

Вінницький національний технічний університет  
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії  
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

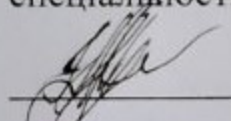
Кафедра теплоенергетики  
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

## БАКАЛАВРСЬКА ДИПЛОМНА РОБОТА

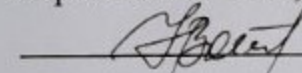
на тему:

«Модернізація парової котельні товариства  
з обмеженою відповідальністю «Молочний візит»

Виконав: студент 2 курсу мс, гр. ТЕ-22 мс  
спеціальності 144 – Теплоенергетика  
(шифр і назва спеціальності)

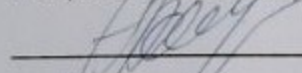
  
Іванченко І.В.  
(прізвище та ініціали)

Керівник: к. т. н., доцент каф. ТЕ

  
Резидент Н.В.  
(прізвище та ініціали)

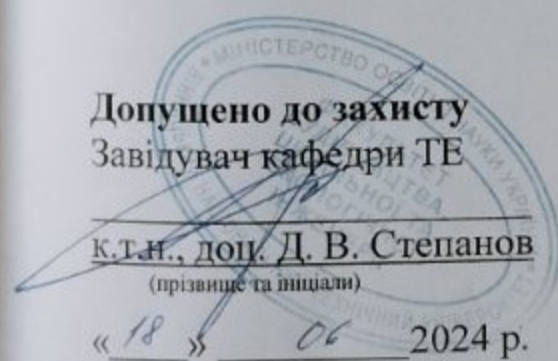
« 12 » 06 2024 р.

Рецензент: к.т.н., доцент каф. БМГА

  
Бондар А.В.  
(прізвище та ініціали)

« 18 » 06 2024 р.

Допущено до захисту  
Завідувач кафедри ТЕ

  
к.т.н., доц. Д. В. Степанов  
(прізвище та ініціали)

« 18 » 06 2024 р.

Вінницький національний технічний університет  
Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії  
Кафедра теплоенергетики  
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)  
Галузь знань 14 – Електрична інженерія  
Спеціальність 144 - Теплоенергетика  
Освітньо-професійна програма – Теплоенергетика

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри ТЕ  
Д. В. Степанов  
12 03 2024 року

## ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Іванченко Іванні Валеріївни

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Модернізація парової котельні товариства з обмеженою відповідальністю «Молочний візит»

керівник роботи Резидент Наталія Володимирівна, к.т.н., доц. каф. ТЕ,  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «11» березня 2024 року № 80.

2. Строк подання студентом роботи 11.06.2024

3. Вхідні дані до роботи: витрата пари на промисловий споживач 1 –  $D_{cn1} = 0,6$  кг/с; витрата пари на промисловий споживач 2 –  $D_{cn2} = 0,42$  кг/с; тиск та температура пари на технологічні споживачі 1 –  $P_{cn1} = 0,3$  МПа,  $t_{cn1} = 134^{\circ}\text{C}$ ; тиск та температура пари на технологічні споживачі 2 –  $P_{cn2} = 0,8$  МПа,  $t_{cn2} = 170^{\circ}\text{C}$ ; частка повернення конденсату від технологічного споживача 1 –  $0,5 \cdot D_{cn1}$ ; температура зворотного конденсату:  $t_{зк} = 45^{\circ}\text{C}$ ; температура додаткової води:  $t_{ов} = 20^{\circ}\text{C}$ ; паливо – природний газ, відновлювані види палива.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): загальна характеристика об'єкта; розрахунки теплової схеми котельні. обґрунтування вибраного варіанту модернізації; розрахунок оребреного газо-водяного теплообмінника; технологія монтажу системи газопостачання когенераційної установки; охорона праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): план існуючої котельні на відм. 0.000; план котельні на відм. 0.000 після модернізації; схема котельні принципова тепла; теплообмінник оребрений газо-водяний (габаритне креслення); схема монтажна аксонометрична системи газопостачання когенераційної установки.



