

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім.акад. І.С.Гулого  
**Кафедра** теплоенергетики та холодильної техніки

«До захисту в ЕК допущено»

Директор інституту

\_\_\_\_\_ Сергій БЛАЖЕНКО  
(підпис) (ім'я та прізвище)

«\_\_\_» червня 2022 р.

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Валентин ПЕТРЕНКО  
(підпис) (ім'я та прізвище)

«\_\_\_» червня 2022 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
**НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

зі спеціальності: 144 «Теплоенергетика»  
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми: «Теплоенергетика та енергоефективні технології»

на тему: Проект системи теплопостачання житлово -промислового району  
№1 в місті Кропивницький

Виконав: здобувач 4 курсу, групи ТЕ-4-13 ск

\_\_\_\_\_ Марковський Вадим Ігорович \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник доц. Філоненко Віталій Миколайович \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Рецензент Марія Мирошник \_\_\_\_\_  
(ім'я та прізвище) (підпис)

Я, як здобувач Національного університету харчових технологій, розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав і не одержував недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідні джерела.

Здобувач \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ — 2022 р.

# НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім.акад. І.С.Гулого  
Кафедра теплоенергетики та холодильної техніки

Освітній ступінь «бакалавр»

Спеціальність 144 «Теплоенергетика»

(код і назва)

Освітньо-професійна програма Теплоенергетика та енергоефективні технології

(назва)

## ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТЕХТ

проф. Петренко В.П.

“31” березня 2022 року

## ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Марковського Вадима Ігоровича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. На тему : Проект системи тепlopостачання житлово- промислового району №1 в місті Кропивницький

керівник роботи: Філоненко Віталій Миколайович

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від “31”03.2022 року № 167-кС

2. Строк подання здобувачем роботи 31.05.2022 року

3. Вихідні дані до роботи: технологічне навантаження 12,0 МВт;

температура \_\_\_\_\_ теплоносія 95 С; розрахункова температура -21 С;

середня температура зовніш-нього повітря за опалювальний період -1,0

С; температура для системи вентиляції -10 °С; тривалість роботи

промислового підприємства – 7000 год; тривалість опалювального періоду

– 185діб; температури мережної води  $\tau_{01}/\tau_{02}$ : 140°С/70°С.

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

4.1 Розрахунок теплових навантажень житлово–промислового району міста

4.2 Розрахунок теплової схеми котельні з водогрійними котлами

4.3 Охорона праці

4.4 Творче завдання на тему “ Регенерація в КЕС ”

5. Перелік графічного матеріалу:

5.1 План району з трасою теплових мереж. Схема абонентського приєднання житлового будинку до теплової мережі. Графіки.

5.2 Теплова схема котельні.

5.3 Компоновка котельні

6. Дата видачі завдання: 08.04 – 13.04.2022.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № | Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи   | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
|---|---|-------------------------------|----------|
| 1 | Визначення теплових навантажень в системі ТПЖР  | 14.04–<br>21.04.2022          | Виконано |
| 2 | Розрахунок витрати та температури мережної води | 22.04–<br>29.04.2022          | Виконано |
| 3 | Визначення розрахункових витрат теплоносія      | 30.04–<br>05.05.2022          | Виконано |
| 4 | Формування вихідних даних до Частини 2 проекту  | 06.04–<br>10.05.2022          | Виконано |
| 5 | Розрахунок теплової схеми котельні              | 11.05–<br>18.05.2022          | Виконано |
| 6 | Вибір енергетичного обладнання котельні         | 19.05–<br>23.05.2022          | Виконано |
| 7 | Оформлення креслень та ПЗ                       | 24.05–<br>31.05.2022          | Виконано |

**Здобувач:**

\_\_\_\_\_

(підпис)

**Марковський В.І**

\_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

**Керівник роботи:**

\_\_\_\_\_

(підпис)

**Філоненко В. М.**

\_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

## Зміст

|  |    |
|--|----|
| Анотація.....  | 6  |
| Вступ.....   | 7  |
| Розділ I. Розрахунок теплових навантажень житлово - промислового району міста.....         | 8  |
| 1. Вихідні данні до проекту.....   | 8  |
| 2. Визначення теплових навантажень в системі теплопостачання житлового району.....         | 10 |
| 3. Розрахунок витрати та температури мережної води в прямій та зворотній магістралях.....  | 16 |
| 3.1. Розрахунок витрат та температур мережної води на опалення.....                        | 16 |
| 3.2. Розрахунок витрат та температур мережної води на гаряче водопостачання.....           | 19 |
| 3.3. Розрахунок витрат та температур мережної води на вентиляцію.....                      | 25 |
| 4. . Визначення розрахункових витрат теплоносія .....                                      | 28 |
| 5. Вихідні дані до розділу II.....   | 30 |
| Розділ II. Розрахунок теплової схеми котельні з водогрійними котлами                       |    |
| 1. Формування вихідних даних для теплового розрахунку котельні з водогрійними котлами..... | 32 |
| 2. Формування принципової схеми водогрійної котельні.....                                  | 35 |
| 3. Розрахунок теплової схеми котельні з водогрійними котлами ...                           | 36 |
| 4. Визначення енергетичних показників роботи водогрійної котельні.....                     | 44 |
| 5. Вибір обладнання котельні з водогрійними котлами.....                                   | 47 |
| Розділ III. Охорона праці.....   | 50 |
| Розділ IV. Загальні питання вироблення та споживання енергоресурсів...56                   |    |
| Список використаної літератури.....  | 63 |

КР 000.144.004.003.2022. ПЗ

| Змн.      | Арк. | № докум.        | Підпис | Дата |  |                         |       |         |
|-----------|------|-----------------|--------|------|--|-------------------------|-------|---------|
|           |      |                 |        |      | Проект системи теплопостачання житлово -промислового району №1 в місті Кропивницький | Літ.                    | Аркуш | Акрушів |
| Розробив  |      | Марковський В.І |        |      |  |                         | 5     | 64      |
| Перевірів |      | Філоненко В.М.  |        |      |  | НУХТ                    |       |         |
| Н.контр.  |      |                 |        |      |  | Каф. ТЕХТ гр. ТЕ-4-13ск |       |         |
| Т.контр.  |      |                 |        |      |  |                         |       |         |
| Затвердив |      | Петренко В.П.   |        |      |  |                         |       |         |

## Анотація

Даний проект містить розрахунок теплових навантажень в системі теплопостачання житлового району на 32 кварталів, знайдені графіки залежності теплових навантажень опалення, вентиляції та гарячого водопостачання району від температури зовнішнього повітря, графік залежності температур і витрати мережної води від температури зовнішнього повітря, графік річної сумарної витрати теплоти. Обґрунтована та сформульована система технічних рішень зі створення котельні, виконаний розрахунок теплової схеми котельні з техніко – економічним показником ефективності її роботи, здійснений вибір енергетичного обладнання котельні, викреслена розгорнута схема котельні, план та повздовжній розріз. Третя частина - розділ з охорони праці, в якому розглянуто питання безпечної експлуатації котельного устаткування. Графічна частина виконана на 3 листах формату А1.

**Ключові слова:** тепловий розрахунок, котельня, графіки навантажень, теплове обладнання, схема абонентського приєднання, водогрійна котельня, сучасні системи теплозабезпечення.

## Annotation

This project contains the calculation of heat loads in the heat supply system of a residential area for 32 quarters, found graphs of heat loads of heating, ventilation and hot water supply of the area from outside air temperature, graph of temperature dependence and network water consumption from outdoor air temperature. -heat loss. The system of technical decisions on creation of a boiler-house is substantiated and formulated, calculation of the thermal scheme of a boiler-house with technical and economic indicator of efficiency of its work is executed, the choice of power equipment of a boiler-house is made, the expanded scheme of a boiler-house, The third part is the section on labor protection, which considers the issue of safe operation of boiler equipment. The graphic part is made on 3 sheets of A1 format.

**Keywords:** heat calculation, boiler room, load schedules, heating equipment, subscriber connection scheme, water heating boiler room, modern heat supply systems.

|           |                 |          |        |      |  |                         |       |         |
|-----------|-----------------|----------|--------|------|--|-------------------------|-------|---------|
|           |                 |          |        |      | КР 000.144.004.003.2022. ПЗ  |                         |       |         |
| Змн.      | Арк.            | № докум. | Підпис | Дата | Проект системи теплопостачання житлово -промислового району №1 в місті Кропивницький | Літ.                    | Аркуш | Аркушів |
| Розробив  | Марковський В.І |          |        |      |  |                         | 6     | 64      |
| Перевірів | Філоненко В.М.  |          |        |      |  | НУХТ                    |       |         |
| Н.контр.  |                 |          |        |      |  | Каф. ТЕХТ гр. ТЕ-4-13ск |       |         |
| Т.контр.  |                 |          |        |      |  |                         |       |         |
| Затвердив | Петренко В.П.   |          |        |      |  |                         |       |         |

## Вступ

Метою дипломного проекту є розроблення водогрійної котельні для забезпечення потреб опалення, вентиляції та гарячого водопостачання житлового району міста та технологічного навантаження підприємства.

Актуальність роботи полягає в тому, що на сьогодні більша частина будинків житлових районів мають застаріле обладнання, яке не відповідає сучасним вимогам і потребам населення нашої держави. Через те виникає потреба у створенні сучасного обладнання, яке відповідає європейським стандартам і зможе повністю забезпечувати зростаючі потреби населення у тепло – та водопостачанні.

В основу даного проекту покладено створення водогрійної котельні, яка зможе при економії електроенергії та палива, працюючи максимально ефективно, забезпечити житловий район опаленням, гарячим водопостачанням, та технологічним навантаженням підприємства.

Для реалізації вирішенні такі задачі :

- розраховані теплові навантаження в системі тепlopостачання житлового району;
- знайдені витрата та температури мережної води в прямій та зворотній магістралях;
- розрахована теплова схема котельні з водогрійними котлами;
- визначена собівартість теплоти, відпущеної від котельні;
- виконані компановочні креслення котельні;

При дотриманні всіх розрахунків, дана система зможе більш повно задовольнити потреби населення даного району у опаленні, гарячому водопостачанні та потреби у тепловому навантаженні підприємства.

|           |                  |          |        |      |  |                         |       |         |
|-----------|------------------|----------|--------|------|--|-------------------------|-------|---------|
|           |                  |          |        |      | КР 000.144.004.003.2022. ПЗ  |                         |       |         |
| Змн.      | Арк.             | № докум. | Підпис | Дата |  |                         |       |         |
| Розробив  | Марковський В.І. |          |        |      | Проект системи тепlopостачання житлово -промислового району №1 в місті Кропивницький . | Літ.                    | Аркуш | Акрушів |
| Перевірів | Філоненко В.М.   |          |        |      |  |                         | 7     | 64      |
| Н.контр.  |                  |          |        |      |  | НУХТ                    |       |         |
| Т.контр.  |                  |          |        |      |  | Каф. ТЕХТ гр. ТЕ-4-13ск |       |         |
| Затвердив | Петренко В.П.    |          |        |      |  |                         |       |         |

# Розділ I РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ ЖИТЛОВО-ПРОМИСЛОВОГО РАЙОНУ МІСТА

## 1.1. ВИХІДНІ ДАНІ ДО ПРОЕКТУ

1. Географічний пункт розміщення житлово-промислового району: м. Кропивницький
2. Генплан мікрорайону з розміщенням джерела теплоти - варіант № 1 (32 житлових кварталів)
3. Структура теплового навантаження:
  - 3.1. Опалення житлових кварталів
  - 3.2. Гаряче водопостачання житлових кварталів
  - 3.3. Вентиляція громадських будівель
  - 3.4. Технологічне навантаження промислового підприємства  $Q_{пп} = 12 \text{ МВт}$   
Теплоносій - гаряча вода з температурою 95 С.
4. Розрахункова температура (максимально зимова) для проектування системи опалення:  
 $t_{зо} = -21 \text{ }^\circ\text{C}$
5. Середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період:  $t_{з\text{сер}\text{оп}} = -1 \text{ }^\circ\text{C}$
6. Розрахункова температура для проектування системи вентиляції:  $t_{вен} = -10 \text{ }^\circ\text{C}$
7. Температура початку опалювального періоду:  $t_{зпк} = 8 \text{ }^\circ\text{C}$
8. Температура точки "зламу",  $t_{зз}$  (розраховується після побудови графіка зміни температури і витратимережної води на опалення в залежності від температури зовнішнього повітря)
9. В дипломному проекті розрахунки всіх видів теплових навантажень здійснюємо для трьох характерних режимів:
  - максимально зимового
  - точки "зламу" температурного графіка опалення
  - літнього
10. Тривалість роботи промислового підприємства:  $t_{пп} = 7000 \text{ год}$
11. Тривалість опалювального періоду:  $n_{о} = 185 \text{ діб}$
12. Тривалість періоду стояння температур зовнішнього періоду, діб:

|                  |             |                        |               |             |  |                                |              |                |
|------------------|-------------|------------------------|---------------|-------------|--|--------------------------------|--------------|----------------|
|                  |             |                        |               |             | КР 000.144.004.003.2022. ПЗ  |                                |              |                |
| <i>Змн.</i>      | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i>        | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> |  |                                |              |                |
| <i>Розробив</i>  |             | <i>Марковський В.І</i> |               |             | Проект системи теплопостачання<br>житлово -промислового району<br>№1 в місті Кропивницький | <i>Лім.</i>                    | <i>Аркуш</i> | <i>Акрушів</i> |
| <i>Перевірів</i> |             | <i>Філоненко В.М.</i>  |               |             |  |                                | 8            | 64             |
| <i>Н.контр.</i>  |             |                        |               |             |  | <i>НУХТ</i>                    |              |                |
| <i>Т.контр.</i>  |             |                        |               |             |  | <i>Каф. ТЕХТ гр. ТЕ-4-13ск</i> |              |                |
| <i>Затвердив</i> |             | <i>Петренко В.П.</i>   |               |             |  |                                |              |                |

| Температура           | °C               |                  |                  |                  |                 |               |               |                |
|-----------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|---------------|---------------|----------------|
|                       | -30...<br>...-25 | -25...<br>...-20 | -20...<br>...-15 | -15...<br>...-10 | -10...<br>...-5 | -5...<br>...0 | 0...<br>...+5 | +5...<br>...+8 |
| У вказаному інтервалі | 0,1              | 0,9              | 4,9              | 13,4             | 27,9            | 52,3          | 60,4          | 27,1           |
| Нижче даної           | 0,1              | 1                | 5,9              | 19,3             | 47,2            | 99,5          | 159,9         | 185            |

14. Розрахункові температури мережної води:

$$\tau'01 = 140 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\tau'02 = 70 \text{ } ^\circ\text{C}$$

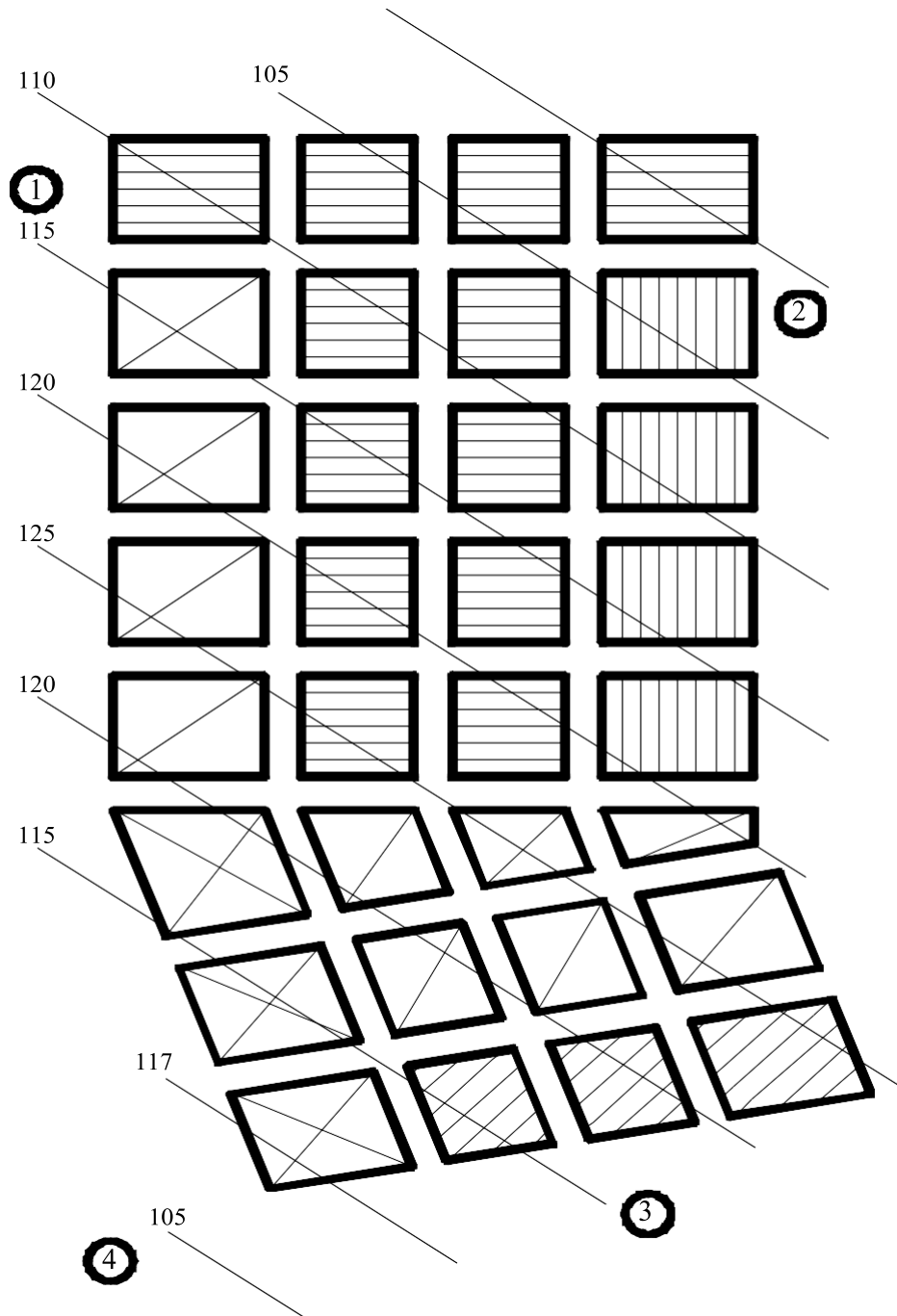
15. Система теплопостачання: закрита

16. Метод регулювання теплового навантаження на опалення: центральне якісне регулювання спільно зміщевим кількісним регулюванням

17. Схема підключення підігрівників гарячого водопостачання до системи опалення: двоступенева змішана.

## 2. ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ В СИСТЕМІ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ЖИТЛОВОГО РАЙОНУ

2.1. Викреслюємо план району, у відповідності із завданням у масштабі 1:3000



| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |
|------|------|----------|--------|------|
|      |      |          |        |      |

КР 000.144.004.003.2022. ПЗ

Арк.

10

2.2. Нумеруємо на плані району квартали району тепlopостачання

2.3. Визначаємо загальну площу житлових споруд району:

площа 1 району:  $F_1 = 0.27$  га

густина (щільність) житлового фонду (дод.8):  $f_1 = 6000$  м<sup>2</sup>/га

$$F_{\text{ж}} = F_1 \cdot f_1 = 0,27 \cdot 6000 = 1620 \text{ м}^2$$

2.4. Визначаємо максимальне навантаження системи опалення житлових і громадських будівель

укрупнений показник максимального теплового потоку (дод. 9):  $q_0 = 79$  Вт/м<sup>2</sup>

коефіцієнт, що враховує тепловий потік на опалення громадських споруд:  $K_{\text{гр}} = 0.25$

$$Q'_{o_{\text{max}}} = q_0 \cdot F_{\text{ж}} \cdot (1 + K_{\text{гр}}) \cdot 10^{-6} = 79 \cdot 1620 \cdot (1 + 0,25) \cdot 10^{-6} = 0,16 \text{ МВт}$$

2.5. Визначаємо максимальне теплове навантаження системи вентиляції громадських споруд:

Коефіцієнт, що враховує тепловий потік на вентиляцію громадських споруд:  $K_{\text{в}} = 0.4$

$$Q'_{\text{в}_{\text{max}}} = K_{\text{гр}} \cdot K_{\text{в}} \cdot q_0 \cdot F_{\text{ж}} \cdot 10^{-6} = 0,25 \cdot 0,4 \cdot 79 \cdot 1620 \cdot 10^{-6} = 0,01 \text{ МВт}$$

2.6. Визначаємо чисельність (кількість мешканців) людей, що проживають у районі:

норма загальної площі на одного мешканця приймається 18...25 м<sup>2</sup>/люд.:

$$f_3 = 25 \text{ м}^2/\text{люд}$$

$$m = \frac{F_{\text{ж}}}{f_3} = \frac{1620}{25} = 65 \text{ люд}$$

2.7. Визначаємо середнє теплове навантаження на гаряче водопостачання житлових і громадських споруд:

укрупнений показник середнього теплового потоку на гаряче водопостачання житлових і громадських споруд:  $q_{\text{г}} = 376$  Вт/люд

$$Q'_{\text{гвп}} = q_{\text{г}} \cdot m \cdot 10^{-6} = 376 \cdot 65 \cdot 10^{-6} = 0,02 \text{ МВт}$$

|      |      |          |        |      |                             |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР 000.144.004.003.2022. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                             | 11   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                             |      |

2.8. Зводимо результати розрахунку по кожному кварталу в таблицю 1.

