 0,25 МПа;

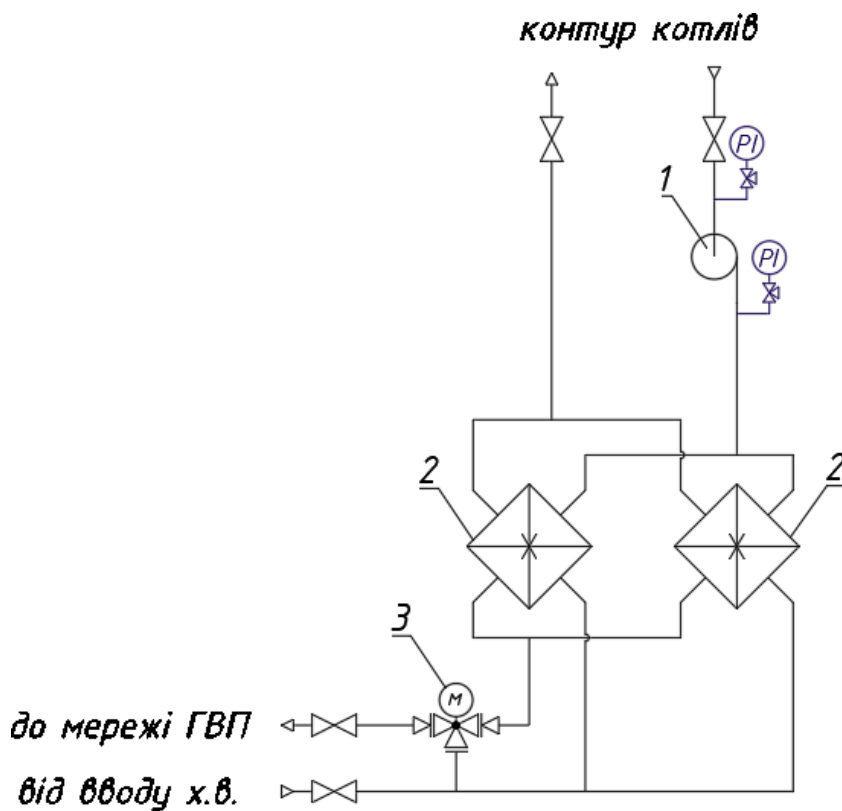
ККД – 84%;

потужність електродвигуна – 0,55 кВт;

частота обертання електродвигуна – 3200 об/хв.

3.2.4 Насос контуру ГВП

Схема контуру наведена на рисунку 3.7.



1 – насос циркуляції теплоносія на ГВП; 2 – ємнісний підігрівач; 3 – перепускний клапан.

Рисунок 3.7 – Схема контуру ГВП.

Згідно зі схемою, яка наведена на рис. 3.5, вода від водогрійного котла надходить на насос системи ГВП та подається на ємнісні підігрівачі для підігріву води на потреби ГВП.

3.2.4.1 Визначаю подачу насосів за витратою води:

$$V_{\text{м.н.}} = \frac{G_{\text{м.н.}} \cdot 3600}{\rho_{\text{в}}}, \quad (3.24)$$

$$V_{\text{м.н.}} = \frac{2,1 \cdot 3600}{1000} = 7,56 \frac{\text{м}^3}{\text{год.}}$$

Тиск насосу води, МПа:

$$H_{\text{м}} = 1,1 \cdot \Delta P_{\text{мер}} + \Delta P_{\text{в.к.}} + \Delta P_{\text{тр.}} \quad (3.25)$$

Гідравлічний опір контуру, МПа:

$$\Delta P_i = \sum (R \cdot l + Z), \quad (3.26)$$

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

l – довжина трубопроводів ГВП $l = 10$ м;

Z – втрати тиску на місцеві опори.

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

$$d_{\text{мер}} = 1,13 \sqrt{\frac{G_{\text{м.н.}}}{\rho_{\text{в}} \cdot \omega_{\text{в}}}}, \quad (3.27)$$

$$d_{\text{мер}} = 1,13 \sqrt{\frac{2,1}{1000 \cdot 1,5}} = 0,042 \text{ м.}$$

За довідковим даним беру внутрішній діаметр трубопроводу $d_{\text{мер}} = 50$ мм [9] і за визначаю коефіцієнт місцевого опору $\alpha = f(d_{\text{см}}) = 0,3$ [6]:

$$\omega_{\text{в}} = \frac{4 \cdot G_{\text{м.н.}}}{\rho_{\text{в}} \cdot \pi \cdot d_{\text{мер}}^2}, \quad (3.28)$$

$$\omega_B = \frac{4 \cdot 2,1}{1000 \cdot 3,14 \cdot 0,05^2} = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

3.2.4.4 Питомі витрати тиску на тертя, Па/с:

$$R = \lambda \cdot \frac{\rho_B \cdot \omega_B^2}{2} \cdot \frac{1}{d'} \quad (3.29)$$

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{k_e}{d'} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25} \quad (3.30)$$

Визначаємо число Рейнольдса:

$$Re = \frac{d_{\text{вн}} \cdot \omega_B}{\nu} \quad (3.31)$$

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

Коефіцієнт кінематичної в'язкості визначаю за середньою температурою теплоносія, яка дорівнює $80 \text{ }^\circ\text{C}$, тоді $\nu = f(t=80 \text{ }^\circ\text{C}) = 0,422 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ [8].

$$Re = \frac{0,05 \cdot 1}{0,422 \cdot 10^{-6}} = 118483.$$

Визначаємо коефіцієнт опору тертя λ :

