

Міністерство освіти і науки України  
Український державний університет науки і технологій

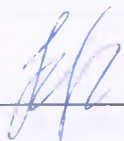
Управління енергетичними процесами

Інтелектуальні системи енергопостачання

Пояснювальна записка  
до кваліфікаційної роботи  
бакалавра

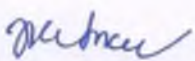
на тему: Проект теплопостачання об'єктів депо м. Козятин та прилеглого населеного пункту  
за освітньою програмою Теплоенергетика  
зі спеціальності: 144 Теплоенергетика

Виконав: студент групи TE1811:



/ Валентин ІСКОВ /

Керівник:



/ доцент Олександр ЖЕВЖИК /

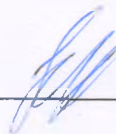
Нормоконтролер:



/ 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

**З А В Д А Н Н Я**

на кваліфікаційну роботу бакалавр з теплоенергетики

студенту Іскову Валентину Олександровичу

1. Тема роботи: “Проект теплопостачання об’єктів депо м. Козятин та прилеглого населеного пункту”.

Керівник роботи: Жевжик Олександр Владиславович, к.т.н., доц

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. Козятин.

3.2. Навантаження підприємства по технологічній парі 1,18 т/год. Тиск пари 0,6 МПа.

3.3. Максимальні навантаження систем опалення та вентиляції промислових будівель (вода 150/70 °C): локомотивного депо 0,9 МВт.

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

3.5. Споживачі теплових навантажень Тр-1, Тр-2, Тр-2н, Тр-3, Виробничий цех, Електроапаратний, Заготовельний, Інструментальна, ТО тепловозів, Склад запчастин, Спортзал, Цех експлуатації, Адмін. Корпус, Підсобні приміщення, Електромашинний, Актівий зал, Котельня, Їдальня, Службові приміщення, Кузня, Будинок відпочинку.

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

4.1 Аналітична частина: Визначення теплових навантажень та вибір способу їх покриття.

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. 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 | 24.04.2022                    |          |
| 3     | Вибір теплопідготовчого обладнання                                  | 29.05.2022                    |          |
| 4     | Подання кваліфікаційної роботи до кафедри                           | 06.06.2022                    |          |
| 5     | Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Екзаменаційної комісії   | 21.06.2022                    |          |

Студент

Валентин ІСКОВ

Керівник роботи

Олександр ЖЕВЖИК

## ЗМІСТ

|                                                                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВСТУП.....                                                                                                     | 7  |
| 1 РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ .....                                                                        | 8  |
| 1.1 Загальна характеристика району та об'єктів теплопостачання.....                                            | 8  |
| 1.2 Теплові споживачі, їхня категорія, потужність, режими роботи,<br>графіки зимових і літніх навантажень..... | 8  |
| 1.2.1 Розрахунок опалювального навантаження.....                                                               | 8  |
| 1.2.2 Розрахунок вентиляційного навантаження.....                                                              | 10 |
| 1.2.3 Витрати тепла на гаряче водопостачання.....                                                              | 11 |
| 1.2.4 Витрати тепла на технологічні потреби .....                                                              | 12 |
| 1.2.5 Річна витрата теплоти.....                                                                               | 14 |
| 2 ВИБІР СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ І РОЗРАХУНОК<br>ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ КОТЕЛЬНОЇ.....                                  | 17 |
| 2.1 Опис основного обладнання.....                                                                             | 17 |
| 2.2 Розрахунок теплової схеми котельні.....                                                                    | 19 |
| 3 ВИБІР ТЕПЛОПІДГОТОВЧОГО ОБЛАДНАННЯ .....                                                                     | 41 |
| ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ.....                                                                                  | 44 |
| ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....                                                                                         | 45 |

|           |      |             |                                                                                     |          |                                                                                       |                         |      |         |
|-----------|------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------|---------|
|           |      |             |                                                                                     |          | 02.15.ТЕ1811.КРБ.2022–ПЗ                                                              |                         |      |         |
| Змн.      | Арк. | № докум.    | Підпис                                                                              | Дата     | Проект теплопостачання об'єктів<br>депо м. Козятин та прилеглого<br>населеного пункту | Літ.                    | Арк. | Аркушів |
| Розроб.   |      | Ісков В.О.  |  | 20.06.22 |                                                                                       |                         |      |         |
| Керівник  |      | Жевжик О.В. |  | 20.06.22 |                                                                                       |                         | 6    | 45      |
|           |      |             |                                                                                     |          |                                                                                       | МОНУ, УДУНТ, ІСЕ ТЕ1811 |      |         |
| Н. Контр. |      | Дьяков В.О. |  | 20.06.22 |                                                                                       |                         |      |         |
| Зав. каф. |      | БСШ         |  | 20.06.22 |                                                                                       |                         |      |         |

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи бакалавра:

45 с., 2 рис., 6 табл., 5 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.

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.

Ключові слова: ПРОМИСЛОВІ ПРИМІЩЕННЯ, КОТЕЛЬНЯ, ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ, ГАРЯЧЕ ВОДОПОСТАЧАННЯ, ОПАЛЕННЯ.

## ВСТУП

Енергетика – це галузь, яка охоплює діяльність з розвідування і видобутку, переробки і виробництва, зберігання і транспортування, передачі і розподілу, торгівлі і збуту чи продажу енергетичних продуктів – палива, електричної і теплової енергії. Енергетика була і залишається головною стратегічною передумовою розвитку економіки, основою забезпечення усіх видів життєдіяльності суспільства.

Велике значення для народного господарства та побуту населення має тепла енергія. В сучасних умовах тепла енергія є важливою складовою всіх галузей народного господарства. Вона відіграє суттєву роль в розвитку і функціонуванні промисловості, сільського господарства, на підприємствах, в медицині та ін.

Розвиток енергетики залежить насамперед від природних умов, від стану та розвитку інших галузей народного господарства, від наявності енергоресурсів.

Криза, яку переживає наша економіка, спричинила труднощі і в енергетиці, отже, нинішню ситуацію в енергетиці можна визначити як критичну. Крім того, відомо, що ключовим чинником для кожної країни є забезпечення її енергетичної безпеки і незалежності. В той час, як енергетична залежність України від поставок органічного палива становить близько шістдесяти відсотків.

Нераціональне споживання ресурсів в енергетичному комплексі України є одним з чинників, що негативно впливають на енергетичну безпеку нашої держави. Тому проектування систем теплопостачання як ЖКС, так і промислових підприємств, що забезпечать ефективне використання ПЕВ є актуальним питанням.

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.15.ТЕ1811. КРБ.2022-ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                           | 7    |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           |      |

# 1 РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ

## 1.1 Загальна характеристика району, об'єктів теплопостачання

Будівництво котельні передбачене в центральній частині України, м. Козятин. Тривалість опалювального періоду складає 189 діб, середня температура повітря за опалювальний період складає  $t_{оп} = -1,1$  °С. Розрахункова температура зовнішнього повітря для опалення  $t_{но} = -21$  °С, для вентиляції  $t_{нв} = -10$  °С.

Основними теплоспоживачами теплової енергії локомотивного депо є: цеха ремонту, виробничі цеха, склад, підсобні приміщення, кузня, спортзал, адміністративний корпус, їдальня.

## 1.2 Теплові споживачі, їх категорії, потужність, режими роботи

Споживачам відпускається тепла енергія у виді гарячої води з розрахунковим перепадом температур 150...70 °С и пари з параметрами 1,4 МПа і 0,6 МПа.

Технологічні процеси, що споживають пару 0,6 МПа характеризуються великою нерівномірністю, тому що позначається вплив організаційних факторів, вимог плану, планових ремонтів устаткування й ін [1]. Добові графіки споживання технологічної пари.

Теплоспоживання системи опалення і вентиляції (теплоносій - гаряча вода) житлового масиву і заводу має яскраво виражений сезонний характер, тому що залежить тільки від змін температури зовнішнього повітря і сили вітру [2]. Графіки витрати тепла цими споживачами.

### 1.2.1 Розрахунок опалювального навантаження

Максимальна годинна витрата тепла на опалення промислових, суспільних і житлових будинків визначається по формулі (МВт):

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.15.ТЕ1811. КРБ.2022-ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                           | 8    |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           |      |

$$Q_{OT}^P = q_0 \cdot V \cdot (t_B - t_{HO}) \cdot 10^{-6}, \quad (1.1)$$

де  $q_0$  – питома опалювальна характеристика будинку, Вт/(м<sup>3</sup>·К);

$V$  – будівельний обсяг будинків по зовнішньому обмірюванню, м<sup>3</sup>;

$t_B$  – температура повітря усередині об'єкта, °С;

$t_{HO}$  – розрахункова температура зовнішнього повітря для опалення, °С.

Результати розрахунку теплових навантажень на опалення за формулою (1.1) заносимо в зведену таблицю 1.1.