Таблиця 1. Розрахункові теплових навантажень

| Номер квартала | Площа квартала, га | Густина (щільність) житлового фонду, м <sup>2</sup> /га | Житлова площа кварталу, м <sup>2</sup> | Кількість мешканців, люд. | Теплові потоки, МВт             |                                   |                          |               |
|----------------|--------------------|---|--|---------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|---------------|
|                |                    |   |  |                           | $Q'_{\text{о тах}}$<br>Опалення | $Q'_{\text{в тах}}$<br>Вентиляція | $Q'_{\text{ГВП}}$<br>ГВП | Всього: 6+7+8 |
| 1              | 2                  | 3   | 4                                      | 5                         | 6                               | 7                                 | 8                        | 9             |
| 1              | 0,27               | 6000  | 1620                                   | 65                        | 0,16                            | 0,01                              | 0,02                     | 0,20          |
| 2              | 0,20               | 6000  | 1215                                   | 49                        | 0,12                            | 0,01                              | 0,02                     | 0,15          |
| 3              | 0,20               | 6000  | 1215                                   | 49                        | 0,12                            | 0,01                              | 0,02                     | 0,15          |
| 4              | 0,27               | 6000  | 1620                                   | 65                        | 0,16                            | 0,01                              | 0,02                     | 0,20          |
| 5              | 0,27               | 7500  | 2025                                   | 81                        | 0,20                            | 0,02                              | 0,03                     | 0,25          |
| 6              | 0,20               | 6000  | 1215                                   | 49                        | 0,12                            | 0,01                              | 0,02                     | 0,15          |
| 7              | 0,20               | 6000  | 1215                                   | 49                        | 0,12                            | 0,01                              | 0,02                     | 0,15          |
| 8              | 0,27               | 6300  | 1701                                   | 68                        | 0,17                            | 0,01                              | 0,03                     | 0,21          |
| 9              | 0,27               | 7500  | 2025                                   | 81                        | 0,20                            | 0,02                              | 0,03                     | 0,25          |
| 10             | 0,20               | 6000  | 1215                                   | 49                        | 0,12                            | 0,01                              | 0,02                     | 0,15          |
| 11             | 0,20               | 6000  | 1215                                   | 49                        | 0,12                            | 0,01                              | 0,02                     | 0,15          |
| 12             | 0,27               | 6300  | 1701                                   | 68                        | 0,17                            | 0,01                              | 0,03                     | 0,21          |
| 13             | 0,27               | 7500  | 2025                                   | 81                        | 0,20                            | 0,02                              | 0,03                     | 0,25          |
| 14             | 0,20               | 6000  | 1215                                   | 49                        | 0,12                            | 0,01                              | 0,02                     | 0,15          |
| 15             | 0,20               | 6000  | 1215                                   | 49                        | 0,12                            | 0,01                              | 0,02                     | 0,15          |
| 16             | 0,27               | 6300  | 1701                                   | 68                        | 0,17                            | 0,01                              | 0,03                     | 0,21          |
| 17             | 0,27               | 7500  | 2025                                   | 81                        | 0,20                            | 0,02                              | 0,03                     | 0,25          |
| 18             | 0,20               | 6000  | 1215                                   | 49                        | 0,12                            | 0,01                              | 0,02                     | 0,15          |
| 19             | 0,20               | 6000  | 1215                                   | 49                        | 0,12                            | 0,01                              | 0,02                     | 0,15          |
| 20             | 0,27               | 6300  | 1701                                   | 68                        | 0,17                            | 0,01                              | 0,03                     | 0,21          |
| 21             | 0,32               | 7800  | 2534                                   | 101                       | 0,25                            | 0,02                              | 0,04                     | 0,31          |
| 22             | 0,18               | 7500  | 1323                                   | 53                        | 0,13                            | 0,01                              | 0,02                     | 0,16          |
| 23             | 0,13               | 7500  | 945                                    | 38                        | 0,09                            | 0,01                              | 0,01                     | 0,11          |
| 24             | 0,12               | 7500  | 898                                    | 36                        | 0,09                            | 0,01                              | 0,01                     | 0,11          |
| 25             | 0,27               | 7800  | 2106                                   | 84                        | 0,21                            | 0,02                              | 0,03                     | 0,26          |
| 26             | 0,20               | 7500  | 1519                                   | 61                        | 0,15                            | 0,01                              | 0,02                     | 0,18          |
| 27             | 0,20               | 7500  | 1519                                   | 61                        | 0,15                            | 0,01                              | 0,02                     | 0,18          |
| 28             | 0,27               | 7500  | 2025                                   | 81                        | 0,20                            | 0,02                              | 0,03                     | 0,25          |
| 29             | 0,27               | 7800  | 2106                                   | 84                        | 0,21                            | 0,02                              | 0,03                     | 0,26          |
| 30             | 0,20               | 4700  | 952                                    | 38                        | 0,14                            | 0,01                              | 0,01                     | 0,16          |
| 31             | 0,20               | 4700  | 952                                    | 38                        | 0,14                            | 0,01                              | 0,01                     | 0,16          |
| 32             | 0,27               | 4700  | 1269                                   | 51                        | 0,19                            | 0,01                              | 0,02                     | 0,22          |
| Всього         |                    | 209700  | 48441                                  | 1938                      | 4,93                            | 0,39                              | 0,73                     | 6,06          |

2.9. Визначаємо максимальне теплове навантаження на гаряче водопостачання житлових і громадських споруд:

сумарне навантаження на ГВП:  $Q'_{\text{ГВП}} = 0,73 \text{ МВт}$

$$Q'_{\text{ГВП}_{\text{max}}} = 2,4 \cdot Q'_{\text{ГВП}} = 2,4 \cdot 0,73 = 1,75 \text{ МВт}$$

2.10. Визначаємо середнє теплове навантаження на гаряче водопостачання для неопалювального (літнього) періоду:

температура холодної водопровідної води для літнього періоду:  $t_{\text{хв}_\text{л}} = 15 \text{ }^\circ\text{C}$

температура холодної водопровідної води для зимового періоду:  $t_{\text{хв}_\text{з}} = 5 \text{ }^\circ\text{C}$

коефіцієнт, що враховує зміну витрати мережної води на гаряче водопостачання в неопалювальний період п відношенню до опалювального для житлово-комунального сектора:  $\beta = 0,8$

$$Q'_{\text{ГВП}_{\text{сер}_\text{л}}} = Q'_{\text{ГВП}} \cdot \frac{55 - t_{\text{хв}_\text{л}}}{55 - t_{\text{хв}_\text{з}}} \cdot \beta = 0,73 \cdot \frac{55 - 15}{55 - 5} \cdot 0,8 = 0,47 \text{ МВт}$$

2.11. Визначаємо максимальне теплове навантаження на гаряче водопостачання для неопалювального (літнього) періоду:

$$Q'_{\text{ГВП}_{\text{max}_\text{л}}} = Q'_{\text{ГВП}_{\text{max}}} \cdot \frac{55 - t_{\text{хв}_\text{л}}}{55 - t_{\text{хв}_\text{з}}} \cdot \beta = 1,75 \cdot \frac{55 - 15}{55 - 5} \cdot 0,8 = 1,12 \text{ МВт}$$

2.12. Визначаємо теплові навантаження на опалення  $Q_o$  та вентиляцію  $Q_v$  для 5-ти характерних температур зовнішнього повітря:  $t_{\text{зо}}$ ,  $t_{\text{з}}$ ,  $t_{\text{з}_\text{сер}_\text{оп}}$ ,  $t_{\text{зз}}$ ,  $t_{\text{зпк}}$

температура повітря всередині приміщення:  $t_{\text{вп}} = 18 \text{ }^\circ\text{C}$

сумарне навантаження на опалення:

$$Q_o = Q'_{o_{\text{max}}} \cdot \frac{t_{\text{вп}} - t_{\text{зо}}}{t_{\text{вп}} - t_{\text{зо}}} = 4,93 \cdot \frac{18 - (-21)}{18 - (-21)} = 4,93 \text{ МВт}$$

сумарне навантаження на вентиляцію:

$$Q_v = Q'_{v_{\text{max}}} \cdot \frac{t_{\text{вп}} - t_{\text{зо}}}{t_{\text{вп}} - t_{\text{зо}}} = 0,39 \cdot \frac{18 - (-21)}{18 - (-21)} = 0,39 \text{ МВт}$$

2.13. Визначаємо теплове навантаження системи гарячого водопостачання (середнє і максимальне) напротязі опалювального періоду, як незмінні, незалежно від температури зовнішнього повітря

2.14. Зводимо результати розрахунків теплових навантажень в таблицю

|      |      |          |        |      |                             |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР 000.144.004.003.2022. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                             | 13   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                             |      |

Таблиця 2. Значення максимальних і середніх теплових навантажень в залежності від температури зовнішнього повітря.

| №<br>п/п | Позначення       | Одиниця виміру | Тепловий потік при $t_3$ |                 |                           |                    |                    |      |
|----------|------------------|----------------|--------------------------|-----------------|---------------------------|--------------------|--------------------|------|
|          |                  |                | $t_{3.0}$<br>-21 °C      | $t_3$<br>-10 °C | $t_{3.сер.опал}$<br>-1 °C | $t_{3.3}$<br>+3 °C | $t_{зпк}$<br>+8 °C | літо |
| 1        | $Q_o$            |                | 1                        | 0,72            | 0,49                      | 0,38               | 0,26               |      |
| 2        | $Q_o$            | МВт            | 4,93                     | 3,54            | 2,40                      | 1,89               | 1,26               |      |
| 3        | $Q_v$            | МВт            | 0,39                     | 0,28            | 0,19                      | 0,15               | 0,10               |      |
| 4        | $Q'$<br>ГВП      | МВт            | 0,73                     | 0,73            | 0,73                      | 0,73               | 0,73               | 0,47 |
| 5        | $Q'$<br>ГВП max  | МВт            | 1,75                     | 1,75            | 1,75                      | 1,75               | 1,75               | 1,12 |
| 6        | Всього:<br>2+3+4 | МВт            | 6,05                     | 4,55            | 3,32                      | 2,77               | 2,09               | 0,47 |
|          |                  |                |                          |                 |                           |                    |                    |      |
| 7        | Всього:<br>2+3+5 | МВт            | 7,07                     | 5,57            | 4,34                      | 3,79               | 3,12               | 1,12 |
|          |                  |                |                          |                 |                           |                    |                    |      |

2.15. Визначаю річну витрату теплоти:

- на опалення

$$Q_{o,річ} = Q'_{o,max} \cdot n_o \cdot 24 \cdot \frac{t_{вр} - t_{з,сер,оп}}{t_{вр} - t_{з0}} \cdot 3,6 = 4,93 \cdot 185 \cdot 24 \cdot \frac{18 - (-1)}{18 - (-21)} \cdot 3,6$$

$$= 4,15 \times 10^4 \text{ ГДж/рік}$$

- на вентиляцію

$$Q_{v,річ} = Q'_{v,max} \cdot n_o \cdot \frac{16}{24} \cdot \frac{t_{вр} - t_{з,сер,оп}}{t_{вр} - t_{з0}} \cdot 3,6 = 0,39 \cdot 185 \cdot \frac{16}{24} \cdot \frac{18 - (-1)}{18 - (-21)} \cdot 3,6 = 9,139 \cdot 10^1 \text{ ГДж/рік}$$

- на гаряче водопостачання

тривалість роботи системи ГВП протягом року:  $n = 8400$  год

$$Q_{гвп,річ} = (Q'_{гвп} \cdot n_o + Q'_{гвп,сер,л} \cdot (n - n_o)) \cdot 3,6 = (0,73 \cdot 185 + 0,4 \cdot (8400 - 185)) \cdot 3,6$$

$$= 1,44 \times 10^4 \text{ ГДж/рік}$$

2.16. Визначаємо сумарну річну витрату теплоти на опалення, на вентиляцію, на ГВП:

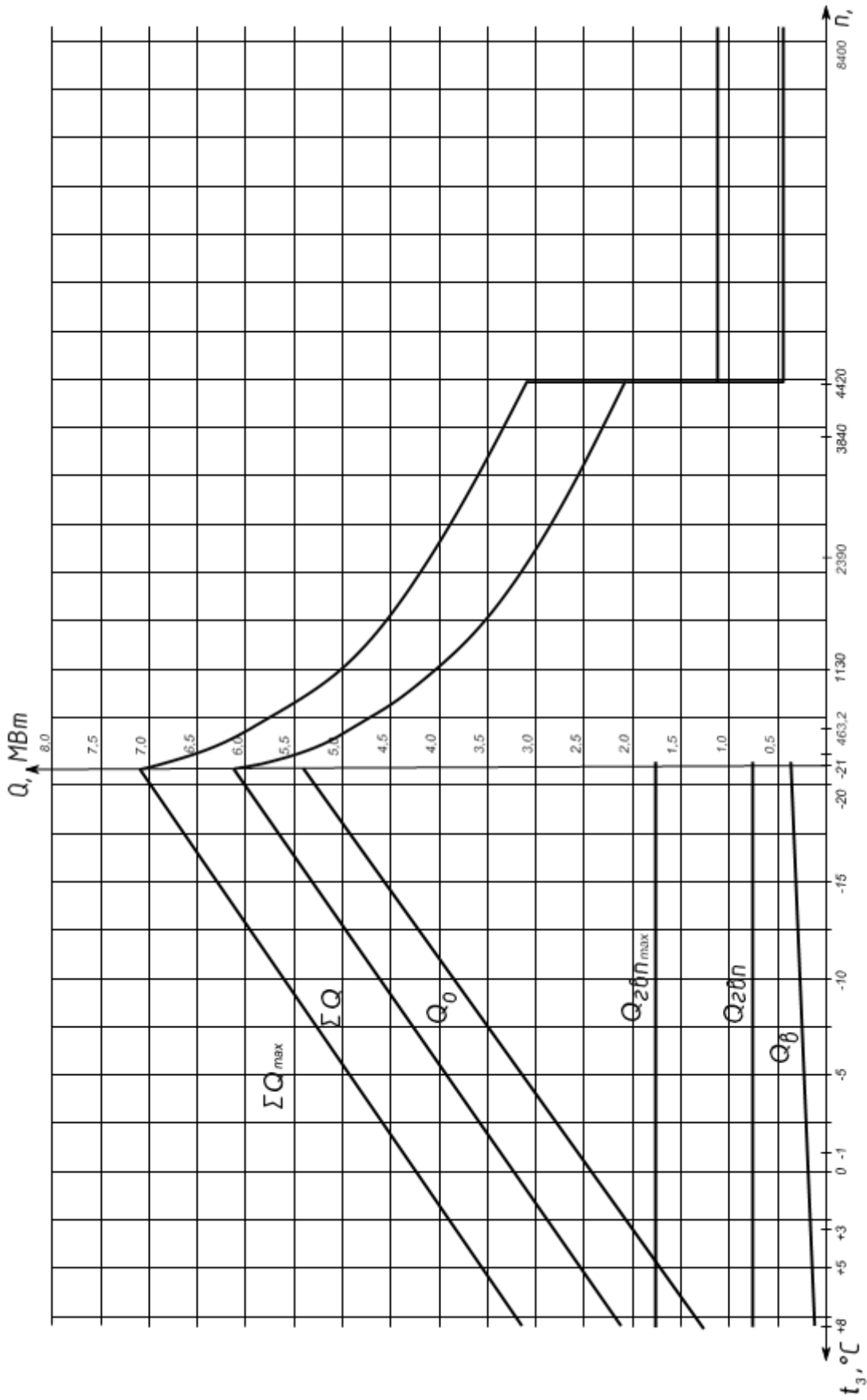
$$\Sigma Q_{річ} = Q_{o,річ} + Q_{v,річ} + Q_{гвп,річ} = 3,84 \times 10^4 + 9,139 \cdot 10^1 + 1,44 \times 10^4 =$$

$$= 5,29 \times 10^4 \text{ ГДж/рік}$$

$$\Sigma Q_{річ} = \frac{\Sigma Q_{річ}}{3,6} = \frac{5,29 \times 10^4}{3,6} = 1,47 \times 10^4 \text{ МВт}$$

2.17. Будуємо графік зміни теплових навантажень на опалення, ГВП, вентиляцію в залежності від температури зовнішнього повітря та графік змінних теплових навантажень протягом року.

|      |      |          |        |      |                             |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР 000.144.004.003.2022. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                             | 14   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                             |      |



Графік зміни теплових навантажень опалення, вентиляції та ГВП на протязі опалювального періоду року

| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |
|------|------|----------|--------|------|
|      |      |          |        |      |

КР 000.144.004.003.2022. ПЗ

Арк.

15

### 3. РОЗРАХУНОК ВИТРАТИ ТА ТЕМПЕРАТУРИ МЕРЕЖНОЇ ВОДИ В ПРЯМІЙ ТА ЗВОРОТНІЙ МАГІСТРАЛЯХ

#### 3.1. Розрахунок витрат та температур мережної води на опалення

3.1.1. Визначаємо температуру мережної води для 5-ти характерних температур зовнішнього повітря:  $t_{30}$ ,  $t_3$ ,  $t_{3\_сер\_оп}$ ,  $t_{33}$ ,  $t_{3пк}$ :

- в подавальному трубопроводі

розрахункова температура мережної води перед системою опалення (на вході в опалювальні прилади), приймається в межах 95...105 С:

$$\tau'_{03} = 95 \text{ С}$$

$$\tau'_{пр} = \frac{\tau'_{03} + \tau'_{02}}{2} = \frac{95 + 70}{2} = 82,5 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta\tau'_{o} = \tau'_{пр} - \delta = 82,5 - 18 = 64,5 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\delta\tau'_{o} = \tau'_{01} - \tau'_{02} = 140 - 70 = 70 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\theta' = \tau'_{03} - \tau'_{02} = 95 - 70 = 25 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\begin{aligned} \tau_{o1} &= t_{вр} + \Delta\tau'_{o} \cdot \left(\frac{t_{вр} - t_{30}}{t_{вр} - t_{30}}\right)^{0,8} + \frac{t_{вр} - t_{30}}{t_{вр} - t_{30}} \cdot (\delta\tau'_{o} - 0,5 \cdot \theta') = \\ &= 18 + 64,5 \cdot \left(\frac{18 - (-21)}{18 - (-21)}\right)^{0,8} + \frac{18 - (-21)}{18 - (-21)} \cdot (70 - 0,5 \cdot 25) = 140 \text{ }^\circ\text{C} \end{aligned}$$

- після вузла змішування

$$\begin{aligned} \tau_{o3} &= t_{вр} + \Delta\tau'_{o} \cdot \left(\frac{t_{вр} - t_{30}}{t_{вр} - t_{30}}\right)^{0,8} + 0,5 \cdot \theta' \cdot \frac{t_{вр} - t_{30}}{t_{вр} - t_{30}} = \\ &= 18 + 64,5 \cdot \left(\frac{18 - (-21)}{18 - (-21)}\right)^{0,8} + 0,5 \cdot 25 \cdot \frac{18 - (-21)}{18 - (-21)} = 95 \text{ }^\circ\text{C} \end{aligned}$$

- після системи опалення (опалювальних приладів)

$$\begin{aligned} \tau_{o2} &= t_{вр} + \Delta\tau'_{o} \cdot \left(\frac{t_{вр} - t_{30}}{t_{вр} - t_{30}}\right)^{0,8} - 0,5 \cdot \theta' \cdot \frac{t_{вр} - t_{30}}{t_{вр} - t_{30}} = \\ &= 18 + 64,5 \cdot \left(\frac{18 - (-21)}{18 - (-21)}\right)^{0,8} - 0,5 \cdot 25 \cdot \frac{18 - (-21)}{18 - (-21)} = 70 \text{ }^\circ\text{C} \end{aligned}$$

3.1.2. Визначаємо витрату мережної води на опалення у першому діапазоні ( $t_{3пк}$ ... $t_{33}$ ):

$$G_o = \frac{Q_o \cdot 10^3}{c \cdot (\tau'''_{01} - \tau'''_{02})} = \frac{1,26 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (70 - 43,2)} = 16,81 \text{ кг/с}$$

|      |      |          |        |      |                             |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР 000.144.004.003.2022. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                             | 16   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                             |      |

3.1.3. Визначаємо витрату мережної води на опалення у другому діапазоні ( $t_{зз}...t_{зо}$ , витрата є постійною і дорівнює розрахунковій):

$$G_o_{max} = \frac{Q_o_{max} \cdot 10^3}{c \cdot (\tau'_{01} - \tau'_{02})} = \frac{4,93 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (140 - 70)} = 16,88 \text{ кг/с}$$

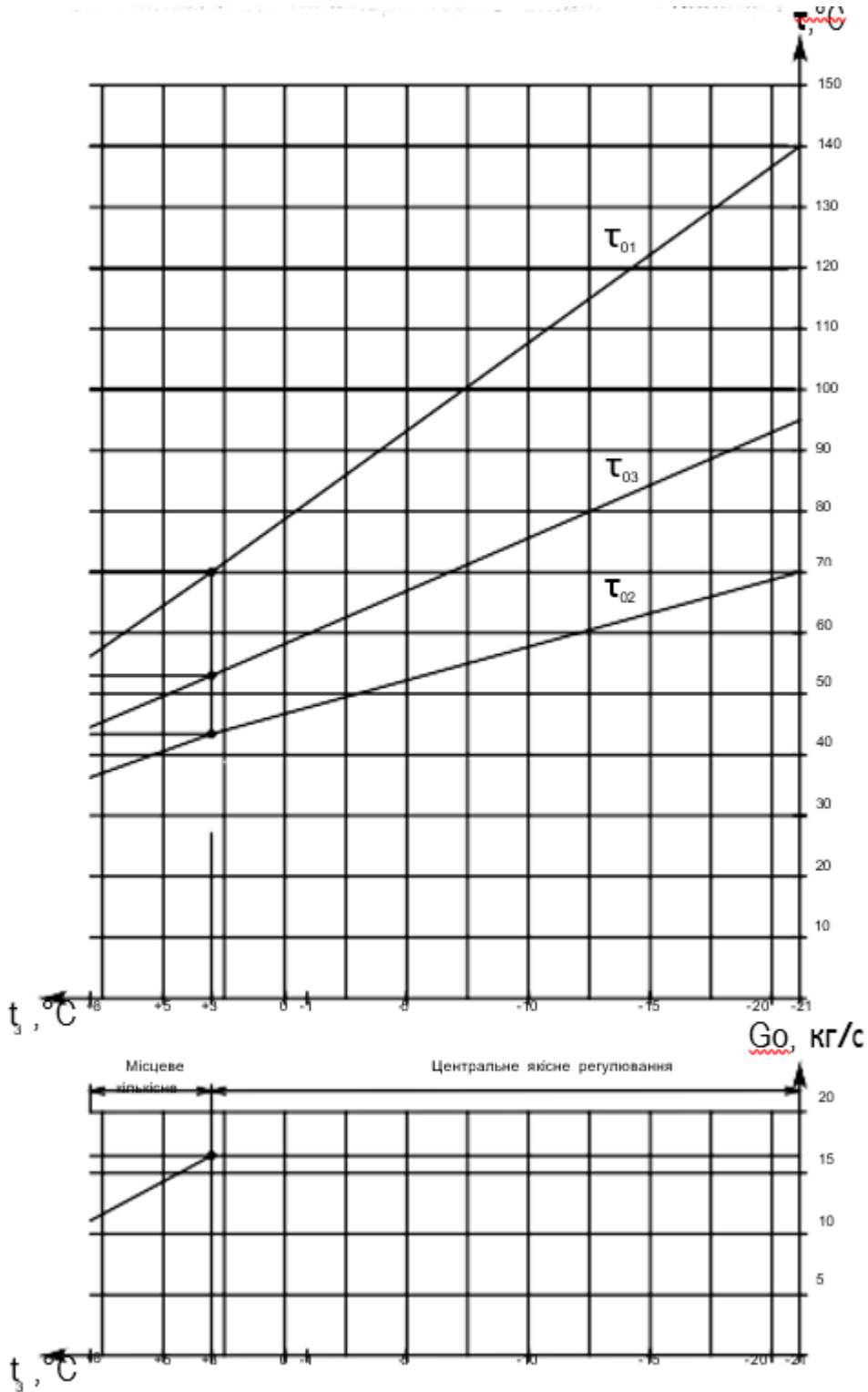
3.1.4. Зводимо результати визначення температур і витрат в таблицю 4.

Таблиця 4. Результати розрахунку температури і витрати мережної води на опалення в залежності від температури зовнішнього повітря.

| Позначення  | Одиниця виміру | Температура і витрата мережної води при |                 |                           |                    |                    |
|-------------|----------------|---|-----------------|---------------------------|--------------------|--------------------|
|             |                | $t_{з.о}$<br>-21 °C                     | $t_3$<br>-10 °C | $t_3^{сер.опал}$<br>-1 °C | $t_{з.з}$<br>+3 °C | $t_{зпк}$<br>+8 °C |
| $\tau_{o1}$ | °C             | 140                                     | 108,8           | 82,3                      | 43,2               | 70                 |
| $\tau_{o2}$ | °C             | 70                                      | 58,5            | 48,2                      | 43,2               | 43,2               |
| $\tau_{o3}$ | °C             | 95                                      | 76,5            | 60,4                      | 52,7               | 52,7               |
| $G_o$       | кг/с           | 16,88                                   | 16,88           | 16,88                     | 16,88              | 11,22              |

3.1.5. Будуємо графік зміни температури і витрати мережної води на опалення в залежності від температури зовнішнього повітря

Графік зміни температури і витрати мережної води на опалення в залежності від температури зовнішнього повітря



|      |      |          |        |      |
|------|------|----------|--------|------|
|      |      |          |        |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

КР 000.144.004.003.2022. ПЗ

Арк.