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{1}{50} + \frac{68}{118483} \right)^{0,25} = 0,04.$$

Питомі витрати тиску на тертя, Па/м:

$$R = 0,04 \cdot \frac{1000 \cdot 1^2}{2} \cdot \frac{1}{0,05} = 500 \frac{\text{Па}}{\text{м}}$$

3.2.4.5 Опір контуру, кПа:

$$\Delta P_M = 500 \cdot 7 \cdot (1+0,3) \cdot 10^{-6} = 0,45 \text{ кПа.}$$

3.2.4.6 Гідрравлічний опір трубопроводів у середині котельні складає 5%, тобто

$$\Delta P_{\text{тр}} = 0,05 \cdot \Delta P_M; \quad (3.32)$$

$$\Delta P_{\text{тр}} = 0,05 \cdot 0,0045 = 0,23 \cdot 10^{-3}.$$

3.2.4.7 Тиск насосів:

$$H_{\text{мер}} = 1,1 \cdot \Delta P_{\text{мер}} + \Delta P_{\text{в.к}} + \Delta P_{\text{тр}} \quad (3.33)$$

$$H_{\text{мер}} = 1,1 \cdot 0,045 + 0,23 \cdot 10^{-3} = 0,05 \text{ МПа.}$$

За величинами $V_{\text{н.м}}=7,56 \text{ м}^3/\text{год}$ та $H_{\text{мер}}=0,05 \text{ МПа}$ вибираю насос контуру ГВП, типу Wilo-Stratos 25/1-12, з наступними характеристиками:

- подача – $8 \text{ м}^3/\text{год}$;
- тиск – $0,06 \text{ МПа}$;
- ККД – 84% ;
- потужність електродвигуна – $0,9 \text{ кВт}$;
- частота обертання електродвигуна – 2800 об/хв .

3.3 Вибір гідравлічного розподільвача

Гідравлічний розподільвач слугує для гідравлічного розділення двох контурів. Схематичне зображення гідравлічного розподільвача приведено на рис. 3.8.

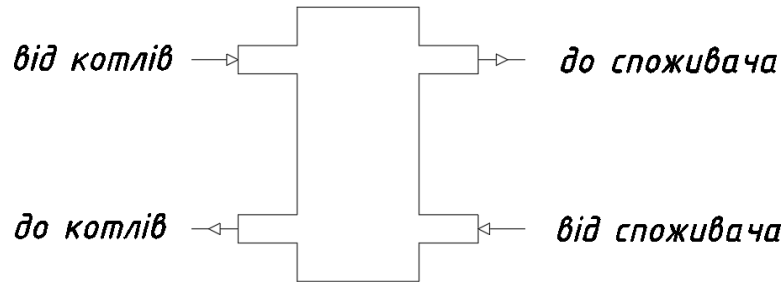


Рисунок 3.8 – Схематичне зображення гідравлічного розподільвача.

Основне застосування гідравлічний розподільвач знаходить тоді, коли в контурах необхідні різні витрати теплоносія; також гідравлічний розподільвач згладжує гідравлічний режим, поглинаючи гідроудари. Основним параметром, на який розраховують гідравлічний розподільвач – його діаметр.

$$D = 1130 \cdot \sqrt{\frac{G_B}{\rho_B \cdot \omega_B}}, \quad (3.34)$$

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

ρ_B – густина води, кг/м³;

ω_B – вертикальна швидкість теплоносія, згідно з рекомендаціями $0,1 \leq \omega_B \leq 0,2$ м/с.

Витрата води:

$$G_B = \frac{Q_c}{c_B \cdot (t_{\Gamma} - t_{\text{пов}})}, \quad (3.35)$$

де Q_c – номінальна потужність системи, кВт;

c_B – теплоємність води, кДж/(кг·К);

t_T і $t_{пов}$ – відповідно температури подавальної і поворотної води, °С.

Як, що $c_B = 4,187$ кДж/(кг·К), $t_T = 95^\circ\text{C}$ і $t_{пов} = 70^\circ\text{C}$, тоді

$$G_B = \frac{1200}{4,187 \cdot (95 - 70)} = 11,46 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

Густина води дорівнює 1000 кг/м³, швидкість води $0,15$ м/с, тоді

$$D = 1130 \cdot \sqrt{\frac{11,46}{1000 \cdot 0,15}} = 312 \text{ мм}.$$

Згідно отриманого значення обираємо діаметр розподільвача 300 мм.

3.4. Вибір ємнісного підігрівача ГВП

Ємнісний підігрівач ГВП використовується як альтернатива більш поширеним теплообмінникам при невеликих навантаженнях – такий підігрівач є одночасно і теплообмінником, і буферною ємністю – а отже накопичує теплоносій. За допомогою ємнісного підігрівача ГВП можна покривати пікові навантаження споживання ГВП, а в міжпікові періоди накопичувати необхідний об'єм. Розрахунок ємнісного підігрівача ГВП виконую за методикою [10].

