

Міністерство освіти і науки України  
Український державний університет науки і технологій

Управління енергетичними процесами

Інтелектуальні системи енергопостачання

Пояснювальна записка  
до кваліфікаційної роботи  
бакалавра

на тему: Проект теплопостачання об'єктів депо м. П'ятихатки та прилеглого населеного пункту  
за освітньою програмою Теплоенергетика  
зі спеціальності: 144 Теплоенергетика

Виконав: студент групи TE1811 :



/ Богдан БРИЛЬОВ /

Керівник:



/ доцент Віталій ПЕРЦЕВИЙ /

Нормоконтролер:



/ доцент Віктор ДЬЯКОВ /

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

Студент

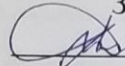


Дніпро – 2022 рік

**Міністерство освіти і науки України**  
**Український державний університет науки і технологій**

Факультет: Управління енергетичними процесами  
Кафедра: Інтелектуальні системи енергопостачання  
Рівень вищої освіти: Перший (бакалаврський)  
Освітня програма: Теплоенергетика  
Спеціальність: 144 "Теплоенергетика"

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ІСЕ  
 Дмитро БОСІЙ

Дата 14.12.2021

**ЗАВДАННЯ**

на кваліфікаційну роботу бакалавр з теплоенергетики

студенту Брильову Богдану Олександровичу

1. Тема роботи: “Проект тепlopостачання об’єктів депо м. П’ятихатки та прилеглого населеного пункту”.

Керівник роботи: Перцевий Віталій Олександрович, к.т.н.

затверджені наказом від

" 14 " 12 2021 р. № 89ст

2. Строк подання студентом роботи: 06.06.2022 р.

3. Вихідні дані до роботи:

3.1. Район будівництва м. П’ятихатки.

3.2. Навантаження підприємства по технологічній парі 7,6 т/год. Тиск пари 0,6 МПа.

3.3. Максимальні навантаження систем опалення та вентиляції промислових будівель (вода 150/70 °C): локомотивного депо 5 МВт; механічних майстерень 4 МВт; пункту технічного огляду 1,3 МВт; адміністративного корпусу 1,0 МВт.

3.4. Максимальні навантаження гарячого водопостачання виробництва (65 °C) 2,5 МВт.

3.5. Споживачі теплових навантажень в житлово-комунальному секторі:  
20 житлових будинків по 28 тис. м<sup>3</sup> кожний загальним населенням 10 тис. мешканців; поліклініка на 500 хворих з об’ємом будинку 7 тис. м<sup>3</sup>; дитсадок на 200 дітей з об’ємом будинку 1,8 тис. м<sup>3</sup>; школа на 1200 місць з об’ємом будинку 40 тис. м<sup>3</sup>; гуртожиток на 500 місць з об’ємом будинку 11 тис. м<sup>3</sup>.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно опрацювати):

4.1 Аналітична частина: Визначення теплових навантажень та вибір способу їх покриття. Побудова графіка теплового навантаження. Вибір схеми тепlopостачання.

4.2 Основна частина: Розрахунок теплової схеми котельні. Вибір основного

та допоміжного обладнання котельні.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): Схема системи тепlopостачання. Графік теплового навантаження. Схема котельні, основного та допоміжного обладнання.

6. Консультанти розділів роботи:

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Завдання видав:<br>(підпис консультанта, дата) | Завдання прийняв:<br>(підпис студента, дата) |
|--------|-------------------------------------------|------------------------------------------------|----------------------------------------------|
|        |                                           |                                                |                                              |
|        |                                           |                                                |                                              |
|        |                                           |                                                |                                              |
|        |                                           |                                                |                                              |

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів кваліфікаційної роботи                                 | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------|----------|
| 1     | Розрахунок теплових навантажень                                     | 11.04.2022                    |          |
| 2     | Вибір системи тепlopостачання і розрахунок теплової схеми котельної | 29.05.2022                    |          |
| 3     | Подання кваліфікаційної роботи до кафедри                           | 06.06.2022                    |          |
| 4     | Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Екзаменаційної комісії   | 21.06.2022                    |          |

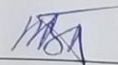
Студент

Богдан БРИЛЬОВ



Керівник роботи





Віталій ПЕРЦЕВИЙ





## ЗМІСТ

|                                                                                           |       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
|                                                                                           | стор. |
| ВСТУП.....                                                                                | 7     |
| 1. РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ.....                                                   | 8     |
| 1.1 Опалювальні навантаження промислових приміщень та житлово-комунального сектору.....   | 8     |
| 1.2 Витрата тепла на вентиляцію виробничих приміщень та житлово-комунального сектору..... | 10    |
| 1.3 Витрати тепла на технологічні потреби.....                                            | 12    |
| 1.4 Витрати тепла на гаряче водопостачання.....                                           | 12    |
| 1.5 Зведена таблиця теплових навантажень.....                                             | 15    |
| 1.6 Річна витрата теплоти.....                                                            | 18    |
| 2 ВИБІР СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ І РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ КОТЕЛЬНОЇ.....                | 21    |
| 2.1 Вибір способу покриття теплового навантаження. Принципова схема котельні.....         | 21    |
| 2.2 Розрахунок теплової схеми котельні.....                                               | 25    |
| 2.3 Вибір тепlopідготовчого обладнання та розрахунок трубопроводів.....                   | 29    |
| ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ.....                                                             | 31    |
| ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....                                                                     | 32    |

|           |          |             |                                                                                     |          |                                                                                    |                            |       |         |
|-----------|----------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------|------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|-------|---------|
|           |          |             |                                                                                     |          | 02.15.ТЕ1811.КРБ.2022–ПЗ                                                           |                            |       |         |
| Зм.       | Арк.     | № документа | Підпис                                                                              | Дата     | Проект тепlopостачання об'єктів депо м. П'ятихатки та прилеглого населеного пункту | Літера                     | Аркуш | Аркушів |
| Розробив  | Брильов  |             |  | 28.06.22 |                                                                                    | Б Д                        | 6     | 32      |
| Консульт. |          |             |                                                                                     |          |                                                                                    |                            |       |         |
| Керівник  | Перцевий |             |  | 28.06.22 |                                                                                    |                            |       |         |
| Н. контр. | Дьяков   |             |  | 28.06.22 |                                                                                    |                            |       |         |
| Зав. каф. | Босий    |             |  | 28.06.22 |                                                                                    | МОНУ, УДУНТ, ІСЕ<br>ТЕ1811 |       |         |

## **РЕФЕРАТ**

Бакалаврська робота: 32 сторінки, 2 частини, 6 рисунків, 4 таблиці, 5 використаних джерел.

Об'єкт дослідження – система теплопостачання об'єктів депо.

Мета роботи - розрахунок теплових навантажень та вибір системи теплопостачання і розрахунок теплової схеми котельної.

Методи дослідження – аналітичні методи розрахунку теплових навантажень та розрахункові методи вибору системи теплопостачання.

Одержані результати – визначено опалювальні навантаження промислових приміщень та житлово-комунального сектору, витрати теплоти на вентиляцію виробничих приміщень та житлово-комунального сектору, витрати тепла на технологічні потреби, витрати тепла на гаряче водопостачання, річну витрату теплоти, обрано спосіб покриття теплового навантаження, запропоновано принципову схему котельні, а саме водяної системи теплопостачання, системи гарячого водопостачання, системи опалення та гарячого водопостачання, системи опалення та вентиляції, виконано розрахунок теплової схеми котельні, обрано теплопідготовче обладнання та виконано розрахунок трубопроводів.

Ключові слова: ПРОМИСЛОВІ ПРИМІЩЕННЯ, ЖИТЛОВО-КОМУНАЛЬНИЙ СЕКТОР, ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ, ГАРЯЧЕ ВОДОПОСТАЧАННЯ, ОПАЛЕННЯ.