Таблиця 1.1 – Теплові навантаження котельні на опалення при  $t_{HO} = -21$  °С

| Найменування<br>споживачів тепла | Об'єм<br>будівель<br>$V, \text{м}^3$ | Питома<br>опалювальна<br>характеристи-<br>ка будівель<br>$q_0, \text{Вт/м}^3 \cdot \text{К}$ | Темпера-<br>тура у<br>середині<br>об'єкту,<br>$t_B, ^\circ\text{С}$ | Витрати<br>тепла на<br>опалювання<br>$Q_{OT}^P, \text{МВт}$ |
|----------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| 1                                | 2                                    | 3                                                                                            | 4                                                                   | 5                                                           |
| Тр-1                             | 17756                                | 0,51                                                                                         | 16                                                                  | 0,34                                                        |
| Тр-2                             | 84560                                | 0,42                                                                                         | 16                                                                  | 1,31                                                        |
| Тр-2н                            | 21208                                | 0,51                                                                                         | 16                                                                  | 0,40                                                        |
| Тр-3                             | 39226                                | 0,48                                                                                         | 16                                                                  | 0,70                                                        |
| Виробничий цех                   | 11200                                | 0,59                                                                                         | 16                                                                  | 0,24                                                        |
| Електроапаратний                 | 3360                                 | 0,65                                                                                         | 16                                                                  | 0,08                                                        |
| Заготовельний                    | 5616                                 | 0,65                                                                                         | 16                                                                  | 0,14                                                        |
| Інструментальна                  | 1275                                 | 0,66                                                                                         | 16                                                                  | 0,03                                                        |
| ТО тепловозів                    | 2305                                 | 0,69                                                                                         | 16                                                                  | 0,06                                                        |
| Склад запчастин                  | 5183                                 | 0,74                                                                                         | 14                                                                  | 0,13                                                        |
| Спортзал                         | 1540                                 | 0,54                                                                                         | 18                                                                  | 0,03                                                        |
| Цех експлуатації                 | 2340                                 | 0,8                                                                                          | 16                                                                  | 0,07                                                        |
| Адмін корпус                     | 3900                                 | 0,52                                                                                         | 16                                                                  | 0,08                                                        |
| Підсобні приміщення              | 2150                                 | 0,47                                                                                         | 16                                                                  | 0,04                                                        |
| Електромашинний                  | 18644                                | 0,51                                                                                         | 16                                                                  | 0,35                                                        |
| Актовий зал                      | 1189                                 | 0,24                                                                                         | 20                                                                  | 0,01                                                        |
| Котельня                         | 2280                                 | 0,46                                                                                         | 20                                                                  | 0,04                                                        |
| Їдальня                          | 700                                  | 0,44                                                                                         | 20                                                                  | 0,01                                                        |

### Закінчення таблиці 1.1

| 1                   | 2     | 3    | 4  | 5    |
|---------------------|-------|------|----|------|
| Службові приміщення | 38780 | 0,27 | 16 | 0,39 |
| Кузня               | 2088  | 0,36 | 18 | 0,03 |
| Будинок відпочинку  | 7176  | 0,4  | 20 | 0,12 |
| Всього:             |       |      |    | 4,6  |

### 1.2.2 Розрахунок вентиляційного навантаження

Витрата тепла на вентиляцію визначається по формулі (МВт):

$$Q_B^P = q_B \cdot V \cdot (t_B - t_{HB}) \cdot 10^{-6}, \quad (1.2)$$

де  $q_B$  – питома вентиляційна характеристика, Вт/(м³·К);

$V$  – будівельний об'єм будівель по зовнішньому обміру, м³;

$t_B$  – температура повітря усередині об'єкту, °С;

$t_{HB}$  – розрахункова температура зовнішнього повітря для вентиляції, °С.

Результати розрахунку теплових навантажень на вентиляцію, виконані за формулою (1.2), заносимо в зведену таблицю 1.2.

Таблиця 1.2 – Теплові навантаження котельної на вентиляцію при  $t_{HB} = -10^\circ\text{C}$

| Найменування<br>споживачів тепла | Об'єм<br>будівель<br>$V, \text{м}^3$ | Питома<br>вентиляційна<br>характеристи-<br>ка будівель<br>$q_0, \text{Вт}/\text{м}^3 \cdot \text{К.}$ | Темпера-<br>тура у<br>середині<br>об'єкту | Витрати<br>тепла на<br>вентиляцію |
|----------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------|
| 1                                | 2                                    | 3                                                                                                     | 4                                         | 5                                 |
| Тр-1                             | 17756                                | 0,23                                                                                                  | 16                                        | 0,15                              |
| Тр-2                             | 84560                                | 0,14                                                                                                  | 16                                        | 0,44                              |
| Тр-2н                            | 21208                                | 0,23                                                                                                  | 16                                        | 0,18                              |
| Тр-3                             | 39226                                | 0,16                                                                                                  | 16                                        | 0,23                              |
| Виробничий цех                   | 11200                                | 0,28                                                                                                  | 16                                        | 0,12                              |
| Електроапаратний                 | 3360                                 | 0,22                                                                                                  | 16                                        | 0,03                              |
| Заготовельний                    | 5616                                 | 0,35                                                                                                  | 16                                        | 0,07                              |

## Закінчення таблиці 1.2

| 1                       | 2     | 3     | 4  | 5    |
|-------------------------|-------|-------|----|------|
| Інструментальна         | 1275  | 0,47  | 16 | 0,02 |
| ТО тепловозів           | 2305  | 0,48  | 16 | 0,04 |
| Склад запчастин         | 5183  | 0,53  | 14 | 0,10 |
| Спортзал                | 1540  | 0,235 | 18 | 0,01 |
| Цех експлуатації        | 2340  | 0,48  | 16 | 0,04 |
| Адміністративний корпус | 3900  | 0,21  | 16 | 0,03 |
| Підсобні приміщення     | 2150  | 0,17  | 16 | 0,01 |
| Електромашинний         | 18644 | 0,12  | 16 | 0,08 |
| Актовий зал             | 1189  | 0,24  | 20 | 0,01 |
| Котельня                | 2280  | 0,17  | 20 | 0,02 |
| Їдальня                 | 700   | 0,82  | 20 | 0,02 |
| Службові приміщення     | 38780 | 0,11  | 16 | 0,16 |
| Кузня                   | 2088  | 0,8   | 18 | 0,07 |
| Будинок відпочинку      | 7176  | 0,235 | 20 | 0,07 |
| Всього:                 |       |       |    | 1,90 |

### 1.2.3 Витрата тепла на гаряче водопостачання

Витрата тепла на побутове гаряче водопостачання визначається на основі норм споживання гарячої води ( $t = 65\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) для житлових будівель, підприємств житлово-комунального призначення і виробничих будівель [3]. Ця витрата нерівномірна протягом доби і тижня. Середня витрата тепла на гаряче водопостачання визначається по формулі:

$$Q_{\text{ГВ}} = \frac{g \cdot m \cdot c \cdot p \cdot (t_{\text{ГВ}} - t_{\text{ХВ}}) \cdot 10^{-3}}{3600 \cdot T}, \quad (1.3)$$

де  $g$  – добова норма витрати гарячої води на одиницю споживання, л;

$m$  – кількість одиниць споживання, віднесена до доби;

$c$  – теплоємність води, що підігрівається, МДж/(кг·К);

$t_{\text{ГВ}}$ ,  $t_{\text{ХВ}}$  – температури відповідно гарячої води, що подається в систему гарячого водопостачання, і холодної води,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$t_{\text{ГВ}} = +5\text{ }^{\circ}\text{C}$  – для зимового періоду;

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.15.ТЕ1811. КРБ.2022-ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                           | 11   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           |      |

$t_{XB} = +15\text{ }^{\circ}\text{C}$  – для літнього періоду;

$T$  – число годин роботи системи гарячого водопостачання протягом доби.

Результати розрахунку теплових навантажень на гаряче водопостачання, розрахованих за формулою (1.3), заносимо в зведену таблицю 1.3.

Таблиця 1.3 – Розрахунок теплових навантажень котельної на гаряче водопостачання

| Найменування споживачів | Добова норма витрати води $q$ , л | Кількість одиниць споживачів | Число годин роботи системи $T$ | Витрати тепла на гаряче водопостачання $Q_{ГВ}$ , МВт |
|-------------------------|-----------------------------------|------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------------|
| Виробничий цех          | 15                                | 400                          | 8                              | 0,0525                                                |
| Спортзал                | 5                                 | 100                          | 8                              | 0,004375                                              |
| Адміністративний корпус | 7                                 | 150                          | 8                              | 0,0091875                                             |
| Підсобні приміщення     | 6                                 | 300                          | 8                              | 0,01575                                               |
| Їдальня                 | 5                                 | 300                          | 8                              | 0,013125                                              |
| Службові приміщення     | 5                                 | 150                          | 8                              | 0,0065625                                             |
| Будинок відпочинку      | 95                                | 300                          | 24                             | 0,083125                                              |
| Всього:                 |                                   |                              |                                | 0,185                                                 |

#### 1.2.4 Витрати тепла на технологічні потреби

Основні технологічні потреби пари в локомотивному депо включають в себе:

- 1) виварку ремонтіваних деталей для очищення від бруду, масла, старої фарби;
- 2) підігрів води задля зовнішньої обмивки локомотивів (температура 60...70  $^{\circ}\text{C}$ );
- 3) підігрів мастил при зберіганні і роздачі;

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.15.ТЕ1811. КРБ.2022-ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                           | 12   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           |      |

4) сушіння електровозів після просочення обмоток ремонтних електричних машин та електричної апаратури в автоклавах та сушильних печах при температурі 160...180 °С і тиску 0.7...0.8 МПа;

5) підігрів нафтопалива при зливі з цистерн на складі пального;

6) підігрів нафтопалива у сховищах паливного складу перед перекачуванням в резервуари екіпірувального пункту;

7) приготування і підігрів води для заповнення охолоджуючої системи двигунів;

8) обігрів у холодну пору року тепловозів при постановці на оглядові канави в секціях огляду;

9) промивка (кип'ятіння) маслоохолоджувачів, пропарювання для очищення циліндрових блоків дизелів.