3.4.1 Згідно з [10] розрахунок починаємо з знаходження питомої продуктивності підігрівача:

$$kF = G_1 \cdot c_1 \ln \frac{1}{1 - \frac{G_2}{G_1 \cdot \tau} \ln \frac{t_1' - t_2''}{t_1' - t_2}} \quad (3.36)$$

де G_1 – витрата нагрівального теплоносія, кг/год;

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

t_1' – температура нагрівальної води на вході, °С;

t_2' – температура води, що нагрівається, на вході, °С;

t_2'' – температура води, що нагрівається, на виході, °С;

$$kF = 210 \cdot 1 \cdot \ln \frac{1}{1 - \frac{1100}{210 \cdot 5} \ln \frac{95 - 5}{95 - 55}} = 3980 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$$

3.4.2. Визначаємо середню температуру води, що нагрівається, °С

$$t_{\text{cp}} = t_1' - \Delta t, \quad (3.37)$$

$$t_{\text{cp}} = 95 - \frac{55 - 5}{\ln \frac{95 - 5}{95 - 55}} = 33,3 \text{ °С}.$$

Температуру води, що нагріває, яка виходить з апарату, визначаємо за формулою:

$$t_{\text{H}}'' = t_{\text{cp}} + (t_1' - t_{\text{cp}}) \exp\left(-\frac{kF}{G_1 \cdot c_1}\right); \quad (3.37a)$$

$$t_{\text{H}}'' = 33,3 + (95 - 33,3) \exp\left(-\frac{3981}{2100}\right) = 36,55 \text{ °С};$$

3.4.3. Для знаходження коефіцієнта теплопередачі задаємо швидкістю руху води апарату $w = 0,4$ м/с і визначаю режим руху теплоносія в ньому:

$$Re = \frac{w \cdot d}{\nu}, \quad (3.38)$$

$$Re = \frac{0,4 \cdot 0,021}{0,5 \cdot 10^{-6}} = 16800 > 10000.$$

3.4.4. Значення кінематичної в'язкості приймаємо при середній температурі, °C:

$$t_{cp1} = \frac{t'_1 + t''_H}{2}, \quad (3.39)$$

$$t_{cp1} = \frac{95 + 36,55}{2} = 65,77 \text{ °C}.$$

3.4.5. Визначаю тепловіддачу від води, що гріє, до стінок трубки, Вт/(м²·К):

$$\alpha_1 = A_5 \frac{w^{0,8}}{d^{0,2}}, \quad (3.40)$$

де A_5 – з таблиць температурних множників в формулах для визначення коефіцієнтів тепловіддачі дорівнює 2322. [8].

Тоді,

$$\alpha_1 = 2322 \frac{0,4^{0,8}}{0,021^{0,2}} = 2423 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

3.4.6. Перед визначенням коефіцієнта тепловіддачі від стінок трубок до теплоносія, що нагрівається, визначимо значення температури стінки та температури пограничного шару теплоносія, що нагрівається:

$$t_{ct} = \frac{t_{cp} + t_{cp1}}{2} = \frac{33,3 + 65,77}{2} = 49,5 \text{ °C}, \quad (3.41)$$

$$t_{\tau} = \frac{t_{cp} + t_{ct}}{2} = \frac{33,3 + 49,5}{2} = 41,4 \text{ °C} \quad (3.42)$$

3.4.7 Знаходимо критерій Грасгофа:

$$G_r = \frac{\beta \cdot g \cdot d^3 \Delta t}{\nu^2}, \quad (3.43)$$

$$G_r = \frac{3,9 \cdot 10^{-4} \cdot 9,81 \cdot 0,025^3 \cdot (65,77 - 33,3)}{(0,659 \cdot 10^{-6})^2} = 4,47 \cdot 10^6$$

3.4.8. По таблиці фізичних констант знаходимо критерій Прандтля , що дорівнює $P_r = 4,3$.

3.4.9 Визначаємо множник $G_r \cdot P_r$:

$$G_r \cdot P_r = 4,47 \cdot 10^6 \cdot 4,3 = 19,2 \cdot 10^6 \quad (3.44)$$

3.4.10 Обчислюємо число Нусельта по формулі для вільної конвекції при горизонтальному розташуванні труб

$$Nu_m = C(G_r \cdot P_r)^n, \quad (3.45)$$

де $C = 0,54$, а $n = 0,25$ з [8].

Тоді,

$$\alpha_2 = \frac{\lambda \cdot C(G_r \cdot P_r)^n}{d}, \quad (3.46)$$

$$\alpha_2 = \frac{0,545 \cdot 0,54(19,2 \cdot 10^6)^{0,25}}{0,025} = 779,25 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}};$$

3.4.11 Оскільки всередині гідравлічного розподілювача знаходиться непідготовлена вода, на трубках теплообмінника буде відкладатись накип, тому обираємо товщину накипу $\delta_{\text{нак}}=0,0005\text{м}$ і її теплопровідністю $\lambda_{\text{нак}} = 2 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{°C}}$.

3.4.12 Обчислюю коефіцієнт теплопередачі, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, за формулою:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{\text{ст}}}{\lambda_{\text{ст}}} + \frac{\delta_{\text{нак}}}{\lambda_{\text{нак}}} + \frac{1}{\alpha_2}}, \quad (3.47)$$

$$k = \frac{1}{\frac{1}{2423} + \frac{0,002}{55} + \frac{0,0005}{2} + \frac{1}{779,25}} = 505 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

3.4.13 Перевірка отриманої температури стінки:

$$t_{\text{ст}} = t_{\text{сп}} + \frac{k}{\alpha_2} \Delta t, \quad (3.48)$$

$$t_{\text{ст}} = 33,3 + \frac{505}{779,25} (65,77 - 33,3) = 44,34 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Отримана температура стінки досить точна, тому приймаю цей результат.