# 6. Консультанти розділів роботи

| Розділ     | Прізвище, ініціали та посада консультанта                   | Підпис, дата             |                          |
|------------|-------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
|            |                                                             | завдання видав           | завдання прийняв         |
| 1-4        | Резидент Н. В., к.т.н., доц. кафедри ТЕ                     | <i>[підпис]</i> 12.03.24 | <i>[підпис]</i> 12.03.24 |
| 5          | Кобилянський О.В., д.пед.н., проф., завідувач кафедри БЖДОП |                          |                          |
| Н.контроль | Співак О.Ю., к.т.н., доц. кафедри ТЕ                        | <i>[підпис]</i> 17.06.24 | <i>[підпис]</i> 17.06.24 |

7. Дата видачі завдання 12.03.2024

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів бакалаврської дипломної роботи                                       | Термін виконання етапів роботи | Примітка    |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-------------|
| 1     | Загальна характеристика об'єкта                                                   | 15.03.24...19.03.24            | <i>вик.</i> |
| 2     | Розрахунки теплової схеми котельні. Обґрунтування вибраного варіанту модернізації | 20.03.24...05.04.24            | <i>вик.</i> |
| 3     | Розрахунок оребреного газо-водяного теплообмінника                                | 06.04.24...18.04.24            | <i>вик.</i> |
| 4     | Технологія монтажу системи газопостачання когенераційної установки                | 19.04.24...01.05.24            | <i>вик.</i> |
| 5     | Охорона праці                                                                     | 02.05.24...18.05.24            | <i>вик.</i> |
| 6     | Оформлення БДР                                                                    | 19.05.24...30.05.24            | <i>вик.</i> |
| 7     | Попередній захист БДР                                                             | 31.05.24...10.06.24            | <i>вик.</i> |
| 8     | Захист БДР                                                                        | 11.06.24...21.06.24            | <i>вик.</i> |

Студент

*[підпис]*  
(підпис)

**Іванченко І.В.**  
(прізвище та ініціали)

Керівник БДР

*[підпис]*  
(підпис)

**Резидент Н. В.**  
(прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

УДК 621.1

Іванченко І.В. «Модернізація парової котельні товариства з обмеженою відповідальністю «Молочний візит». Бакалаврська дипломна робота зі спеціальності 144 – Теплоенергетика, освітня програма – Теплоенергетика. Вінниця: ВНТУ, 2024. 67 с.

Бібліогр.: 48 назв.; табл. 17.

У бакалаврській дипломній роботі розроблені принципові рішення щодо зменшення шкідливого впливу на довкілля відходів виробництва молокозаводу шляхом встановлення біогазової та когенераційної установок. В першому розділі описана загальна характеристика об'єкта. В другому розділі виконано розрахунки існуючої теплової схеми котельні, визначені потоки теплоносіїв, витрата робочого палива, обґрунтовано вибраний варіант модернізації, підібрано обладнання, визначені техніко-економічні показники варіантів модернізації. В конструктивній частині виконано тепловий, конструктивний та гідравлічний розрахунки ребреного теплообмінника-утилізатора теплоти відхідних газів парового котла. У технологічній частині розроблено технологію монтажу системи газопостачання когенераційної установки. Виконано компоновку обладнання, розроблені схеми прокладання трубопроводів та відомості на виконання робіт. Ілюстративна частина містить 5 креслень. Проаналізовано умови праці, розглянуто заходи щодо покращення умов праці та технічні рішення з пожежної безпеки під час модернізації котельні.

Ключові слова: парова котельня, відходи виробництва молокозаводу, біогаз, когенераційна установка.

## **ABSTRACT**

Ivanchenko I.V. «Modernization of the steam boiler house of the limited liability company «Milk Visit». Bachelor thesis on specialty 144 – Thermal power engineering, educational program – Thermal power engineering. Vinnytsia: VNTU, 2024. 67 p.

Bibliography: 48 titles; table 17.

In the bachelor's thesis, principled solutions were developed to reduce the harmful impact on the environment of dairy waste production by installing biogas and cogeneration plants. The first section describes the general characteristics of the object. In the second section, the calculations of the existing thermal scheme of the boiler house were performed, the flows of coolants, the consumption of working fuel were determined, the modernization option was chosen, the equipment was selected, and the technical and economic indicators of the modernization options were determined. In the structural part, the thermal, structural and hydraulic calculations of the finned heat exchanger-utilizer of waste gas heat of the steam boiler were performed. In the technological part, the installation technology of the gas supply system of the cogeneration plant has been developed. The layout of the equipment was carried out, pipeline laying schemes and information on the performance of the works were developed. The illustrative part contains 5 drawings. Working conditions were analyzed, measures to improve working conditions and technical solutions for fire safety during the modernization of the boiler house were considered.