Загалом витрати у депо на технологічні потреби складають 0,9 МВт.

Складемо зведену таблицю витрати тепла на опалювання, вентиляцію, гаряче водопостачання і технологічні потреби (таблиця 1.4).

Таблиця 1.4 – Витрата тепла на опалювання, вентиляцію, гаряче водопостачання і технологічні потреби

| № з/п | Група споживачів                   | Теплоно-сій та його власти-вості | Одини-ця вимірю-вання | Витрата теплоти по режимах |       |       |       | Повер-нення конденса-ту, % |
|-------|------------------------------------|----------------------------------|-----------------------|----------------------------|-------|-------|-------|----------------------------|
|       |                                    |                                  |                       | I                          | II    | III   | IV    |                            |
| 1     | 2                                  | 3                                | 4                     | 5                          | 6     | 7     | 8     | 9                          |
| 1     | Технологічні потреби підприємства  | Пара, 0,6 МПа                    | т/год                 | 1,18                       | 1,18  | 1,18  | 1,18  | 60                         |
|       |                                    |                                  | МВт                   | 0,9                        | 0,9   | 0,9   | 0,9   | 60                         |
| 2     | Опалення промислових будівель      | Вода, 150/70 °С                  | МВт                   | 4,6                        | 2,74  | 2,13  | -     | 60                         |
| 3     | Вентиляція промислових будівель    | Вода, 150/70 °С                  | МВт                   | 1,9                        | 1,13  | 0,88  | -     | 60                         |
| 4     | Гаряче водопостачання підприємства | Вода, 65 °С                      | МВт                   | 0,185                      | 0,185 | 0,185 | 0,185 | 60                         |

Закінчення таблиці 1.4.

| 1 | 2                                         | 3                       | 4   | 5     | 6     | 7     | 8   | 9  |
|---|-------------------------------------------|-------------------------|-----|-------|-------|-------|-----|----|
| 5 | Сумарне навантаження по теплоносію "вода" | Вода, 150/70 °С і 65 °С | МВт | 6,685 | 4,055 | 3,195 | -   | 60 |
| 6 | Сумарне теплове навантаження              |                         | МВт | 7,785 | 4,955 | 4,095 | 0,9 | 60 |

### 1.2.5 Річна витрата теплоти

Річна витрата теплоти визначається графіком тривалості теплового навантаження  $Q_{\text{оп.}} = f(n)$ , на якому відображається залежність витрати тепла на опалення від кількості годин за опалювальний період, наведена на рисунку 1.1. Кліматичні характеристики міста Козятин наведені таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – Кліматичні характеристики міста Козятин

| Температура зовнішнього повітря, $t_z$ , °С  | -30 | -25 | -20 | -15 | -10 | -5   | 0    | +5   | +8   |
|----------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|
| Кількість годин опалювального періоду n, год | 1   | 11  | 50  | 176 | 496 | 1138 | 2363 | 3856 | 4536 |

Визначимо витрати тепла при температурах -30°C та +8°C:

$$Q_{\text{оп.}} = Q_{\text{оп.}}^p \cdot \frac{t_B^p - t_z}{t_B^p - t_{z.p.}}, \quad (1.4)$$

де  $Q_{\text{оп.}}^p$  - загальна витрата на опалення промислових приміщень та ЖКС;

$$Q_{\text{оп.}}^p = Q_{\text{оп.}}^{\Sigma \text{ЖКС}};$$

|      |      |          |        |      |                           |  |  |  |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|--|--|--|------|
|      |      |          |        |      | 02.15.ТЕ1811. КРБ.2022-ПЗ |  |  |  | Арк. |
|      |      |          |        |      |                           |  |  |  | 14   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           |  |  |  |      |

$t_{\text{в}}^{\text{р}}$  – приймається усереднене значення +20 °С.

$$Q_{\text{оп}}^{+8} = \frac{4,6 \cdot (20 - 8)}{[20 - (-22)]} = 1,34 \text{ МВт}$$

$$Q_{\text{оп}}^{-30} = \frac{4,6 \cdot (20 + 30)}{[20 - (-22)]} = 5,48 \text{ МВт}$$

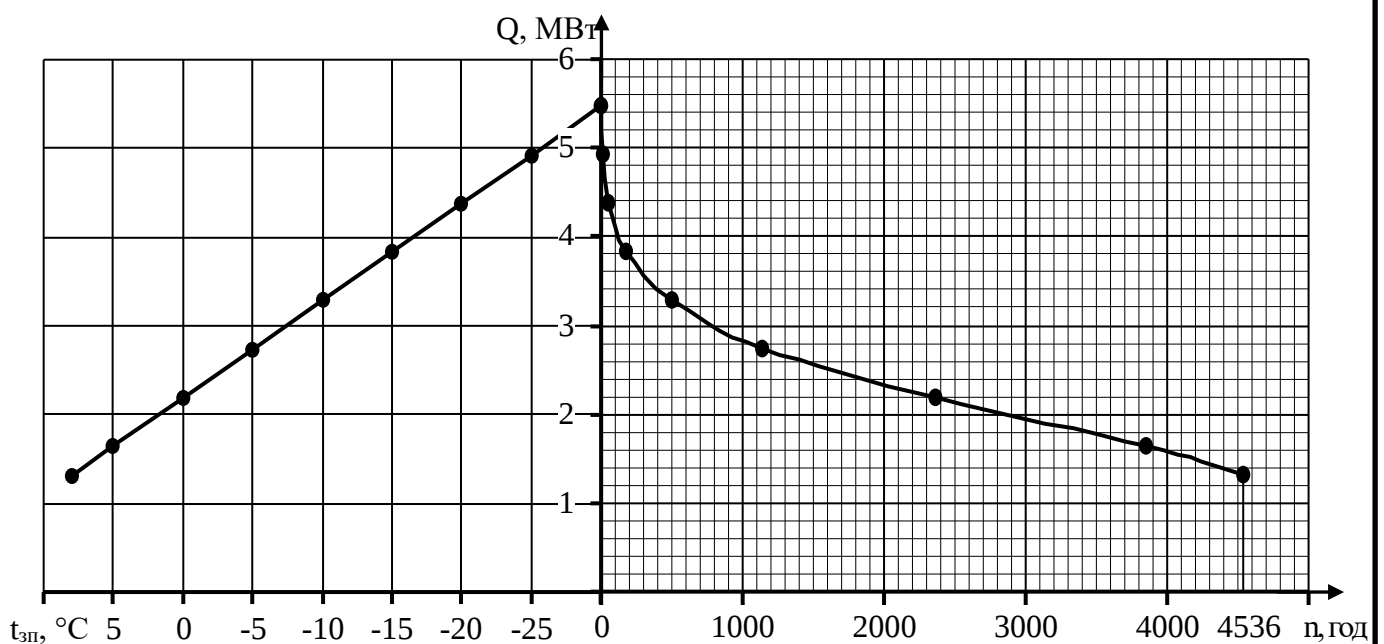


Рисунок 1.1 – Графік тривалості теплового навантаження

Річна витрата тепла на опалення знаходиться за формулою:

$$Q_{\text{річ.}} = S_1 m,$$

де  $S_1$  – площа обмежена кривою опалювального навантаження;

|      |      |          |        |      |                           |            |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------------|
|      |      |          |        |      | 02.15.ТЕ1811. КРБ.2022-ПЗ | Арк.<br>15 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           |            |

$$S_1 = 529 \text{ мм}^2;$$

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

$$m = m_1 m_2;$$

$m_1$  – масштаб осі ординат (осі опалювального навантаження);

$$m_1 = 0,2 \text{ МВт/мм};$$

$m_2$  – масштаб осі абсцис (осі тривалості опалювального періоду);

$$m_2 = 100 \text{ год/мм}.$$

$$m = 0,2 \cdot 100 = 20 \text{ МВт} \cdot \text{год} / \text{мм}^2.$$

Отже:

$$Q_{\text{річ}} = 20 \cdot 529 = 10\,580 \text{ МВт} \cdot \text{год}.$$

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.15.ТЕ1811. КРБ.2022-ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                           | 16   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           |      |

## 2 ВИБІР СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ І РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ КОТЕЛЬНОЇ

### 2.1 Опис основного обладнання

Паровий котел – пристрій, що має топку, яка обігрівается продуктами спалюваного в ній палива і призначена для отримання пари, що знаходиться під тиском вище за атмосферне і використовуване поза самим пристроєм.