18

### 3.2. Розрахунок витрат та температур мережної води на гаряче водопостачання

#### 3.2.1. Визначаємо витрату мережної води на гаряче водопостачання:

температура водопровідної води після підігрівника ГВП 1-го ступеня:

$$t_{\text{п}} = \tau'''02 - 5 = 43,2 - 5 = 38,2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$G_{\text{ГВП}_{\text{max}}} = \frac{Q_{\text{ГВП}_{\text{max}}} \cdot 10^3}{c \cdot (\tau'''01 - \tau'''02)} \cdot \frac{t_{\text{г}} - t_{\text{п}}}{t_{\text{г}} - t_{\text{ХВ}_3}} = \frac{1,75 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (70 - 41,6)} \cdot \frac{60 - 38,2}{60 - 5} = 6,18 \text{ кг/с}$$

#### 3.2.2. Визначаємо температуру мережної води після підігрівника 1-го ступеню:

$$\begin{aligned} \tau 2 &= \tau 02 - Q_{\text{ГВП}_{\text{max}}} \cdot 10^3 \cdot \frac{t_{\text{п}} - t_{\text{ХВ}_3}}{t_{\text{г}} - t_{\text{ХВ}_3}} \cdot \frac{1}{c \cdot (G_{\text{о}_{\text{max}}} - G_{\text{ГВП}_{\text{max}}})} = \\ &= 43,2 - 1,75 \cdot 10^3 \cdot \frac{38,2 - 5}{60 - 5} \cdot \frac{1}{4,19 \cdot (16,81 - 6,18)} = 32,23 \text{ } ^\circ\text{C} \end{aligned}$$

#### 3.2.3. Визначаю витрату теплоносія і температури мережної води при $t_3$ не дорівнює $t'''3$ . Розрахунок проводиться в два етапи: попередній і кінцевий.

Попередній розрахунок ( $t_3=1,6 \text{ } ^\circ\text{C}$ ):

#### 3.2.4. Визначаємо температурні напори 1-го і 2-го ступенів підігрівників при розрахунковому режимі ( $t_3=t'''3$ ):

$$\Delta t_{\text{бI}} = \tau 2 - t_{\text{ХВ}_3} = 32,23 - 5 = 27,23 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{\text{мI}} = \tau''02 - t_{\text{п}} = 43,2 - 38,2 = 5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{\text{I}} = \frac{\Delta t_{\text{бI}} - \Delta t_{\text{мI}}}{\ln\left(\frac{\Delta t_{\text{бI}}}{\Delta t_{\text{мI}}}\right)} = \frac{27,23 - 5}{\ln\left(\frac{27,23}{5}\right)} = 13,12 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{\text{бII}} = \tau''01 - t_{\text{г}} = 70 - 60 = 10 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{\text{мII}} = \tau''02 - t_{\text{п}} = 43,2 - 38,2 = 5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{\text{II}} = \frac{\Delta t_{\text{бII}} - \Delta t_{\text{мII}}}{\ln\left(\frac{\Delta t_{\text{бII}}}{\Delta t_{\text{мII}}}\right)} = \frac{10 - 5}{\ln\left(\frac{10}{5}\right)} = 7,21 \text{ } ^\circ\text{C}$$

#### 3.2.5. Визначаємо витрату водопровідної води на ГВП:

$$q_{\text{ГМ}} = \frac{Q_{\text{ГВП}_{\text{max}}} \cdot 10^3}{c \cdot (t_{\text{г}} - t_{\text{ХВ}_3})} \cdot \frac{1,75 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (60 - 5)} = 7,59 \text{ } ^\circ\text{C}$$

#### 3.2.6. Визначаємо теплопродуктивність підігрівників 1-го і 2-го ступенів:

|      |      |          |        |      |                             |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР 000.144.004.003.2022. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                             | 19   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                             |      |

$$Q_I = c \cdot q_{г\_м} \cdot (t_{п} - t_{хв_3}) \cdot 10^3 = 4,19 \cdot 7,59 \cdot (38,2 - 5) \cdot 10^{-3} = 1,06 \text{ МВт}$$

$$Q_{II} = c \cdot q_{г\_м} \cdot (t_{г} - t_{п}) \cdot 10^3 = 4,19 \cdot 7,59 \cdot (60 - 38,2) \cdot 10^{-3} = 0,69 \text{ МВт}$$

Повинна виконуватися умова:  $Q_I + Q_{II} = Q_{гвп\_max}$ , що і маємо:

$$1,06 + 0,69 = 1,75 \text{ МВт}$$

$$Q_{гвп\_max} = 1,75 \text{ МВт}$$

3.2.7. Визначаємо витрати мережної води, що проходить через підігрівників 1-го і 2-го ступенів:

$$G_{II} = \frac{0,55 \cdot Q_{гвп\_max} \cdot 10^3}{c \cdot (\tau'''_{01} - \tau'''_{02})} \cdot \frac{0,55 \cdot 1,75 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (70 - 43,2)} = 8,57 \text{ кг/с}$$

$$G_I = G_{II} + G'_{o\_max} = 8,57 + 16,81 = 25,38 \text{ кг/с}$$

3.2.8. Визначаємо параметр підігрівників 1-го і 2-го ступенів

$$G_{мI} = q_{г\_м} = 7,59 \text{ кг/с}$$

$$G_{бI} = G_I = 25,38 \text{ кг/с}$$

$$\Phi_I = \frac{Q_I \cdot 10^3}{\Delta t_I \cdot c \cdot \sqrt{G_{мI} \cdot G_{бI}}} \cdot \frac{1,06 \cdot 10^3}{13,12 \cdot 4,19 \cdot \sqrt{7,59 \cdot 25,38}} = 1,39$$

$$G_{мII} = q_{г\_м} = 7,59 \text{ кг/с}$$

$$G_{бII} = G_{II} = 8,57 \text{ кг/с}$$

$$\Phi_{II} = \frac{Q_{II} \cdot 10^3}{\Delta t_{II} \cdot c \cdot \sqrt{G_{мII} \cdot G_{бII}}} \cdot \frac{0,69 \cdot 10^3}{7,21 \cdot 4,19 \cdot \sqrt{7,59 \cdot 8,57}} = 2,83$$

3.2.9. Визначаємо теплопродуктивність 1-го ступеню, нехтуючи витратою мережної води через 1-й ступінь  $G_I$  і приймаючи витрату нагрівної води через його рівною  $G'_{o\_max}$ , температуру нагрівної води на вході в підігрівник 1-го ступеню, рівною  $t_{см} = \tau_{02}$ :

$$\varepsilon_I = \left( 0,35 \cdot \frac{G_{мI}}{G_{бI}} + 0,65 + \frac{1}{\Phi_I} \cdot \sqrt{\frac{G_{мI}}{G_{бI}}} \right)^{-1} = \left( 0,35 \cdot \frac{7,59}{25,38} + 0,65 + \frac{1}{1,39} \cdot \sqrt{\frac{7,59}{25,38}} \right)^{-1} = 0,87$$

$$Q_I = c \cdot \varepsilon_I \cdot G_{мI} \cdot (t_{см} - t_{хв_3}) \cdot 10^{-3} = 4,19 \cdot 0,87 \cdot 7,59 \cdot (48,2 - 5) \cdot 10^{-3} = 1,2 \text{ МВт}$$

3.2.10. Визначаємо температуру водопровідної води після підігрівника 1-го ступеню:

|      |      |          |        |      |                             |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР 000.144.004.003.2022. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                             | 20   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                             |      |

$$t_{\text{п}} = t_{\text{XB}_3} + \frac{QI \cdot 10^3}{c \cdot q_{\Gamma\_M}} = 5 + \frac{1,2 \cdot 10^3}{4,19 \cdot 7,59} = 42,73 \text{ } ^\circ\text{C}$$

3.2.11. Визначаємо теплопродуктивність підігрівника 2-го ступеню:

$$Q_{II} = Q_{\text{ГВП}_{max}} - QI = 1,75 - 1,2 = 0,55 \text{ МВт}$$

3.2.12. Визначаємо витрату мережної води через підігрівник 2-го ступеню:

для попереднього розрахунку нехтуємо величиною недогріву підігрівнику 2-го ступеню:

$$G_{II} = \frac{Q_{II} \cdot 10^3}{c \cdot (\tau_{01} - \tau_{2\Gamma})} = \frac{0,55 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (82,3 - 42,73)} = 3,32 \text{ кг/с}$$

3.2.13. Визначаємо витрату мережної води через підігрівник 1-го ступеню:

$$GI = G_{II} + G_{o_{max}} = 3,32 + 16,81 = 20,13 \text{ кг/с}$$

3.2.14. Визначаємо температуру мережної води на вході в підігрівник 1-го ступеню:

$$\tau_{02} = 48,2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\tau_{\text{сМ}} = \frac{G_{o_{max}}}{GI} \cdot \tau_{02} + \frac{G_{II}}{GI} \cdot \tau_{2\Gamma} = \frac{16,8}{20,13} \cdot 48,2 + \frac{3,32}{20,13} \cdot 42,73 = 47,3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

на цьому попередній рахунок закінчено.

Кінцевий розрахунок.

3.2.15. Визначаємо теплопродуктивність 1-го ступеню. В даному випадку витрати нагрівної і водопровідної води приймаються відповідно  $G_I$  і  $q_{\Gamma M}$ :

$$G_{\text{бI}} = G_I$$

$$\varepsilon I = \left( 0,35 \cdot \frac{G_{\text{бI}}}{G_{\text{бI}}} + 0,65 + \frac{1}{\Phi I} \cdot \sqrt{\frac{G_{\text{бI}}}{G_{\text{бI}}}} \right)^{-1} = \left( 0,35 \cdot \frac{7,59}{20,13} + 0,65 + \frac{1}{1,39} \cdot \sqrt{\frac{7,59}{20,13}} \right)^{-1} = 0,82$$

$$QI = c \cdot \varepsilon I \cdot G_{\text{бI}} \cdot (t_{\text{сМ}} - t_{\text{XB}_3}) \cdot 10^{-3} = 4,19 \cdot 0,82 \cdot 7,59 \cdot (47,3 - 5) \cdot 10^{-3} = 1,1 \text{ МВт}$$

3.2.16. Визначаємо температуру водопровідної води після підігрівника 1-го ступеню:

$$t_{\text{п}} = t_{\text{XB}_3} + \frac{QI \cdot 10^3}{c \cdot q_{\Gamma\_M}} = 5 + \frac{1,1 \cdot 10^3}{4,19 \cdot 7,59} = 39,59 \text{ } ^\circ\text{C}$$

3.2.17. Визначаємо теплопродуктивність підігрівника 2-го ступеню:

|      |      |          |        |      |                             |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР 000.144.004.003.2022. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                             | 21   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                             |      |

$$Q_{II} = Q_{гвп_{max}} - Q_I = 1,75 - 1,1 = 0,65 \text{ МВт}$$

3.2.18. Визначаємо витрату мережної води через підігрівник 2-го ступеню: при  $G_{II} < q_{г_м}$ :

$$G_{II} = \frac{1,7 \cdot \Phi_{II}^2 \cdot q_{г_м}}{\left(-1 + \sqrt{1 + 2,6 \cdot \Phi_{II} \cdot \left(\frac{(\tau_{01} - t_{п}) \cdot c \cdot q_{г_м}}{Q_{II} \cdot 10^3} - 0,35\right)}\right)^2} =$$

$$= \frac{1,7 \cdot 2,83^2 \cdot 7,59}{\left(-1 + \sqrt{1 + 2,6 \cdot 2,83 \cdot \left(\frac{(82,3 - 39,59) \cdot 4,19 \cdot 7,59}{0,65 \cdot 10^3} - 0,35\right)}\right)^2} = 3,97 \text{ кг/с}$$

3.2.19. Визначаємо температуру мережної води на виході з підігрівника 2-го ступеню:

$$\tau_{2г} = \tau_{01} - \frac{Q_{II} \cdot 10^3}{G_{II} \cdot c} = 83,1 - \frac{0,65 \cdot 10^3}{3,97 \cdot 4,19} = 43,22 \text{ } ^\circ\text{C}$$

3.2.20. Визначаємо витрату мережної води через підігрівник 1-го ступеню:

$$G_I = G_{II} + G_{o_{max}} = 3,97 + 16,8 = 20,78 \text{ кг/с}$$

3.2.21. Визначаємо температуру мережної води на вході в підігрівник 1-го ступеню:

$$\tau_{см} = \frac{G_{o_{max}}}{G_I} \cdot \tau_{02} + \frac{G_{II}}{G_I} \cdot \tau_{2г} = \frac{16,81}{20,78} \cdot 48,2 + \frac{3,97}{20,78} \cdot 43,22 = 47,25$$

3.2.22. Перевіряємо теплову продуктивність 1-го і 2-го ступенів підігрівників. Якщо знайдені величини близько співпадають з даними попереднього розрахунку, то розрахунок закінчено. В протилежному випадку знову проводимо уточнюючий розрахунок за вищенаведеною методикою:

- визначаємо теплопродуктивність 1-го ступеню:

$$\varepsilon_I = \left(0,35 \cdot \frac{G_{мI}}{G_{бI}} + 0,65 + \frac{1}{\Phi_I} \cdot \sqrt{\frac{G_{мI}}{G_{бI}}}\right)^{-1} = \left(0,35 \cdot \frac{7,59}{20,13} + 0,65 + \frac{1}{1,39} \cdot \sqrt{\frac{7,59}{20,13}}\right)^{-1} = 0,82$$

$$Q_I = c \cdot \varepsilon_I \cdot G_{мI} \cdot (t_{см} - t_{хв_3}) \cdot 10^{-3} = 4,19 \cdot 0,82 \cdot 7,59 \cdot (47,25 - 5) \cdot 10^{-3} = 1,1 \text{ МВт}$$

- визначаємо температуру водопровідної води після підігрівника 1-го ступеню:

$$t_{п} = t_{хв_3} + \frac{Q_I \cdot 10^3}{c \cdot q_{г_м}} = 5 + \frac{1,1 \cdot 10^3}{4,19 \cdot 7,59} = 39,59 \text{ } ^\circ\text{C}$$

- визначаємо теплопродуктивність підігрівника 2-го ступеню:

|      |      |          |        |      |                             |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР 000.144.004.003.2022. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                             | 22   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                             |      |

$$Q_{II} = Q_{\text{ГВП}_{max}} - Q_I = 1,75 - 1,1 = 0,65 \text{ МВт}$$

знайдені величини близько співпадають з даними попереднього розрахунку (див. п.3.2.15. і п.3.2.17), тому розрахунок закінчено.

3.2.23. Визначаємо температуру мережної води на виході з підігрівника 1-го ступеню:

$$\tau_2 = \tau_{cm} - \frac{Q_{II} \cdot 10^3}{G_I \cdot c} = 45,73 - \frac{1,1 \cdot 10^3}{20,78 \cdot 4,19} = 34,62 \text{ } ^\circ\text{C}$$

3.2.24. Здійснюємо перевірку:

$$\tau_{\Gamma} = \frac{Q_{II} \cdot 10^3}{c \cdot q_{\Gamma\_M}} + t_{\Pi} = \frac{0,65 \cdot 10^3}{4,19 \cdot 7,59} + 39,59 = 60,03 \text{ } ^\circ\text{C}$$

для визначення витрати теплоносія і температури мережної води при інших значеннях  $t_3$  пункти 3.2.4-3.2.8 не розраховуються, приймаються з попереднього, оскільки вони визначені при  $t_3 = t_{\text{н}}^{\text{н}} z$ .

3.2.25. Визначаємо витрату мережної води в літньому режимі:

$$Q_{\text{ГВП}} = \frac{Q_{\text{ГВП}_{сер\_л}} \cdot 10^3}{(t_{\text{н}}^{\text{н}} - 30) \cdot c} = \frac{0,47 \cdot 10^3}{(70 - 30) \cdot 4,19} = 2,8 \text{ кг/с}$$

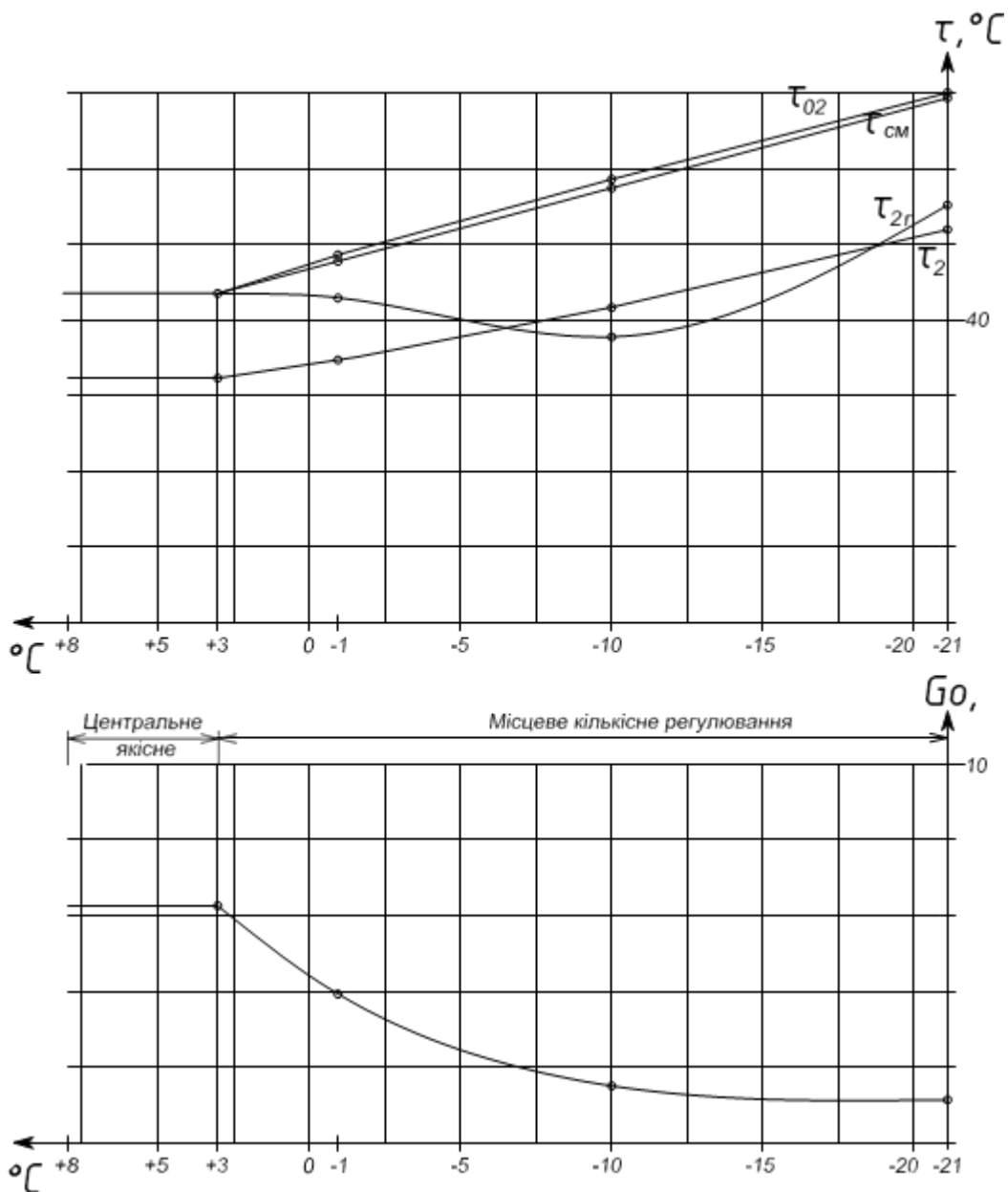
3.2.26. Зводимо результати розрахунків в таблицю 5.

Таблиця 5. Результати розрахунку витрат та температур мережної води на ГВП

| Позначення       | Одиниця виміру | Температура мережної води |                 |                           |                               |                    |      |
|------------------|----------------|---------------------------|-----------------|---------------------------|-------------------------------|--------------------|------|
|                  |                | $t_{3,0}$<br>-21 °C       | $t_3$<br>-10 °C | $t_{3,сер.опал}$<br>-1 °C | $t_{3,н}^{\text{н}}$<br>+3 °C | $t_{зпк}$<br>+8 °C | літо |
| $\tau_{o2}$      | °C             | 70                        | 58,5            | 48,2                      | 43,2                          | 43,2               | 70   |
| $\tau_{2z}$      | °C             | 55,1                      | 37,52           | 43,22                     | 43,2                          | 43,2               | 30   |
| $t_n$            | °C             | 55,75                     | 46,46           | 39,59                     | 38,2                          | 38,2               | 60   |
| $\tau_{cm}$      | °C             | 69,1                      | 56,83           | 47,25                     | 43,2                          | 43,2               | -    |
| $\tau_2$         | °C             | 51,64                     | 41,59           | 34,62                     | 32,23                         | 32,23              | -    |
| $G_{\text{ГВП}}$ | кг/с           | 1,05                      | 1,45            | 3,97                      | 6,18                          | 6,18               | 2,8  |

3.2.27. Будуємо графіки залежності витрати мережної води на ГВП і температури мережної води після підігрівника ГВП 1-го і 2-го ступеня від температури зовнішнього повітря.

Графіки залежності витрати мережної води на ГВП і температури мережної води після підігрівників ГВП 1-го і 2-ступенів від температури зовнішнього повітря



|      |      |          |        |      |
|------|------|----------|--------|------|
|      |      |          |        |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

КР 000.144.004.003.2022. ПЗ

### 3.3. Розрахунок витрат та температур мережної води на вентиляцію

За наявності "зрізки" температурного графіка виділяємо три характерних діапазони.