3.4.14 Визначаю поверхню нагріву апарату:

$$F = \frac{kF}{k}, \quad (3.49)$$

$$F = \frac{3980}{505} = 7,88 \text{ м}^2.$$

Визначаю конструктивні розміри апарату. Необхідний об'єм апарату:

$$V = \frac{G_2}{\rho}, \quad (3.50)$$

$$V = \frac{1100}{1000} = 1,1 \text{ м}^3.$$

3.4.15 З каталогів теплоенергетичного обладнання [11] обрано 1 накопичувальний бак загальним об'ємом 1,5 м³, фірми ТЕПЛОБАК, з

характеристиками, наведеними у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Технічні характеристики ємнісних підігрівачів

Найменування величини	Позначення	Одиниця	Значення величини
Об'єм бака	$V_{\text{бака}}$	м ³	1,5
Висота бака	$H_{\text{бака}}$	мм	2200
Діаметр бака	$D_{\text{бака}}$	мм	1000

4 ВОДОПІДГОТОВКА КОТЕЛЬНІ

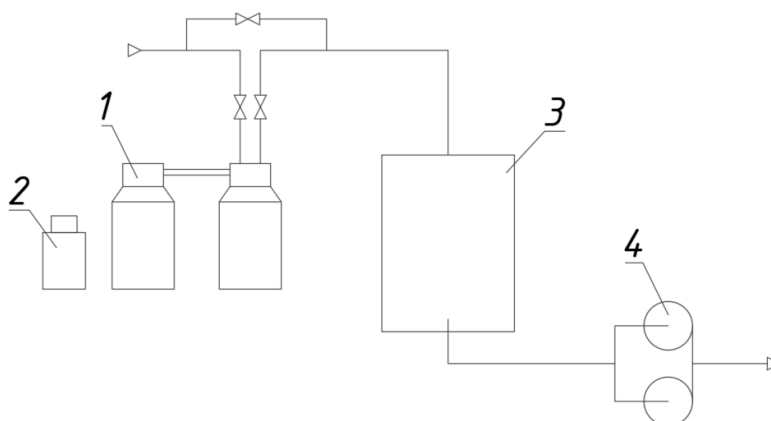
4.1 Загальні положення

Вода, яка використовується в системі водопостачання на різних етапах має різну назву. Природна вода з джерела водопостачання називається початковою, або сирію, а вода, що подається в мережу тепlopостачання, – живильною.

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

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

4.2 Вибір схеми водопідготовки



1 – натрій-катионітні фільтри; 2 - ємність для зберігання солі; 3 – бак запасу хімовищеної води; 4 -насоси підживлення мережі

Рисунок 4.1 – Схема водо підготовки

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

Вибір схеми проводиться за максимальним режимом роботи котельної – максимальному відсотку втрат в теплових мережах.

У котельній встановлена одноступенева натрій-катіонітна водопідготовча установка з двох паралельно працюючих фільтрів.

Сира вода насосом подається на натрій-катіонітовий фільтр хімводопідготовки, де відбувається зниження її твердості до 0,1 мг-екв/кг, , тобто знижується концентрація катіонів кальцію Ca^{2+} і магнію Mg^{2+} , які обумовлюють жорсткість води. Фільтри завантажені катіонітним матеріалом, - сульфовуглем, при цьому катіони кальцію Ca^{2+} і магнію Mg^{2+} переходять з сирої води до катіоніту, а у воду переходять катіони натрію Na^+ .

Катіонітний фільтр має циліндричний корпус. Кожен катіонітний фільтр обладнаний відключаючими пристроями для управління роботою фільтру, відбору проб води, контролю за наповненням і для випуску повітря.

В процесі роботи пом'якшуюча здатність катіоніту поступово знижується. Її можна відновити регенерацією. Регенерація складається з операцій, що послідовно проводяться:

- розпушування;
- регенерація;
- відмивання.

При цілодобовій роботі фільтру, для безперебійної роботи в котельній передбачені резервні фільтри. При виході з ладу одного працюючого фільтру в процес включається резервний фільтр.

4.2.1 Якість сирої води

Якість підживлюваної води для теплових мереж із закритою системою теплопостачання при установці сталевих водогрійних котлів повинна відповідати наступним вимогам:

- жорсткість карбонату не більше 0,7 мг-екв/л;
- речовин в підвішеному стані не більше 5 мг/л;

- вміст кисню не більше 0,05 мг/л;
- концентрація водневих іонів 6,5 – 9,5;
- вільна вуглекислота відсутня.

Джерелом водопостачання котельної є міський водопровід.

На підставі аналізу сирі води і відповідно до вимог до якості підживлюваної і живильної води в котельній передбачена схема одноступеневого натрій-катіонітного пом'якшування води.

4.2.2 Продуктивність водопідготовки.

З розрахунку теплової схеми відома витрата пом'якшеної води, що підживлює мережу

$$G_{\text{п}} = G_{\text{вит}} = 0,12 \text{ кг/с} = 0,43 \text{ т/год.}$$

Приймаємо загальну продуктивність водопідготовчої установки 0,43 т/год.

4.3 Вибір обладнання водопідготовки

4.3.1 Розрахунок натрій-катіонітових фільтрів

4.3.1.1 Вихідні дані:

продуктивність $G_{\text{ф}}$ - 0,43 т/год;

загальна жорсткість - 0,12 мг-екв/л;

залишкова жорсткість - 0,025 мг-екв/л;

максимальна швидкість фільтрації - 40 м/год.

До водопідготовчої установки за [12] приймаються два робочих натрій-катіонітовий фільтри марки BWT моделі EUROSOFТ TWIN WS 1`` з площею фільтрації $f_{\text{ф}} = 0,1 \text{ м}^2$, діаметром $D_{\text{ф}} = 184 \text{ мм}$.