У котельних невеликої потужності, де потрібна пара тиском 0,9 МПа, знаходять широке застосування вертикально-водотрубні котли типу Е-2,5/0,9ГМН паропродуктивністю 2,5 т/ч [4]. Котли ці двохлабобанні. Верхній і нижній барабани, розміщені по одній вертикальній осі, сполучені між собою пучком труб, утворюючих конвективну поверхню нагріву. Конвективний пучок розділений двома вертикальними перегородками з жароміцної сталі.

Гази, поступаючи з топки в конвективну частину котла здійснюють три ходи між конвективним пучком труб і виходять через вікно в задній стінці.

Котел має пристрої химводоочистки, дутьовий вентилятор, димосос [5]. Топка обладнана пальником, змішувача низького тиску, пристроями автоматики і теплового захисту.

У системах теплопостачання застосовують відцентрові насоси з електричним приводом. Основними характеристиками насосів є подача теплоносія.

Випускаються насоси різних типів з широким діапазоном як по подачі, так і по створюваному напору. За призначенням насоси підрозділяються на живильні, сітьові, підкачуючі, конденсатні, рециркуляційні, змішувальні і циркуляційні.

Живильні насоси встановлюють в котельних для подачі живильної води у котли.

Сітьові насоси забезпечують транспортування води до споживачів, необхідний натиск на введенні і повернення води. Подачу і тиск сітьових

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.15.ТЕ1811. КРБ.2022-ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                           | 17   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           |      |

насосів розраховують для двох режимів роботи: зимового – максимального і літнього – мінімального.

Рециркуляційні насоси, призначені для підвищення температури води на вході в котельню, їх встановлюють у водогрійних котельнях.

Циркуляційні насоси застосовують в системах гарячого водопостачання. Натиск розраховують на опір системи при циркуляційній витраті.

Від вибору теплоносія для здійснення транспорту тепла залежать як капітальні, так і експлуатаційні витрати по теплових мережах.

Для здійснення технологічних процесів необхідна пара з параметрами 1,4 МПа і 0,6 МПа.

Пара низького тиску 0,6 МПа використовується підприємствами для нагрівання продуктів різних технологічних процесів у поверхневих рекуперативних підігрівниках. У цій області пара має велику перевагу з такими теплоносіями як вода.

Пара з параметрами 1,4 МПа використовується в технологічній схемі виробництва і визначається споживачами.

Для забезпечення теплом систем опалення і вентиляції заводу і житлово-комунального сектора використовується гаряча вода, з максимальною температурою 150 °С. У системах теплопостачання від котелень цей вид теплоносія має істотні переваги перед парою, а для житлового масиву є єдино можливим по санітарних нормах.

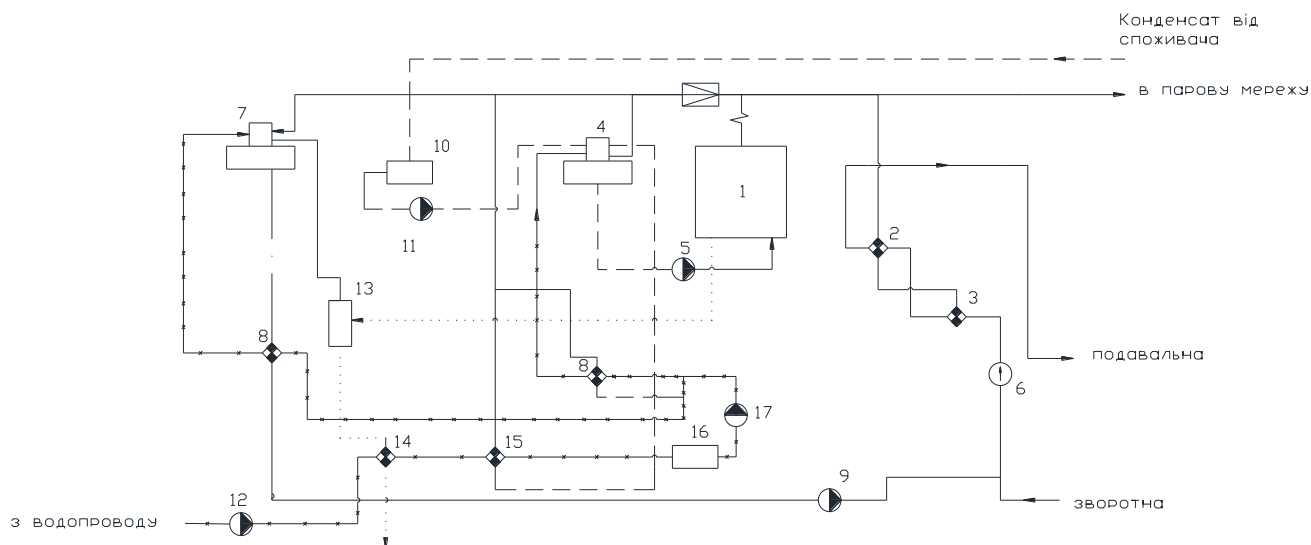
У проекті прийнята замкнута система теплопостачання локомотивного депо без відповідних техніко-економічних розрахунків, тому що в котельні не забезпечена подача води питної якості в кількості, достатньому для підживлення котлів і тепломережі. Для заповнення дефіциту у воді, необхідної для живлення котлів і підживлення тепломережі використовується вода оборотної системи технічного водопостачання, яка не задовольняє ДСТУ на питну воду.

Основним паливом у котельні є природний газ, як аварійне паливо передбачений мазут.

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.15.ТЕ1811. КРБ.2022-ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                           | 18   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           |      |

## 2.2 Розрахунок теплової схеми котельні

Принципова тепла схема котельні з паровими котлами наведена на рисунку 2.1.



1 - паровий котел низького тиску; 2 - пароводяний підігрівач сітрової 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 тепла схема котельні з паровими котлами

При значних витратах теплоти на потреби опалення, вентиляції й гарячого водопостачання й щодо малих витратах пари на технологічні потреби звичайно проектується котельні з паровими й водогрійними котлами. Порівняльні розрахунки, виконані інститутом «Сантехпроект», показали, що будівництво котелень із паровими й водогрійними котлами економічно доцільно тільки при загальній теплопродуктивності котельні більше 50 МВт.

Потоки робочих тіл рухаються в наступних напрямках. Насос сирої води подає воду в охолоджувач продувної води, де вона нагрівається за рахунок

|      |      |          |        |      |                           |            |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------------|
|      |      |          |        |      | 02.15.ТЕ1811. КРБ.2022-ПЗ | Арк.<br>19 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           |            |

теплоти продувної води. Потім сира вода підігрівається до 20...30 °С у пароводяному підігрівнику й направляється в хімводоочистку. Хімічно очищена вода розгалужується на два напрямки: перший – нагрівач, охолоджувач випару, деаератор живильної води, другий – охолоджувач підживлювальної води, нагрівач підживлювальної води, охолоджувач випару, деаератор підживлювальної води. З деаератора живильної води живильним насосом вода надходить у парові котли, а потім у РОУ, у підігрівачі, а потім у лінію, що подає в тепломережі.

Пар від парових котлів частково направляється до технологічних споживачів, частково до РОУ, після якого використовується на власні потреби й подається споживачам, що вимагають тиск 0,6 МПа. Безперервна продувка від парових котлів направляється в розширник, де котлова вода внаслідок зниження тиску частково випаровується. Пар із розширника надходить у деаератор живильної води. Вода з розширника надходить в охолоджувач продувної води й скидається в продувний колодязь (барботер).

Основним паливом котельні є мазут. Котельня розташована в Вінницькій області.

Розрахунок теплової схеми котельні виконаний для чотирьох режимів (три – зимових, один – 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 і вентиляцію відсутні). Витрати тепла на опалювання, вентиляцію, гаряче водопостачання і технологічні потреби, що є основою подальшого розрахунку (див. табл. 1.4).

Необхідні для розрахунку теплофізичні властивості води та водяної пари наведено в таблиці 2.1.