III. Діапазон температур зовнішнього повітря, менших ніж  $t_{звн\_вент}$ .

3.3.1. Визначаємо температуру мережної води після калориферів:

температура мережної води у подавальному трубопроводі при  $t_{звн\_вент}$ :

$$\tau^{01} = 108,8 \text{ } ^\circ\text{C}$$

температура води після калориферів, при  $t_{звн\_вент}$ :  $\tau^{2в} = 58,5 \text{ } ^\circ\text{C}$

методом підбору знаходимо:  $\tau_{2в} = 35 \text{ } ^\circ\text{C}$

$$\frac{(\tau_{01} + \tau_{2в}) - (t_{вр} + t_{зо})}{(\tau^{01} + \tau^{2в}) - (t_{вр} + t_{вен})} \cdot \frac{(\tau^{01} - \tau^{2в})^{0,15}}{(\tau_{01} - \tau_{2в})} = 1$$
$$\frac{(140 + 35) - (18 + (-21))}{(108,8 + 58,5) - (18 + (-10))} \cdot \frac{(108,8 - 58,5)^{0,15}}{(140 - 35)} = 1$$

3.3.2. Визначаємо витрату мережної води на вентиляцію:

$$G_{в} = \frac{Q_{в} \cdot 10^3}{c \cdot (\tau_{01} - \tau_{2в})} \cdot \frac{0,39 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (140 - 35)} = 0,89 \text{ кг/с}$$

II. Діапазон температур зовнішнього повітря ( $t_{звн\_вент} < t_3 < t_{зз}$ ).

3.3.3. Визначаємо температуру води після калориферів:

$$\tau_{2в} = \tau_{01} - (\tau^{01} - \tau^{2в}) \cdot \frac{t_{вр} - t_{зз}}{t_{вр} - t_{вен}} = 70 - (108,8 - 58,5) \cdot \frac{18 - 3}{18 - (-10)} = 43,05 \text{ } ^\circ\text{C}$$

3.3.4. Визначаємо витрату мережної води на вентиляцію

$$G^{в} = \frac{Q_{в} \cdot 10^3}{c \cdot (\tau^{01} - \tau_{2в})} \cdot \frac{0,28 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (108,8 - 43,05)} = 1,02 \text{ кг/с}$$

I. Діапазон температур зовнішнього повітря ( $t_{зз} < t_3 < t_{зпк}$ ).

3.3.5. Визначаємо температуру води після калориферів:

методом підбору знаходимо:  $\tau_{2в} = 22 \text{ } ^\circ\text{C}$

$$\frac{(\tau^{01} + \tau_{2в}) - (t_{вр} + t_{зпк})}{(\tau^{01} + \tau^{2в}) - (t_{вр} + t_{вен})} \cdot \frac{(\tau^{01} - \tau^{2в})^{0,15}}{(\tau^{01} - \tau_{2в})} = 1$$
$$\frac{(t_{вр} + t_{зпк})^{0,85}}{(t_{вр} + t_{вен})} = 1$$

|      |      |          |        |      |                             |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР 000.144.004.003.2022. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                             | 25   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                             |      |

$$\frac{(70 + 22) - (18 + 8)}{(108,8 + 58,5) - (18 + (-10))} \cdot \frac{(108,8 - 58,5)^{0,15}}{(70 - 22)} = 1$$

$$\left( \frac{18 + 8}{18 + (-10)} \right)^{0,85}$$

3.3.6. Визначаю витрату мережної води на вентиляцію:

$$G''_B = \frac{Q_B \cdot 10^3}{c \cdot (\tau_{01} - \tau_{2B})} \cdot \frac{0,1 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (70 - 22)} = 0,5 \text{ кг/с}$$

с

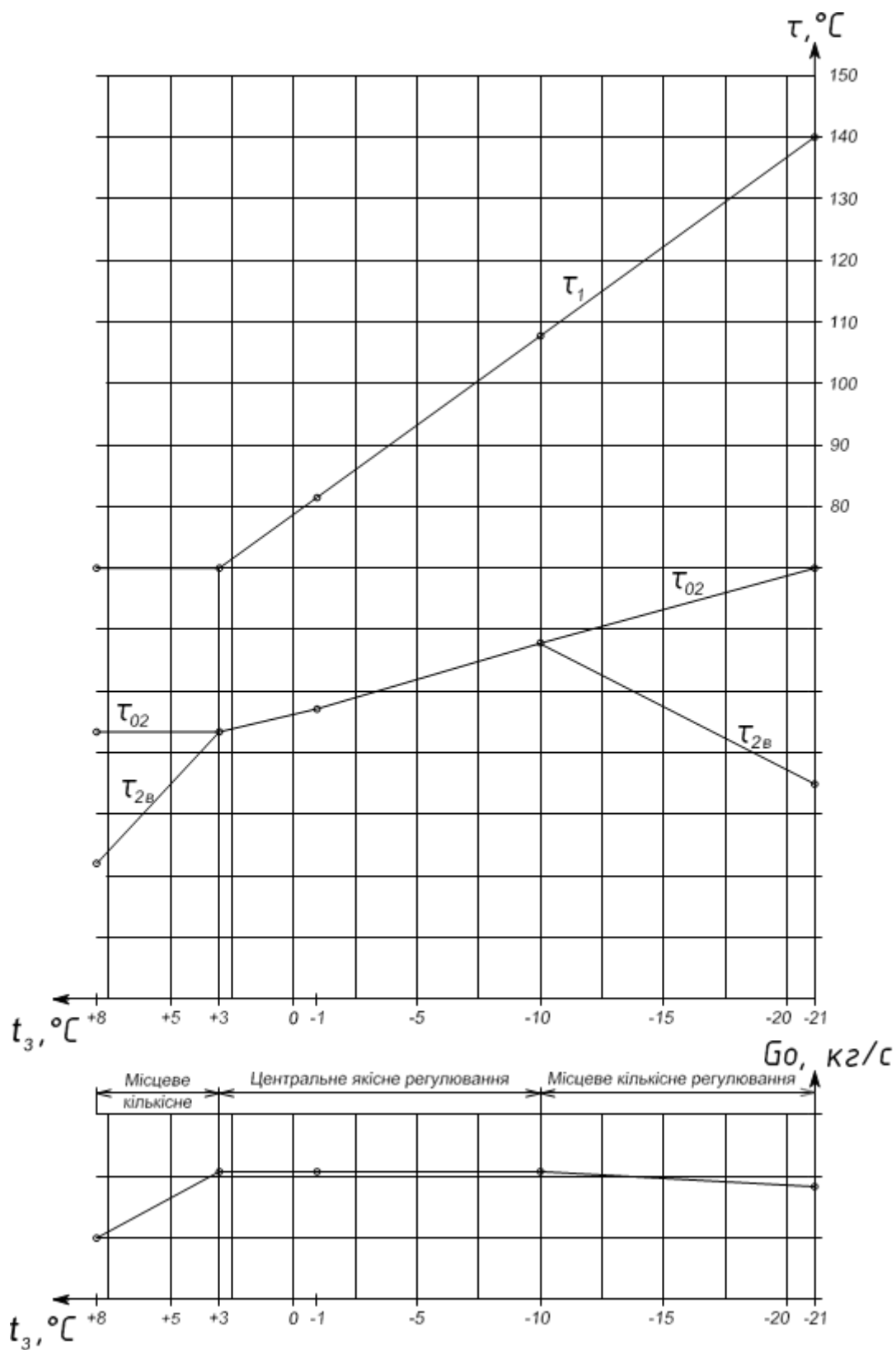
3.3.7. Зводимо результати розрахунків в таблицю 6.

Таблиця 6. Результати розрахунку витрат та температур мережної води на вентиляцію.

| Позначення  | Одиниця виміру | Температура і витрата мережної води |                 |                           |                    |                    |
|-------------|----------------|-------------------------------------|-----------------|---------------------------|--------------------|--------------------|
|             |                | $t_{3,0}$<br>-21 °C                 | $t_3$<br>-10 °C | $t_3^{сер.опал}$<br>-1 °C | $t_{3,3}$<br>+3 °C | $t_{зпк}$<br>+8 °C |
| $\tau_1$    | °C             | 140                                 | 108,8           | 82,3                      | 70                 | 70                 |
| $\tau_{o2}$ | °C             | 70                                  | 58,5            | 48,2                      | 43,2               | 43,2               |
| $\tau_{2в}$ | °C             | 35                                  | 58,5            | 48,2                      | 43,2               | 22                 |
| $G_6$       | кг/с           | 0,89                                | 1,02            | 1,02                      | 1,02               | 0,5                |

3.3.8. Будуємо графіки залежності температур мережної води після калориферів і витрати мережної води на вентиляцію від температури зовнішнього повітря.

Графіки залежності витрати мережної води на вентиляцію і температури мережної води після калориферів від температури зовнішнього повітря



|      |      |          |        |      |
|------|------|----------|--------|------|
|      |      |          |        |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

КР 000.144.004.003.2022. ПЗ

Арк.

27

#### 4. ВИЗНАЧЕННЯ ПОКВАРТАЛЬНИХ РОЗРАХУНКОВИХ ВИТРАТ ТЕПЛОНОСІЯ

4.1. Визначаємо розрахункову витрату мережної води:

- на опалення:

$$G^o_{max} = \frac{Q^o_{max} \cdot 10^3}{c \cdot (\tau^o_{01} - \tau^o_{02})} \cdot \frac{4,93 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (140 - 70)} = 16,81 \text{ кг/с}$$

- на вентиляцію:

$$G^v_{max} = \frac{Q^v_{max} \cdot 10^3}{c \cdot (\tau^v_{01} - \tau^v_{02})} \cdot \frac{0,39 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (140 - 70)} = 1,33 \text{ кг/с}$$

- середня при двоступеневих схемах приєднання підігрівників води в системі:

температура водопровідної води після підігрівника ГВП першого (нижнього) ступеня:

$$t^* = \tau^{*02} - 5 = 43,2 - 5 = 38,2 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$G_{ГВП\_сер} = \frac{Q_{ГВП} \cdot 10^3}{c \cdot (\tau^{*01} - \tau^{*02})} \cdot \left( \frac{55 - t^*}{55 - t_{ХВ\_з}} + 0,2 \right) =$$
$$= \frac{0,73 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (70 - 43,2)} \cdot \left( \frac{55 - 38,2}{55 - 5} + 0,2 \right) = 3,48 \text{ кг/с}$$

- максимальна при двоступеневих схемах приєднання підігрівників води в системі ГВП:

$$G_{ГВП\_max} = \frac{0,55 \cdot Q_{ГВП\_max} \cdot 10^3}{c \cdot (\tau^{*01} - \tau^{*02})} \cdot \frac{0,55 \cdot 1,75 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (70 - 43,2)} = 8,57 \text{ кг/с}$$

4.2. Визначаємо сумарні розрахункові витрати мережної води:

коефіцієнт, що враховує частку середньої витрати води на ГВП при регулюванні по навантаженню опалення з додатку 13:  $K_3 = 1,2$

$$G^* = G^o_{max} + G^v_{max} + K_3 \cdot G_{ГВП\_сер} = 16,81 + 1,33 + 1,2 \cdot 3,48 = 22,32 \text{ кг/с}$$

4.3. Визначаємо розрахункову витрату води в двотрубних водяних теплових мережах для неопалювального (літнього) періоду:

$$G^л = \frac{Q_{ГВП\_сер\_л} \cdot 10^3}{(\tau^{*01} - 30) \cdot c} \cdot \frac{0,47 \cdot 10^3}{(70 - 30) \cdot 4,19} = 2,8 \text{ кг/с}$$

|      |      |          |        |      |                             |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР 000.144.004.003.2022. ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                             | 28   |

4.4. Заносимо результати розрахунків витрат теплоносія для кожного кварталу в таблицю 7.

Таблиця 7. Значення розрахунків витрат теплоносія.

| Номер кварталу | Розрахункова витрата теплоносія, кг/с |               |                 |                           |       |          |
|----------------|---------------------------------------|---------------|-----------------|---------------------------|-------|----------|
|                | $G'_{o \max}$                         | $G'_{e \max}$ | $G^{сер}_{ГВП}$ | $K_3 \cdot G^{сер}_{ГВП}$ | $G'$  | $G'_{л}$ |
| 1              | 2                                     | 3             | 4               | 5                         | 6     | 7        |
| 1              | 0,55                                  | 0,04          | 0,12            | 0,14                      | 0,73  | 0,09     |
| 2              | 0,41                                  | 0,03          | 0,09            | 0,10                      | 0,55  | 0,07     |
| 3              | 0,41                                  | 0,03          | 0,09            | 0,10                      | 0,55  | 0,07     |
| 4              | 0,55                                  | 0,04          | 0,12            | 0,14                      | 0,73  | 0,09     |
| 5              | 0,68                                  | 0,05          | 0,15            | 0,17                      | 0,91  | 0,12     |
| 6              | 0,41                                  | 0,03          | 0,09            | 0,10                      | 0,55  | 0,07     |
| 7              | 0,41                                  | 0,03          | 0,09            | 0,10                      | 0,55  | 0,07     |
| 8              | 0,57                                  | 0,05          | 0,12            | 0,15                      | 0,77  | 0,10     |
| 9              | 0,68                                  | 0,05          | 0,15            | 0,17                      | 0,91  | 0,12     |
| 10             | 0,41                                  | 0,03          | 0,09            | 0,10                      | 0,55  | 0,07     |
| 11             | 0,41                                  | 0,03          | 0,09            | 0,10                      | 0,55  | 0,07     |
| 12             | 0,57                                  | 0,05          | 0,12            | 0,15                      | 0,77  | 0,10     |
| 13             | 0,68                                  | 0,05          | 0,15            | 0,17                      | 0,91  | 0,12     |
| 14             | 0,41                                  | 0,03          | 0,09            | 0,10                      | 0,55  | 0,07     |
| 15             | 0,41                                  | 0,03          | 0,09            | 0,10                      | 0,55  | 0,07     |
| 16             | 0,57                                  | 0,05          | 0,12            | 0,15                      | 0,77  | 0,10     |
| 17             | 0,68                                  | 0,05          | 0,15            | 0,17                      | 0,91  | 0,12     |
| 18             | 0,41                                  | 0,03          | 0,09            | 0,10                      | 0,55  | 0,07     |
| 19             | 0,41                                  | 0,03          | 0,09            | 0,10                      | 0,55  | 0,07     |
| 20             | 0,57                                  | 0,05          | 0,12            | 0,15                      | 0,77  | 0,10     |
| 21             | 0,85                                  | 0,07          | 0,18            | 0,22                      | 1,14  | 0,15     |
| 22             | 0,45                                  | 0,04          | 0,09            | 0,11                      | 0,60  | 0,08     |
| 23             | 0,32                                  | 0,03          | 0,07            | 0,08                      | 0,43  | 0,05     |
| 24             | 0,30                                  | 0,02          | 0,06            | 0,08                      | 0,40  | 0,05     |
| 25             | 0,71                                  | 0,06          | 0,15            | 0,18                      | 0,95  | 0,12     |
| 26             | 0,51                                  | 0,04          | 0,11            | 0,13                      | 0,68  | 0,09     |
| 27             | 0,51                                  | 0,04          | 0,11            | 0,13                      | 0,68  | 0,09     |
| 28             | 0,68                                  | 0,05          | 0,15            | 0,17                      | 0,91  | 0,12     |
| 29             | 0,71                                  | 0,06          | 0,15            | 0,18                      | 0,95  | 0,12     |
| 30             | 0,47                                  | 0,04          | 0,07            | 0,08                      | 0,59  | 0,05     |
| 31             | 0,47                                  | 0,04          | 0,07            | 0,08                      | 0,59  | 0,05     |
| 32             | 0,63                                  | 0,05          | 0,09            | 0,11                      | 0,79  | 0,07     |
| Всього         | 16,82                                 | 1,35          | 3,48            | 4,17                      | 22,34 | 2,78     |

## 5. ВИХІДНІ ДАНІ ДО ЧАСТИНИ 2 ПРОЕКТА

5.1. Визначаємо температуру суміші зворотної води після системи ГВП та вентиляції, для максимальнозимового режиму:

$$G_{ГВП} = 1,05 \text{ кг/с}$$

$$G_o = 16,8 \text{ кг/с}$$

$$G_B = 0,89 \text{ кг/с}$$

$$\tau_{02ГВП} = 51,64 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\tau_{02B} = 35 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\begin{aligned} \tau_2 &= \frac{G_o + G_{ГВП}}{G_o + G_{ГВП} + G_B} \cdot \tau_{02ГВП} + \frac{G_B}{G_o + G_{ГВП} + G_B} \cdot \tau_{02B} = \\ &= \frac{16,8 + 1,05}{16,8 + 1,05 + 0,89} \cdot 51,64 + \frac{0,89}{16,8 + 1,05 + 0,89} \cdot 35 = 50,8 \text{ }^\circ\text{C} \end{aligned}$$

5.2. Визначаємо температуру суміші зворотної води після системи ГВП та вентиляції, для режиму точки зламу температурного графіка:

$$G_{ГВП} = 6,18 \text{ кг/с}$$

$$G_o = 16,8 \text{ кг/с}$$

$$G_B = 1,02 \text{ кг/с}$$

$$\tau_{02ГВП} = 32,23 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\tau_{02B} = 43,2 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\begin{aligned} \tau_2 &= \frac{G_o + G_{ГВП}}{G_o + G_{ГВП} + G_B} \cdot \tau_{02ГВП} + \frac{G_B}{G_o + G_{ГВП} + G_B} \cdot \tau_{02B} = \\ &= \frac{16,8 + 6,18}{16,8 + 6,18 + 1,02} \cdot 32,23 + \frac{1,02}{16,8 + 6,18 + 1,02} \cdot 43,2 = 32,69 \text{ }^\circ\text{C} \end{aligned}$$

|      |      |          |        |      |                             |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР 000.144.004.003.2022. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                             | 30   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                             |      |

5.3.Формуємо результати розрахунку теплової мережі, що необхідні для теплового розрахунку у джерелатеплопостачання (парової котельні) у вигляді таблиці 8.

Таблиця 8. Загальні вихідні дані для Ч. 2 проекту

| № п.п. | Назва параметра   | Ум. Позн.                     | Од. виміру | Характерні режими експлуатації теплофікаційної системи |                                    |         |
|--------|---|-------------------------------|------------|--|------------------------------------|---------|
|        |   |                               |            | Максимально-зимовий                                    | Точки зламу температурного графіка | Літній  |
| 1      | Місто розташування котельні   |                               |            | Кропивницький  |                                    |         |
| 2      | Тип системи теплопостачання   |                               |            | Закрита  |                                    |         |
| 3      | Температурна характеристика тепломережі району                                    | $\tau_1 / \tau_2$             | °C / °C    | 140/70   |                                    |         |
| 4      | Температура зовнішнього повітря   | $t_{\text{зовн}}$             | °C         | -21  | 3                                  | 15...30 |
| 5      | Теплове навантаження системи опалення   | $Q_{\text{оп}}$               | МВт        | 4,93   | 1,89                               | -       |
| 6      | Теплове навантаження системи ГВП  | $Q_{\text{ГВП}}$              | МВт        | 1,75   | 1,75                               | 0,47    |
| 7      | Теплове навантаження системи вентиляції   | $Q_{\text{вент}}$             | МВт        | 0,39   | 0,15                               | -       |
| 8      | Річне теплове навантаження житлового району                                       | $Q_{\text{ЖР}}^{\text{рік}}$  | МВт/рік    | 14700  |                                    |         |
| 9      | Теплове навантаження промислового підприємства (Теплоносій – гаряча вода)         | $Q_{\text{п.п}}$              | МВт        | 12   | 12                                 | 12      |
| 10     | Температура технологічної води для промислового підприємства на виході з котельні | $\tau''_2$                    | °C         | 95,0   |                                    |         |
| 11     | Річне теплове навантаження промислового підприємства                              | $Q_{\text{п.п}}^{\text{рік}}$ | МВт/рік    | 84000  |                                    |         |
| 12     | Температура “прямої” мережної води  | $\tau_1$                      | °C         | 140  | 70                                 | 70      |
| 13     | Температура “зворотної” мережної води   | $\tau_2$                      | °C         | 50,82  | 32,69                              | 30      |
| 14     | Витрата “прямої” води в тепломережу   | $G_1$                         | кг/с       | 18,82  | 24,08                              | 2,8     |
|        |   |                               | т/ год     | 67,75  | 86,69                              | 10,08   |
| 15     | Убуток води в тепломережі   | $G_{\text{уб.тм}}$            | т/ год     | 15   | 15                                 | 5       |
| 16     | Витрата “зворотної” води в тепломережі  | $G_2$                         | т/ год     | 52,75  | 71,69                              | 5,08    |
| 17     | Втрати тиску в тепломережі  | $\Delta p_{\text{втр.тм}}$    | МПа        | 0,3  | 0,3                                | 0,3     |
| 18     | Статичний напір в тепломережі   | $H_{\text{стат. тм}}$         | м.вд.ст.   | 40   | 40                                 | 40      |

## Розділ II. РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ КОТЕЛЬНОЇ

### 2.1. ФОРМУВАННЯ ВИХІДНИХ ДАНИХ ДЛЯ ТЕПЛОВОГО РОЗРАХУНКУ КОТЕЛЬНОЇ З ВОДОГРІЙНИМИ КОТЛАМИ

2.1.1. Вихідні дані для частини 2 проекту, одержані в частині 1 проекту представляю в таблиці 1.

Таблиця 1. Загальні вихідні дані для частини 2 проекту, одержані в частині 1 проекту.

| № п.п. | Назва параметра   | Ум. Позн.                     | Од. виміру                            | Характерні режими експлуатації теплофікаційної системи |                                    |         |
|--------|---|-------------------------------|---------------------------------------|--|------------------------------------|---------|
|        |   |                               |                                       | Максимально-зимовий                                    | Точки зламу температурного графіка | Літній  |
| 1      | Місто розташування котельні   |                               |                                       | Кропивницький  |                                    |         |
| 2      | Тип системи тепlopостачання   |                               |                                       | Закрита  |                                    |         |
| 3      | Температурна характеристика тепломережі району                                    | $\tau_1 / \tau_2$             | $^{\circ}\text{C} / ^{\circ}\text{C}$ | 140/70   |                                    |         |
| 4      | Температура зовнішнього повітря   | $t_{\text{зовн}}$             | $^{\circ}\text{C}$                    | -21  | 3                                  | 15...30 |
| 5      | Теплове навантаження системи опалення   | $Q_{\text{оп}}$               | МВт                                   | 4,93   | 1,89                               | -       |
| 6      | Теплове навантаження системи ГВП  | $Q_{\text{ГВП}}$              | МВт                                   | 1,75   | 1,75                               | 0,47    |
| 7      | Теплове навантаження системи вентиляції   | $Q_{\text{вент}}$             | МВт                                   | 0,39   | 0,15                               | -       |
| 8      | Річне теплове навантаження житлового району                                       | $Q_{\text{ЖР}}^{\text{рік}}$  | МВт/рік                               | 14700  |                                    |         |
| 9      | Теплове навантаження промислового підприємства (Теплоносій – гаряча вода)         | $Q_{\text{п.п}}$              | МВт                                   | 12   | 12                                 | 12      |
| 10     | Температура технологічної води для промислового підприємства на виході з котельні | $\tau''_2$                    | $^{\circ}\text{C}$                    | 95,0   |                                    |         |
| 11     | Річне теплове навантаження промислового підприємства                              | $Q_{\text{п.п}}^{\text{рік}}$ | МВт/рік                               | 84000  |                                    |         |
| 12     | Температура “прямої” мережної води  | $\tau_1$                      | $^{\circ}\text{C}$                    | 140  | 70                                 | 70      |
| 13     | Температура “зворотної” мережної води   | $\tau_2$                      | $^{\circ}\text{C}$                    | 50,82  | 32,69                              | 30      |
| 14     | Витрата “прямої” води в тепломережу   | $G_1$                         | т/ год                                | 67,75  | 86,69                              | 10,08   |
| 15     | Убуток води в тепломережі   | $G_{\text{уб.тм}}$            | т/ год                                | 15   | 15                                 | 5       |
| 16     | Витрата “зворотної” води в тепломережі  | $G_2$                         | т/ год                                | 52,75  | 71,69                              | 5,08    |
| 17     | Втрати тиску в тепломережі  | $\Delta p_{\text{втр.тм}}$    | МПа                                   | 0,3  | 0,3                                | 0,3     |
| 18     | Статичний напір в тепломережі   | $H_{\text{стат. тм}}$         | м.вд.ст.                              | 40   | 40                                 | 40      |

|      |      |          |        |      |
|------|------|----------|--------|------|
|      |      |          |        |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

КР 000.144.004.003.2022. ПЗ

Арк.