4.3.1.2 Швидкість фільтрації [12]

$$\omega_{\text{ф}} = \frac{G_{\text{ф}}}{f_{\text{ф}} \cdot n_{\text{ф}}}, \quad (4.1)$$

де $n_{\text{ф}}$ – кількість працюючих фільтрів.

$$\omega_{\phi} = \frac{0,43}{0,1 \cdot 1} = 4,3 \text{ м/год}$$

4.3.1.3 Кількість регенерацій [12]:

$$m_{\phi} = \frac{24 \cdot \mathcal{J}_0 \cdot G_{\phi}}{f_{\phi} \cdot n_{\phi} \cdot h_{\text{сл}} \cdot E_{\phi}}, \quad (4.2)$$

де E_{ϕ} – робоча обмінна ємкість катіоніту, $E_{\phi} \text{ I} = 250 \text{ г-екв/м}^3$];

\mathcal{J}_0 – загальна жорсткість води, що поступає у фільтр, $\mathcal{J}_0 = 0,1 \text{ мг-екв/л}$.

$h_{\text{сл}}$ – висота слою катіоніта, м.

$$m_{\phi} = \frac{24 \cdot 0,1 \cdot 0,43}{0,1 \cdot 1 \cdot 0,1 \cdot 250} = 0,057 \frac{\text{рег}}{\text{добу}}$$

4.3.1.4 Витрата 100% повареної солі на одну регенерацію

$$B_c = \frac{E_{\phi} \cdot f_{\phi} \cdot h_{\text{сл}} \cdot b_c}{1000}, \quad (4.3)$$

де b_c – питома витрата реагенту, $b_c = 350 \text{ г/г-екв}$.

$$B_c = \frac{250 \cdot 0,1 \cdot 0,1 \cdot 350}{1000} = 0,875 \frac{\text{кг}}{\text{рег}}$$

4.3.1.5 Добова витрата солі.

$$B_{\text{с.д.}} = \frac{B_c \cdot m_{\phi} \cdot n_{\phi} \cdot 100}{93}, \quad (4.4)$$

де 93 – вміст NaCl в технічній солі %.

$$B_{c.d.} = \frac{0,875 \cdot 0,057 \cdot 0,1 \cdot 100}{93} = 0,01 \frac{\text{кг}}{\text{добу}}$$

4.3.1.6 Витрата регенераційного розчину повареної солі:

$$B_c^{26} = \frac{B_c \cdot 100}{1000 \cdot \rho \cdot 26'} \quad (4.5)$$

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

26 % – процентний вміст солі в розчині.

$$B_c^{26} = \frac{0,875 \cdot 100}{1000 \cdot 1,2 \cdot 26} = 0,003 \frac{\text{м}^3}{\text{рег}}$$

4.3.1.7 Витрата води на взрихлюючу промивку:

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

де i – інтенсивність взрихлюючої промивки, $i = 3$ л/(м²·с);

$t_{\text{взр}}$ – тривалість взрихлюючої промивки, $t_{\text{взр}} = 20$ хв.

$$q_{\text{взр}} = \frac{3 \cdot 0,1 \cdot 60 \cdot 20}{1000} = 0,36 \frac{\text{м}^3}{\text{рег}}$$

4.3.1.8 Витрата води на приготування регенераційного розчину:

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

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

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

$$q_p = \frac{06875 \cdot 100}{1000 \cdot 1,056 \cdot 8} = 0,01 \frac{\text{м}^3}{\text{рег.}}$$

4.3.1.9 Витрата води на відмивання від продуктів регенерації.

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

де $q_{\text{кат}}$ – питома витрата води на відмивання катіоніту, $q_{\text{кат}} = 6 \text{ м}^3/\text{м}^3$;

$$q_{\text{від}} = 6 \cdot 0,1 \cdot 1 = 0,6 \text{ м}^3/\text{рег.}$$

4.3.1.10 Витрата води на одну регенерацію.

$$q_{\text{в}} = q_{\text{взр}} + q_p + q_{\text{від}}, \quad (4.9)$$

$$q_{\text{в}} = 0,36 + 0,01 + 0,6 = 0,97 \text{ м}^3/\text{рег.}$$

4.3.1.11 Добова витрата води на регенерацію.

$$q_{\text{в}}^{\text{доб}} = q_{\text{в}} \cdot m_{\phi} \cdot n_{\phi}, \quad (4.10)$$

$$q_{\text{в}}^{\text{доб}} = 0,97 \cdot 0,057 \cdot 1 = 0,05 \frac{\text{м}^3}{\text{добу}}$$

4.3.1.12 Витрата води на власні потреби за годину.

$$q_{\text{в}}^{\text{сер}} = \frac{q_{\text{в}}^{\text{доб}}}{24}, \quad (4.11)$$

$$q_{\text{в}}^{\text{сер}} = \frac{0,05}{24} = 0,0021 \frac{\text{м}^3}{\text{год.}}$$

4.3.2 Вибір допоміжного обладнання

4.3.3.1 Склад реагентів

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

- об'єм резервуарів:

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

де b – необхідний запас на 30 діб;

ρ – залишок солі на 10 діб.

$$V = \frac{1,5 \cdot 0,875 \cdot (30 + 10)}{1000} = 0,1 \text{ м}^3.$$

На території котельної є склад мокрого зберігання солі, що складається з одного контейнеру об'ємом $0,2 \text{ м}^3$, що цілком забезпечить зберігання необхідного запасу.