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.15.ТЕ1811. КРБ.2022-ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                           | 20   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           |      |

Таблиця 2.1 – Вихідні дані для розрахунку теплової схеми

| 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 сітьовими підігрівачами та за ними              | $t_1$              | °C                  | 150                                              | 98   | 84    | -    |
|                                                                        | $t_2$              | °C                  | 70                                               | 49,5 | 45,83 |      |
| Коефіцієнт зниження витрати теплоти на опалення і вентиляцію           | $K$                | -                   | 1                                                | 0,6  | 0,48  | -    |
| Ентальпія редукованої пари перед сітьовими підігрівачами сітьової води | $i''_{\text{роу}}$ | кДж/кг              | 2815                                             | 2815 | 2815  | 2815 |
| Ентальпія конденсату за підігрівачами (при 80°C)                       | $i_k$              | кДж/кг              | 336                                              | 336  | 336   | 336  |
| Ентальпія котлової води при $P_{\text{пари}}=0,6$ МПа                  | $i_{\text{к.в.}}$  | кДж/кг              | 667                                              | 667  | 667   | 667  |
| Ентальпія пати в сепараторі при $P_{\text{пари}}=0,17$ МПа             | $i''_{\text{сеп}}$ | кДж/кг              | 2698                                             | 2698 | 2698  | 2698 |

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 | 479   | 479   | 479   | 479   |
| Ентальпія води після охолоджувача неперервної продувки             | $i'_{\text{пр}}$            | кДж/кг | 210   | 210   | 210   | 210   |
| Температура сирі води                                              | $t_{\text{св}}$             | °C     | 5     | 5     | 5     | 15    |
| Ентальпія сирі води після підігрівача (20 °C)                      | $i'_{\text{х.о.в}}$         | кДж/кг | 83,91 | 83,91 | 83,91 | 83,91 |
| Ентальпія води перед підігрівачем (при 18 °C)                      | $i''_{\text{х.о.в.}}$       | кДж/кг | 75,53 | 75,53 | 75,53 | 75,53 |
| Ентальпія конденсату редукованої пари (при 80 °C)                  | $i_{\text{к}}^{\text{роу}}$ | кДж/кг | 336   | 336   | 336   | 336   |
| Ентальпія живильної води                                           | $i_{\text{ж.в.}}$           | кДж/кг | 437   | 437   | 437   | 437   |

Розрахунок теплової схеми котельні з паровими котлами проводиться в наступній послідовності.

Визначається витрата води на підігрівачі сітьової води (т/год):

$$G = \frac{3600Q}{c(t_1 - t_2)}, \quad (2.1)$$

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.15.ТЕ1811. КРБ.2022-ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                           | 22   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           |      |

де  $Q$  – сумарне теплове навантаження по теплоносію "вода" (див. табл. 1.4), МВт;

$c$  – теплоємність води, кДж/(кг·К);

$t_1, t_2$  – температура води перед сітьовими підігрівачами та за ними відповідно, °С [3].

За формулою (2.1):

$$G_1 = \frac{3600 \cdot 6,685}{4,2(150 - 70)} = \frac{24066}{336} = 71,8 \text{ т/год};$$

$$G_2 = \frac{3600 \cdot 4,055}{4,2(98 - 49,5)} = \frac{14598}{203,7} = 71,8 \text{ т/год};$$

$$G_3 = \frac{3600 \cdot 3,195}{4,2(84 - 45,8)} = \frac{11502}{160,44} = 71,8 \text{ т/год}.$$

Визначається витрата пари на підігрівачі сітьової води (т/год):

$$D_{\text{п.с.в}} = \frac{cG(t_1 - t_2)}{(i''_{\text{роу}} - i_k)\eta}, \quad (2.2)$$

де  $i''_{\text{роу}}, i_k$  – ентальпія редукованої пари перед підігрівачами сітьової води та конденсату (температура конденсату приймається 80 °С ) за ними, кДж/кг;

$\eta$  – ККД сітьового підігрівача (для більшості підігрівачів може бути прийнятий рівним 0,98).

За формулою (2.2):

$$D_{\text{п.с.в1}} = \frac{4,2 \cdot 71,8 \cdot (150 - 70)}{(2815 - 336) \cdot 0,98} = 7,9 \text{ т/год};$$

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.15.ТЕ1811. КРБ.2022-ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                           | 23   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           |      |

$$D_{\text{п.с.в2}} = \frac{4,2 \cdot 71,8 \cdot (98 - 49,5)}{(2815 - 336) \cdot 0,98} = 6,02 \text{ т/год};$$

$$D_{\text{п.с.в3}} = \frac{4,2 \cdot 71,8 \cdot (84 - 45,8)}{(2815 - 336) \cdot 0,98} = 4,74 \text{ т/год}.$$

Визначається витрата пари зовнішніми споживачами (т/год):

$$D_{\text{зов}} = D_{\text{т}} + D_{\text{п.с.в}}, \quad (2.3)$$

де  $D_{\text{т}}$  – витрата пари технологічними споживачами, т/год.

За формулою (2.3):

$$D_{\text{зов1}} = 1,18 + 7,9 = 9,08 \text{ т/год};$$

$$D_{\text{зов2}} = 1,18 + 6,02 = 7,2 \text{ т/год};$$

$$D_{\text{зов3}} = 1,18 + 4,74 = 5,92 \text{ т/год};$$

$$D_{\text{зов4}} = 1,18 \text{ т/год}.$$

Визначається витрата пари (т/год) на власні потреби котельні (підігрів сирієї води та хімічно очищеної води, витрати на деаератори):

$$D_{\text{вл}} = 0,01 K_{\text{вл}} D_{\text{зов}}, \quad (2.4)$$

де  $K_{\text{вл}}$  – витрата пари на власні потреби, % (рекомендується приймати в межах 5-10 %).

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.15.ТЕ1811. КРБ.2022-ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                           | 24   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           |      |

За формулою (2.4):

$$D_{\text{вЛ1}}=0,01\cdot5\cdot9,08=0,454 \text{ т/год};$$

$$D_{\text{вЛ2}}=0,01\cdot5\cdot7,2=0,36 \text{ т/год};$$

$$D_{\text{вЛ3}}=0,01\cdot5\cdot5,92=0,3 \text{ т/год};$$

$$D_{\text{вЛ4}}=0,01\cdot5\cdot1,18=0,06 \text{ т/год}.$$

При наявності мазутного господарства визначається витрата пари на нього (т/год):

$$D_{\text{м}}=0,01K_{\text{м}}D_{\text{зов}}, \quad (2.5)$$

де  $K_{\text{м}}$  – витрата пари на мазутне господарство, % (при відсутності даних приймається 3 %).

За формулою (2.5):

$$D_{\text{м1}}=0,01\cdot3\cdot9,08=0,27 \text{ т/год};$$

$$D_{\text{м2}}=0,01\cdot3\cdot7,2=0,22 \text{ т/год};$$

$$D_{\text{м3}}=0,01\cdot3\cdot5,92=0,18 \text{ т/год};$$

$$D_{\text{м4}}=0,01\cdot3\cdot1,18=0,04 \text{ т/год}.$$

Визначаються витрати пари на покриття її втрат в котельні (т/год):

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.15.ТЕ1811. КРБ.2022-ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                           | 25   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           |      |

$$D_{\text{BT}} = 0,01 K_{\text{BT}} (D_{\text{ЗОВ}} + D_{\text{М}}), \quad (2.6)$$

де  $K_{\text{BT}}$  – втрати від витоку в тепломережі, % (рекомендується приймати 2-3 %).

За формулою (2.6):

$$D_{\text{BT1}} = 0,01 \cdot 2,5 \cdot (9,08 + 0,27) = 0,22 \text{ т/год};$$

$$D_{\text{BT2}} = 0,01 \cdot 2,5 \cdot (7,2 + 0,22) = 0,19 \text{ т/год};$$

$$D_{\text{BT3}} = 0,01 \cdot 2,5 \cdot (5,92 + 0,18) = 0,15 \text{ т/год};$$

$$D_{\text{BT4}} = 0,01 \cdot 2,5 \cdot (1,18 + 0,04) = 0,03 \text{ т/год}.$$

Визначається сумарна паропродуктивність котельні (т/год):

$$D = D_{\text{ЗОВ}} + D_{\text{ВЛ}} + D_{\text{М}} + D_{\text{BT}}. \quad (2.7)$$

За формулою (2.7):

$$D_1 = 9,08 + 0,454 + 0,27 + 0,22 = 10,024;$$

$$D_2 = 7,2 + 0,36 + 0,22 + 0,19 = 7,97;$$

$$D_3 = 5,92 + 0,3 + 0,18 + 0,15 = 6,55;$$

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.15.ТЕ1811. КРБ.2022-ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                           | 26   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           |      |

$$D_4=1,18+0,06+0,04+0,03=2,55.$$

Визначаються втрати конденсату в обладнанні зовнішніх споживачів та в котельні (т/год):

$$G_K^{BT}=0,01(100-\beta)D_T+0,01K_KD, \quad (2.8)$$

де  $\beta$  – частка конденсату, що повертається зовнішніми споживачами, %;  
 $K_K$  – втрати конденсату в циклі котельної установки, % (рекомендується приймати рівними 3 %).