## ЗМІСТ

|                                                                                           | стор. |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| ВСТУП.....                                                                                | 7     |
| 1. РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ.....                                                   | 8     |
| 1.1 Опалювальні навантаження промислових приміщень та житлово-комунального сектору.....   | 8     |
| 1.2 Витрата тепла на вентиляцію виробничих приміщень та житлово-комунального сектору..... | 10    |
| 1.3 Витрати тепла на технологічні потреби.....                                            | 12    |
| 1.4 Витрати тепла на гаряче водопостачання.....                                           | 12    |
| 1.5 Зведена таблиця теплових навантажень.....                                             | 15    |
| 1.6 Річна витрата теплоти.....                                                            | 18    |
| 2 ВИБІР СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ І РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ КОТЕЛЬНОЇ.....                | 21    |
| 2.1 Вибір способу покриття теплового навантаження. Принципова схема котельні.....         | 21    |
| 2.2 Розрахунок теплової схеми котельні.....                                               | 25    |
| 2.3 Вибір теплопідготовчого обладнання та розрахунок трубопроводів.....                   | 29    |
| ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ.....                                                             | 31    |
| ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....                                                                     | 32    |

|           |      |             |        |      |                                                                                          |                            |       |         |  |
|-----------|------|-------------|--------|------|------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|-------|---------|--|
|           |      |             |        |      | 02.15.ТЕ1811.КРБ.2022–ПЗ                                                                 |                            |       |         |  |
|           |      |             |        |      |                                                                                          |                            |       |         |  |
| Зм.       | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                                                                                          |                            |       |         |  |
| Розробив  |      | Брильов     |        |      | Проект теплопостачання<br>об'єктів депо м. П'ятихатки та<br>прилеглого населеного пункту | Літера                     | Аркуш | Акрушів |  |
| Консульт. |      |             |        |      |                                                                                          | Б   Д                      | 6     | 32      |  |
| Керівник  |      | Перцевий    |        |      |                                                                                          | МОНУ, УДУНТ, ІСЕ<br>ТЕ1811 |       |         |  |
| Н. контр. |      | Дьяков      |        |      |                                                                                          |                            |       |         |  |
| Зав. каф. |      | Босий       |        |      |                                                                                          |                            |       |         |  |

## ВСТУП

Теплопостачання є одним із основних підсистем енергетики. на теплопостачання народного господарства та населення витрачається близько 1/3 всіх первинних паливно-енергетичних ресурсів, що використовуються в країні. Основними напрямками вдосконалення цієї підсистеми є концентрація виробництва теплоти та електричної енергії (теплофікація) та централізація теплопостачання.

Централізація може бути здійснена при подачі теплоти не тільки від ТЕЦ, але й інших джерел, наприклад великих котельних або промислових теплоутилізаційних установок. Централізація теплопостачання веде до економії палива (за рахунок вищого ККД великих районних та промислових котелень, а також потужних котелень сучасних ТЕЦ порівняно з місцевими котельними), незважаючи на додаткові втрати теплоти в мережах при централізованому теплопостачанні.

Централізація теплопостачання сприяє благоустрою теплопостачальних районів та підвищенню комфортабельності будівель, дозволяє зменшити трудовитрати на обслуговування теплового господарства міст і промисловості, полегшує використання низькосортного палива.

Теплові мережі є важливою ланкою теплофікаційної системи, що забезпечує транспортування теплоносія від джерела теплопостачання тепловим споживачам.

|     |      |             |        |      |                          |      |
|-----|------|-------------|--------|------|--------------------------|------|
|     |      |             |        |      | 02.15.ТЕ1811.КРБ.2022-ПЗ | Лист |
|     |      |             |        |      |                          |      |
| Зм. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                          |      |

# 1 РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ

## 1.1 Опалювальні навантаження промислових приміщень та житлового-комунального сектору

Для зручності розрахунків розрахункова витрата тепла на опалення об'єкту визначається за спрощеною формулою:

$$Q_{оп}^{жкк} = q_{оп} \cdot V_0 \cdot (t_B - t_H),$$

де  $q_{оп}$  – питома опалювальна характеристика об'єкту, Вт/(м<sup>3</sup>·К);

$V_0$  – об'єм об'єкту, м<sup>3</sup>;

$t_B$  – температура повітря всередині об'єкту (значення  $t_B$  для ряду виробничих та побутових приміщень можна прийняти з табл.1 додатку), °С;

$t_{зо}$  – розрахункова температура зовнішнього повітря, °С.

Питомі опалювальні характеристики будівель  $q_0$  залежить від конструкції будівлі, її зовнішнього – об'єму, кількості поверхів, конфігурації, ступені скління, призначення і можуть досить значно змінюватись. Значення  $q_0$  для деяких промислових будівель наведені табл.3 додатку. При відомому об'ємі будівлі  $q_0$  можна знайти за наближеною формулою [1]:

$$q_0 = \frac{1,85}{\sqrt[6]{V_0}},$$

Отже:

- 20 житлових будинків по 28 000 м<sup>3</sup> кожен:

$$q_0 = \frac{1,85}{\sqrt[6]{V_0}} = \frac{1,85}{\sqrt[6]{28000}} = 0,336 \text{ Вт/(м}^3\cdot\text{К)};$$

$$Q_{оп} 0,33 \cdot 28000 \cdot 20 \cdot (18 - (-23)) = 7,578 \text{ МВт};$$

|     |      |             |        |      |                          |      |
|-----|------|-------------|--------|------|--------------------------|------|
|     |      |             |        |      | 02.15.ТЕ1811.КРБ.2022-ПЗ | Лист |
| Зм. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                          |      |



- поліклініка об'ємом будівлі 7000 м<sup>3</sup>:

$$q_0 = \frac{1,85}{\sqrt[6]{V_0}} = \frac{1,85}{7000} = 0,423 \text{ Вт/(м}^3\cdot\text{K)};$$

$$Q_{оп} = 0,42 \cdot 7000 \cdot (18 - (-23)) = 0,126 \text{ МВт};$$

- дитячий садок з об'ємом будівлі 1800 м<sup>3</sup>:

$$q_0 = \frac{1,85}{\sqrt[6]{V_0}} = \frac{1,85}{1800} = 0,53 \text{ Вт/(м}^3\cdot\text{K)};$$

$$Q_{оп} = 0,53 \cdot 1800 \cdot (18 - (-23)) = 0,041 \text{ МВт};$$

- школа з об'ємом будівлі 40000 м<sup>3</sup>:

$$q_0 = \frac{1,85}{\sqrt[6]{V_0}} = \frac{1,85}{40000} = 0,34 \text{ Вт/(м}^3\cdot\text{K)};$$

$$Q_{оп} = 0,34 \cdot 40000 \cdot (18 - (-23)) = 0,557 \text{ МВт};$$

- гуртожиток з об'ємом будівлі 11000 м<sup>3</sup>:

$$q_0 = \frac{1,85}{\sqrt[6]{V_0}} = \frac{1,85}{11000} = 0,39 \text{ Вт/(м}^3\cdot\text{K)},$$

$$Q_{оп} = 0,39 \cdot 11000 \cdot (18 - (-23)) = 0,175 \text{ МВт}.$$

Загальна витрата тепла на опалення житлово-комунального масиву:

$$Q_{оп}^{\Sigma ЖКС} = 7,578 + 0,126 + 0,041 + 0,557 + 0,175 = 8,477 \text{ МВт}.$$

|     |      |             |        |      |                          |      |
|-----|------|-------------|--------|------|--------------------------|------|
|     |      |             |        |      | 02.15.ТЕ1811.КРБ.2022-ПЗ | Лист |
| Зм. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                          |      |

$$Q_{\epsilon}^p = 0,12 \cdot 1800 \cdot (20 - (-9)) = 0,0063 \text{ МВт};$$

- школа з об'ємом будівлі 40000 м<sup>3</sup>:

$$Q_{\epsilon}^p = 0,10 \cdot 40000 \cdot (18 - (-9)) = 0,129 \text{ МВт}.$$

Тоді  $Q_{\epsilon}^{сум} = 0,19 \text{ МВт}.$

Отже, на другому режимі:

- поліклініка з об'ємом будівлі 7000 м<sup>3</sup>:

$$Q_{\epsilon}^p = 0,29 \cdot 7000 \cdot (18 - (-5,4)) = 0,047 \text{ МВт};$$

- дитячий садок з об'ємом будівлі 1800 м<sup>3</sup>:

$$Q_{\epsilon}^p = 0,12 \cdot 1800 \cdot (20 - (-5,4)) = 0,0054 \text{ МВт};$$

- школа з об'ємом будівлі 40000 м<sup>3</sup>:

$$Q_{\epsilon}^p = 0,10 \cdot 40000 \cdot (18 - (-5,4)) = 0,094 \text{ МВт}.$$

Тоді  $Q_{\epsilon}^{сум} = 0,19 \text{ МВт}.$

Отже, на третьому режимі:

- поліклініка з об'ємом будівлі 7000 м<sup>3</sup>:

$$Q_{\epsilon}^p = 0,29 \cdot 7000 \cdot (18 - (-1)) = 0,039 \text{ МВт}.$$

- дитячий садок з об'ємом будівлі 1800 м<sup>3</sup>:

|     |      |             |        |      |                          |      |
|-----|------|-------------|--------|------|--------------------------|------|
|     |      |             |        |      | 02.15.ТЕ1811.КРБ.2022-ПЗ | Лист |
|     |      |             |        |      |                          |      |
| Зм. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                          |      |

$$Q_{\text{г}}^{\text{р}} = 0,12 \cdot 1800 \cdot (20 - (-1)) = 0,0045 \text{ МВт};$$

- школа з об'ємом будівлі 40000 м<sup>3</sup>:

$$Q_{\text{г}}^{\text{р}} = 0,10 \cdot 4000 \cdot (18 - (-1)) = 0,076 \text{ МВт}.$$

Тоді  $Q_{\text{г}}^{\text{сум}} = 0,118 \text{ МВт}.$

### 1.3 Витрати тепла на технологічні потреби

Навантаження підприємств по технологічній парі складають 4,75 МВт.

### 1.4 Витрати тепла на гаряче водопостачання

Витрати тепла на гаряче водопостачання визначається на основі норм споживання гарячої води ( $t = 65^{\circ}\text{C}$ ) для житлових будівель, підприємств житлово-комунального призначення. Промислових будівель витрата є нерівномірною протягом доби і тижня. Середня витрата теплоти на гаряче водопостачання:

$$Q_{\text{ГВП}} = \frac{q \cdot m \cdot c \cdot \rho \cdot (65 - t_{\text{хв}})}{T \cdot 3600},$$

де  $q$  – добова норма витрати гарячої води на одиницю споживання, м<sup>3</sup>, [1];

$m$  – кількість одиниць споживання;

$c$  – теплоємність підігріваємої води, Дж/(кг·К);

$t_{\text{хв}}$  – температура холодної води (взимку приймається 5 °С, влітку 15 °С);

$T$  – число годин роботи гарячого водопостачання протягом доби, приймаємо 24 години.

Для житлових будинків з централізованим гарячим водопостачанням, обладнаними ваннами і душами 105 л на добу на одного мешканця:

- для першого, другого та третього режимів:

|     |      |             |        |      |                          |      |
|-----|------|-------------|--------|------|--------------------------|------|
|     |      |             |        |      | 02.15.ТЕ1811.КРБ.2022-ПЗ | Лист |
| Зм. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                          |      |

$$Q_{ГВ} = \frac{0,105 \cdot 10000 \cdot 4200 \cdot (65 - 5)}{24 \cdot 3600} = 3,06 \text{ МВт},$$

- для четвертого режиму:

$$Q_{ГВ} = \frac{0,105 \cdot 10000 \cdot 4200 \cdot (65 - 15)}{24 \cdot 3600} = 3,06 \text{ МВт}.$$

Для проектування гуртожитків приймаємо гуртожитки з загальними кухнями і блоками, душовими на поверхах при жилих кімнатах в кожній секції будівлі. Норма гарячої води на одного мешканця складає 30 л на добу:

- для першого, другого та третього режимів:

$$Q_{ГВ} = \frac{0,08 \cdot 500 \cdot 4200 \cdot (65 - 5)}{24 \cdot 3600} = 0,117 \text{ МВт},$$

- для четвертого режиму:

$$Q_{ГВ} = \frac{0,08 \cdot 500 \cdot 4200 \cdot (65 - 15)}{24 \cdot 3600} = 0,097 \text{ МВт}.$$

Поліклініки мають норму гарячої води 5,2 л на добу на одного хворого:

- для першого, другого та третього режимів:

$$Q_{ГВ} = \frac{0,0052 \cdot 500 \cdot 4200 \cdot (65 - 5)}{24 \cdot 3600} = 0,0076 \text{ МВт},$$

- для четвертого режиму:

$$Q_{ГВ} = \frac{0,0052 \cdot 500 \cdot 4200 \cdot (65 - 15)}{24 \cdot 3600} = 0,0063 \text{ МВт}.$$

|     |      |             |        |      |                          |      |
|-----|------|-------------|--------|------|--------------------------|------|
|     |      |             |        |      | 02.15.ТЕ1811.КРБ.2022-ПЗ | Лист |
| Зм. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                          |      |

Приймаємо для проектування дитячий садок з їдальнею, що працює на сировині та з пральнею з автоматичними пральними машинками: норма витрати гарячої води 25 л на добу на 4 дитину:

- для першого, другого та третього режимів:

$$Q_{GB} = \frac{0,025 \cdot 200 \cdot 4200 \cdot (65 - 5)}{24 \cdot 3600} = 0,0146 \text{ МВт},$$

- для четвертого режиму:

$$Q_{GB} = \frac{0,025 \cdot 200 \cdot 4200 \cdot (65 - 15)}{24 \cdot 3600} = 0,0122 \text{ МВт}.$$

Для загальної школи з душовими при гімнастичних залах та їдальнями норма витрати гарячої води 3 л на одного учня:

- для першого, другого та третього режимів:

$$Q_{GB} = \frac{0,025 \cdot 1200 \cdot 4200 \cdot (65 - 5)}{24 \cdot 3600} = 0,0105 \text{ МВт},$$

- для четвертого режиму:

$$Q_{GB} = \frac{0,025 \cdot 1200 \cdot 4200 \cdot (65 - 15)}{24 \cdot 3600} = 0,00875 \text{ МВт}.$$

Отже загальна середня витрата теплоти на гаряче водопостачання:

- для першого, другого та третього режимів:  $Q_{GB}^{\Sigma} = 3,21 \text{ МВт};$

- для четвертого режиму:  $Q_{GB}^{\Sigma} = 2,67 \text{ МВт}.$

|     |      |             |        |      |                          |      |
|-----|------|-------------|--------|------|--------------------------|------|
|     |      |             |        |      | 02.15.ТЕ1811.КРБ.2022-ПЗ | Лист |
| Зм. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                          |      |



### 1.5 Зведена таблиця теплових навантажень

Для аналізу змін теплових навантажень протягом року складаємо зведену таблицю 1.1 для чотирьох характеристик режимів (три зимових, 1-літній): I-максимально зимовий (за температуру зовнішнього повітря приймається середня температура найбільш холодної п'ятиденки); II – середній для найбільш холодного місяця; III – середньо опалювальний (за середньою температурою опалювального періоду); IV – літній (витрати тепла на опалення та вентиляцію відсутні).