Key words: steam boiler house, dairy waste, biogas, cogeneration plant.

## ЗМІСТ

|                                                                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВСТУП.....                                                                                                  | 4  |
| 1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ’ЄКТА .....                                                                     | 6  |
| 2 РОЗРАХУНКИ ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ КОТЕЛЬНОЇ. ОБГРУНТУВАННЯ<br>ВИБРАНОВОГО ВАРІАНТУ МОДЕРНІЗАЦІЇ .....             | 7  |
| 2.1 Розрахунки теплової схеми парової котельні для опалювального<br>періоду .....                           | 7  |
| 2.2 Розрахунок теплової схеми парової котельні для міжопалювального<br>періоду .....                        | 11 |
| 2.3 Розрахунки електричної потужності власних потреб .....                                                  | 13 |
| 2.4 Техніко-економічні показники роботи існуючої парової котельні.....                                      | 16 |
| 2.5 Обґрунтування варіанту модернізації котельні .....                                                      | 19 |
| 2.6 Визначення складу обладнання біогазової установки .....                                                 | 22 |
| 2.7 Техніко-економічні показники роботи котельні після модернізації .....                                   | 27 |
| 3 РОЗРАХУНОК ОРЕБРОВОГО ГАЗО-ВОДЯНОГО<br>ТЕПЛООБМІННИКА .....                                               | 30 |
| 3.1 Тепловий конструктивний розрахунок .....                                                                | 30 |
| 3.2 Гідравлічний розрахунок .....                                                                           | 38 |
| 4 ТЕХНОЛОГІЯ МОНТАЖУ СИСТЕМИ<br>ГАЗОПОСТАЧАННЯ КОГЕНЕРАЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ.....                                | 41 |
| 4.1 Загальна характеристика об’єкту монтажу .....                                                           | 41 |
| 4.2 Розрахунок трубопроводів системи газопостачання.....                                                    | 42 |
| 4.3 Визначення складу і об’ємів робіт .....                                                                 | 43 |
| 4.4 Розрахунок та комплектування основних та допоміжних матеріалів<br>та виробів, складання відомостей..... | 45 |
| 4.5 Вибір машин і механізмів.....                                                                           | 48 |
| 5 ОХОРОНА ПРАЦІ .....                                                                                       | 49 |
| 5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об’єкта.....                                                  | 51 |

|                                                                                            |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії .....                          | 55 |
| 5.3 Пожежна безпека.....                                                                   | 58 |
| ВИСНОВКИ.....                                                                              | 61 |
| ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....                                                           | 63 |
| Додаток А (обов'язковий) Протокол перевірки БДР на наявність<br>текстових запозичень ..... | 68 |
| Додаток Б (обов'язковий) Технічне завдання .....                                           | 69 |
| Додаток В (обов'язковий) Графічна частина .....                                            | 72 |

## ВСТУП

В Україні і світі актуальним є впровадження відновлюваних джерел енергії, зокрема виробництво біогазу. У світі стрімко зростають темпи виробництва біогазу та його використання в енергетиці. Розвиток ринку біогазу в Україні очікувано дозволить замістити 2,6...18 млрд.м<sup>3</sup> природного газу на рік, сприятиме посиленню енергетичної безпеки країни, створенню нових робочих місць, економічному розвитку регіонів, дозволить покривати пікові навантаження в електромережі, утилізувати відходи рослинництва, а також деякі відходи харчової промисловості [1].

Використання біогазу, як енергоносія, що є продуктом анаеробного зброджування органічних відходів не є новою технологією. Виробництво біогазу дає не лише відновлювальну енергію, але є ефективним шляхом боротьби з забрудненнями води і повітря шкідливими відходами, а також отримання прибутку від економії на енергоносіях [2].

Процес анаеробної ферментації – це спосіб перетворення біомаси без доступу повітря за участі бактерій, при якому з оброблюваної біомаси одержують, в основному, метан і залишки переробки, які можна використовувати як добрива. У процесі анаеробної ферментації складні органічні речовини розкладаються на CO<sub>2</sub> і CH<sub>4</sub> з утворенням суміші вуглекислого газу і метану, причому вихід метану може досягати 70%. Технологічний процес анаеробного зброджування біомаси відбувається без надходження кисню в спеціальних реакторах [2, 3].