За формулою (2.8):

$$G_{K1}^{BT}=0,01 \cdot (100-60) \cdot 1,18+0,01 \cdot 3 \cdot 10,024=0,784 \text{ т/год};$$

$$G_{K2}^{BT}=0,01 \cdot (100-60) \cdot 1,18+0,01 \cdot 3 \cdot 7,97=0,71 \text{ т/год};$$

$$G_{K3}^{BT}=0,01 \cdot (100-60) \cdot 1,18+0,01 \cdot 3 \cdot 6,55=0,67 \text{ т/год};$$

$$G_{K4}^{BT}=0,01 \cdot (100-60) \cdot 1,18+0,01 \cdot 3 \cdot 2,55=0,55 \text{ т/год}.$$

Визначається витрата хімічно очищеної води (т/год):

$$G_{x.o.b}=G_K^{BT}+0,01K_{TM}G, \quad (2.9)$$

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.15.ТЕ1811. КРБ.2022-ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                           | 27   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           |      |

де  $K_{\text{тм}}$  – втрати води в тепломережі, % (для закритої системи можуть бути прийняті рівними 2-3 %, для відкритої системи мають додатково враховувати витрату води з тепломережі на гаряче водопостачання).

За формулою (2.9):

$$G_{\text{х.о.в1}} = 0,784 + 0,01 \cdot 2,5 \cdot 71,8 = 2,579 \text{ т/год};$$

$$G_{\text{х.о.в2}} = 0,71 + 0,01 \cdot 2,5 \cdot 71,8 = 2,505 \text{ т/год};$$

$$G_{\text{х.о.в3}} = 0,67 + 0,01 \cdot 2,5 \cdot 71,8 = 2,465 \text{ т/год};$$

$$G_{\text{х.о.в4}} = 0,55 + 0,01 \cdot 2,5 \cdot 71,8 = 2,345 \text{ т/год}.$$

Визначається витрата сирії води (т/год):

$$G_{\text{с.в.}} = K_{\text{х.о.в.}} G_{\text{х.о.в.}}, \quad (2.10)$$

де  $K_{\text{х.о.в.}}$  – коефіцієнт, що враховує витрату сирії води на власні потреби хімводопідготовки (рекомендується приймати рівним 1,25).

За формулою (2.10):

$$G_{\text{с.в.1}} = 1,25 \cdot 2,579 = 3,22 \text{ т/год};$$

$$G_{\text{с.в.2}} = 1,25 \cdot 2,505 = 3,13 \text{ т/год};$$

$$G_{\text{с.в.3}} = 1,25 \cdot 2,465 = 3,08 \text{ т/год};$$

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.15.ТЕ1811. КРБ.2022-ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                           | 28   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           |      |

$$G_{\text{с.в.4}}=1,25 \cdot 2,345=2,93 \text{ т/год.}$$

Визначається кількість води, що поступає з неперервною продувкою в сепаратор (т/год):

$$G_{\text{пр}}=0,01p_{\text{пр}}D, \quad (2.11)$$

де  $p_{\text{пр}}$  – процент продувки (приймається від 2 до 5 %).

За формулою (2.11):

$$G_{\text{пр1}}=0,01 \cdot 3 \cdot 10,024=0,3 \text{ т/год};$$

$$G_{\text{пр2}}=0,01 \cdot 3 \cdot 7,97=0,239 \text{ т/год};$$

$$G_{\text{пр3}}=0,01 \cdot 3 \cdot 6,55=0,197 \text{ т/год};$$

$$G_{\text{пр4}}=0,01 \cdot 3 \cdot 2,55=0,077 \text{ т/год.}$$

Визначається кількість пари, що утворюється в сепараторі неперервної продувки (т/год):

$$D_{\text{сеп}}=\frac{G_{\text{пр}}(i_{\text{к.в.}}'-i_{\text{сеп}}')}{x(i_{\text{сеп}}''-i_{\text{сеп}}')\eta}, \quad (2.12)$$

де  $i_{\text{к.в.}}$  – ентальпія котлової води, кДж/кг;

$i_{\text{сеп}}'', i_{\text{сеп}}'$  – ентальпія пари та води в сепараторі, кДж/кг;

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.15.ТЕ1811. КРБ.2022-ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                           | 29   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           |      |

$x$  – степінь сухості пари, що виходить з сепаратора, приймається 0,98.

За формулою (2.12):

$$D_{\text{сеп1}} = \frac{0,3 \cdot (667 - 479)}{0,98 \cdot (2698 - 479) \cdot 0,98} = 0,026 \text{ т/год};$$

$$D_{\text{сеп2}} = \frac{0,239 \cdot (667 - 479)}{0,98 \cdot (2698 - 479) \cdot 0,98} = 0,021 \text{ т/год};$$

$$D_{\text{сеп3}} = \frac{0,197 \cdot (667 - 479)}{0,98 \cdot (2698 - 479) \cdot 0,98} = 0,017 \text{ т/год};$$

$$D_{\text{сеп4}} = \frac{0,077 \cdot (667 - 479)}{0,98 \cdot (2698 - 479) \cdot 0,98} = 0,007 \text{ т/год}.$$

Визначається кількість води на виході з розширювача неперервної продукції (т/год):

$$G_{\text{сеп}} = G_{\text{пр}} - D_{\text{сеп}}. \quad (2.13)$$

За формулою (2.13):

$$G_{\text{сеп1}} = 0,3 - 0,032 = 0,268 \text{ т/год};$$

$$G_{\text{сеп2}} = 0,239 - 0,021 = 0,218 \text{ т/год};$$

$$G_{\text{сеп3}} = 0,197 - 0,017 = 0,18 \text{ т/год};$$

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.15.ТЕ1811. КРБ.2022-ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                           | 30   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           |      |

$$G_{\text{сеп4}} = 0,077 - 0,007 = 0,07 \text{ т/год.}$$

Визначається температура сирії води після охолоджувача неперервної продувки (°C):

$$t'_{\text{с.в.}} = \frac{G_{\text{сеп}} (i'_{\text{сеп}} \eta - i''_{\text{пр}})}{c G_{\text{с.в.}}} + t_{\text{с.в.}}, \quad (2.14)$$

де  $i''_{\text{пр}}$  – ентальпія води після охолоджувача неперервної продувки (приймається рівною 210 кДж/кг), кДж/кг;

$t_{\text{с.в.}}$  – температура сирії води на вході в котельню, °C.

За формулою (2.14):

$$t'_{\text{с.в.1}} = \frac{0,268 \cdot (479 - 210)}{4,2 \cdot 3,22} + 5 = 10,33 \text{ °C};$$

$$t'_{\text{с.в.2}} = \frac{0,218 \cdot (479 - 210)}{4,2 \cdot 3,13} + 5 = 9,5 \text{ °C};$$

$$t'_{\text{с.в.3}} = \frac{0,18 \cdot (479 - 210)}{4,2 \cdot 3,08} + 5 = 8,7 \text{ °C};$$

$$t'_{\text{с.в.4}} = \frac{0,07 \cdot (479 - 210)}{4,2 \cdot 2,93} + 15 = 16,5 \text{ °C}.$$

Визначається витрата пари на підігрівач сирії води (т/год):

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.15.ТЕ1811. КРБ.2022-ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                           | 31   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           |      |

$$D_{\text{с.в.}} = G_{\text{с.в.}} \cdot \frac{i'_{\text{х.о.в.}} - i'_{\text{с.в.}}}{i''_{\text{роу}} - i'_{\text{к}}}, \quad (2.15)$$

де  $i'_{\text{х.о.в.}}$  – ентальпія сирії води після підігрівача, що визначається для температури води, яка приймається в межах 20...30 °С, кДж/кг;

$i'_{\text{с.в.}}$  – ентальпія сирії води після охолоджувача неперервної продувки, що визначається за температурою  $t'_{\text{с.в.}}$ , кДж/кг;

$i''_{\text{к}}$  – ентальпія конденсату редукованої пари, що визначається за температурою конденсату, яка приймається в межах 70...85 °С.

За формулою (2.15):

$$D_{\text{с.в.1}} = 3,22 \cdot \frac{83,91 - 48,32}{2815 - 336} = 0,047 \text{ т/год};$$

$$D_{\text{с.в.2}} = 3,13 \cdot \frac{83,91 - 39,54}{2815 - 336} = 0,056 \text{ т/год};$$

$$D_{\text{с.в.3}} = 3,08 \cdot \frac{83,91 - 36,57}{2815 - 336} = 0,059 \text{ т/год};$$

$$D_{\text{с.в.4}} = 2,93 \cdot \frac{83,91 - 77,62}{2815 - 336} = 0,007 \text{ т/год}.$$

Визначається витрата пари на підігрів хімоочищеної води в підігрівачі перед деаератором живильної води котлів (т/год):

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.15.ТЕ1811. КРБ.2022-ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                           | 32   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           |      |

$$D_{\text{х.о.в.}} = G_{\text{к}}^{\text{вТ}} \frac{i_{\text{к}} - i_{\text{х.о.в.}}''}{i_{\text{роу}}'' - i_{\text{к}}}, \quad (2.16)$$

де  $i_{\text{к}}$  – ентальпія хімоочищеної води після підігрівача (визначається за температурою конденсату, рівною 70-85 °С), кДж/кг;

$i_{\text{х.о.в.}}''$  – ентальпія хімічно очищеної води перед підігрівачем приймається за температурою на  $\approx 2$  °С меншою від температури сирії води на виході з підігрівача сирії води), кДж/кг.