Таблиця 1.1 - Теплові навантаження для чотирьох характерних режимів

| № з/п | Група споживачів                            | Теплоносій та його властивості | Одиниці вимірювання | Витрати теплоти по режимах |       |       |      | %  |
|-------|---------------------------------------------|--------------------------------|---------------------|----------------------------|-------|-------|------|----|
|       |                                             |                                |                     | I                          | II    | III   | IV   |    |
| 1.    | Технологічні потреби підприємства           | Пара 0,6 МПа                   | т/год               | 7,5                        | 7,5   | 7,5   | 7,5  | 60 |
|       |                                             |                                | МВт                 | 4,75                       | 4,75  | 4,75  | 475  | 60 |
| 2.    | Опалення та вентиляція промислових будівель | Вода 150/70 °С                 | МВт                 | 6,6                        | 3,76  | 3,07  | -    |    |
| 3.    | Опалення будівель ЖКС                       | Вода 150/70 °С                 | МВт                 | 8,48                       | 4,83  | 3,94  | -    |    |
| 4.    | Гаряче водопостачання підприємства          | Вода 65 °С                     | МВт                 | 2,5                        | 2,5   | 2,5   | 2,08 |    |
| 5.    | Гаряче водопостачання ЖКС                   | Вода 65 °С                     | МВт                 | 3,21                       | 3,21  | 3,21  | 2,67 |    |
| 6.    | Вентиляція будівель                         | Вода 150/70 °С                 | МВт                 | 0,19                       | 0,146 | 0,118 | -    |    |
| 7.    | Сумарне навантаження по теплоносію вода     | Вода 150/70 °С і 65 °С         | МВт                 | 20,98                      | 14,44 | 12,83 | 4,75 |    |
| 8.    | Сумарне навантаження по всім теплоносіям    |                                | МВт                 | 25,73                      | 19,19 | 17,58 | 9,5  |    |

Технологічні потреби пари підприємств:

$$Q = \Delta i \cdot \frac{D_m}{3,6},$$

$$D_m = \frac{3,6 \cdot Q}{\Delta i},$$

де  $\Delta i$  - різниця ентальпії пари :  $\Delta i = i_n - i_g$ , кДж/кг;

$i_n = 2576$  кДж/кг для тиску  $P = 0,6$  МПа;

$i_g = 293$  кДж/кг для тиску  $P = 0,6$  МПа;

$$D_m = \frac{3,6 \cdot 4,75}{2576 - 293} = 7,5 \text{ т/год.}$$

Виконуємо перерахунок теплового навантаження для режимів II та III:

$$Q_{II} = Q_I \cdot \frac{t_B - t_3^{mic}}{t_B - t_{3,p.}}$$

$$Q_{III} = Q_{II} \cdot \frac{t_B - t_3^{on}}{t_B - t_{3,p.}}$$

де  $t_3^{mic}$  – середня температура найхолоднішого місяця, °С;

$t_3^{on}$  – середня температура опалювального періоду, °С;

- опалення та вентиляція промислових будівель:

$$Q_{II} = 6,6 \cdot \frac{18 - (-5,4)}{18 - (-23)} = 3,76 \text{ МВт},$$

$$Q_{III} = 6,6 \cdot \frac{18 - (-1,1)}{18 - (-23)} = 3,07 \text{ МВт},$$

- опалення будівель ЖКС:

$$Q_{II} = 8,48 \cdot \frac{18 - (-5,4)}{18 - (-23)} = 4,83 \text{ МВт},$$

|     |      |             |        |      |                          |      |
|-----|------|-------------|--------|------|--------------------------|------|
|     |      |             |        |      | 02.15.ТЕ1811.КРБ.2022-ПЗ | Лист |
| Зм. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                          |      |

$$Q_{III} = 8,48 \cdot \frac{18 - (-1,1)}{18 - (-23)} = 3,94 \text{ МВт},$$

- вентиляція ЖКС:

$$Q_{II} = 0,19 \cdot \frac{18 - (-5,4)}{18 - (-23)} = 0,146 \text{ МВт},$$

$$Q_{III} = 0,19 \cdot \frac{18 - (-1,1)}{18 - (-23)} = 0,118 \text{ МВт}.$$

Для IV режиму:

$$Q_{IV} = Q_I \cdot \frac{t_T - t_x^{lim}}{t_m - t_x^{зим}},$$

де  $t_T$  – температура теплоносія (гаряча вода  $t_T = 65^\circ\text{C}$ );

$t_x^{lim}$  та  $t_x^{зим}$  – температура холодної води влітку і взимку відповідно,  $^\circ\text{C}$ .

Гаряче водопостачання підприємства:

$$Q_{IV} = 2,5 \cdot \frac{65 - 15}{65 - 5} = 2,08 \text{ МВт};$$

Гаряче водопостачання ЖКС:

$$Q_{IV} = 3,21 \cdot \frac{65 - 15}{65 - 5} = 2,67 \text{ МВт}.$$

|     |      |             |        |      |                          |      |
|-----|------|-------------|--------|------|--------------------------|------|
|     |      |             |        |      | 02.15.ТЕ1811.КРБ.2022-ПЗ | Лист |
| Зм. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                          |      |

## 1.6 Річна витрата теплоти

Річна витрата теплоти визначається графіком тривалості теплового навантаження  $Q_{оп} = f(n)$  на якому відображається залежність витрати тепла на опалення від кількості годин за опалювальний період (рисунок 1.1).