Існує широкий спектр органічних субстратів для виробництва біогазу, як гній ВРХ, свинячий гній, курячий послід, різні відходи (з рослин, боєнь, харчової промисловості, стічних вод та ін.), силос, гнилі або пивні зерна, залишки солоду, макуха, барда, цукровий буряк, м'якуш плодів, гичка, волокна, крохмаль і патока від виробництва, молочна сироватка, флотаційний шлам (осад), зневоднений флотаційний шлам (осад) з міських заводів, що займаються очищенням стічних вод, водорості та інше. Більшість даної сировини може поєднуватися у різних пропорціях в процесі виробництва. Крім відходів біогаз можна виробляти зі



спеціально вирощених енергетичних культур, наприклад, з силосної кукурудзи або водоростей. Вихід газу може сягати до 300 м<sup>3</sup> з 1 тони [4, 5].

Поступове заміщення газу – це позитивна тенденція тоді, коли газ не заміщують торфом або вугіллям. Заміщення газу біомасою не має шкодити довкіллю. Вирощування енергетичних культур не повинно виснажувати ґрунти, а з лісу не можна забирати всю мертву деревину, інакше він деградує. Варто зазначити, що найчистіша енергія – це зекономлена, тобто така, споживання якої вдалося уникнути завдяки заходам з енергоефективності. Щоб перейти на 91% ВДЕ до 2050 року Україна має економити 40% енергії відносно перспективного споживання [6].

Мета роботи – зменшити шкідливий вплив на довкілля молокозаводу шляхом встановлення біогазової та когенераційної установки для утилізації відходів виробництва та вироблення енергоносіїв.

Завдання роботи:

- виконати розрахунки існуючої теплової схеми котельні для опалювального та міжопалювального періодів;
- визначити техніко-економічні показники роботи котельні на природному газі та відновлюваних видах палива;
- виконати тепловий конструктивний розрахунок газо-водяного ребреного теплообмінника;
- розробити технологію монтажу системи газопостачання;
- розробити заходи з охорони праці та пожежної безпеки під час модернізації парової котельні.

## 1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА

Хмільницький завод сухого знежиреного молока «Молочний візит» виробляє такі види продукції: сири тверді сичужні, масло солодко-вершкове до 82,5 % жиру, плавлені сири, цільномолочна продукція. Для постачання пари заводу функціонує котельня, в якій встановлено два парові котли марки GARIONI NAVAL NG.C4000 паровидатністю 4000 кг/год кожний, які працюють на газоподібному паливі середнього тиску – природному газі. Подача газу здійснюється від ГРП розташованого за територією котельні.

Водопостачання котельні здійснюється від природного джерела. Хімводопідготовка складається з механічного та натрієво-катіонітових фільтрів. Оброблена вода з хімводопідготовки надходить бак збору конденсату і хімочищеної води звідки поступає в деаератор для видалення кисню і вільної вуглекислоти.

Передбачена періодична продувка котла для виключення можливості випадання з котлової води накипоутворюючих солей і утворення накипу. Продувочна вода виливається в продувочний колодязь. Трубопроводи котельні заізолювані та мають дренаж в найнижчих точках. Циркуляція мережної води в системі опалення забезпечується двома мережними насосами, один з яких резервний.

Компоновка котельні виконана закритим розташуванням тягодудуттєвих машин, що забезпечують дотримання санітарних норм з рівня шуму на території котельні. В приміщенні розміщені парові котли, щит теплового контролю, захисту і автоматики. Також є устаткування хімводоочистки, насоси, побутові приміщення. Відхідні гази видаляються в димову трубу.

Парова котельня постачає пару промисловим споживачам. Перша група споживає насичену пару з параметрами  $P_{\text{сп1}} = 0,8 \text{ МПа}$ ,  $t_{\text{сп1}} = 170 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , а друга група – пару з параметрами  $P_{\text{сп2}} = 0,3 \text{ МПа}$ ,  $t_{\text{сп2}} = 134 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . Відпуск пари споживачам другої групи здійснюється з головного парового колектора. Пара через редукційний клапан надходить в другий колектор з тиском 0,3 МПа. Відпуск пари споживачам першої групи здійснюється з другого парового колектора. Цією ж парою заживлені теплообмінники опалення та гарячого водопостачання. Споживачі першої групи повертають 50 % конденсату з температурою  $45^{\circ}\text{C}$ , а другої групи конденсат повертається повністю з температурою  $45^{\circ}\text{C}$ .