За формулою (2.16):

$$D_{\text{х.о.в.1}} = 0,784 \cdot \frac{336 - 75,53}{2815 - 336} = 0,083 \text{ т/год};$$

$$D_{\text{х.о.в.2}} = 0,71 \cdot \frac{336 - 75,53}{2815 - 336} = 0,074 \text{ т/год};$$

$$D_{\text{х.о.в.3}} = 0,67 \cdot \frac{336 - 75,53}{2815 - 336} = 0,07 \text{ т/год};$$

$$D_{\text{х.о.в.4}} = 0,55 \cdot \frac{336 - 75,53}{2815 - 336} = 0,058 \text{ т/год}.$$

Визначається сумарна кількість води та пари, що поступають в деаератори, окрім гріючої пари деаератора (т/год):

$$G_{\text{д}} = G_{\text{х.о.в.}} + \beta D_{\text{т}} + D_{\text{х.о.в.}} + D_{\text{с.в.}} + D_{\text{п.с.в.}} + D_{\text{сеп}}. \quad (2.17)$$

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.15.ТЕ1811. КРБ.2022-ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                           | 33   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           |      |

За формулою (2.17):

$$G_{д1}=2,579+60\cdot0,01\cdot1,18+0,083+0,047+7,9+0,026=10,6 \text{ т/год};$$

$$G_{д2}=2,505+60\cdot0,01\cdot1,18+0,074+0,056+6,02+0,021=9,39 \text{ т/год};$$

$$G_{д3}=2,465+60\cdot0,01\cdot1,18+0,007+0,059+4,74+0,017=8,03 \text{ т/год};$$

$$G_{д4}=2,346+60\cdot0,01\cdot1,18+0,058+0,007+0,007=3,125 \text{ т/год}.$$

Визначається середня температура води в деаераторах (°C):

$$t'_{д} = \frac{G_{\text{х.о.в.}} \cdot i_{\text{к}} + \beta D_{\text{т}} i_{\text{к}} + D_{\text{х.о.в.}} i_{\text{к}}^{\text{POY}} + D_{\text{с.в.}} i_{\text{к}}^{\text{POY}} + D_{\text{п.с.в.}} i_{\text{к}} + D_{\text{сеп}} i_{\text{сеп}}''}{G_{\text{д}}}. \quad (2.18)$$

За формулою (2.18):

$$t'_{д1} = \frac{2,579 \cdot 336 + 0,01 \cdot 60 \cdot 1,18 + 0,083 \cdot 2815 + 0,047 \cdot 336 + 7,9 \cdot 2698}{10,6} = 81,4 \text{ °C};$$

$$t'_{д2} = \frac{2,505 \cdot 336 + 0,01 \cdot 60 \cdot 1,18 + 0,074 \cdot 2815 + 0,059 \cdot 336 + 6,02 \cdot 2698}{9,3} = 81,4 \text{ °C};$$

$$t'_{д3} = \frac{2,465 \cdot 336 + 0,01 \cdot 60 \cdot 1,18 + 0,007 \cdot 2815 + 0,059 \cdot 336 + 4,74 \cdot 2698}{8,042} = 81,4 \text{ °C};$$

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.15.ТЕ1811. КРБ.2022-ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                           | 34   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           |      |

$$t'_{д4} = \frac{2,345 \cdot 336 + 0,01 \cdot 60 \cdot 1,18 + 0,058 \cdot 2815 + 0,007 \cdot 336}{3,118} = 81,4^{\circ}\text{C}.$$

Визначається витрата гріючої пари на деаератори, т/год:

$$D_{д} = \frac{G_{д}(i_{п.в} - 4,2t'_{д})}{(i''_{п.о.у} - i_{ж.в})\eta}, \quad (2.19)$$

де  $i_{ж.в}$  – ентальпія живильної води, кДж/кг, (температура живильної води приймається  $104^{\circ}\text{C}$ ).

За формулою (2.19):

$$D_{д1} = \frac{10,6 \cdot (437 - 4,2 \cdot 81,4)}{(2815 - 437) \cdot 0,98} = 0,43 \text{ т/год};$$

$$D_{д2} = \frac{9,39 \cdot (437 - 4,2 \cdot 81,4)}{(2815 - 437) \cdot 0,98} = 0,385 \text{ т/год};$$

$$D_{д3} = \frac{8,03 \cdot (437 - 4,2 \cdot 81,4)}{(2815 - 437) \cdot 0,98} = 0,329 \text{ т/год};$$

$$D_{д4} = \frac{3,125 \cdot (437 - 4,2 \cdot 81,4)}{(2815 - 437) \cdot 0,98} = 0,128 \text{ т/год}.$$

Визначається витрата редукованої пари на власні потреби котельні (т/год):

$$D_{вл}^p = D_{д} + D_{х.о.в.} + D_{с.в.} \quad (2.20)$$

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.15.ТЕ1811. КРБ.2022-ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                           | 35   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           |      |

За формулою (2.20):

$$D_{\text{вл1}}^{\text{p}} = 0,43 + 0,083 + 0,047 = 0,56 \text{ т/год};$$

$$D_{\text{вл2}}^{\text{p}} = 0,385 + 0,074 + 0,056 = 0,515 \text{ т/год};$$

$$D_{\text{вл3}}^{\text{p}} = 0,329 + 0,007 + 0,059 = 0,395 \text{ т/год};$$

$$D_{\text{вл4}}^{\text{p}} = 0,128 + 0,058 + 0,007 = 0,193 \text{ т/год}.$$

Визначається дійсна паропроодуктивність котельні з врахуванням витрат пари на власні потреби (т/год):

$$D_{\text{к}} = (D_{\text{зов}} + D_{\text{вл}}^{\text{p}}) + 0,01K_{\text{вт}}(D_{\text{зов}} + D_{\text{вл}}^{\text{p}}). \quad (2.21)$$

За формулою (2.21):

$$D_{\text{к1}} = (9,08 + 0,56) + 0,01 \cdot 2,5 \cdot (9,08 + 0,56) = 9,881 \text{ т/год};$$

$$D_{\text{к2}} = (7,2 + 0,515) + 0,01 \cdot 2,5 \cdot (7,2 + 0,515) = 7,91 \text{ т/год};$$

$$D_{\text{к3}} = (5,92 + 0,395) + 0,01 \cdot 2,5 \cdot (5,92 + 0,395) = 6,47 \text{ т/год};$$

$$D_{\text{к4}} = (1,18 + 0,193) + 0,01 \cdot 2,5 \cdot (1,18 + 0,193) = 1,41 \text{ т/год}.$$

Результати розрахунку по чотирьом режимам роботи заносимо до таблиці 2.2.

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.15.ТЕ1811. КРБ.2022-ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                           | 36   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           |      |

Таблиця 2.2 – Розрахунок теплової схеми котельні

| № | Найменування величини                        | Одиниці виміру | Позначення         | Режими |      |      |      |
|---|----------------------------------------------|----------------|--------------------|--------|------|------|------|
|   |                                              |                |                    | I      | II   | III  | IV   |
| 1 | 2                                            | 3              | 4                  | 5      | 6    | 7    | 8    |
| 1 | Витрата води на підігрівання сітьової води   | т/год          | $G$                | 71,8   | 71,8 | 71,8 | -    |
| 2 | Витрата пари на підігрівання сітьової води   | т/год          | $D_{\text{п.с.в}}$ | 7,9    | 6,02 | 4,74 | -    |
| 3 | Витрата пари зовнішніми споживачами          | т/год          | $D_{\text{зов}}$   | 9,08   | 7, 2 | 5,92 | 1,18 |
| 4 | Витрата пари на власні потреби котельні      | т/год          | $D_{\text{вл}}$    | 0,454  | 0,36 | 0,3  | 0,06 |
| 5 | Витрата пари на мазутне господарство         | т/год          | $D_{\text{м}}$     | 0,27   | 0,22 | 0,18 | 0,04 |
| 6 | Витрата пари на покриття її втрат в котельні | т/год          | $D_{\text{вт}}$    | 0,22   | 0,19 | 0,15 | 0,03 |
| 7 | Сумарна паропроодуктивність котельні         | т/год          | $D$                | 10     | 7,97 | 6,55 | 2,55 |

Продовження таблиці 2.2.

| 1  | 2                                                                            | 3     | 4           | 5     | 6     | 7     | 8     |
|----|------------------------------------------------------------------------------|-------|-------------|-------|-------|-------|-------|
| 8  | Витрата<br>конденсату в<br>обладнанні<br>споживачів                          | т/год | $G_K^{BT}$  | 0,784 | 0,71  | 0,67  | 0,55  |
| 9  | Витрата<br>хім.очищеної води                                                 | т/год | $G_{X.O.B}$ | 2,579 | 2,505 | 2,465 | 2,345 |
| 10 | Витрата сирії<br>води                                                        | т/год | $G_{C.B.}$  | 3,22  | 3,13  | 3,08  | 2,93  |
| 11 | Кількість води з<br>неперервною<br>продувкою в<br>сепаратор                  | т/год | $G_{np}$    | 0,3   | 0,239 | 0,197 | 0,77  |
| 12 | Кількість пари,<br>що утворюється в<br>сепараторі<br>неперервної<br>продувки | т/год | $D_{cep}$   | 0,026 | 0,021 | 0,017 | 0,007 |
| 13 | Кількість пари на<br>виході з розши-<br>рювача<br>неперервної<br>продувки    | т/год | $G_{cep}$   | 0,268 | 0,218 | 0,18  | 0,07  |