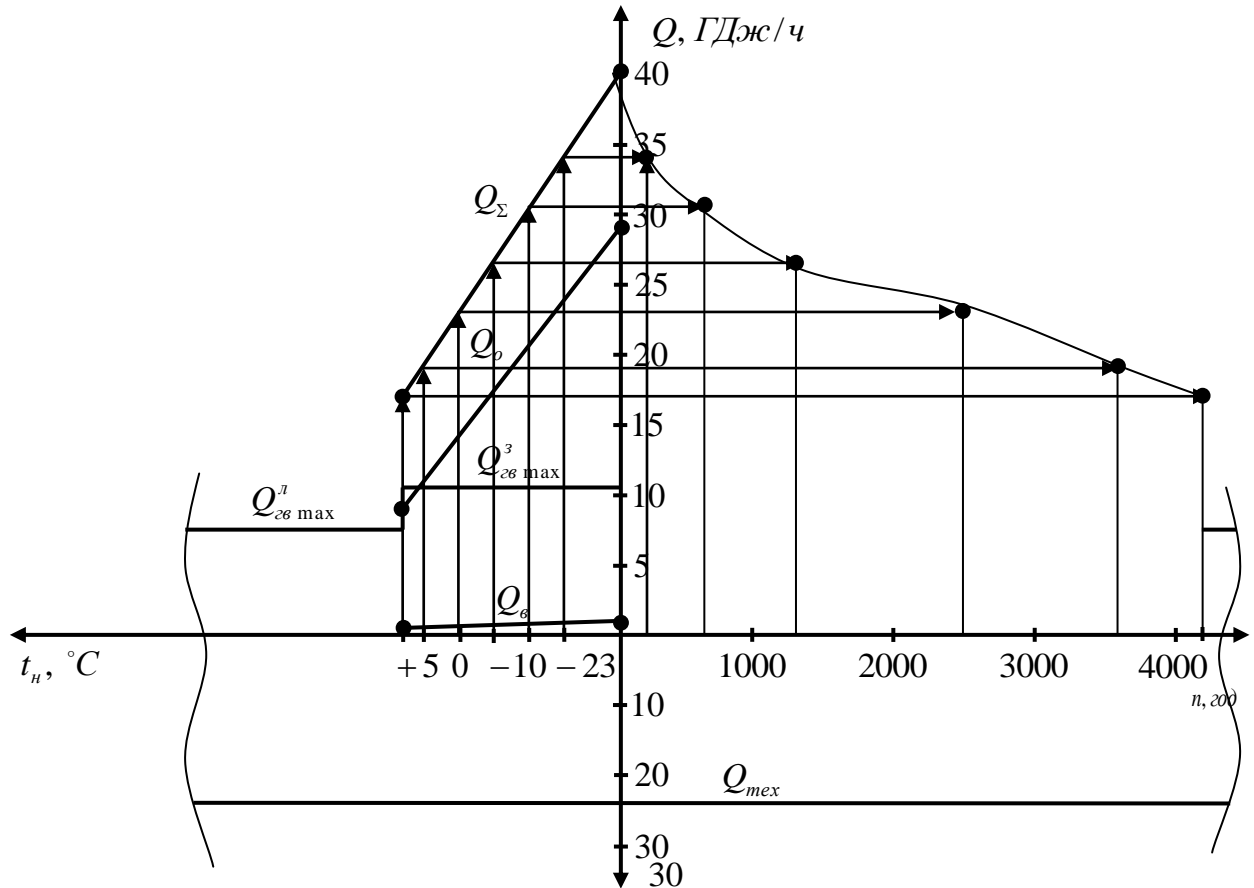


Рисунок 1.1 - Графік тривалості теплового навантаження

Кліматичні характеристики міста П'ятихатки наведені нижче в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 - Стояння середньодобової температури для м. П'ятихатки

| Температура<br>зовнішнього повітря, $t_z$ ,<br>°C     | -25 | -20 | -15 | -10 | -5  | 0    | +5   | +8   |
|-------------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|
| Кількість годин опалю-<br>вального періоду $n$ , год. | 9   | 46  | 173 | 408 | 865 | 2017 | 3531 | 4200 |

Визначаємо витрати тепла при температурах  $-25^{\circ}\text{C}$  та  $+8^{\circ}\text{C}$ :

$$Q_{on} = Q_{on}^p \cdot \frac{t_6^p - t_3}{t_6^p - t_{3,p.}},$$

де  $Q_{on}^p$  – загальна втрата на опалення промислових приміщень та ЖКС,

$$Q_{on}^p = Q_{on}^{\Sigma ЖКС},$$

$t_6^p$  – приймається усереднене значення  $t_6^p = +18$  °С.

$$Q_{on}^{+8} = 8,477 \cdot \frac{18 - 8}{18 - (-23)} = 2,067 \text{ МВт};$$

$$Q_{on}^{-25} = 8,477 \cdot \frac{18 - (-23)}{18 - (-23)} = 8,477 \text{ МВт}.$$

Річна витрата тепла на опалення знаходиться за формулою:

$$Q_{piv} = S_1 \cdot m,$$

де  $S_1$  – площа обмежена кривою опалювального навантаження,

$$S_1 = 103 + 0,5 \cdot 25 = 115,5 \text{ м}^2;$$

де  $m$  – масштаб площі графіка, МВт·год/мм<sup>2</sup>;

$$m = m_1 \cdot m_2,$$

де  $m_1$  – масштаб осі ординат (осі опалювального навантаження),  $m_1=0,1$ ;

$m_2$  – масштаб осі абсцис (осі тривалості опалювального періоду),  $m_2=35$ .

$$m = 0,1 \cdot 25 = 2,5.$$

|     |      |             |        |      |                          |      |
|-----|------|-------------|--------|------|--------------------------|------|
|     |      |             |        |      | 02.15.ТЕ1811.КРБ.2022-ПЗ | Лист |
| Зм. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                          |      |



Отже:

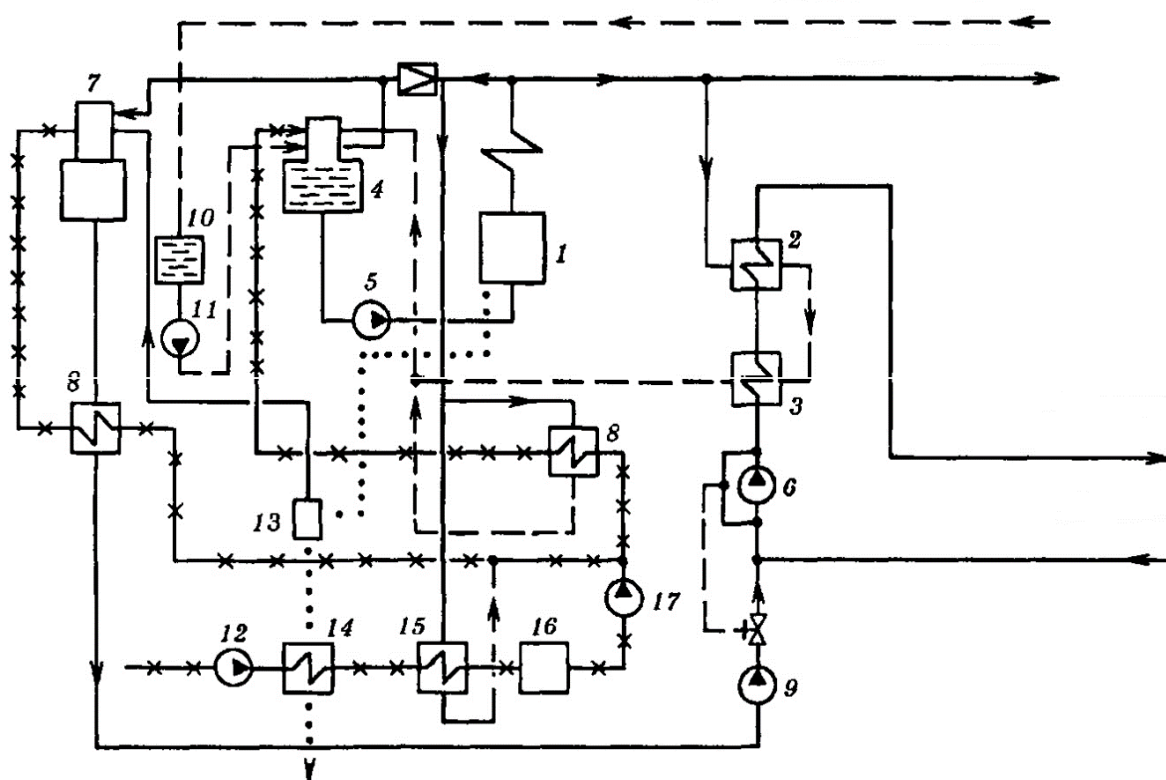
$$Q_{річ} = 250 \cdot 115,5 = 288875 \text{ МВт}\cdot\text{год.}$$

|     |      |             |        |      |                          |      |
|-----|------|-------------|--------|------|--------------------------|------|
|     |      |             |        |      | 02.15.ТЕ1811.КРБ.2022-ПЗ | Лист |
| Зм. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                          |      |

## 2 ВИБІР СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ І РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ КОТЕЛЬНОЇ

### 2.1 Вибір способу покриття теплового навантаження. Принципова схема котельні

Оскільки для покриття технологічного навантаження в якості теплоносія використовується водяна пара, а для решти теплових навантажень – вода, доцільно обрати котельню з паровими котлами або комбіновану котельню з паровими і водогрійними котлами (рисунок 2.1).