32

Перед початком формування вихідних даних для котельні здійснюю балансову перевірку взаємо узгодженості по тепловій енергії одержаних в частині 1 проекту результатів для трьох режимів занаступним балансовим рівнянням:

$$Q_{оп} + Q_{гвп} + Q_{вент} = G1 \cdot 4,2 \cdot (\tau_1 - \tau_2)$$

МЗ:

$$4,93 + 1,75 + 0,39 = 7,07 \text{ МВт} = \frac{67,75 \cdot 4,2 \cdot (140 - 50,82)}{3600} = 7,05 \text{ МВт}$$

ТЗ:

$$1,89 + 1,75 + 0,15 = 3,79 \text{ МВт} = \frac{86,69 \cdot 4,2 \cdot (70 - 32,69)}{3600} = 3,77 \text{ МВт}$$

Л:

$$0,47 \text{ МВт} = \frac{10,08 \cdot 4,2 \cdot (70 - 30)}{3600} = 0,47 \text{ МВт}$$

Висновок: результати для режиму МЗ, ТЗ, Л - взаємоузгоджені.

2.1.2. Вихідні дані для частини 2 проекту, сформовані в частині 2 проекту, представлені в таблиці 2.

Інформація щодо проектно-експлуатаційних параметрів котельні визначено на базі експлуатаційних рекомендацій, регламентів (Е.Р.) та інших джерел інформації.

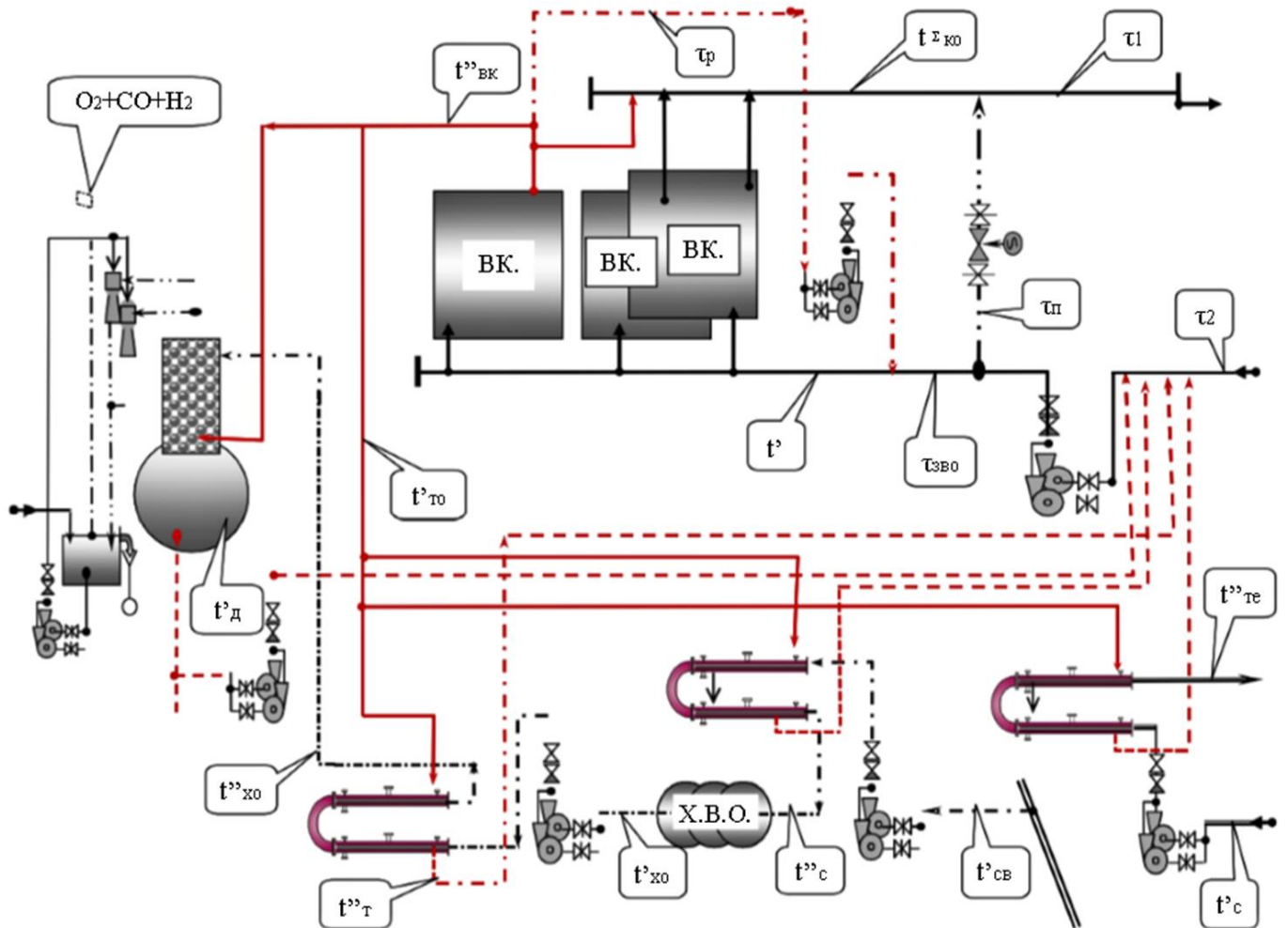
Вихідні дані для частини 2 проекту формую для МЗ, ТЗ і Л режиму роботи водогрійної котельні.

|      |      |          |        |      |                             |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР 000.144.004.003.2022. ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                             | 33   |



## 2.2. ФОРМУВАННЯ ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ ВОДОГРІЙНОЇ КОТЕЛЬНОЇ

Викреслюємо на аркуші згідно Додатка 2 принципову тепло технологічну схему котельні з водогрійними котлами у відповідності до встановлених технічних рішень, щодо направлення потоків енергоносіїв.



|      |      |          |        |      |                             |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР 000.144.004.003.2022. ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                             | 35   |

## 2.3. РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ КОТЕЛЬНОЇ З ВОДОГРІЙНИМИ КОТЛАМИ

2.3.1. Визначаємо сумарне теплове навантаження житлового району для котельні з урахуванням втрат теплоти в тепломережі:

$$\Sigma Q_{\text{жр}} = 1,05 \cdot (Q_{\text{оп}} + Q_{\text{гвп}} + Q_{\text{вент}})$$

$$\text{МЗ: } \Sigma Q_{\text{жр}} = 1,05 \cdot (4,93 + 0,73 + 0,39) = 6,35 \text{ МВт}$$

$$\text{ТЗ: } \Sigma Q_{\text{жр}} = 1,05 \cdot (1,89 + 0,73 + 0,15) = 2,91 \text{ МВт}$$

$$\text{Л: } \Sigma Q_{\text{жр}} = 1,05 \cdot (0 + 0,47 + 0) = 0,49 \text{ МВт}$$

2.3.2. Визначаємо режим роботи котельні - з одним "базовим" котлом.

2.3.3. Визначаємо експлуатаційну температуру води на вході у встановлені котли:

$$\text{МЗ: } t_{\text{зк}} = 70 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\text{ТЗ: } t_{\text{зк}} = 70 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Л: } t_{\text{зк}} = 70 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

2.3.4. Визначаємо експлуатаційну температуру води на виході з базового котла:

$$\text{МЗ: } t_{\text{вк}_б} = 150 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\text{ТЗ: } t_{\text{вк}_б} = 150 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Л: } t_{\text{вк}_б} = 150 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

2.3.5. Визначаємо експлуатаційну температуру грієної води на вході в теплообмінники технологічної, сирії, хімічищеної води та на вході в деаератор:

$$\text{МЗ: } t_{\text{тоа}} = 150 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\text{ТЗ: } t_{\text{тоа}} = 150 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Л: } t_{\text{тоа}} = 150 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

2.3.6. Визначаємо експлуатаційну температуру води на виході з теплообмінників технологічної, сирії, хімічищеної води:

$$\text{МЗ: } t_{\text{тоа}} = 65 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\text{ТЗ: } t_{\text{тоа}} = 65 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Л: } t_{\text{тоа}} = 65 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

2.3.7. Визначаємо витрату води з деаератора на компенсацію втрат в тепломережі:

$$G_{\text{дапідж}} = G_{\text{убут}}$$

$$\text{МЗ: } G_{\text{дапідж}} = 15 \text{ т/год}$$

$$\text{ТЗ: } G_{\text{дапідж}} = 15 \text{ т/год}$$

$$\text{Л: } G_{\text{дапідж}} = 5 \text{ т/год}$$

|      |      |          |        |      |  |  |  |  |  |      |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|--|------|
|      |      |          |        |      |  |  |  |  |  | Арк. |
|      |      |          |        |      |  |  |  |  |  | 36   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |  |      |

КР 000.144.004.003.2022. ПЗ

2.3.8. Визначаємо витрату грійної води з базового водогрійного котла на деаератор та його теплове навантаження:

$$G_{\text{дагрв}} = (1 + \alpha_{\text{вип}}) \cdot G_{\text{дапідж}} \cdot \frac{(t_{\text{да}} - t_{\text{хов}})}{(t_{\text{тоа}} - t_{\text{да}})}$$

$$Q_{\text{да}} = \frac{G_{\text{дагрв}}}{3,6} \cdot 4,2 \cdot (t_{\text{тоа}} - t_{\text{да}}) \cdot 10^{-3}$$

$$\text{МЗ: } G_{\text{дагрв}} = (1 + 0,01) \cdot 15 \cdot \frac{(65-55)}{(150-65)} = 1,78 \text{ т/год}$$

$$\text{ТЗ: } G_{\text{дагрв}} = (1 + 0,01) \cdot 15 \cdot \frac{(65-55)}{(150-65)} = 1,78 \text{ т/год}$$

$$\text{Л: } G_{\text{дагрв}} = (1 + 0,01) \cdot 5 \cdot \frac{(65-55)}{(150-65)} = 0,59 \text{ т/год}$$

$$\text{МЗ: } Q_{\text{да}} = \frac{1,78}{3,6} \cdot 4,2 \cdot (150 - 65) \cdot 10^{-3} = 0,18 \text{ МВт}$$

$$\text{ТЗ: } Q_{\text{да}} = \frac{1,78}{3,6} \cdot 4,2 \cdot (150 - 65) \cdot 10^{-3} = 0,18 \text{ МВт}$$

$$\text{Л: } Q_{\text{да}} = \frac{0,59}{3,6} \cdot 4,2 \cdot (150 - 65) \cdot 10^{-3} = 0,06 \text{ МВт}$$

2.3.9. Визначаємо витрату води з деаератора:

$$G_{\text{да}} = (1 - \alpha_{\text{вип}}) \cdot G_{\text{дапідж}} + G_{\text{дагрв}}$$

$$\text{МЗ: } G_{\text{да}} = (1 - 0,01) \cdot 15 + 1,78 = 16,63 \text{ т/год}$$

$$\text{ТЗ: } G_{\text{да}} = (1 - 0,01) \cdot 15 + 1,78 = 16,63 \text{ т/год}$$

$$\text{Л: } G_{\text{да}} = (1 - 0,01) \cdot 5 + 0,59 = 5,54 \text{ т/год}$$

2.3.10. Визначаємо витрату хімічищеної води, що надходить в деаератор:

$$G_{\text{хов}} = (1 + \alpha_{\text{вип}}) \cdot G_{\text{дапідж}}$$

$$\text{МЗ: } G_{\text{хов}} = (1 + 0,01) \cdot 15 = 15,15 \text{ т/год}$$

$$\text{ТЗ: } G_{\text{хов}} = (1 + 0,01) \cdot 15 = 15,15 \text{ т/год}$$

$$\text{Л: } G_{\text{хов}} = (1 + 0,01) \cdot 5 = 5,05 \text{ т/год}$$

2.3.11. Визначаємо витрату сирії води для підживлення:

$$G_{\text{св}} = K_{\text{хво}} \cdot G_{\text{хов}}$$

$$\text{МЗ: } G_{\text{св}} = 1,1 \cdot 15,15 = 16,67 \text{ т/год}$$

$$\text{ТЗ: } G_{\text{св}} = 1,1 \cdot 15,15 = 16,67 \text{ т/год}$$

$$\text{Л: } G_{\text{св}} = 1,1 \cdot 5,05 = 5,56 \text{ т/год}$$

2.3.12. Визначаємо теплову потужність підігрівника сирії води (ПСВ) та витрату грійної води на ПСВ:

$$Q_{\text{ПСВ}} = \frac{G_{\text{св}}}{3,6} \cdot 4,2 \cdot (t_{\text{св}} - t_{\text{св}}) \cdot 10^{-3}$$

|      |      |          |        |      |                             |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР 000.144.004.003.2022. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                             | 37   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                             |      |

$$G_{\text{ПВСВ}}_{\text{гр.в}} = \frac{Q_{\text{ПВСВ}} \cdot 3,6 \cdot 10^3}{4,2 \cdot (t_{\text{гоа}} - t_{\text{тоа}})}$$

$$\text{МЗ: } Q_{\text{ПВСВ}} = \frac{16,67}{3,6} \cdot 4,2 \cdot (20 - 5) \cdot 10^{-3} = 0,29 \text{ МВт}$$

$$\text{ТЗ: } Q_{\text{ПВСВ}} = \frac{16,67}{3,6} \cdot 4,2 \cdot (20 - 5) \cdot 10^{-3} = 0,29 \text{ МВт}$$

$$\text{Л: } Q_{\text{ПВСВ}} = \frac{5,56}{3,6} \cdot 4,2 \cdot (20 - 15) \cdot 10^{-3} = 0,03 \text{ МВт}$$

$$\text{МЗ: } G_{\text{ПВСВ}}_{\text{гр.в}} = \frac{0,29 \cdot 3,6 \cdot 10^3}{4,2 \cdot (150 - 65)} = 2,92 \text{ т/год}$$

$$\text{ТЗ: } G_{\text{ПВСВ}}_{\text{гр.в}} = \frac{0,29 \cdot 3,6 \cdot 10^3}{4,2 \cdot (150 - 65)} = 2,92 \text{ т/год}$$

$$\text{Л: } G_{\text{ПВСВ}}_{\text{гр.в}} = \frac{0,03 \cdot 3,6 \cdot 10^3}{4,2 \cdot (150 - 65)} = 0,3 \text{ т/год}$$

2.3.13. Визначаємо теплову потужність підігрівника хімоочищеної води (ПХВ) та витрату грійної води на ПХВ:

$$Q_{\text{ПХВ}} = \frac{G_{\text{ХОВ}}}{3,6} \cdot 4,2 \cdot (t_{\text{хов}} - t_{\text{хов}}) \cdot 10^{-3}$$

$$G_{\text{ПХВ}}_{\text{гр.в}} = \frac{Q_{\text{ПХВ}} \cdot 3,6 \cdot 10^3}{4,2 \cdot (t_{\text{гоа}} - t_{\text{тоа}})}$$

$$\text{МЗ: } Q_{\text{ПХВ}} = \frac{15,15}{3,6} \cdot 4,2 \cdot (55 - 20) \cdot 10^{-3} = 0,62 \text{ МВт}$$

$$\text{ТЗ: } Q_{\text{ПХВ}} = \frac{15,15}{3,6} \cdot 4,2 \cdot (55 - 20) \cdot 10^{-3} = 0,62 \text{ МВт}$$

$$\text{Л: } Q_{\text{ПХВ}} = \frac{5,05}{3,6} \cdot 4,2 \cdot (55 - 20) \cdot 10^{-3} = 0,21 \text{ МВт}$$

$$\text{МЗ: } G_{\text{ПХВ}}_{\text{гр.в}} = \frac{0,62 \cdot 3,6 \cdot 10^3}{4,2 \cdot (150 - 65)} = 6,25 \text{ т/год}$$

$$\text{ТЗ: } G_{\text{ПХВ}}_{\text{гр.в}} = \frac{0,62 \cdot 3,6 \cdot 10^3}{4,2 \cdot (150 - 65)} = 6,25 \text{ т/год}$$

$$\text{Л: } G_{\text{ПХВ}}_{\text{гр.в}} = \frac{0,21 \cdot 3,6 \cdot 10^3}{4,2 \cdot (150 - 65)} = 2,12 \text{ т/год}$$

2.3.14. Визначаємо витрату технологічної води на ПТВ, теплову потужність ПТВ та витрату грійної води на ПТВ:

$$G_{\text{техн}_B} = \frac{Q_{\text{пп}} \cdot 3,6 \cdot 10^3}{4,2 \cdot t_{\text{техн}_B}}$$

$$Q_{\text{ПТВ}} = \frac{G_{\text{техн}_B}}{3,6} \cdot 4,2 \cdot (t_{\text{техн}_B} - t_{\text{техн}_B}) \cdot 10^{-3}$$

$$G_{\text{ПТВ}}_{\text{гр.в}} = \frac{Q_{\text{ПТВ}} \cdot 3,6 \cdot 10^3}{4,2 \cdot (t_{\text{гоа}} - t_{\text{тоа}})}$$

$$\text{МЗ: } G_{\text{техн}_B} = \frac{12 \cdot 3,6 \cdot 10^3}{4,2 \cdot 95} = 108,27 \text{ т/год}$$

$$\text{ТЗ: } G_{\text{техн}_B} = \frac{12 \cdot 3,6 \cdot 10^3}{4,2 \cdot 95} = 108,27 \text{ т/год}$$

|      |      |          |        |      |                             |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР 000.144.004.003.2022. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                             | 38   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                             |      |

$$Л: G_{\text{техн}_B} = \frac{12 \cdot 3,6 \cdot 10^3}{4,2 \cdot 95} = 108,27 \text{ т/год}$$

$$МЗ: Q_{\text{ПТВ}} = \frac{108,27}{3,6} \cdot 4,2 \cdot (95 - 5) \cdot 10^{-3} = 11,37 \text{ МВт}$$

$$ТЗ: Q_{\text{ПТВ}} = \frac{108,27}{3,6} \cdot 4,2 \cdot (95 - 5) \cdot 10^{-3} = 11,37 \text{ МВт}$$

$$Л: Q_{\text{ПТВ}} = \frac{108,27}{3,6} \cdot 4,2 \cdot (95 - 15) \cdot 10^{-3} = 10,11 \text{ МВт}$$

$$МЗ: G_{\text{ПТВ}_{\text{гр.в}}} = \frac{11,37 \cdot 3,6 \cdot 10^3}{4,2 \cdot (150 - 65)} = 114,66 \text{ т/год}$$

$$ТЗ: G_{\text{ПТВ}_{\text{гр.в}}} = \frac{11,37 \cdot 3,6 \cdot 10^3}{4,2 \cdot (150 - 65)} = 114,66 \text{ т/год}$$

$$Л: G_{\text{ПТВ}_{\text{гр.в}}} = \frac{10,11 \cdot 3,6 \cdot 10^3}{4,2 \cdot (150 - 65)} = 101,95 \text{ т/год}$$

2.3.15. Визначаємо сумарну витрату грійної води з базового котла на внутрішнє споживання котельні:

$$\Sigma G_{\text{вн}_{\text{гр.в}}} = G_{\text{ПТВ}_{\text{гр.в}}} + G_{\text{ПХВ}_{\text{гр.в}}} + G_{\text{ПСВ}_{\text{гр.в}}} + G_{\text{да}_{\text{гр.в}}}$$

$$МЗ: \Sigma G_{\text{вн}_{\text{гр.в}}} = 114,66 + 6,25 + 2,92 + 1,78 = 125,61 \text{ т/год}$$

$$ТЗ: \Sigma G_{\text{вн}_{\text{гр.в}}} = 114,66 + 6,25 + 2,92 + 1,78 = 125,61 \text{ т/год}$$

$$Л: \Sigma G_{\text{вн}_{\text{гр.в}}} = 101,95 + 2,12 + 0,3 + 0,59 = 104,96 \text{ т/год}$$

2.3.16. Визначаємо температуру зворотної води на вході мережних насосів (після змішування всіх потоків води):

$$t_{\text{звор}} = \frac{(G_2 \cdot t_2 + G_{\text{ПТВ}_{\text{гр.в}}} \cdot t_{\text{тоа}} + G_{\text{ПХВ}_{\text{гр.в}}} \cdot t_{\text{тоа}} + G_{\text{ПСВ}_{\text{гр.в}}} \cdot t_{\text{тоа}} + G_{\text{да}} \cdot t_{\text{да}})}{(G_2 + G_{\text{ПТВ}_{\text{гр.в}}} + G_{\text{ПХВ}_{\text{гр.в}}} + G_{\text{ПСВ}_{\text{гр.в}}} + G_{\text{да}})}$$

$$МЗ: t_{\text{звор}} = \frac{(52,75 \cdot 50,82 + 114,66 \cdot 65 + 6,25 \cdot 65 + 2,92 \cdot 65 + 16,63 \cdot 65)}{(52,75 + 114,66 + 6,25 + 2,92 + 16,63)} = 61,13 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$ТЗ: t_{\text{звор}} = \frac{(71,69 \cdot 32,69 + 114,66 \cdot 65 + 6,25 \cdot 65 + 2,92 \cdot 65 + 16,63 \cdot 65)}{(71,69 + 114,66 + 6,25 + 2,92 + 16,63)} = 54,08 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$Л: t_{\text{звор}} = \frac{(5,08 \cdot 30 + 101,95 \cdot 65 + 2,12 \cdot 65 + 0,3 \cdot 65 + 5,54 \cdot 65)}{(5,08 + 101,95 + 2,12 + 0,3 + 5,54)} = 63,45 \text{ } ^\circ\text{C}$$

2.3.17. Визначаємо загальну теплову потужність котельні з виробленої теплоти з урахуванням теплоти, внесеної водою підживлення:

$$\Sigma Q_{\text{кот}} = \Sigma Q_{\text{жр}} + Q_{\text{ПТВ}} + Q_{\text{ПХВ}} + Q_{\text{ПСВ}} + Q_{\text{да}} - \left( \frac{G_{\text{да}_{\text{підж}}}}{3,6} \right) \cdot 4,2 \cdot t_{\text{св}} \cdot 10^{-3}$$

$$МЗ: \Sigma Q_{\text{кот}} = 6,35 + 11,37 + 0,62 + 0,29 + 0,18 - \left( \frac{15}{3,6} \right) \cdot 4,2 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 18,72 \text{ МВт}$$

$$ТЗ: \Sigma Q_{\text{кот}} = 2,91 + 11,37 + 0,62 + 0,29 + 0,18 - \left( \frac{15}{3,6} \right) \cdot 4,2 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 15,28 \text{ МВт}$$

$$Л: \Sigma Q_{\text{кот}} = 0,49 + 10,11 + 0,21 + 0,03 + 0,06 - \left( \frac{15}{3,6} \right) \cdot 4,2 \cdot 15 \cdot 10^{-3} = 10,81 \text{ МВт}$$

| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |
|------|------|----------|--------|------|
|      |      |          |        |      |

2.3.18. Встановлюємо типорозмір встановлюваних в котельні водогрійних котлів:

ТИП: КВ-ГМ- 10

номінальна теплова потужність:  $Q_{ВК_{НОМ}} = 11,6$  МВт

номінальна витрата води:  $G_{ВК_{НОМ}} = 123,5$  т/год

ККД котла:  $\eta_{ВК_{НОМ}} = 92$  %

температура води на виході:  $t''_{ВК_{НОМ}} = 150$  °С

температура води на вході:  $t'_{ВК_{НОМ}} = 70$  °С

2.3.19. Визначаємо число встановлених в котельні водогрійних котлів:

$$N_{ВК_{ВСТ}} = \frac{\Sigma Q_{КОТ}}{Q_{ВК_{НОМ}}}$$

МЗ:  $N_{ВК_{ВСТ}} = \frac{18,72}{11,6} = 1,61$  шт      приймаємо 2 котли

ТЗ:  $N_{ВК_{ВСТ}} = \frac{15,28}{11,6} = 1,32$  шт      приймаємо 2 котли

Л:  $N_{ВК_{ВСТ}} = \frac{10,81}{11,6} = 0,93$  шт      приймаємо 1 котел

2.3.20. Визначаємо кількість котлів, що будуть в експлуатації протягом року в базовому режимі:

МЗ:  $N_{ВК_б} = 1$  шт

ТЗ:  $N_{ВК_б} = 1$  шт

Л:  $N_{ВК_б} = 1$  шт

2.3.21. Визначаємо число котлів, що працюють в змінному режимі:

$$N_{ВК_з} = N_{ВК_{ВСТ}} - N_{ВК_б}$$

МЗ:  $N_{ВК_з} = 2 - 1 = 1$  шт

ТЗ:  $N_{ВК_з} = 2 - 1 = 1$  шт

Л:  $N_{ВК_з} = 1 - 1 = 0$  шт

2.3.22. Визначаємо число котлів, що знаходяться в експлуатації в кожному з трьох розрахункових режимів:

$$N_{ВК_р} = N_{ВК_б} + N_{ВК_з}$$

МЗ:  $N_{ВК_р} = 1 + 1 = 2$  шт

ТЗ:  $N_{ВК_р} = 1 + 1 = 2$  шт

Л:  $N_{ВК_р} = 1 + 0 = 1$  шт

2.3.23. Визначаємо експлуатаційні параметри роботи базового водогрійного котла для всіх режимів:

|      |      |          |        |      |                             |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР 000.144.004.003.2022. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                             | 40   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                             |      |

у разі експлуатації в котельні двох і більше котлоагрегатів:

$$\begin{aligned}Q_{ВК_6} &= Q_{ВК_{НОМ}} \\t''_{ВК_6} &= t''_{ВК_{НОМ}} \\t'_{ВК_6} &= t'_{ВК_{НОМ}} \\G_{ВК_6} &= G_{ВК_{НОМ}}\end{aligned}$$

у разі експлуатації в котельні одного котлоагрегату:

$$\begin{aligned}Q_{ВК_6} &= \Sigma Q_{КОТ} \\t''_{ВК_6} &= t''_{ВК_{НОМ}} \\t'_{ВК_6} &= t'_{ВК_{НОМ}} \\G_{ВК_6} &= \frac{\Sigma Q_{КОТ} \cdot 3,6 \cdot 10^3}{4,2 \cdot (t''_{ВК_6} - t'_{ВК_6})}\end{aligned}$$

МЗ: (2 котла):

$$\begin{aligned}Q_{ВК_6} &= 11,6 \text{ МВт} \\t''_{ВК_6} &= 150 \text{ }^\circ\text{C} \\t'_{ВК_6} &= 70 \text{ }^\circ\text{C} \\G_{ВК_6} &= 123,5 \text{ т/год}\end{aligned}$$

ТЗ: (2 котла):

$$\begin{aligned}Q_{ВК_6} &= 11,6 \text{ МВт} \\t''_{ВК_6} &= 150 \text{ }^\circ\text{C} \\t'_{ВК_6} &= 70 \text{ }^\circ\text{C} \\G_{ВК_6} &= 123,5 \text{ т/год}\end{aligned}$$

Л: (1 котел):

$$\begin{aligned}Q_{ВК_6} &= 10,81 \text{ МВт} \\t''_{ВК_6} &= 150 \text{ }^\circ\text{C} \\t'_{ВК_6} &= 70 \text{ }^\circ\text{C} \\G_{ВК_6} &= \frac{10,81 \cdot 3,6 \cdot 10^3}{4,2 \cdot (150 - 70)} = 115,82 \text{ т/год}\end{aligned}$$

2.3.24. Визначаємо теплове навантаження водогрійних котлів, що несуть змінну складову теплового навантаження котельні:

$$\Sigma Q_{ВК_3} = \Sigma Q_{КОТ} - Q_{ВК_6}$$

$$\text{МЗ: } \Sigma Q_{ВК_3} = 18,72 - 11,6 = 7,12 \text{ МВт}$$

$$\text{ТЗ: } \Sigma Q_{ВК_3} = 15,28 - 11,6 = 3,68 \text{ МВт}$$

$$\text{Л: } \Sigma Q_{ВК_3} = 10,81 - 10,81 = 0 \text{ МВт}$$

|      |      |          |        |      |                             |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР 000.144.004.003.2022. ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                             | 41   |

2.3.25. Визначаємо теплове навантаження кожного котла, що несе змінну складову теплового навантаження:

$$Q_{ВК_3} = \frac{\Sigma Q_{ВК_3}}{N_{ВК_3}}$$

МЗ:  $Q_{ВК_3} = \frac{7,12}{1} = 7,12$  МВт

ТЗ:  $Q_{ВК_3} = \frac{3,68}{1} = 3,68$  МВт

Л:  $Q_{ВК_3} = 0$  МВт (за відсутності такого котла)

2.3.26. Визначаємо витрату води через кожний котел, що експлуатується зі "змінним" тепловим навантаженням та температурним режимом:

для МЗ режиму (зменшений проти номінального, враховуючи номінальний температурний режимі зменшене теплове навантаження):

$$G_{ВК_3} = \frac{Q_{ВК_3} \cdot 3,6 \cdot 10^3}{4,2 \cdot (t_{ВК_{НОМ}} - t_{ВК_{НОМ}})}$$

для ТЗ режиму (враховуючи доцільність номінального пропуску води через котли):

$$G_{ВК_3} = G_{ВК_{НОМ}}$$

але, згідно рекомендації в п.2.1.8. допускається зменшення пропуску води через котли у разі необхідності вироблення менше за номінальне теплове навантаження за умови роботи в номінальному температурному режимі

для Л режиму (за відсутності такого котла):

$$G_{ВК_3} = 0$$

МЗ:  $G_{ВК_3} = \frac{7,12 \cdot 3,6 \cdot 10^3}{4,2 \cdot (150 - 70)} = 76,29$  т/год

ТЗ:  $G_{ВК_3} = 100$  т/год

Л:  $G_{ВК_3} = 0$  т/год

2.3.27. Визначаємо сумарну подачу води на котли, що знаходяться в експлуатації:

$$\Sigma G_{ВК} = G_{ВК_6} + N_{ВК_3} \cdot G_{ВК_3}$$

МЗ:  $\Sigma G_{ВК} = 123,5 + 1 \cdot 76,29 = 199,79$  т/год

ТЗ:  $\Sigma G_{ВК} = 123,5 + 1 \cdot 100 = 223,5$  т/год

Л:  $\Sigma G_{ВК} = 115,82 + 0 \cdot 0 = 115,82$  т/год

2.3.28. Визначаємо температуру води на виході з котлів, що несуть змінну складову теплового навантаження котельні:

$$t_{ВК_3} = t_{ВК} + \frac{Q_{ВК_3} \cdot 10^3 \cdot 3,6}{4,2 \cdot G_{ВК_3}}$$

|      |      |          |        |      |                             |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР 000.144.004.003.2022. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                             | 42   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                             |      |

$$МЗ: t''_{BK_3} = 70 + \frac{7,12 \cdot 10^3 \cdot 3,6}{4,2 \cdot 76,29} = 150 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$ТЗ: t''_{BK_3} = 70 + \frac{3,68 \cdot 10^3 \cdot 3,6}{4,2 \cdot 100} = 101,54 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$Л: t''_{BK_3} = 0 \text{ } ^\circ\text{C}$$

2.3.29. Визначаємо витрату води в рециркуляційному трубопроводі:

$$G_{рец} = \Sigma G_{BK} \cdot \frac{(t''_{BK} - t_{звор})}{(t''_{BK_6} - t_{звор})}$$

$$МЗ: G_{рец} = 199,79 \cdot \frac{(70 - 61,13)}{(150 - 61,13)} = 19,94 \text{ т/год}$$

$$ТЗ: G_{рец} = 223,5 \cdot \frac{(70 - 54,08)}{(150 - 54,08)} = 37,09 \text{ т/год}$$

$$Л: G_{рец} = 115,82 \cdot \frac{(70 - 63,45)}{(150 - 63,45)} = 8,77 \text{ т/год}$$

2.3.30. Визначаємо середню вагову температуру води на виході з усіх водогрійних котлів, що знаходяться в експлуатації:

$$t_{BK\Sigma} = \frac{(G_{BK_6} - \Sigma G_{BH_{ГРВ}} - G_{рец}) \cdot t''_{BK_6} + N_{BK_3} \cdot G_{BK_3} \cdot t''_{BK_3}}{(G_{BK_6} - \Sigma G_{BH_{ГРВ}} - G_{рец} + N_{BK_3} \cdot G_{BK_3})}$$

$$МЗ: t_{BK\Sigma} = \frac{(123,5 - 125,61 - 19,94) \cdot 150 + 1 \cdot 84,21 \cdot 150}{(123,5 - 125,61 - 19,94 + 1 \cdot 84,21)} = 150 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$ТЗ: t_{BK\Sigma} = \frac{(123,5 - 125,61 - 37,09) \cdot 150 + 1 \cdot 100 \cdot 101,54}{(123,5 - 125,61 - 37,09 + 1 \cdot 100)} = 70,3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$Л: t_{BK\Sigma} = 150 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (\text{за регламентом})$$

2.3.31. Визначаємо витрату зворотної води через регулюючий клапан в трубопроводі перепуску зворотної води в пряму магістраль (так званий перепуск):

$$G_{пер} = G_1 \cdot \frac{(t_{BK\Sigma} - \tau_1)}{(t_{BK\Sigma} - t_{звор})}$$

$$МЗ: G_{пер} = 67,75 \cdot \frac{(150 - 140)}{(150 - 61,13)} = 7,62 \text{ т/год}$$

$$ТЗ: G_{пер} = 86,69 \cdot \frac{(70,3 - 70)}{(70,3 - 54,08)} = 1,6 \text{ т/год}$$

$$Л: G_{пер} = 10,08 \cdot \frac{(150 - 70)}{(150 - 63,45)} = 9,32 \text{ т/год}$$

2.3.32. Визначаємо похибку балансових розрахунків водогрійної котельні:

$$\Delta G = \frac{(\Sigma G_{BK} - G_2 - \Sigma G_{BH_{ГРВ}} + G_{пер} - G_{рец}) \cdot 100}{\Sigma G_{BK}}$$

$$МЗ: \Delta G = \frac{(199,79 - 52,75 - 125,61 + 7,62 - 19,92) \cdot 100}{199,79} = 4,56 \text{ } \%$$

$$ТЗ: \Delta G = \frac{(223,5 - 71,69 - 125,61 + 1,6 - 37,09) \cdot 100}{223,5} = -4,16 \text{ } \%$$

$$Л: \Delta G = \frac{(115,82 - 5,08 - 104,96 + 9,32 - 8,77) \cdot 100}{115,82} = 5,47 \text{ } \%$$

Висновок: Результати розрахунку теплової схеми котельні з водогрійними котлами виконані з прийнятною точністю (похибка не повинна більше 8 % по кожному режиму).

|      |      |          |        |      |                             |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР 000.144.004.003.2022. ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                             | 43   |

## 2.4. ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ КОТЕЛЬНІ З ВОДОГРІЙНИМИ КОТЛАМИ

2.4.1. Визначаємо годинну витрату природного газу в котельні:

- нижча теплота згоряння палива:  $Q_{н\_роб} = 3,36 \cdot 10^4$  кДж/нм<sup>3</sup>
- експлуатаційний ККД котельні:  $\eta_{кот} = 0,91$  %

$$V_{кот} = \frac{1,01 \cdot \Sigma Q_{кот} \cdot 10^3 \cdot 3,6}{\eta_{кот} \cdot Q_{н\_роб}}$$

МЗ:  $V_{кот} = \frac{1,01 \cdot 18,72 \cdot 10^3 \cdot 3,6}{0,91 \cdot 33600} = 2,23$  тисм<sup>3</sup>/год

ТЗ:  $V_{кот} = \frac{1,01 \cdot 15,28 \cdot 10^3 \cdot 3,6}{0,91 \cdot 33600} = 1,82$  тисм<sup>3</sup>/год

Л:  $V_{кот} = \frac{1,01 \cdot 10,81 \cdot 10^3 \cdot 3,6}{0,91 \cdot 33600} = 1,29$  тисм<sup>3</sup>/год

2.4.2. Визначаємо сумарну паспортну електричну потужність, що споживає електричне обладнання власних потреб котельні:

встановлена потужність робочих насосів рециркуляції:  $W_{рец} = 8$  кВт

встановлена потужність робочих мережних насосів:  $W_{тм} = 30$  кВт

встановлена потужність робочих насосів підживлення тепломережі:  $W_{підж} = 4$  кВт

встановлена потужність робочих насосів сирі води:  $W_{св} = 4$  кВт

встановлена потужність робочих насосів хімоочищеної води:  $W_{хв} = 4$  кВт

встановлена потужність робочих вакуумних насосів:  $W_{вак} = 2,2$  кВт

встановлена потужність робочих насосів технологічної води:  $W_{тв} = 30$  кВт

встановлена потужність робочих дутьових вентиляторів:  $\Sigma W_{вд} = 28$  кВт

встановлена потужність робочих димососів:  $\Sigma W_{д} = 42$  кВт

встановлена електрична потужність приладів освітлення:  $\Sigma W_{осв} = 4,8$  кВт

$$\Sigma W_{кот\_влл} = W_{рец} + W_{тм} + W_{підж} + W_{св} + W_{хв} + W_{вак} + W_{тв} + \Sigma W_{вд} + \Sigma W_{д} + \Sigma W_{осв}$$

$$\Sigma W_{кот\_влл} = 8 + 30 + 4 + 4 + 4 + 2,2 + 30 + 28 + 42 + 4,8 = 157 \text{ кВт}$$

2.4.3. Визначаємо годинну, добову та річну потребу електричної енергії для власних потреб котельні:

середньо годинний експлуатаційний коефіцієнт завантаження споживачів електроенергії котельні (0,8-0,9):  $K_{т\_год} = 0,9$

$$W_{влл\_год} = \Sigma W_{кот\_влл} \cdot 1 \cdot K_{т\_год} = 157 \cdot 1 \cdot 0,9 = 141,3 \text{ кВт} \cdot \text{год/год}$$

|      |      |          |        |      |                             |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР 000.144.004.003.2022. ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                             | 44   |

середньодобовий експлуатаційний коефіцієнт завантаження споживачів електроенергії котельні (0,7-0,8):  $K_{T\_доб} = 0,8$

$$W_{ВЛП\_доб} = \Sigma W_{кот\_вЛП} \cdot 24 \cdot K_{T\_доб} = 157 \cdot 24 \cdot 0,8 = 2640 \text{ кВт} \cdot \text{год/год}$$

середньорічний експлуатаційний коефіцієнт завантаження споживачів електроенергії котельні (0,6-0,7):  $K_{T\_рік} = 0,7$

$$W_{ВЛП\_рік} = \Sigma W_{кот\_вЛП} \cdot 8760 \cdot K_{T\_рік} = 157 \cdot 8760 \cdot 0,7 = 963000 \text{ кВт} \cdot \text{год/год}$$

2.4.4. Визначаємо для МЗ режиму середньо годинні питомі витрати природного газу та умовного палива в котельній з відпущеної теплової енергії:

$$b_{T\_відп\_газ} = \frac{W_{кот} \cdot 10^3}{\Sigma Q_{жр} + Q_{пп}} = \frac{2,23 \cdot 10^3}{6,35 + 12} = 121,53 \text{ м}^3/\text{МВт}$$

$$b_{T\_відп\_уп} = \frac{1,15 \cdot W_{кот} \cdot 10^3}{\Sigma Q_{жр} + Q_{пп}} = \frac{1,15 \cdot 2,23 \cdot 10^3}{6,35 + 12} = 139,75 \text{ кгуп/МВт}$$

2.4.5. Визначаємо для МЗ режиму проектну середньодобову витрату електричної енергії на відпущеної від котельні теплової енергії:

$$e_{е\_доб} = \frac{W_{ВЛП\_доб}}{\Sigma Q_{жр} \cdot 24} = \frac{2640}{18,35 \cdot 24} = 5,99 \text{ кВт/МВт}$$

2.4.6. Визначаємо середньодобову собівартість теплової енергії, відпущеної від котельні:

закупівельна ціна природного газу з урахуванням ПДВ та витрат на транспортування:

$$Ц_{пал} = 39540 \text{ грн}/1000\text{м}^3$$

закупівельна ціна електричної енергії з урахуванням ПДВ та витрат на транспортування:

$$Ц_{е} = 3,92 \text{ грн/кВт} \cdot \text{год}$$

експлуатаційна складова собівартості теплоти, що відпускається (20...50):

$$C_{q\_експл} = 20 \text{ грн/МВт}$$

$$C_{q\_доб} = \frac{b_{T\_відп\_уп}}{1,15} \cdot Ц_{пал} \cdot 10^{-3} + e_{е\_доб} \cdot Ц_{е} + C_{q\_експл} \quad C_{q\_доб} = \frac{139,75}{1,15} \cdot 39540 \cdot 10^{-3} + 5,99 \cdot 3,92 + 20 = 4860 \text{ грн/МВт}$$

2.4.7. Формуємо висновок щодо енергоефективності проектної котельні:

Проект водогрійної котельні за своїми показниками енергетичної та економічної ефективності, відповідає середньогалузевому рівню українських котельнь комунальної енергетики і може бути прийнятим до реалізації.

2.4.8. Основні результати розрахунків наводимо в таблиці 3.

|      |      |          |        |      |                             |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР 000.144.004.003.2022. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                             | 45   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                             |      |

Таблиця 3. Результати розрахунку теплової схеми котельні з водогрійними котлами.

| № п.п | Назва параметра  | Ум. позн.      | Од. вим.   | Характерні режими експлуатації |       |         | Джерело інформації |
|-------|--|----------------|------------|--------------------------------|-------|---------|--------------------|
|       |  |                |            | МЗ                             | ТЗ    | Л       |                    |
| 1     | 2  | 3              | 4          | 5                              | 6     | 7       | 8                  |
| 1     | Температура зовнішнього повітря  | tзовн          | °С         | -21                            | 3     | 15...30 | Табл. 1            |
| 2     | Сумарне теплове навантаження житлового району                          | ΣQжр           | МВт        | 6,35                           | 2,91  | 0,49    | Форм. 2.1          |
| 3     | Теплове навантаження промислового підприємства                         | Qпп            | МВт        | 12                             | 12    | 12      | Табл. 1            |
| 4     | Сумарне теплове навантаження житлово промислового району               | ΣQжпр          | МВт        | 18,35                          | 14,91 | 12,49   |                    |
| 5     | Сумарне теплове навантаження котельні                                  | ΣQкот          | МВт        | 18,72                          | 15,28 | 10,81   | Форм. 2.17         |
| 6     | Температура води в прямій магістралі на виході з котельні              | τ <sub>1</sub> | °С         | 140                            | 70    | 70      | Табл. 1            |
| 7     | Температура води в зворотній магістралі на вході в котельні            | τ <sub>2</sub> | °С         | 50,82                          | 32,69 | 30      | Табл. 1            |
| 8     | Температура води в зворотній магістралі на вході в мережні насоси      | tзвор          | °С         | 60,71                          | 53,27 | 63,52   | Форм. 2.12         |
| 9     | Витрата води в прямій магістралі на виході з котельні                  | G1             | т/ год     | 67,75                          | 86,69 | 10,08   | Табл. 1            |
| 10    | Убуток води в тепломережі  | Gубут          | т/ год     | 15                             | 15    | 5       | Табл. 1            |
| 11    | Витрата води в зворотній магістралі на вході в котельню                | G2             | т/ год     | 52,75                          | 71,69 | 5,08    | Табл. 1            |
| 12    | Витрата води в напірному трубопроводі мережних насосів                 | ΣGвк           | т/ год     | 199,79                         | 223,5 | 115,82  | Форм. 2.27         |
| 13    | Витрата води в трубопроводі рециркуляції котлів                        | Gрец           | т/ год     | 19,94                          | 37,09 | 8,77    | Форм. 2.29         |
| 14    | Витрата води в трубопроводі  | Gпер           | т/ год     | 7,62                           | 1,6   | 9,32    | Форм. 2.31         |
| 15    | Число встановлених водогрійних   | Nвк_вст        | од         | 2                              | 2     | 2       | Форм. 2.18         |
| 16    | Число котлів, що знаходяться в   | Nвк_р          | од         | 2                              | 2     | 1       | Форм. 2.21         |
| 17    | Число котлів, що експлуатуються в базовому номінальному режимі         | Nвк_б          | од         | 1                              | 1     | 1       | Форм. 2.19         |
| 18    | Число котлів, що експлуатуються в режимі змінного навантаження         | Nвк_з          | од         | 1                              | 1     | 0       | Форм. 2.20         |
| 19    | Годинна витрата природного газу в к                                    | Vкот           | тис.м3/год | 2,23                           | 1,82  | 1,29    | Форм. 2.33         |
| 20    | Питома витрата природного газу на відпущену від котельні тепл. енергію | bт_відп_газ    | м3/МВт     | 121,53                         |       |         | Форм. 2.38         |
| 21    | Питома витрата умовного палива на відпущену від котельні тепл. енергію | bт_відп_уп     | кг уп/МВт  | 139,75                         |       |         | Форм. 2.39         |
| 22    | Сумарна встановлена потужність споживачів електроенергії котельні      | ΣWкот_влп      | кВт        | 159                            |       |         | Форм. 2.34         |
| 23    | Добова питома витрата електроенергії на з відпущеної                   | e_ее_доб       | кВт/МВт    | 5,99                           |       |         | Форм. 2.40         |
| 24    | Вартість природного газу   | Цпал           | грн/тис.м3 | 39540                          | 39540 | 39540   | Ринок пал.         |
| 25    | Вартість електроенергії  | Цее            | грн/кВтгод | 3,92                           | 3,92  | 3,92    | Ринок пал.         |
| 26    | Собівартість теплоти, що відпущена з                                   | Cq_доб         | грн/МВт    | 4860                           |       |         | Форм. 2.41         |

|      |      |          |        |      |
|------|------|----------|--------|------|
|      |      |          |        |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

КР 000.144.004.003.2022. ПЗ

Арк.

46

## 2.5. ВИБІР ОБЛАДНАННЯ КОТЕЛЬНОЇ З ВОДОГРІЙНИМИ КОТЛАМИ

### 2.5.1. Вибір водогрійних котлів:

сумарне теплове навантаження котельні:  $\Sigma Q_{\text{кот}} = 18,72 \text{ МВт}$

ТИП: КВ-ГМ - 10 2 шт.