4.3.6 Деаераційна установка

Для видалення з хімічно-підготовленої води розчинених кисню та вуглекислого газу в схемі водопідготовки передбачено хімічна деаерація води за допомогою станції дозування фірми BWT та каталізованого сульфїта натрію.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

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

Основним видом палива є природний газ. Компонування основного і допоміжного устаткування в приміщеннях котельні виконані згідно вимог ДБН В.2.5-77:2014 “Котельні” та НПАОП 0.00-1.26-96 “Правила будови і безпечної експлуатації парових та водогрійних котлів”.

При проектуванні котельні виконані вимоги ДБН В.2.5-77:2014 та інших чинних нормативних актів з охорони праці та пожежної безпеки. Архітектурно - планувальні та будівельні рішення забезпечують заходи з охорони праці та протипожежні заходи у відповідності зі ДБН В.2.5-77:2014, " Правилами пожежної безпеки в Україні " та вимогам чинних нормативно - правових актів - ДБН В.2.5 -20- 2001, Правила безпеки систем газопостачання України (ДНАОП 0.00-1.20-98) та ін.

На котельні розташовані спеціальні та побутові приміщення (сан. вузли, гардеробні, лабораторія ХВО, операторна та ін.)

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

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

Компонування основного і допоміжного устаткування в приміщенні котельні виконано згідно з вимогами розд.7 ДНАОП 0.00-1.08-94 і передбачає можливість демонтажу і монтажу котлів в умовах діючого виробництва.

В цьому розділі запропоновані технічні рішення та організаційні заходи з безпеки експлуатації технологічного обладнання, а також технічні рішення та

організаційні заходи з гігієни праці та виробничої санітарії і визначені основні заходи з пожежної безпеки та профілактики.

5.1 Технічні рішення та організаційні заходи з безпеки експлуатації технологічного обладнання

В розробленому проекті системи автоматизації забезпечують:

- 1 Контроль параметрів технологічного процесу і сигналізацію відхилень їх від заданого значення.
- 2 Автоматичне управління основними технологічними блоками, агрегатами і виконавчими механізмами.
- 3 Автоматичне регулювання основних технологічних параметрів.
- 4 Автоматичне відключення подачі газу при підвищенні допустимої концентрації горючих газів у приміщенні.
- 5 Автоматичне відключення котлів в аварійних ситуаціях .

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

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

Водогрійні котлоагрегати GREENOx.e. укомплектовані повним комплексом засобів автоматизації для управління та контролю за роботою системи.

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

- переривання подачі води в котел;

- згасання факела в топці;
- перевищення тиску води;
- зниження тиску води нижче допустимого;
- перевищення температури води на виході з котла;
- зниження витрати води через котел нижче допустимого;
- виявлення несправності запобіжного клапана;
- перевищення тиску газу або падіння тиску газу;
- відхилення тиску повітря (вище або нижче норми), що подається вентилятором;
- відключення вентилятора дуттєвого повітря;
- перевищення температури димових газів;
- несправності автоматики безпеки, аварійної сигналізації;
- зникнення напруги .

5.1.1 Компоновка основного і допоміжного обладнання

Компонування основного і допоміжного устаткування в приміщенні котельні виконана згідно з вимогами розд.7 ДНАОП 0.00-1.08-94 і передбачає можливість демонтажу і монтажу котлів в умовах діючого виробництва.

Котли встановлюються на відм. +0,100.

Відстань від фронту котлів до протилежної стіни по осі А становить 2,2 м, відстань від пальника до цієї стіни - 1,5 м.

Для видалення димових газів проектом передбачаються до кожного котла індивідуальні газоходи з підключенням до загальної димової труби. Діаметр газоходів - 250 мм. На газоходах встановлюються вибухові клапана Ду 250.

Котли працюють на загальну димову трубу висотою 25 м, діаметром 350 мм.

Для обслуговування котлів, запобіжних клапанів і арматури на трубопроводах від котлів проектом передбачена металева приставна площадка висотою +1000 мм. Приладами контролю та автоматизації в котельні обладнані 2 водогрійних котла GREENOX.e. 60 фірми " ICI Caldaie " і допоміжне обладнання котельні.

5.1.2 Організаційні заходи з техніки безпеки

При експлуатації і обслуговуванні котлів слід керуватися діючими "Правилами безпеки систем газопостачання України " (ДНАОП 0.00-1.20-98), "Правил будови та безпечної експлуатації об'єкта електроустановок споживачів", "Правилами технічної експлуатації електроустановок споживачів" для електроустановок напругою до 1000 В.

До роботи на котлах можуть бути допущені особи , які пройшли інструктаж з охорони праці і які мають посвідчення на право роботи з газифікованим обладнанням та обслуговуванням котлів.

До робіт з технічного обслуговування і ремонту електроустаткування і автоматики допускаються особи, які мають право на проведення робіт в електроустановках, з кваліфікацією не менш III розряду.

Клеми датчиків і виконавчих приладів повинні бути надійно захищені від попадання пилу і вологи. Металоконструкції та електрообладнання повинно бути надійно заземлено.

Забороняється знімати кришки з електроустаткування при наявності напруги, а також експлуатувати електрообладнання зі знятими кришками.

Забороняється повторний запуск пальників після аварійного вимкнення без з'ясування і усунення причин вимикання.

Експлуатація пальників при несправній автоматичі забороняється.

При витокі газу забороняється робота пальника, запалювання вогню, включення і виключення електрообладнання.