1 - паровий котел низького тиску; 2 - пароводяний підігрівач сітьової води; 3- охолоджувач конденсату; 4 - деаератор живильної води котла; 5 - живильний насос; 6 - циркуляційний насос; 7 - деаератор підживлювальної води; 8 - підігрівачі хімічно очищеної води, 9 - підживлювальний насос; 10- збірний бак конденсату, 11 - конденсатний насос; 12 - насос сирої води; 13- сепаратор продувальної води; 14 - охолоджувач продувальної води, 15 - пароводяний підігрівач сирої води; 16 - хімводопідготовка; 17 - насос хімічно - очищеної води

Рисунок 2.1 - Принципова теплова схема котельні з паровими котлами

На рисунку 2.1 показана теплова схема котельні з паровими котлами з відпуском теплоти на потреби опалення, вентиляції та гарячого водопостачання. Насос сирої води подає воду в охолоджувач продувальної

|     |      |             |        |      |                          |      |
|-----|------|-------------|--------|------|--------------------------|------|
|     |      |             |        |      | 02.15.ТЕ1811.КРБ.2022-ПЗ | Лист |
| Зм. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                          |      |

води, де вона нагрівається за рахунок теплоти продувальної води. Після цього вода підігрівається до 20...30 °С в пароводяному підігрівачі сирієї води та направляється на хімводопідготовку.

Хімічно очищена вода після підігріву паром направляється в головку деаератора живильної води котла, або через охолоджувач деаерованої води – в деаератор підживлювальної води тепломережі.

Підігрів сітьової води відбувається послідовно в двох сітьових підігрівачах. Конденсат від всіх підігрівачів направляється в головку деаератора живильної води, в яку також поступає конденсат від зовнішніх споживачів пари.

Підігрів води в деаераторах здійснюється паром з котлів і з сепаратора.

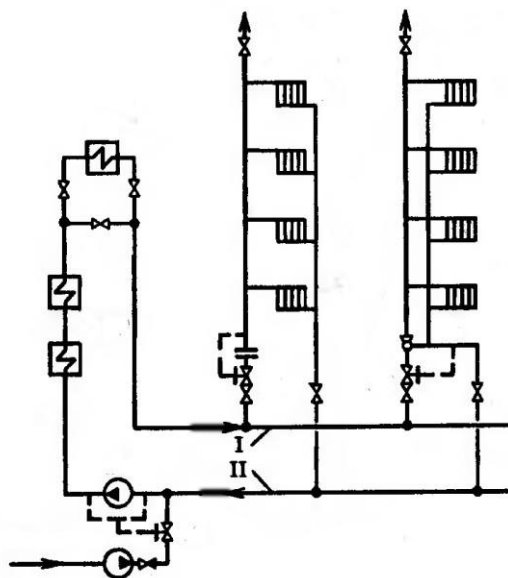
Неперервна продувка від котлів використовується в сепараторі, в якому котлова вода частково випаровується. В котельнях з паровими котлами незалежно від теплової схеми використання теплоти неперервної продувки котлів є обов'язковим. Використана продувальна вода скидається в продувальний колодязь.

Деаерована вода з деаератора живильної води котлів з температурою близько 104°C живильним насосом подається до парових котлів. Підживлювальна вода для системи теплопостачання з деаератора підживлювальної води віддає свою теплоту в підігрівачі хімічно очищеної води, охолоджуючись до 70 °С перед підживлювальним насосом.

Використання двох деаераторів (один – для приготування живильної води котлів, інший – підживлювальної води системи теплопостачання) є обов'язковим для відкритих систем теплопостачання, оскільки витрати підживлювальної води в ній можуть бути досить значними. Для закритих систем теплопостачання можливим є використання спільного деаератора для обох цілей.

Водяна система теплопостачання наведена на рисунку 2.2.

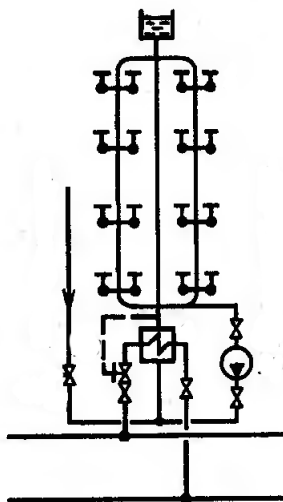
|     |      |             |        |      |                          |      |
|-----|------|-------------|--------|------|--------------------------|------|
|     |      |             |        |      | 02.15.ТЕ1811.КРБ.2022-ПЗ | Лист |
|     |      |             |        |      |                          |      |
| Зм. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                          |      |



1- ХВО живлення; 2 – підживлюваний насос; 3 – регулятор підживлення; 4 – сітьовий насос; 5 – теплофікаційний підігрівач; 6 – котел; 7 – регулятор витрати; 8 – повітряний кран; 9 – нагрівальний прилад; 10 – елеватор, I – подавальна лінія теплової мережі; II – зворотна лінія теплової мережі

Рисунок 2.2 - Водяна система теплопостачання

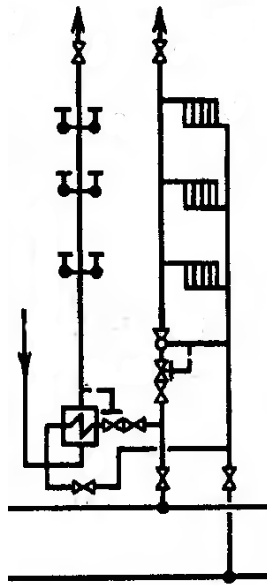
Система гарячого водопостачання наведена на рисунку 2.3.



1 - акумулятор гарячої води; 2 - водозабірний кран; 3 - насос; 4 - водоводяний підігрівач; 5 - регулятор температури; 6 - регулятор тиску

Рисунок 2.3 - Система гарячого водопостачання

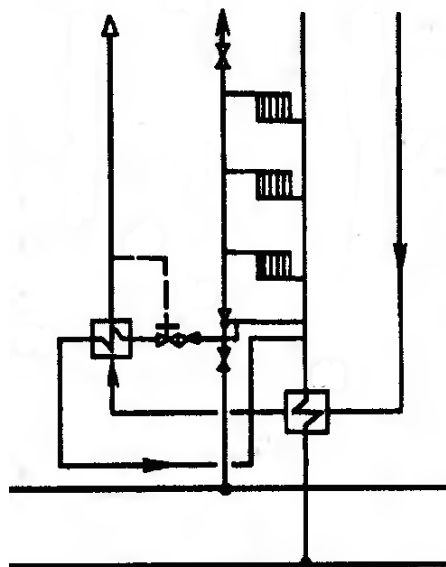
Система опалення та гарячого водопостачання наведена на рисунку 2.4.



1 - повітряні крани; 2 - водорозбірні крани; 3 - водоводяний підігрівач; 4 - регулятор температури; 5 - елеватор; 6 - регулятор тиску; 7 - нагрівальні прилади

Рисунок 2.4 - Схема системи опалення та гарячого водопостачання

Система опалення та вентиляції наведена на рисунку 2.5.



1, 2 - калорифери нижньої та верхньої ступені; 3 - елеватор; 4 – регулятор тиску; 5 - нагрівальні елементи