номінальна теплова потужність:  $Q_{\text{ВК}_{\text{НОМ}}} = 11,6 \text{ МВт}$

номінальна витрата води:  $G_{\text{ВК}_{\text{НОМ}}} = 123,5 \text{ т/год}$

ККД котла:  $\eta_{\text{ВК}_{\text{НОМ}}} = 92 \%$

температура води на виході:  $t''_{\text{ВК}_{\text{НОМ}}} = 150 \text{ }^\circ\text{C}$

температура води на вході:  $t'_{\text{ВК}_{\text{НОМ}}} = 70 \text{ }^\circ\text{C}$

гідравлічний опір котла:  $\Delta P_{\text{ВК}_{\text{НОМ}}} = 0,15 \text{ МПа}$

номінальна витрата палива:  $V_{\text{ВК}_{\text{НОМ}}} = 1,26 \text{ тисм}^3/\text{год}$

### 2.5.2. Вибір рециркуляційних насосів:

Максимальне значення пропуску води через трубопровід рециркуляції в ТЗ режимі:

$G_{\text{рец}} = 37,09 \text{ т/год}$

ТИП: НКУ-452 шт. 1 робочий і 1 резервний

номінальна подача насоса:  $Q = 45 \text{ м}^3/\text{год}$

номінальний напір насоса:  $H = 38 \text{ мм в ст}$

номінальна потужність насоса:  $P = 8 \text{ кВт}$

### 2.5.3. Вибір мережних насосів:

Максимальне значення пропуску води через мережний трубопровід в ТЗ режимі:  $G_1 = 86,69 \text{ т/год}$

ТИП: КМ-100-65-200 2 шт. 1 робочий і 1 резервний

номінальна подача насоса:  $Q = 100 \text{ м}^3/\text{год}$

номінальний напір насоса:  $H = 50 \text{ мм в ст}$

номінальна потужність насоса:  $P = 30 \text{ кВт}$

### 2.5.4. Вибір насосів підживлення тепломережі:

Максимальне значення пропуску води через трубопровід підживлення в МЗ режимі:

$G_{\text{убут}} = 15 \text{ т/год}$

ТИП: К-20-30 2 шт. 1 робочий і 1 резервний

номінальна подача насоса:  $Q = 20 \text{ м}^3/\text{год}$

номінальний напір насоса:  $H = 30 \text{ мм в ст}$

номінальна потужність насоса:  $P = 2,2 \text{ кВт}$

### 2.5.5. Вибір насосів сирі води:

Максимальне значення пропуску води через трубопровід подачі сирі води в МЗ режимі:  $G_{\text{с. в.}} = 16,67 \text{ т/год}$

ТИП: К-20-30 2 шт. 1 робочий і 1 резервний

|      |      |          |        |      |                             |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР 000.144.004.003.2022. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                             | 47   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                             |      |

номінальна подача насоса:  $Q = 20 \text{ м}^3/\text{год}$   
номінальний напір насоса:  $H = 30 \text{ мм в ст}$   
номінальна потужність насоса:  $P = 2,2 \text{ кВт}$

2.5.6. Вибір насосів хімоочищеної води:

Максимальне значення пропуску води через трубопровід хімоочищеної води в МЗ режимі:  $G_{\text{убут}} = 15 \text{ т/год}$

ТИП: К-20-30 2 шт. 1 робочий і 1 резервний

номінальна подача насоса:  $Q = 20 \text{ м}^3/\text{год}$   
номінальний напір насоса:  $H = 30 \text{ мм в ст}$   
номінальна потужність насоса:  $P = 2,2 \text{ кВт}$

2.5.7. Вибір вакуумних насосів:

ТИП: ВВН-1-0,75 2 шт. 1 робочий і 1 резервний

номінальна потужність насоса:  $P = 2,2 \text{ кВт}$

2.5.8. Вибір насосів технологічної води:

витрата технологічної води на підприємство:  $G_{\text{тнхн}_в} = 108,27 \text{ т/год}$

ТИП: К-160-30 2 шт. 1 робочий і 1 резервний

номінальна подача насоса:  $Q = 160 \text{ м}^3/\text{год}$   
номінальний напір насоса:  $H = 30 \text{ мм в ст}$   
номінальна потужність насоса:  $P = 30 \text{ кВт}$

2.5.9. Вибір вентиляторів та димососів для водогрійних котлів:

Вентилятор: ВДН-9 - 2 шт.,  $P=14$   
кВт

Димосос: Д-11,2 - 2 шт.,  $P=20$  кВт

2.5.10. Вибір деаераторів водогрійної котельні:

ТИП: деаератор вакуумний ДВ-25 2 шт. 1 робочий і 1 резервний

2.5.11. Вибір підігрівників:

підігрівник ПСВ: ВВП 07-114х2000 1 шт.

довжина секції:  $l = 2000 \text{ мм}$

діаметр корпусу:  $D = 114 \text{ мм}$

число трубок:  $n = 19 \text{ шт.}$

поверхня нагріву:  $F = 1,79 \text{ м}^2$

витрата води:  $G = 21,05 \text{ т/год}$

|      |      |          |        |      |                             |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР 000.144.004.003.2022. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                             | 48   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                             |      |

підігрівник ПХВ: ВВП 07-114x2000 1 шт.  
довжина секції:  $l = 2000$  мм  
діаметр корпусу:  $D = 114$  мм  
число трубок:  $n = 19$  шт.  
поверхня нагріву:  $F = 1,79$  м<sup>2</sup>  
витрата води:  $G = 21,05$  т/год

підігрівник ПТВ: ВВП 13-273x2000 1 шт.  
довжина секції:  $l = 2000$  мм  
діаметр корпусу:  $D = 273$  мм  
число трубок:  $n = 109$  шт.  
поверхня нагріву:  $F = 10,28$  м<sup>2</sup>  
витрата води:  $G = 120,9$  т/год

|      |      |          |        |      |                             |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР 000.144.004.003.2022. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                             | 49   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                             |      |

## Розділ III. Охорона праці

В даному дипломному проекті розглядається розрахунок та проектування обладнання водогрійної котельні.

Впровадження нового більш вдосконаленого обладнання, з сучасною системою автоматизації та управління дозволить знизити рівень впливу шкідливих та небезпечних факторів на людину, підвищить ступінь безпеки експлуатація і обслуговування, що значно покращить умови праці в котельному залі.

При здійсненні проектування враховані вимогою охорони праці до організації та забезпечення здорових і безпечних умов праці на робочому місці оператора котельні.

### 3.1. Виробнича санітарія

При плануванні приміщення враховуються:

- санітарна характеристика обладнання та технологічних процесів;
- норма корисного простору на одного працівника ( $15\text{м}^3$ );
- нормативи площі розміщення обладнання ( $4,5\text{м}^2$ );
- висота виробничого приміщення не менше ( $4,8$ ) м.

Протяжність санітарно-гігієнічної зони даного підприємства (IV класу) складає –  $50$  м.

Для зручності обслуговування котлових апаратів змонтовані багатоярусні технологічні площадки, які починаються з висоти  $2,5$  м.

#### 3.1.1. Мікроклімат та чистота повітря виробничого середовища

Показниками мікроклімату є температура повітря, відносна вологість, швидкість руху повітря та атмосферний тиск.

Нормативний документ передбачає оптимальні і допустимі значення параметрів мікроклімату в залежності від періоду року (. Наприклад, у теплий період року (середньодобова температура зовнішнього середовища становить  $>10\text{ }^\circ\text{C}$ ), холодний (середньодобова температура зовнішнього середовища становить  $<10\text{ }^\circ\text{C}$ ) та категорії важкості виконуваних робіт.

Контроль та вимірювання параметрів мікроклімату виконується спеціальними приладами – термометрами (температура), психрометрами (вологість повітря).

Швидкість руху повітря вимірюється анемометром (крильчатий), межі вимірювання від  $0,3 - 5$  м/с, чашковий (індукційний) анемометр – межі вимірювання  $1 - 20$  м/с та кататермометрами – межі вимірювання  $0 - 0,5$  м/с.

Вміст шкідливих речовин в повітрі визначається гранично допустимими концентраціями (ГДК).

$\text{CH}_4$  ( $300\text{ мг/м}^3$ , клас небезпечності IV),  $\text{CO}$  ( $20\text{ мг/м}^3$ , клас небезпечності IV),  $\text{CO}_2$  (ГДК  $9000\text{ мг/м}^3$ , клас небезпечності IV), сполуки азота (ГДК  $5\text{ мг/м}^3$ , клас небезпечності II).

Концентрація шкідливих речовин у повітрі, газів і парів повинна визначатися для 1-го класу безпеки безперервно, для 2-го, 3-го, 4-го класу – періодично.

|           |      |                  |        |      |  |                         |       |         |
|-----------|------|------------------|--------|------|--|-------------------------|-------|---------|
|           |      |                  |        |      | КР 000.144.004.003.2022. ПЗ  |                         |       |         |
| Змн.      | Арк. | № докум.         | Підпис | Дата |  |                         |       |         |
| Розробив  |      | Марковський В.І. |        |      | Проект системи теплопостачання житлово -промислового району №1 в місті Кропивницький . | Літ.                    | Аркуш | Акрушів |
| Перевірів |      | Філоненко В.М.   |        |      |  |                         | 50    | 64      |
| Н.контр.  |      |                  |        |      |  | НУХТ                    |       |         |
| Т.контр.  |      |                  |        |      |  | Каф. ТЕХТ гр. ТЕ-4-13ск |       |         |
| Затвердив |      | Петренко В.П.    |        |      |  |                         |       |         |

Періодичність контролю вмісту шкідливих речовин складає:

- для 1-го класу небезпеки – 1 раз/10 днів;
- для 2-го класу небезпеки – 1 раз/місяць;
- для 3-го та 4-го класу небезпеки – 1 раз/квартал.

Методи визначення шкідливих речовин у повітрі:

1. Лабораторний (калориметричні, спектрофотометричні, хроматографічні).
2. Експрес (хімічні індикатори, універсальний газоаналізатор, УГ-1, УГ-2).
3. Автоматичні (стаціонарний газоаналізатор, газосигналізатор).

Для видалення надлишків теплоти та шкідливих газів в котельні застосовується загально-обмінна змішана припливно-витяжна вентиляція. Забирання забрудненого повітря здійснюється за допомогою аераційного ліхтаря, а подача свіжого – механічним вентилятором.

Оператор котлоагрегату, у разі необхідності, повинен бути забезпечений засобами індивідуального захисту (костюм бавовняний, рукавиці комбіновані, навушники протишумові, окуляри захисні із світлофільтрами, та протигазами).

### 3.1.2. Виробниче випромінювання

Джерелами теплового випромінювання є водогрійний котел, трубопроводи з гарячою водою. Ознаками перегрівання організму є підвищення температури, спрага, збільшення частоти дихань та пульсу, задишка, головний біль, запаморочення, сильне потовиділення.

Зниження інтенсивності теплового випромінювання досягається застосуванням екранів, теплоізоляції устаткування та гарячих поверхонь, а також індивідуальними засобами; збільшенням відстані між джерелом випромінювання та робочим місцем.

Нормальними умовами, що відповідають санітарно-гігієнічним нормам, вважають такі, за яких інтенсивність опромінення працівників інфрачервоними променями не перевищує:  $35 \text{ Вт/м}^2$  при опромінюванні більше 50 % тіла.

Інтенсивність інфрачервоного випромінювання вимірюється актинометрами, а спектральна інтенсивність випромінювання – інфрачервоними спектрографами типу ИКС-10, ИКС-12, ИКС-14.

### 3.1.3. Шум на виробництві

Робота котлових установок супроводжується шумом.

Класифікація шумів за походженням:

- механічні;
- аерогідродинамічні (вентилятори, насоси, компресори, системи транспортування);
- електричні (трансформатори тощо).

Класифікація шумів за частотою:

- низькочастотний (до 300 Гц);
- середньочастотний (300-800 Гц);
- високочастотний (більше 800 Гц).

Основними фізичними характеристиками звуку є: частота  $f$  (Гц), звуковий тиск  $P$  (Па), інтенсивність або сила звуку  $I$  ( $\text{Вт/м}^2$ ).

Порогові значення шуму при  $f=1000$  Гц складають: нижній поріг чутності ( $I_0 = 10^{-12} \text{ Вт/м}^2$ ;  $P_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Па}$ ), больовий поріг ( $I_6 = 10^2 \text{ Вт/м}^2$ ;  $P_6 = 60 \text{ Па}$ ).

|      |      |          |        |      |                             |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР 000.144.004.003.2022. ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                             | 51   |

Рівень шуму у виробничому цеху не повинен перевищувати 80 дБ.

*Технічні* засоби захисту від шкідливої дії шуму чутного діапазону передбачають використання трьох головних напрямків: боротьба з шумом в джерелі його утворення, шумопоглинання, та шумоізоляцією.

До заходів боротьби з аеродинамічним шумом відносяться зменшення швидкостей транспортування середовища, використання плавних заокруглень, глушників шуму в місцях забору і вихлопу повітря.

Для вимірювання рівня шуму використовують шумоміри Ш-71, ПИ-14 в комплекті з активними фільтрами. Рівень вимірювання шуму даними приладами становить 10-130 дБ в діапазоні 20 Гц – 16 кГц.

#### **4.4. Виробнича вібрація**

Під впливом інтенсивної вібрації в організмі людини відбуваються функціональні зміни у серцево-судинній системі та регуляторної функції центральної нервової системи. Вібрація викликає появу вібраційної хвороби, що може призвести до втрати працездатності.

Вібрацію поділяють на загальну (передається через опорні поверхні тіла людини) та локальну (передається через руки).

Основними характеристиками (параметрами) вібрації є частота гармонічного коливального руху (Гц), віброшвидкість (м/с) та віброприскорення (м/с<sup>2</sup>), рівень вібрації (дБ).

Порогові значення віброшвидкості становить  $v_0=5 \times 10^{-8}$  м/с, а віброприскорення становить  $a_0=3 \times 10^{-4}$  м/с<sup>2</sup>.

Загальна та локальна вібрації обмежуються допустимими значеннями віброшвидкості або логарифмічними рівнів віброшвидкості в октавних смугах із частотою 2-1000 Гц.

Для захисту від впливу виробничої вібрації застосовують наступні колективні методи: послаблення вібрації у джерелі утворення, вібропоглинання та віброізоляція.

Вібрація вимірюється віброметрами ВИП-4 та ВИП-2М та вібрографами ВР-1, ВР-2, в діапазоні 10 Гц – 1кГц, шкала приладів проградуєвана в дБ.

#### **4.5. Освітлення виробничих приміщень**

Основними вимогами охорони праці до освітленості виробничих приміщень є:

- 1) освітлення на робочому місці має відповідати санітарно-гігієнічним нормам і бути рівномірним;
- 2) між об'єктом, що розглядається, і навколишнім фоном повинен бути певний контраст;
- 3) на робочій поверхні не повинно бути різких тіней;
- 4) не допускається освітлення (пряме чи відбите) у полі зору.

На виробництві використовується природне комбіноване освітлення(двостороннє бічне та аераційний ліхтар).

В темні години доби використовується штучне освітлення.

|      |      |          |        |      |                             |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР 000.144.004.003.2022. ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докum. | Підпис | Дата |                             | 52   |

За призначенням *штучне освітлення* поділяється на робоче, чергове, аварійне, евакуаційне, охоронне. За виконанням (розміщенням джерел світла) штучне освітлення поділяється на:

- загальне – призначене для рівномірного освітлення приміщення або його частин;
- місцеве – для освітлення тільки робочих поверхонь;
- комбіноване (поєднання загального та місцевого освітлення).

Джерелами штучного світла є лампи розжарювання та газозарядні лампи.

Виробниче приміщення обладнане світильниками прямого світла з лампами розжарювання у герметичному виконанні із захисним кутом 20-25° (типу ВЗГ200, потужністю 200 Вт), які розташовуються у шаховому порядку.

Контроль освітленості здійснюється люксметрами Ю-16, Ю-17, Ю-116, Ю-117.

## 3.2. Техніка безпеки

### 3.2.1. Безпечна експлуатація технологічного устаткування

Для безпечної експлуатації технологічного устаткування та запобігання виникненню небезпечних або аварійних ситуацій застосовуються в першу чергу засоби колективного захисту. За принципом дії та залежно від впливу небезпечного фактора засоби колективного захисту поділяються на огорожувальні, запобіжні пристрої, блокування, сигналізаційне обладнання, профілактичні випробування.

Роботи всередині котлів проводяться тільки після повної зупинки роботи, продувки і охолодження, якщо таке необхідно.

Огороджувальні пристрої (кожухи, щити, екрани, бар'єри) застосовуються для ізоляції зон з безпекою механічних дій, для огорожі зон випромінювань і зон з хімічними речовинами, а також робочих майданчиків, розташованих на висоті. Вони поділяються на стаціонарні, які демонтуються для виконання допоміжних операцій (заміна інструмента, змазка обладнання тощо), та переносні, що використовуються для огорожі нестационарних робочих місць (зварювальні пости), а також при виконанні ремонтних чи налагоджувальних робіт.

Запобіжні пристрої застосовуються для автоматичного виключення обладнання при виникненні аварійних ситуацій (наприклад, при виході одного з параметрів — температури, електричної напруги тощо за межі допустимих значень).

Блокування дозволяє виключити можливість проникнення людини в небезпечну зону чи ліквідувати небезпечний фактор при проникненні людини в небезпечну зону. Блокувальні пристрої поділяються на механічні, електричні, фотоелементні, радіаційні, пневматичні, гідравлічні та комбіновані.

Сигналізаційне обладнання призначено для повідомлення персоналу про режим роботи устаткування і можливості аварійних ситуацій. За засобами інформації сигналізація поділяється на кольорову, звукову, кольорово-звукову, одоризаційну (за запахом).

На виробництві використовується світлова та звукова аварійна сигналізація, яка відключається за допомогою комп'ютерного інтерфейсу, світлова і звукова передпускова сигналізація (відключення за допомогою кнопки квітування).

|      |      |          |        |      |                             |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР 000.144.004.003.2022. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                             | 53   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                             |      |

Нормативно–технічна документація з безпечної експлуатації основного технологічного обладнання, що працюють під тиском (водогрійні котли): «Правила будови і безпечної експлуатації парових та водогрійних котлів», трубопроводів пари та гарячої води «Правила будови і безпечної експлуатації трубопроводів пари та гарячої води».

### 3.2.2. Безпечна експлуатація електроустаткування

Види електричних травм на виробництві:

- 1) механічне (при проходженні через тіло людини струму великої сили; падіння людини з висоти);
- 2) місцеві зовнішні електротравми:
  - електричні опіки;
  - електричні знаки (плями сірого чи блідо-жовтого кольору на поверхні шкіри);
  - захворювання зовнішніх оболонок очей під дією ультрафіолетових променів електричної дуги;
- 3) електричний удар (призводить до паралічу серця, легень, до фібриляції серця).

Факторами, що зумовлюють небезпечне ураження електричним струмом, є:

- фактори електричного характеру (напруга, сила, рід і частота струму). Сюди ж відноситься і електричний опір людини;
- фактори неелектричного характеру (індивідуальні властивості людини, тривалість дії струму, шлях проходження струму через тіло людини);
- стан навколишнього середовища.

Згідно «ПУЕ. Правила улаштування електроустановок» за ступенем небезпеки ураження існує три класи приміщень:

- 1) приміщення без підвищеної небезпеки;
- 2) приміщення з підвищеною небезпекою
- 3) особливо небезпечні

Котельня відноситься до приміщень з підвищеною небезпекою (наявність струмо провідних підлог).

Для забезпечення електробезпеки на виробництві передбачено спеціальні заходи і засоби захисту. До них належать, наприклад, недоступність струмопровідних частин обладнання; ізоляція струмоведучих частин з опором силового устаткування та освітлюючої апаратури  $R_{із} \geq 0,5$  МОм, заземлення опором  $R_{з} \leq 4$  Ом, швидкодіюче автоматичне захисне відключення; застосування низьких напруг ( $U < 42$ В), використання засобів індивідуального захисту, проведення планово-попереджувальних ремонтів та профілактичних робіт устаткування, а також виробничих інструктажів з техніки безпеки.

Небезпечними є також розряди атмосферної електрики (блискавки), що утворюється і концентрується в хмарах. Сила струму блискавки досягає до 200 кА, а напруга до 150 МВ. Котельня відповідає вимогам нормативних документів по захисту від атмосферної електрики будівель і споруд II-категорії із застосуванням стержньових блискавковідводів.

|      |      |          |        |      |                             |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР 000.144.004.003.2022. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                             | 54   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                             |      |

### 3. 3. Пожежна та вибухобезпека на виробництві

Основними причинами пожежі та вибуху в котельні є:

організаційні (порушення вимог проектування промислових та допоміжних будівель та споруд, вибору будівельних матеріалів та конструкцій, планування

1. приміщень, розміщення технологічного обладнання та комунікацій; відхилення від правил експлуатації та ремонту обладнання, споживачів електроенергії та електромереж, порушення посадових інструкцій щодо пожежної безпеки; необережне поводження з вогнем та матеріалами, що легко запалюються).
2. технологічні (відносять роботу за несправним технологічним обладнанням чи при порушенні режимів технологічних процесів; використання горючих речовин, що не відповідають технологічним характеристикам обладнання, що використовується, та порушення режиму його експлуатації та зупинки, використання невідповідних ГОСТу змащувальних матеріалів).
3. причини пов'язані із застосуванням електрики (відносять використання електричного обладнання, що не відповідає категорії вибухо- та пожежобезпеки, перевантаження мереж та електроустаткування, пошкодження ізоляції, поганий електричний контакт в місцях з'єднання крнтактів, відсутність захисту від статичної та атмосферної електрики).

За спалімістю речовини і матеріали поділяються на три групи:

Спалімі,важко спалімі,неспалімі.

Пожежна безпека виробництва забезпечується системою запобігання пожеж та системою пожежного захисту.

Усі будівлі та споруди за вогнестійкістю класифікуються за V ступенями.

Заходи пожежної безпеки поділяються на 4 групи:

1. заходи у виробничих процесах;
2. будівельно-технічні заходи (підвищення стійкості огорожувальних конструкцій будівель, обмеження поширення пожежі);
3. організаційні та агітаційні заходи (навчання обслуговуючого персоналу заходам поширення пожеж та поводження із пожежним інвентарем);
4. заходи із забезпеченням швидкого гасіння пожеж (вибір найбільш ефективних способів та засобів гасіння, налагодження протипожежного водопостачання та сигналізації).

Категорія відділення котельні з вибухопожежної та пожежної безпеки – «Г» .

Будівля відділення котельні – відноситься до III класу пожежонебезпечної зони.

Система пожежного захисту виробничого приміщення включає також наявність системи оповіщення (ручні кнопчні пости), сигналізацію та схеми евакуації працюючих, які розташовані на видних місцях.

Основними вогнегасними речовинами і матеріалами є: вода, повітряно-механічна піна, негорючі гази та пісок.

До первинних засобів гасіння пожежі відносять:

- внутрішнє пожежне водопостачання (подача води до робочих місць здійснюється пожежними кранами з рукавами, що закінчується металевим соплом обладнаним розбризкувачем);- пожежний інвентар: відра, кошма, лопати, вогнегасники, мішки з піском

|      |      |          |        |      |                             |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР 000.144.004.003.2022. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                             | 55   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                             |      |

## Розділ IV. Загальні питання вироблення та споживання енергоресурсів

### 4.1. Основні відомості

Енергетика України є невід'ємною частиною промислового комплексу держави. Енергетика держави містить в собі три складові, а саме:

- “велика” енергетика, що генерує електричну енергію в державному масштабі для всіх галузей господарювання;
- “промислова” теплоенергетика, що генерує теплову та електричну енергію для промислових підприємств;
- “комунальна” енергетика, що генерує теплову і електричну енергію для комунально-побутового споживання.