Принципова теплова схема котельні показана на рис. 2.1.

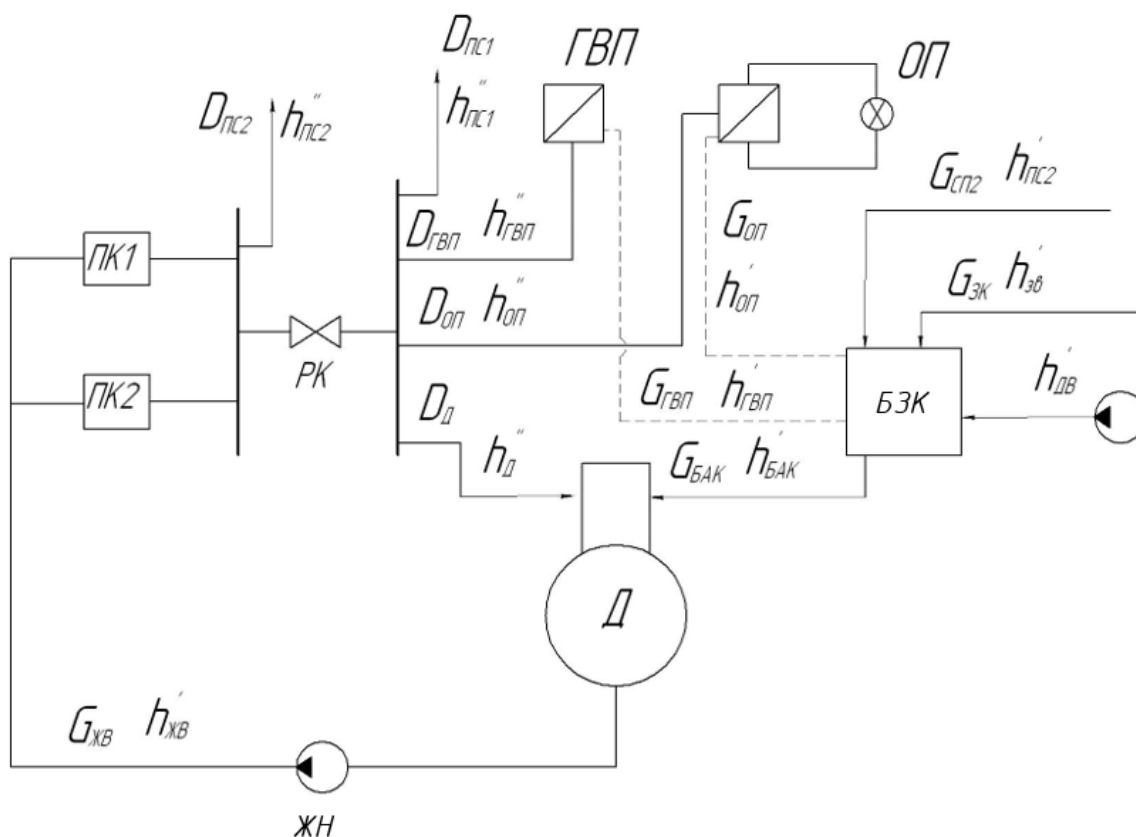


Рисунок 2.1 – Принципова теплова схема котельні

Вхідні дані:

- тиск та температура пари на виході з котлів:  $P_0 = 0,8$  МПа,  $t_0 = 170$  °С;
- тиск та температура пари на технологічні споживачі  $P_{\text{cn2}} = 0,8$  МПа,  $t_{\text{cn1}} = 170$ °С;
- тиск та температура пари на технологічні споживачі  $P_{\text{cn1}} = 0,3$  МПа,  $t_{\text{cn2}} = 134$ °С.

Витрата пари на:

- технологічні споживачі 1 –  $D_{\text{сп1}} = 0,6$  кг/с;
- технологічні споживачі 2 –  $D_{\text{сп2}} = 0,42$  кг/с.

Частка повернення конденсату від:

- технологічного споживача  $1 - 0,5 \cdot D_{\text{сп1}}$ .

Температура зворотного конденсату:  $t_{зк} = 45^{\circ}\text{C}$ .

Температура додаткової води:  $t_{дв} = 20^{\circ}\text{C}$ .