Всі види ремонтних і профілактичних робіт робити тільки на непрацюючому обладнанні, при відключенні від блокової пальника електричних і газових мереж .

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

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

5.1.3 Електробезпека

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

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

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

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

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

Згідно з вимогами ДНАОП 0.00-1.21-98 електроприміщення комплектуються основними і допоміжними захисними засобами, а також первинними засобами пожежогасіння. Обсяг захисних засобів може збільшуватися залежно від системи організації експлуатації та місцевих умов.

Умови праці при експлуатації та ремонті мереж і електроустановок повинні відповідати вимогам безпеки та захисту працівників від небезпечних і шкідливих виробничих факторів, які можуть впливати на їх здоров'я, згідно з ДБН В.2.5-27-2006.

Для створення та дотримання безпечних і нешкідливих умов праці при експлуатації та ремонті мереж і споруд електропостачання необхідно керуватися вимогами ДНАОП 0.00-1.21-

98 а при виконанні окремих видів робіт, які є не специфічними для електротехнічного персоналу - вимогами міжгалузевих, чинних в Україні

нормативних актів про охорону праці.

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

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

Електромонтажні роботи виконувати згідно з вимогами ДБН В.2.5-27-2006.

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

5.2.1 Мікроклімат робочої зони

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

Параметри мікроклімату діють на організм людини комплексно. Параметри мікроклімату нормуються по ДСН 3.3.63042-92 (Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони) залежно від тяжкості виконуваних робіт і періоду року.

Відповідно до цього нормовані параметри зводимо в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 - Допустимі і оптимальні параметри температури повітря ($t, ^\circ\text{C}$), відносної вологості($\phi, \%$) і швидкості руху повітря ($v, \text{м/с}$)

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

Технічні рішення для забезпечення вимог норм (регламентуються):

- вентиляція котельного залу на всі періоди року передбачена припливно - витяжна, розрахована на асиміляцію теплонадлишків. Обсяг припливного повітря компенсує об'єм повітря, що надходить на горіння у топки котлів і видаляється витяжною вентиляцією. У котельному залі незалежно від режиму експлуатації забезпечується постійний 3- х кратний обмін;

- для підтримки необхідної температури в приміщеннях котельної в зимовий час в котельній виконується опалювання. Теплоносієм системи опалювання є гаряча вода що йде в систему опалювання від водогрійних котлів КСВа 1,25;

- проходить зниження викидів забруднюючих речовин за рахунок скорочення витрати палива, застосування досконаліших газоспалюючих пристроїв;

- димова труба забезпечує розсіювання шкідливих викидів на великі площі.

5.2.2 Заходи по оптимізації складу повітря робочої зони персоналу котельні

Для безпечної роботи в приміщенні котельні встановлюється газоаналізатор. Контроль наявності до-вибухонебезпечної концентрації природного газу в приміщенні котельні, а саме метану (CH_4), а також перевищення концентрації чадного газу (CO) виконується системою газоаналізатора ВАРТА 1-03 ЗАТ "ТЕМІО".

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

5.2.3 Заходи по оптимізації виробничого освітлення робочих місць У котельні передбачені наступні види освітлення:

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

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

Мережі освітлення захищені від перевантаження і струмів короткого замикання.

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

Проектні рішення по природному, штучному і комбінованому освітленню приміщень та окремих зон відповідають вимогам СНиП 23-05-95.

5.2.4 Засоби і методи захисту від виробничого шуму

Для забезпечення допустимих параметрів шуму в котельній передбачені наступні засоби:

- для машиніста котлів створене окреме, ізольоване від шуму, приміщення з розміщенням в ньому щитів технологічної сигналізації (щитова);
- службово-побутові приміщення захищені від шуму діючого устаткування глухими стінами;
- застосовуються засоби індивідуального захисту від шуму – протишумні навушники;

- зменшення шуму в джерелі шляхом вдосконалення устаткування і експлуатації його в нормальних режимах.
- вентилятори і димососи встановлюються за котлом біля стіни будівлі, самої віддаленої від робочих місць обслуговуючого персоналу;
- для зниження рівня звукового тиску в газоході і димовій трубі при швидкості потоку понад 15 м/с встановлюються пластинчаті глушники шуму з напівжорсткої мінеральної плити в оболонці із склотканини і перфорованого листа;
- воздуховоди і вентиляційне устаткування приєднуються за допомогою гнучких вставок.

Рівень звукового тиску від обладнання котельні та викиди шкідливих речовин не перевищують нормативних даних.

Для зниження рівня шуму і для запобігання вібрацій, які можуть передаватися від обладнання (мережеві насоси, насоси циркуляційні) проектом передбачені гнучкі трубопровідні вставки.

5.2.5 Захист від інфрачервоного випромінювання при експлуатації обладнання котельні Теплові випромінювання від нагрітих предметів та устаткування значно впливають на

створення несприятливих мікрокліматичних умов у виробничих приміщеннях. Крім того, теплові (інфрачервоні) випромінювання також впливають на організм людини. Ефективність такого впливу залежить від густини потоку енергії інфрачервоних випромінювань, довжини хвилі, тривалості і зони (області) впливу. Останній може бути загальним і локальним.