На даний період (2021 р.) “велика” енергетика, уособлює в собі чотири енергогенеруючі компанії (всі ВАТ) та 27 енергопостачальних компаній (всі приватизовані), які мають в своєму розпорядженні:

- 14 ТЕС – теплових (конденсаційного типу) електричних станцій загального використання з 99 енергоблоками від 150 МВт до 800 МВт, сумарною потужністю – 28,0 млн. кВт.
- 27 ТЕЦ – загального використання сумарною потужністю – 4,1 млн. кВт.
- 243 ТЕЦ – промислового призначення сумарною потужністю – 3,1 млн. кВт.
- 4 АЕС – з 14 енергоблоками сумарною потужністю 12,8 млн. кВт.
- 48 ГЕС сумарною потужністю 4,7 млн. кВт.
- 9 ВЕС - вітрових електростанцій зі 138 вітроагрегатами сумарною потужністю 0,14 млн. кВт.

Собівартість електроенергії у “великій” енергетиці становить від 22 до 60 коп/кВт.год, залежно від вартості палива.

Покупна ціна електроенергії для її споживачів становить від 1,68 грн/ кВт і вище, залежно від обсягів споживання.год в різних регіонах держави у залежності від цінової політики держави та відповідних приватизованих обленерго:

- для комунального господарства – дешевше (виконуючи соціальну функцію);

для промислового виробництва – дорожче.

У світі формування ціни на електроенергію формується навпаки:

- для комунального господарства – дорожче;
- для промислового виробництва – дешевше (з метою стимулювання розвитку промисловості).

Річне вироблення електроенергії в Україні становить приблизно 164,4 млрд. кВт.год/рік, у т.ч.:

- на АЕС – 67,7 млрд. кВт.год/рік (41,1 % від сумарного вироблення);
- на ТЕС – 87,2 млрд. кВт.год/рік (53,0 % від сумарного вироблення);
- на ГЕС – 9,5 млрд. кВт.год/рік ( 5,9 % від сумарного вироблення).

КР 000.144.004.003.2022. ПЗ

| Змн.      | Арк. | № докум.        | Підпис | Дата |  |                         |       |         |
|-----------|------|-----------------|--------|------|--|-------------------------|-------|---------|
| Розробив  |      | Марковський В.І |        |      | Проект системи теплопостачання житлово -промислового району №1 в місті Кропивницький | Літ.                    | Аркуш | Аркушів |
| Перевірив |      | Філоненко В.М.  |        |      |  |                         | 6     | 56      |
| Н.контр.  |      |                 |        |      |  | НУХТ                    |       |         |
| Т.контр.  |      |                 |        |      |  | Каф. ТЕХТ гр. ТЕ-4-13ск |       |         |
| Затвердив |      | Петренко В.П.   |        |      |  |                         |       |         |

За скороченим абрєвіатурами назв електростанцій станцій міститься дуже складна і в гідравлічному і термодинамічному, і тепломасообмінному плані система обладнання, розуміння якої потребує неабияких знань та вмінь.

В розпорядженні промислової теплоенергетики України є :

- парових котлів – не менше 4200 шт;
- парових турбін – не менше 3000 шт;
- електродвигунів – не менше 400000 шт.

Накопичений досвід і розрахунки свідчать, що **30 %** потенціалу економії енергоресурсів знаходиться в системах вироблення теплової та електричної енергії (котельних, КЕС, ТЕЦ), а **70 %** - в системах споживання енергії.

Це означає, що для випускниками енергетичного факультету нашого Університету вистачить на все життя обсягів робіт з удосконалення об'єктів промислової енергетики.

#### 4.2. Перелік джерел енергопостачання

Джерела енергії, що використовуються в промисловій теплоенергетиці виробляють два види енергії:

- **теплову енергію (Q)**, потужність якої вимірюють у **Гкал/год** (або у **МВт**), а кількість у **Гкал** (або **МВт·год**);
- **електричну енергію (W)**, потужність якої вимірюють у **МВт**, а кількість за певний період її вироблення або споживання у **МВт·год**.

Теплова енергія від джерел енергопостачання відпускається споживачам у двома енергоносіями:

- **водяною парою** (перегрітою, у разі віддаленого розташування споживача або пара надходить на паротурбінну енергетичну установку, чи насиченою, у разі близького розташування споживача;
- **гарячою водою** (не догрітою до стану насичення, або у стані насичення).

Джерела енергопостачання виробляють і відпускають як один вид енергії, так і обидва разом.

Джерелами, що виробляють **тільки теплову енергію** є:

- **ВК** - водогрійні котельні;
- **ПК** - парові котельні;
- **ПВК** - паро-водогрійні (комбіновані) котельні.

Джерелами, що виробляють **тільки електричну енергію** є:

- **ТЕС** – (теплові електричні станції) або **КЕС** (конденсаційні електричні станції);
- **ГТУ** – газо-турбінні установки;
- **ПГУ** – паро-газові турбінні установки;
- **ДГУ** – дизель-генераторна установки;
- **АЕС** – атомні електричні станції.

Джерелами, що виробляють **електричну і теплову енергію** є:

- **ТЕЦ** – теплоелектроцентралі;
- **ГТ-ТЕЦ** – газотурбінні ТЕЦ;
- **КоУ** – когенераційні промислові установки.

|      |      |          |        |      |                             |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР 000.144.004.003.2022. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                             | 57   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                             |      |

### 4.3. Термодинамічні процеси та цикли джерел енергопостачання промислових підприємств

Енергопостачання функціонально здійснюються теплоносіями, водою та водяною парою та електричним струмом різних, від 0,38 кВ до 10.3, кВ напруг. Як вам відомо з навчальної дисципліни “Термодинаміка” одержання енергії пов’язано з реалізацією термодинамічних процесів і циклів.

Термодинамічними процесами, що реалізуються в джерелах енергопостачання є: нагрівання, кипіння, охолодження, конденсація, перегрівання, розширення, дроселювання, стискання.

Термодинамічними циклами, що реалізуються в джерелах енергопостачання є цикли паросилових установок, цикли газотурбінних установок і цикли паро-газових (бінарних) установок.

#### Циклами паросилових установок є:

- цикл У. Ренкіна на насиченій парі (на базі турбіни “К-...”);
- цикл У. Ренкіна з перегріванням пари (на базі турбіни “К-...”);
- цикл У. Ренкіна з внутрішньо-станційною регенерацією (на базі турбіни К-...);
- цикли частково теплофікаційні (на базі турбін “П-...”, “ПТ-...” та “Т-...”);
- цикли повної теплофікації (на базі турбін “Р-...” та “ПР-...”).

#### Циклами двигунів внутрішнього згорання є:

- цикл М. Отто зі згоранням палива у незмінному об’ємі камери згорання ( $v = Const$ );
- цикл Р. Дизеля зі згоранням палива при незмінному тиску в об’ємі камери згорання, ( $p = Const$ );
- цикл Г.Тринклера (Сабате) зі згоранням палива частково при незмінному об’ємі камери згорання і частково при незмінному тиску згорання у об’ємі камери згорання, що збільшується ( $v/p = Const$ ).

#### Циклами газотурбінних установок є:

- цикл зі згоранням палива при постійному об’ємі камери згорання ( $v = Const$ );
- цикл з незмінним (постійним) тиском згорання палива ( $p = Const$ ).

#### Циклами парогазових енергетичних установок є:

- парогазовий (бінарний) цикл з високо напірним парогенератором (ВНПГ);
- парогазовий (бінарний) цикл з котлом утилізатором (КУ);
- парогазові (бінарні) цикли зі змішуванням робочих тіл.

### 4.4. Робочі тіла термодинамічних циклів, вимоги до них та їх параметри

Робочим тілом енергетичної установки є речовина, що сприймає від гарячого джерела теплоту, виконує механічну роботу для одержання електричної енергії і виносить в холодне джерело “відпрацьовану” теплоту.

З навчальних дисциплін “Термодинаміка” і “Нагнітачі та теплові двигуни” вам відомі чотири робочих тіла, а саме:

|      |      |          |        |      |                             |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР 000.144.004.003.2022. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                             | 58   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                             |      |

- вода ( $H_2O$ ), що реалізує термодинамічний цикл в паросилових установках;
- продукти згорання палива (суміш  $CO_2$ ,  $N_2$ ,  $O_2$ ,  $H_2O$ ), що реалізують цикли в газотурбінних установках та двигунах внутрішнього згорання;
- ртуть ( $Hg$ ), що реалізує високотемпературний термодинамічний цикл у бінарних енергетичних установках;
- гелій ( $He$ ), що виносить високотемпературну теплоту в деяких АЕС.

Спеціалісти з теплоенергетики мають знати вимоги, що висуваються до робочого тіла циклів як з термодинамічної, так і експлуатаційних точок зору.

### Вимоги до робочого тіла з термодинамічної точки зору:

1. Робоче тіло повинно забезпечувати по можливості більш високий коефіцієнт заповнення циклу в межах робочих температур. Для цього робоче тіло повинно мати якомога меншу найменшу ізобарну теплоємність в рідкому стані.

Наприклад:

- теплоємність води – 4,2 кДж/(кг · К) або 1,0 ккал/(кг · К);
- теплоємність водню – 14,3 кДж/(кг · К) або 3,4 ккал/(кг · К);
- теплоємність гелію – 5,2 кДж/(кг · К) або 1,2 ккал/(кг · К);
- теплоємність ртуті – 1,3 кДж/(кг · К) або 0,2 ккал/(кг · К);

У робочих тіл з меншою теплоємністю ізобари в “TS” діаграмі будуть «крутішими», наближуючись до вертикалі, що обумовлює менші втрати теплоти циклу в навколишнє середовище, рис. 1.1.

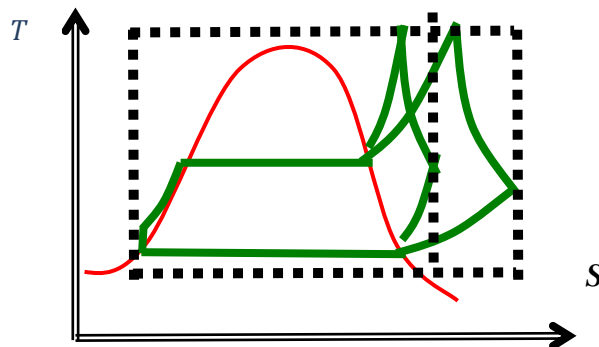


Рис.1.1. Термодинамічні цикли з малим і великим коефіцієнтом заповнення.

2. Робоче тіло повинно мати якомога більші критичні параметри (тиск і температуру). Таким чином, співвідношення  $p_{кр} / t_{кр} = 1540 \text{ бар} / 1490 \text{ }^\circ\text{C}$  (для ртуті) є більш прийнятним для термодинамічного циклу за співвідношення  $p_{кр} / t_{кр} = 222,5 \text{ бар} / 374$

$^\circ\text{C}$  (для води).

3. Робоче тіло повинно мати таке співвідношення тиску і температури в стані насичення, щоб температура насичення була якомога більша, а відповідний тиск насичення менший. Наприклад, співвідношення  $p_s = 1,0 \text{ бар} / t_s = 100 \text{ }^\circ\text{C}$  (для води) для термодинамічного циклу менш прийнятне за співвідношення  $p_s = 1,0 \text{ бар} / t_s = 336 \text{ }^\circ\text{C}$ . (для ртуті). Високі експлуатаційні тиски робочого тіла, необхідні для досягнення високих температур, потребують суттєвого ускладнення енергетичних установок.

|      |      |          |        |      |                             |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР 000.144.004.003.2022. ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                             | 59   |



Як видно з рис.1.2. процес конденсації в циклі з робочим тілом (II - водою) обумовлює втрати теплоти в циклі (площа 1-2-20-10) набагато вищі за втрати теплоти з робочим тілом (I - ртуть) в процесі конденсації (площа 3-4-40-30).

На сьогодні робочі тіла, що у повній мірі задовольняють всім умовам, невідомі. Робочим тілом сучасної теплоенергетики є вода. Вода, маючи високу теплоємність (4,2 кДж/кг·К), не задовольняє умові низької теплоємності в рідкій фазі, внаслідок чого ізобари водяної пари недостатньо «круті» і «температурний» коефіцієнт заповнення циклу відносно невеликий. Але вода задовольняє умові достатньо низького і технічно досяжного (0,04 бар – 0,07 бар) тиску в конденсаторі, що відповідає 29 °С – 39 °С.

Таким чином, вода є підходящим робочим тілом для низькотемпературної частини циклу.

Досягнення високих ККД циклу потребує високих коефіцієнтів заповнення циклу і пов'язано з необхідністю переходу до надвисоких тисків.

Іншим робочим тілам притаманні інші недоліки.

Наприклад, ртуть має:

- високі критичні параметр:  $p_{кр}^{Hg} = 1540$  бар,  $t_{кр}^{Hg} = 1490$  °С;
  - температура плавлення (–) 39 °С (234 К);
  - питому теплоту пароутворення – 290 кДж/кг (для води – 2260 кДж/кг);
  - питому теплоємність – 1,26 кДж/кг·К (для води – 4,2 кДж/кг·К);
- не високий тиск насичення при високих температурах, див. рис. 1.3.

Рис. 1.3. Співставлення температур насичення (кипіння та конденсації) робочих тіл  $t_s$ , °С імічних циклів КЕС: 1 – ртуть; 2 – вода.

Наприклад, за температури ртутної пари 550°С, що відповідає прийнятній для конструкційних матеріалів експлуатаційній температурі, тиск насичення є не високим (14,5 бар), що дозволяє здійснити цикл Ренкіна на насиченій ртутній парі з достатньо високим термічним ККД.

Однак, з іншого боку, за умови температур, близьких до температури навколишнього середовища, прийнятних для конденсаторів, тиск конденсації ртуті занадто низький. За температури 30 °С тиск насичення (конденсації) ртутної пари становить 0,36 Па або  $3,6 \cdot 10^{-6}$  бар, тобто, технічно в промислових умовах – недосяжний.

А тиску, що застосовується в конденсаторах парових турбін (0,04 бар), відповідає занадто висока температура насичення ртуті (217,1° С).

Термічний ККД циклу з такою великою температурою в конденсаторі був би незначним.

**Таким чином, ртуть, як робоче тіло термодинамічного циклу, прийнятна для верхньої (виськотемпературної) частини циклу и вкрай незадовільна для нижньої (низькотемпературної) частини циклу.**

Оскільки не існує робочих тіл, що задовольняли всім вимогам у всьому температурному інтервалі циклу, то технічно можливо здійснити комбінацію двох робочих тіл (ртуті і води), тобто застосувати кожне з них в тій області температур, де це робоче тіло має найбільші переваги.

|      |      |          |        |      |                             |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР 000.144.004.003.2022. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                             | 61   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                             |      |

#### 4.5. Види палива

Реальними паливами для джерел енергопостачання в промисловій теплоенергетиці є: вугілля; мазут; природний газ; відновлювальні палива: жом цукрового виробництва, відходи деревопереробних виробництв, біогаз, тощо.

Найсуттєвішими характеристиками реального палива є:

- питома теплота згорання, кДж/кг, кДж/м<sup>3</sup>, дорівнює в межах від 14650 кДж/кг (3500 ккал/кг) до 40200 кДж/кг (9600 ккал/кг);
- питома потреба у повітрі для згорання, нм<sup>3</sup>; повітря / кг (м<sup>3</sup>) палива, дорівнює в межах від 6,0 нм<sup>3</sup>/кг до 11,4 нм<sup>3</sup>/кг;

У теплоенергетиці широко застосовується поняття “умовне паливо” (у.п). Загально прийнято “умовним” паливом вважати паливо, що має питому теплоту згорання 7000 ккал/кг, або 29300 кДж/кг. Найближчим за теплотою згорання до умовного палива є кокс.

Використання поняття “умовне паливо” обумовлено необхідністю порівняння показників ефективності джерел енергопостачання, що використовують різні палива.

Формули для визначенні годинної витрати умовного палива через годинну витрату реального палива і навпаки наведені нижче:

$$V_{уп} = V_{рп} \cdot (Q_{н}^p)_{рп} / Q_{уп} \quad (4.1)$$

$$V_{рп} = V_{уп} \cdot Q_{уп} / (Q_{н}^p)_{рп} \quad (4.2)$$

де:

$V_{уп}$  – витрата умовно палива, т/у.п/год;

$V_{рп}$  – витрата реального палива, т/год;

$(Q_{н}^p)_{рп}$  – нижча теплота згорання реального палива, кДж/кг (кДж/н м<sup>3</sup>);

$Q_{уп}$  – теплота згорання умовного палива, кДж/кг (ккал/кг). Дорівнює 29300 кДж/кг (7000 ккал/кг).

$$V_{уп} = V_{рп} \cdot K_{уп} \quad (4.3)$$

$$V_{рп} = V_{уп} / K_{уп} \quad (4.4)$$

де  $K_{уп}$  – коефіцієнт умовного палива, од. Визначається за формулою:

$$K_{уп} = (Q_{н}^p)_{рп} / Q_{уп} \quad (1.5)$$

Значення  $K_{уп}$  для палив, що використовуються в промисловій теплоенергетиці наступні: для природного газу  $K_{уп} = 1,13 - 1,15$ ; для мазуту  $K_{уп} = 1,35 - 1,37$ ; для бурого вугілля  $K_{уп} = 0,57 - 0,70$ .

|      |      |          |        |      |                             |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР 000.144.004.003.2022. ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                             | 62   |

## Список використаної літератури

1. Прядко М.О., Павелко В.І., Рябчук О.М. Проектування системи теплопостачання житлово-промислового району міста. Мет. вказ. до виконання кваліфікаційного проекту “Система теплопостачання житлово-промислового району міста” рівня підготовки бакалавра, напряму 6.050601 “Теплоенергетика” для студентів денної та заочної форм навчання. Частина 1. . – К.: НУХТ, 2011. – 57 с.
2. Бузников Е.Ф. и др.. Производственные и отопительные котельные.– М.:– Энергоатомиздат.– 1984.– 248 с.
3. Роддатис К.Ф., Соколовский Я.Б. – Справочник по котельным установкам малой производительности. М.: Энергия. – 1979. – 368 с.
4. Філоненко В.М., Масліков М.М. Джерела енергопостання промислових підприємств. – Мет. Вказ. до вивчення дисципліни для студентів спеціальності “Промислова теплоенергетики” ден. та заочн. форм навчання. – К.: НУХТ. – 2002.– 34с.
5. Торчинский Я.М. Нормирование расхода газа для отопительных котельных. – Л.: Недра. – 1991. – 163 с.
6. Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов ДНАОПО.00-1.08-94. –Х.: Форт, 2000. – 184 с.
7. СНиП II-35-76. Котельные установки / ЦИТП Госстроя СССР.- М.,1977. – 47 с.
8. Лившиц О. В. Справочник по водоподготовке котельных установок.— М. : Энергия, 1976. – 287 с.
9. Шилов Е.Й., Гойко А.Ф., Измайлова Е.В. Складання кошторисної документації за допомогою укрупнених показників: Навч. посібник. –К.:КНУБА, 2001. – 127 с.

|           |      |                  |        |      |  |                         |       |         |
|-----------|------|------------------|--------|------|--|-------------------------|-------|---------|
|           |      |                  |        |      | КР 000.144.004.003.2022. ПЗ  |                         |       |         |
| Змн.      | Арк. | № докум.         | Підпис | Дата | Проект системи теплопостачання житлово -промислового району №1 в місті Кропивницький . | Літ.                    | Аркуш | Акрушіє |
| Розробив  |      | Марковський В.І. |        |      |  | 63                      | 64    |         |
| Перевірив |      | Філоненко В.М.   |        |      |  | НУХТ                    |       |         |
| Н.контр.  |      |                  |        |      |  | Каф. ТЕХТ гр. ТЕ-4-13ск |       |         |
| Т.контр.  |      |                  |        |      |  |                         |       |         |
| Затвердив |      | Петренко В.П.    |        |      |  |                         |       |         |

| Найменування та технічні характеристики    | Тип, марка, позначення документа, опитувального листа | Одиниця виміру | Кількість |
|--|---|----------------|-----------|
| 2  | 3   | 6              | 7         |
| <b>Обладнання котельні</b>                 |   |                |           |
| Котел                                      | КВ-ГМ-10  | шт.            | 2         |
| Димохід                                    |   | шт.            | 2         |
| Димосос                                    | Д-11,2  | шт.            | 2         |
| Вентилятор                                 | ВДН-9/1500  | шт.            | 2         |
| Підігрівник сирової води                   | ВВП 07-114x2000                                       | шт.            | 1         |
| Підігрівник хімоочищеної води              | ВВП 07-114x2000                                       | шт.            | 1         |
| Підігрівник технологічної води             | ВВП 13-273x2000                                       | шт.            | 1         |
| Даераційна колона                          | ДВ-25   | шт.            | 2         |
| Бак даераційний                            |   | шт.            | 2         |
| Бак газовідділювач                         |   | шт.            | 1         |
| Ежекторна установка                        |   | шт.            | 1         |
| Насос рециркуляційний                      | НКУ-45  | шт.            | 2         |
| Насос мережний                             | КМ-100-65-200   | шт.            | 2         |
| Насос підживлення тепломережі              | К-20/30   | шт.            | 2         |
| Насос сирової води                         | К-20/30   | шт.            | 2         |
| Насос хімоочищеної води                    | К-20/30   | шт.            | 2         |
| Насос вакуумний                            | ВВН-1-0,75  | шт.            | 2         |
| Насос технологічної води                   | К-160/30  | шт.            | 2         |
| Насос промивка натрієкатіонових фільтрів   | К 8/18  | шт.            | 2         |
| Фільтр натрій-катіоновий 1 ст.             | ФИПа 1-1,0-0,6-NA                                     | шт.            | 1         |
| Фільтр натрій-катіоновий 1+2 ст.           | ФИПа 1-1,0-0,6-NA                                     | шт.            | 1         |
| Фільтр натрій-катіоновий 2 ст.             | ФИПа 1-1,0-0,6-NA                                     | шт.            | 1         |
| Мішалка гідравлічна                        | МГК-2   | шт.            | 1         |
| Солерозчинник                              | С-0,4-0,7   | шт.            | 1         |
| Витратний бак концентрованого розчину солі |   | шт.            | 1         |

|           |      |                  |        |      |  |                         |       |         |
|-----------|------|------------------|--------|------|--|-------------------------|-------|---------|
|           |      |                  |        |      | КР 000.144.004.003.2022. ПЗ  |                         |       |         |
| Змн.      | Арк. | № докум.         | Підпис | Дата |  |                         |       |         |
| Розробив  |      | Марковський В.І. |        |      | Проект системи тепlopостачання житлово -промислового району №1 в місті Кропивницький . | Літ.                    | Аркуш | Акрушіє |
| Перевірів |      | Філоненко В.М.   |        |      |  |                         | 64    | 64      |
| Н.контр.  |      |                  |        |      |  | НУХТ                    |       |         |
| Т.контр.  |      |                  |        |      |  | Каф. ТЕХТ гр. ТЕ-4-13ск |       |         |
| Затвердив |      | Петренко В.П.    |        |      |  |                         |       |         |