Рисунок 2.5 - Схема комбінованої системи опалення та вентиляції



## 2.2 Розрахунок теплової схеми котельні

Розрахунок теплової схеми виконується для чотирьох режимів роботи : максимально-зимового, найбільш холодного місяця, середньо-опалювального, літнього. Вихідними даними для нього є : кліматологічна характеристика району, витрати пари на технологічні потреби, витрати теплоти на опалення, вентиляцію та гаряче водопостачання, відсоток повернення конденсату, теплофізичні властивості води та водяної пари. Перед початком розрахунку всі необхідні вихідні дані доцільно привести в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Вихідні дані розрахунку

| Фізична величина                                                      | Позначення     | Одиниці вимірювання | Значення при характерних режимах роботи котельні |           |             |          |
|-----------------------------------------------------------------------|----------------|---------------------|--------------------------------------------------|-----------|-------------|----------|
|                                                                       |                |                     | I                                                | II        | III         | IV       |
| 1                                                                     | 2              | 3                   | 4                                                | 5         | 6           | 7        |
| Теплоємність води                                                     | °C             |                     | 4,2                                              | 4,2       | 4,2         | 4,2      |
| Температура води перед сітовими підігрівачами та за ними              | $t_1$<br>$t_2$ | °C<br>°C            | 150<br>70                                        | 116<br>56 | 107,7<br>53 | 75<br>23 |
| Коефіцієнт зниження витрати теплоти на опалення і вентиляцію          | K              | -                   | 1                                                | 0,6       | 0,48        | -        |
| Ентальпія редукованої пари перед сітовими підігрівачами сітрової води | $i_{pou}$      | кДж/кг              | 2756                                             | 2756      | 2756        | 2756     |
| Ентальпія конденсату за підігрівачами (при 80°C)                      | $i_k$          | кДж/кг              | 335                                              | 335       | 335         | 335      |
| Ентальпія котлової води при $P_{\text{пари}} = 0,6 \text{ МПа}$       | $i_{k.v.}$     | кДж/кг              | 671                                              | 671       | 671         | 671      |
| Ентальпія пари в сепараторі при $P_{\text{пари}} = 0,17 \text{ МПа}$  | $i_{cen}^{//}$ | кДж/кг              | 2699                                             | 2699      | 2699        | 2699     |

Закінчення таблиці 2.1.

| 1                                                                    | 2                               | 3      | 4   | 5   | 6   | 7   |
|----------------------------------------------------------------------|---------------------------------|--------|-----|-----|-----|-----|
| Ентальпія води в сепараторі при $P_{\text{пари}} = 0,17 \text{ МПа}$ | $i_{\text{сеп}}$                | кДж/кг | 483 | 483 | 483 | 483 |
| Ентальпія води після охолодження неперервної продувки                | $i_{\text{пр}}^{\text{//}}$     | кДж/кг | 210 | 210 | 210 | 210 |
| Температура води                                                     | $t_{\text{св}}$                 | °С     | 5   | 5   | 5   | 15  |
| Ентальпія сирію води після підігрівача (20 °С)                       | $i_{\text{х.о.в.}}$             | кДж/кг | 105 | 105 | 105 | 105 |
| Ентальпія води перед підігрівачем при (18 °С)                        | $i_{\text{х.о.в.}}^{\text{//}}$ | кДж/кг | 96  | 96  | 96  | 96  |
| Ентальпія конденсату редукованої пари при (80 °С)                    | $i_{\kappa}^{\text{POY}}$       | кДж/кг | 335 | 335 | 335 | 335 |
| Ентальпія живильної води                                             | $i_{\text{ж.в.}}$               | кДж/кг | 436 | 436 | 436 | 436 |

Результати розрахунку по чотирьом режимам роботи заносимо до таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Розрахунок теплової схеми

| № з/п | Найменування величини                       | Одиниці виміру | Позначення       | Спосіб визначення                                                                                           | Режими |       |       |       |
|-------|---------------------------------------------|----------------|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------|-------|-------|
|       |                                             |                |                  |                                                                                                             | I      | II    | III   | IV    |
| 1     | 2                                           | 3              | 4                | 5                                                                                                           | 6      | 7     | 9     | 9     |
| 1.    | Витрати води на підігрівання мережевої води | т/ГОД          | $G$              | $G = \frac{3600 \cdot Q}{c \cdot (t_1 - t_2)}$                                                              | 275,7  | 274,1 | 275,4 | 156,6 |
| 2.    | Витрати пари на підігрівання мережевої води | т/ГОД          | $D_{\text{псв}}$ | $D_{\text{псв}} = \frac{c \cdot G \cdot (t_1 - t_2)}{(i_{\text{поу}}^{\text{//}} - i_{\kappa}) \cdot \eta}$ | 39,04  | 29,11 | 26,54 | 14,42 |

Продовження таблиці 2.2.

| 1   | 2                                                | 3     | 4          | 5                                                                         | 6     | 7     | 8     | 9     |
|-----|--------------------------------------------------|-------|------------|---------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| 3.  | Витрати пари зовнішніми споживачами              | т/год | $D_{306}$  | $D_{306} = D_m + D_{псв}$                                                 | 46,54 | 36,61 | 34,04 | 21,92 |
| 4.  | Витрати пари на власні потреби котельні          | т/год | $D_{вл}$   | $D_{вл} = 0,01 \cdot K_{вл} \cdot D_{306}$                                | 4,18  | 3,29  | 3,06  | 1,97  |
| 5.  | Витрати пари на мазутне господарство             | т/год | $D_m$      | $D_m = 0,01 \cdot K_m \cdot D_{306}$                                      | 1,39  | 1,09  | 1,02  | 0,65  |
| 6.  | Витрати пари на покриття її втрат в котельні     | т/год | $D_{вт}$   | $D_{вт} = 0,01 \cdot K_{вт} \times (D_{306} + D_m)$                       | 0,903 | 0,710 | 0,660 | 0,425 |
| 7.  | Сумарна паропродуктивність котельні              | т/год | $D$        | $D = D_{306} + D_{вл} + D_m + D_{вт}$                                     | 53,01 | 41,7  | 38,78 | 24,96 |
| 8.  | Витрати конденсату в об'єднанні споживача        | т/год | $G_K^{вт}$ | $G_K^{вт} = 0,01 \cdot (100 - \beta) \times D_m + 0,01 \cdot K_k \cdot D$ | 4,59  | 4,25  | 4,16  | 3,75  |
| 9.  | Витрати хімічно очищеної води                    | т/год | $G_{xво}$  | $G_{xво} = G_K^{вт} + 0,001 \cdot K_{тм} \cdot G$                         | 10,10 | 9,732 | 9,688 | 8,882 |
| 10. | Витрати сирової води                             | т/год | $G_{св}$   | $G_{св} = K_{xво} \cdot G_{xво}$                                          | 12,63 | 12,16 | 12,08 | 8,602 |
| 11. | Кількість води неперервною продувкою в сепаратор | т/год | $G_{np}$   | $G_{np} = 0,01 \cdot p_{np} \cdot D$                                      | 1,590 | 1,251 | 1,163 | 0,748 |

Продовження таблиці 2.2

| 1   | 2                                                                | 3     | 4            | 5                                                                                                             | 6     | 7     | 8     | 9     |
|-----|------------------------------------------------------------------|-------|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| 12. | Кількість пари, що утворюється в сепараторі неперервної продувки | т/год | $D_{cen}$    | $D_{cen} = \frac{G_{np}}{x} \times \frac{(i_{к.в.} - i_{cen}^{//})}{(i_{cen}^{//} - i_{cen}^{'}) \cdot \eta}$ | 0,140 | 0,111 | 0,103 | 0,066 |
| 13. | Кількість пари на виході з розширювача неперервної продувки      | т/год | $G_{cen}$    | $G_{cen} = G_{np} - G_{cen}$                                                                                  | 1,45  | 1,14  | 1,06  | 0,68  |
| 14. | Температура сирії води після охолоджувача неперервної продувки   | °C    | $t_{cv}^{'}$ | $t_{cv}^{'} = \frac{G_{cen} \cdot (i_{cen}^{'} - i_{np}^{//})}{c \cdot G_{cv}} + t_{cv}$                      | 12,2  | 10,87 | 10,5  | 20    |
| 15. | Витрата пари на підігрівач сирії води                            | т/год | $D_{cv}$     | $D_{cv} = G_{cv} \cdot \frac{i_{xov}^{'} - i_{cv}^{'}}{i_{poy}^{//} - i_{к}^{poy}}$                           | 0,280 | 0,298 | 0,304 | 0,075 |
| 16. | Витрати пари на підігрів хімічно очищеної води                   | т/год | $D_{xvo}$    | $D_{xvo} = G_{к}^{em} \cdot \frac{i_{к} - i_{xov}}{i_{poy}^{//} - i_{к}^{poy}}$                               | 0,45  | 0,42  | 0,41  | 0,37  |
| 17. | Сумарна кількість води та пари, що надходять в деаератори        | т/год | $G_{\delta}$ | $G_{\delta} = D_{xvo} + \beta \cdot 0,01 \cdot D_m + D_{xvo} + D_{cv} + D_{ncv} + D_{cen}$                    | 54,23 | 43,87 | 41,22 | 26,24 |