Продовження таблиці 2.2.

| 1  | 2                                                                                                           | 3     | 4            | 5     | 6     | 7     | 8     |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|--------------|-------|-------|-------|-------|
| 14 | Температура<br>сирої води після<br>охолоджувача<br>неперервної<br>продувки                                  | °C    | $t'_{c.v.}$  | 10,33 | 9,5   | 8,7   | 16,5  |
| 15 | Витрата пари на<br>підігрівач сирої<br>води                                                                 | т/год | $D_{c.v.}$   | 0,047 | 0,056 | 0,059 | 0,007 |
| 16 | Витрата пари на<br>підігрів хім.<br>очищеної води                                                           | т/год | $D_{x.o.v.}$ | 0,083 | 0,074 | 0,007 | 0,059 |
| 17 | Сумарна<br>кількість води та<br>пари, що<br>поступають в<br>деаератори,<br>окрім гріючої<br>пари деаератора | т/год | $G_d$        | 10,6  | 9,39  | 8,03  | 3,125 |
| 18 | Середня<br>температура<br>води в<br>деаераторах                                                             | °C    | $t'_d$       | 81,4  | 81,4  | 81,4  | 81,4  |

Закінчення таблиці 2.2.

|    |                                                     |       |            |       |       |       |       |
|----|-----------------------------------------------------|-------|------------|-------|-------|-------|-------|
| 19 | Витрата гріючої пари на деаератори                  | т/год | $D_d$      | 0,43  | 0,385 | 0,329 | 0,128 |
| 20 | Витрати редукованої пари на власні потреби котельні | т/год | $D_{вл}^p$ | 0,56  | 0,515 | 0,395 | 0,193 |
| 21 | Дійсна паропроодуктивність котельні                 | т/год | $D_k$      | 9,881 | 7,91  | 6,47  | 1,41  |

За результатами розрахунків приймаємо до установки чотири котла Е-2,5/0,9ГМН.

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.15.ТЕ1811. КРБ.2022-ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                           | 40   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           |      |

### 3 ВИБІР ТЕПЛОПІДГОТОВЧОГО ОБЛАДНАННЯ

Згідно розрахунків теплової схеми котельні приймаємо до установки наступне теплотехнічне обладнання.

Сітьові насоси.

Приймаємо до установки два мережних насоси типу АК-80-160СД з подачею  $100 \text{ м}^3/\text{год}$  кожний. Тиск, створюваний насосом,  $H = 32 \text{ м.вод.ст.}$ . Електродвигун  $N = 15 \text{ кВт.}$

Рециркуляційні насоси.

Приймаємо до установки рециркуляційний насос типу UPED-100-60F з подачею  $80 \text{ м}^3/\text{год}$ , тиск  $H = 3 \text{ м.вод.ст.}$  Електродвигун,  $N = 1,6 \text{ кВт.}$

Підживлювальний насос.

Приймаємо до установки два насоси типу ВК1/16А з подачею  $3,6 \text{ м}^3/\text{год}$  кожний, тиск  $H = 16 \text{ м.вод.ст.}$  Електродвигун 4АхВОВ4,  $N = 1,5 \text{ кВт.}$

Насос відцентровий хімічний.

Максимальна розрахункова витрата хімічно очищеної води  $G_{\text{MAX}} = 10,6 \text{ м}^3/\text{год}$ . Як хімічний насос встановлюємо один насос типу Х2/30Р-СД із подачею  $12 \text{ м}^3/\text{год}$ , напір  $H = 30 \text{ м.вод.ст.}$  Електродвигун 4А71В3,  $N = 3,0 \text{ кВт, } n = 2900 \text{ об/хв.}$

Деаераційна установка.

Приймаємо до установки один деаератор типу ТАК-50, що має наступні характеристики: продуктивність деаератора -  $50 \text{ т/год}$ ; місткість бака деаератора –  $15 \text{ м}^3$ ; площа поверхні нагріву охолоджувача випару -  $2 \text{ м}^2$ .

Пароводяний підігрівач сирогої води.

Параметри пари, що гріє:  $P = 0,6 \text{ МПа}$ ;  $i = 2755 \text{ кДж/кг}$ .

Параметри конденсату:  $P = 0,6 \text{ МПа}$ ;  $t = 158 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Температура води на вході  $t_2' = 5 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Температура води на виході  $t_2'' = 30 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Кількість тепла, витраченого на підігрів сирогої води:

|      |      |          |        |      |                           |            |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------------|
|      |      |          |        |      | 02.15.ТЕ1811. КРБ.2022-ПЗ | Арк.<br>41 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           |            |

$$Q = G_{c.в.} (t_2'' - t_2') \cdot C_1, \quad (3.1)$$

де  $G_{c.в.}$  – кількість сирової води, що надходить у котельню, т/год;

$C_1$  – теплоємність води, кДж/кг.

Середня температура води в трубах:

$$t_{cp} = \frac{30 + 5}{2} = 17,5 \text{ } ^\circ\text{C}. \quad (3.2)$$

Середній температурний напір:

$$\Delta t = \frac{(\tau - t_2') - (\tau - t_2'')}{2,3 \lg \frac{\tau - t_2'}{\tau - t_2''}} = \frac{(158 - 5) - (158 - 30)}{2,3 \lg \frac{158 - 5}{158 - 30}} = 140 \text{ } ^\circ\text{C}. \quad (3.3)$$

Поверхня нагрівання пароводяного теплообмінника:

$$F = \frac{Q}{\mu \cdot k \cdot \Delta t} = \frac{6,685 \cdot 10^6}{0,6 \cdot 1600 \cdot 140} = 153,43 \text{ м}^2 \quad (3.4)$$

Вибираємо чотири пароводяних підігрівача типу ПВП-05; поверхня нагріву – 53,9 м<sup>2</sup>; площа живого перерізу 0,1208 м<sup>2</sup>.

Пароводяний підігрівач мережевої води.

По номенклатурі пароводяних підігрівачів, що випускаються, приймаємо до установки три пароводяних підігрівача двоходових (для нагріву основного потоку і циркуляційного) ПП2-6-2П с площею поверхні нагрівання - 6,3 м<sup>2</sup>.

Водоводяний підігрівач мережної води.

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.15.ТЕ1811. КРБ.2022-ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                           | 42   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           |      |

По номенклатурі, що випускаються водоводяні підігрівачі, приймаємо до установки два водоводяних секційних типу 6-89×4000-Р-2 із площею поверхні нагрівання – 4,48 м².

Водоводяний підігрівач мережевої води.

По номенклатурі, що випускаються водоводяні підігрівачі, приймаємо до установки один водоводяний підігрівач типу 10-168×4000-Р-1 із площею поверхні нагрівання – 6,9 м².

Підігрівач хімічно очищеної води.

Розрахункове теплове навантаження хімічно очищеної води:

$$Q_{x.o} = G_{x.b.o} \cdot (t_1' - t_1) = 10,6 \cdot (70 - 20) \cdot 10^3 = 0,53 \cdot 10^6 \text{ Вт.} \quad (3.5)$$

Середній температурний напір у підігрівачі:

$$\Delta t = \frac{\Delta t_B - \Delta t_M}{2,3 \cdot \lg \frac{\Delta t_B}{\Delta t_M}} = \frac{(158 - 20) - (158 - 70)}{2,3 \cdot \lg \frac{20}{70}} = 40 \text{ } ^\circ\text{C.} \quad (3.6)$$

Так як підігрівач працює на хімічно очищеній воді і забруднення поверхні малі, приймаємо коефіцієнт теплопередачі в підігрівачі  $k=2900 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ . Необхідна площа поверхні нагріву складе:

$$F = \frac{Q_{x.o}}{\Delta t \cdot k \cdot \mu} = \frac{0,53 \cdot 10^6}{40 \cdot 2900 \cdot 0,98} = 4,6 \text{ м}^2. \quad (3.7)$$

Приймаємо до установки два пароводяних підігрівача ТКЗ із площею поверхні нагрівання 5,2 м².

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.15.ТЕ1811. КРБ.2022-ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                           | 43   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           |      |

## ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

У кваліфікаційній роботі було розроблено систему теплопостачання локомотивного депо м. Козятин та прилеглого населеного пункту.

Визначено опалювальні навантаження промислових приміщень, витрати теплоти на вентиляцію виробничих приміщень, 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.

Розрахунки показали, що вибрані парові котли за продуктивністю повністю задовольняють потребам локомотивного депо.

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | 02.15.ТЕ1811. КРБ.2022-ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                           | 44   |
| Змн. | Арк. | № докум. | 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 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                           | 45   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           |      |