Інтенсивність теплового опромінювання людини від нагрітих поверхонь технологічного устаткування, освітлювальних приладів, інсоляції на постійних і непостійних робочих місцях не повинна перевищувати 35 Вт/м^2 у разі опромінення 50% поверхні тіла і 70 Вт/м^2 - у разі опромінення від 25 до 50% та 100 Вт/м^2 - у випадку опромінення до 25% поверхні тіла. Інтенсивність теплового опромінювання працюючих від відкритих джерел (нагрітий метал, скло, "відкрите" полум'я тощо) не повинна перевищувати 140 Вт/м^2 , при цьому

опроміненню не повинно підлягати більше 25% поверхні тіла, і обов'язковим є використання засобів захисту обличчя та очей.

Для забезпечення допустимих параметрів теплових (інфрачервоних) випромінювань в котельній проектом передбачені наступні засоби і методи захисту:

- в котельній виконується теплова ізоляція технологічного обладнання, що має температуру $> 45\text{ }^{\circ}\text{C}$ [3];
- використання засобів захисту обличчя та очей;
- для поповнення водного балансу персонал отримує підсолену газовану воду з розрахунку 4-5 л на зміну;
- обов'язкове забезпечення персоналу спецодягом.

5.3 Технічні рішення з питань пожежної безпеки

5.3.1 Технічні рішення системи протипожежного захисту

В проекті реконструкції котельні виконані усі вимоги пожежобезпеки згідно з НАПБ В.01.34-2005.

Проектом передбачені технічні рішення системи протипожежного захисту. Це комплекс заходів і засобів, які дозволяють отримати інформацію про пожежу, забезпечити умови для гасіння пожежі, евакуації персоналу котельні та збереження матеріальних цінностей.

Передбачаються заходи щодо забезпечення приміщень котельні засобами телефонізації, радіофікації, автоматичної пожежної сигналізації.

Побутові кондиціонери, а також технологічні системи обладнані автоматичною пожежною сигналізацією і зупиняються за сигналом "Пожежа". Можливо дистанційне централізоване вимикання вентиляційних систем на випадок пожежі.

Зовнішнє пожежогасіння виконується від пожежних шаф на території котельні.

Внутрішня мережа господарського, питного і протипожежного

водопроводу монтується зі сталевих водопровідних оцинкованих труб $D = 15-50$ мм.

Категорія приміщень котельні по вибухопожежобезпеки Г відповідно до технологічної частини проекту.

ВИСНОВКИ

В дипломній роботі бакалавра була виконана реконструкція водогрійної опалювальної котельні в м. Запоріжжя, 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: 0,745 МВт – навантаження системи опалення; 0,093 МВт – навантаження системи ГВП; 0,838 МВт – сумарне навантаження котельні.

Для отриманого навантаження була розроблена теплова схема котельні, за якою було підібране необхідне основне обладнання.

Котлоагрегати були обрані від італійської фірми “ICI CALDAIE”, типоряду GREENOx.e., моделі GREENOx.e. 30 та GREENOx.e. 70, які мають максимальну теплопродуктивність 300 та 700 кВт відповідно.

Необхідні для руху теплоносія насоси були взяті від німецької фірми “WILO”, типоряду STRATOS, STRATOS GIGA. Для кожного насосу були розраховані відповідні робочі параметри, які вказані в розділі 3, підрозділі 3.2.

Для обробки сирової води, та підготовки її до використання в контурі мережі опалення була обрана установка NA-катіонування польської фірми BWT.

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.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. СНиП 2.04.05 – 91. Отопление, вентиляция, кондиционирование. – Чинні від 1997. М.: ГУП ЦПП, 1997. 72 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.2.6 – 31: 2016. Теплова ізоляція будівель. – Чинні від 2017-27-11. Київ: Укрархбудінформ, 2016. 31 с.
4. ДСТУ-Н Б А2.2. – 5: 2007. Проектування. Настанова з розроблення та складання енергетичного паспорта будинків при новому будівництві та реконструкції. – Чинні від 2008-07-01. Київ: НДІпроектреконструкція, 2007. 43 с.
5. ДБН В.2.5. – 64: 2012. Внутрішній водопровід та каналізація. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво. Чинні від 2014-03.01. Київ: ДП Міськбудпроект, 2012. 105 с.
6. ДБН В.2.5. – 74: 2013. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. – Чинні від 2014-01.01. Київ: УкрНДІводоканалпроект, 2013. 172 с.
7. Теплові навантаження. Теплові схеми котелень. Метод. вказівки до викон. розрахункової роботи з дисципліни «Джерела теплопостачання та споживачі теплоти» для студ. напряму підготовки 6.05060101 «Теплоенергетика» освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр» / Уклад.: М.Ф. Боженко, Ю.В. Шовкалюк. Київ : НТУУ «КПІ», ТЕФ, 2013. 52 с.
8. Краснощеков Е.А. Задачник по теплопередаче: Учебн. пособие для вузов./ Е.А. Краснощеков, А.С. Сукомел. 4-е изд., перераб. Москва: Энергия, 1980. 288 с., ил.
9. ГОСТ 10704 : 1991. Государственный стандарт СССР. Трубы стальные электросварные прямошовные. – Чинний від 1993-01-01. Москва: Издательство Стандартов, 1991. 14 с.

10. Лебедев П.Д. Теплоиспользующие установки промышленных предприятий: Учебн. пособие для вузов / П.Д.Лебедев, А.А.Щукин, Москва: Энергия, 1970. 408 с., ил.

11. Теплобак. Каталог обладнання[Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.teplobak.com.ua> (01.05.21)

12. Проектирование установок На-катионирования. Москва: Сантехпроект, 1975. 26 с.

13. Лифшиц О.В. Справочник по проектированию водоподготовительных установок для котельных малой мощности./ О.В.Лифшиц. Москва: Энергия, 1969. 288 с.