Закінчення таблиці 2.2.

| 1   | 2                                                   | 3     | 4                | 5                                                                                                                                                                                                                                                          | 6     | 7     | 8     | 9     |
|-----|-----------------------------------------------------|-------|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| 18. | Середня температура води в деаераторі               | °C    | $t'_\delta$      | $t'_\delta = \frac{G_{x\theta} \cdot i_k + \beta \cdot D_m \cdot i_k}{c \cdot G_\delta} +$ $+ \frac{D_{x\theta} \cdot i_k^{poy} + D_{св} \cdot i_k^{poy}}{c \cdot G_\delta} +$ $+ \frac{D_{сеп} \cdot i_{сеп}^{//} + D_{нсв} \cdot i_k}{c \cdot G_\delta}$ | 81,63 | 81,73 | 81,75 | 81,39 |
| 19. | Витрата гріючої пари на деаератори                  | т/год | $D_\delta$       | $D_\delta = \frac{G_\delta \cdot (i_{жв} - 4,2 \cdot t'_\delta)}{(i_{poy}^{//} - i_{жв}) \cdot \eta}$                                                                                                                                                      | 2,22  | 1,79  | 1,68  | 1,09  |
| 20. | Витрати редукованої пари на власні потреби котельні | т/год | $D_{\delta l}^p$ | $D_{\delta l}^p = D_\delta + D_{x\theta} + D_{св}$                                                                                                                                                                                                         | 2,95  | 2,51  | 2,39  | 1,54  |
| 21. | Дійсна паропроductивність котельні                  | т/год | $D_\kappa$       | $D_\kappa = (D_{зov} + D_{\delta l}^p) +$ $+ 0,01 \cdot 2 \cdot (D_{зov} + D_{\delta l}^p)$                                                                                                                                                                | 50,97 | 40,29 | 37,52 | 24,16 |
| 22. | Нев'язка з попередньо прийнятою паропроductивністю  | %     | $\Delta D$       | $\Delta D = 100 \cdot \frac{D_\kappa - D}{D_\kappa}$                                                                                                                                                                                                       | 4,0   | 3,5   | 3,4   | 3,3   |

Виходячи з отриманої паропроductивності котельні обираємо 3 котла типа ДЕ - 14-16ТМ та 1 котел типа ДЕ-14-10ТМ з паропроductивністю трьох по 16 т/год та одного з паропроductивністю 10 т/год.

### 2.3 Вибір теплопідготовчого обладнання та розрахунок трубопроводів

В основному в котельнях застосовуються теплообмінники поверхневого типу. Площа поверхні теплообміну визначається за формулою:

$$F = \frac{10^3 \cdot N}{k \cdot \Delta \cdot t \cdot \eta},$$

|     |      |             |        |      |                          |  |  |  |      |
|-----|------|-------------|--------|------|--------------------------|--|--|--|------|
|     |      |             |        |      | 02.15.ТЕ1811.КРБ.2022-ПЗ |  |  |  | Лист |
| Зм. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                          |  |  |  |      |



де  $N$  – теплова потужність теплообмінника, кВт;

$\Delta t$  – середньологарифмічний перепад температур, °C;

$k$  – коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м<sup>2</sup>·K), який для виробничих розрахунків може бути прийнятий в межах 1950..2100 Вт/(м<sup>2</sup>·K);

$\eta$  – коефіцієнт, що враховує втрати теплоти від зовнішнього охолодження (може бути прийнятий рівним 0,98).

Середньологарифмічний перепад температур:

$$\Delta t = \frac{(t_n - t_2) - (t_n - t_1)}{\ln \frac{t_n - t_2}{t_n - t_1}} = \frac{(159 - 70) - (159 - 150)}{\ln \frac{159 - 70}{159 - 150}} = \frac{80}{2,2} = 34,8^\circ\text{C}.$$

За необхідною площею поверхні теплообміну вибирають теплообмінник, який має найближчу найбільшу поверхню нагріву:

$$F = \frac{1000 \cdot 20,98 \cdot 1000}{2000 \cdot 34,8 \cdot 0,98} = 307,5 \text{ м}^2.$$

Обираємо три теплообмінника типа розміру 07 з площею поверхні нагріву 108,0 м<sup>2</sup> кожен та площею живого перерізу 0,2416 м<sup>2</sup>.

Для обраного теплообмінника визначаємо швидкість води в трубах:

$$W = \frac{Q_v}{f} = \frac{0,0764}{0,2416} \text{ м/с},$$

де  $Q_v$  – об'ємна витрата води, що підігрівається, м<sup>3</sup>/с,

$f$  – живий переріз для проходження води, м<sup>2</sup>.

|     |      |             |        |      |                          |      |
|-----|------|-------------|--------|------|--------------------------|------|
|     |      |             |        |      | 02.15.ТЕ1811.КРБ.2022-ПЗ | Лист |
|     |      |             |        |      |                          |      |
| Зм. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                          |      |

## ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Визначено опалювальні навантаження промислових приміщень та житлово-комунального сектору, витрати теплоти на вентиляцію виробничих приміщень та житлово-комунального сектору, витрати тепла на технологічні потреби, витрати тепла на гаряче водопостачання, річну витрату теплоти, обрано спосіб покриття теплового навантаження, запропоновано принципову схему котельні, а саме водяної системи тепlopостачання, системи гарячого водопостачання, системи опалення та гарячого водопостачання, системи опалення та вентиляції, виконано розрахунок теплової схеми котельні, обрано теплопідготовче обладнання та виконано розрахунок трубопроводів.

Результати розрахунків наведено в таблиці 1.1 та таблиці 2.2.

|     |      |             |        |      |                           |      |
|-----|------|-------------|--------|------|---------------------------|------|
|     |      |             |        |      | 02.15.ТЕ1811. КРБ.2022-ПЗ | Лист |
|     |      |             |        |      |                           |      |
| Зм. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                           |      |

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Нечуйвітер, М.М. Теплофікація і теплові мережі. Теплоенергозабезпечення та теплофікаційні установки [Текст]: навч.-метод. посібник для вищих нав. закладів інж.-теплоенерг. профілю / М. М. Нечуйвітер, І. Г. Шелепов ; Укр. інж.-пед. акад. – Х.: [б. в.], 2009. – 153 с.
2. Теплові мережі: [Текст]: Навчальний посібник / За ред. М.О. Прядка. – К.: Алерта, 2005. – 227 с.
3. Борисенко, В. П. Котли і теплові мережі: Довідник [Текст] / В.П. Борисенко. – К.: Основа, 2002. – 160 с.
4. Степанов, Д.В., Корженко, Є.С., Боднар, Л.А. Котельні установки промислових підприємств. Навчальний посібник [Текст] / Д.В. Степанов, Є.С. Корженко, Л.А. Боднар. – Вінниця : ВНТУ, 2011. – 120 с.
5. Волощук, В.А., Денісов А.К., Трофимчук І.П. Котельні установки промислових підприємств: навч. посіб. / В.А. Волощук, А.К. Денісов, І.П. Трофимчук. – Рівне: НУВГП, 2013. – 227 с.

|     |      |             |        |      |                          |      |
|-----|------|-------------|--------|------|--------------------------|------|
|     |      |             |        |      | 02.15.ТЕ1811.КРБ.2022-ПЗ | Лист |
| Зм. | Арк. | № документа | Підпис | Дата |                          |      |