З таблиць властивостей води і водяної пари [7] визначаємо ентальпії потоків пари, конденсату і води:

$$\begin{aligned} h_0 &= h''_{сп2} = 2769 \text{ кДж/кг}; h''_{сп1} = 2725 \text{ кДж/кг}; h''_{оп} = h''_{гвп} = h''_д = \\ &= 2725 \text{ кДж/кг}; h'_{зк} = 189 \text{ кДж/кг}; h'_{пс2} = 189 \text{ кДж/кг}; h'_{оп} = h'_{гвп} = 561,4 \text{ кДж/кг}; \\ h'_{жв} &= 561,4 \text{ кДж/кг}; h'_{дв} = 84 \text{ кДж/кг}. \end{aligned}$$

Розрахунки схеми та підбір обладнання виконаємо за методикою [8].

Теплова потужність промислових споживачів 1

$$Q_{пс1} = D_{пс1} \cdot (h''_{пс1} - h'_{пс1}), \quad (2.1)$$

$$Q_{пс1} = 0,6 \cdot (2725 - 189) = 1521,6 (\text{кВт}).$$

Теплова потужність промислових споживачів 2

$$Q_{пс2} = D_{пс2} \cdot (h''_{пс2} - h'_{пс2}), \quad (2.2)$$

$$Q_{пс2} = 0,42 \cdot (2769 - 189) = 1083,6 (\text{кВт}).$$

Витрата пари на гаряче водопостачання

$$D_{гвп} = \frac{Q_{гвп}}{(h''_{гвп} - h'_{гвп})}, \quad (2.3)$$

$$D_{гвп} = \frac{845}{(2725 - 561,4)} = 0,39 \left( \frac{\text{кг}}{\text{с}} \right).$$

Витрата пари на опалення

$$D_{оп} = \frac{Q_{оп}}{(h''_{оп} - h'_{оп})}, \quad (2.4)$$



$$D_{оп} = \frac{1250}{(2725 - 561,4)} = 0,58 \left( \frac{\text{кг}}{\text{с}} \right).$$

Витрата пари з парогенераторів

$$D_0 = D_{пс1} + D_{пс2} + D_{д} + D_{оп} + D_{гвп}, \quad (2.6)$$

$$D_0 = 0,6 + 0,42 + D_{д} + 0,58 + 0,39,$$

$$D_0 = 1,99 + D_{д}.$$

Баланс баку збору конденсатів і ХВО

$$G_{зк} \cdot h'_{зк} + G_{сп2} \cdot h'_{сп2} + G_{оп} \cdot h'_{оп} + G_{гвп} \cdot h'_{гвп} + G_{дв} \cdot h'_{дв} = G_{бак} \cdot h'_{бак}, \quad (2.7)$$

Ентальпія води після баку збору конденсатів і ХВО

$$h'_{бак} = \frac{G_{зк} \cdot h'_{зк} + G_{сп2} \cdot h'_{сп2} + G_{оп} \cdot h'_{оп} + G_{гвп} \cdot h'_{гвп} + G_{дв} \cdot h'_{дв}}{G_{бак}}, \quad (2.8)$$

$$\begin{aligned} h'_{бак} &= \frac{0,5 \cdot 0,6 \cdot 189 + 0,42 \cdot 189 + 0,58 \cdot 561,4 + 0,39 \cdot 561,4 + 0,5 \cdot 0,6 \cdot 84}{1,99} = \\ &= 314,8 \left( \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \right). \end{aligned}$$

Баланс деаератора

$$G_{бак} \cdot h'_{бак} + D_{д} \cdot h''_{д} = D_0 \cdot (1 + \alpha) \cdot h'_{жв}, \quad (2.9)$$

$$1,99 \cdot 314,8 + D_{д} \cdot 2725 = D_0 \cdot (1 + 0,01) \cdot 561,4,$$

$$2725 \cdot D_{д} = D_0 \cdot 567,014 - 626,45,$$

$$D_{д} = 0,208 \cdot D_0 - 0,229.$$

Витрата пари з парогенераторів

$$D_0 = 1,99 + D_d, \quad (2.10)$$

$$D_0 = 1,99 + 0,208 \cdot D_0 - 0,229,$$

$$0,792 \cdot D_0 = 1,761,$$

$$D_0 = 2,223 \left( \frac{\text{кг}}{\text{с}} \right).$$

Витрата пари на деаератор

$$D_d = 0,208 \cdot D_0 - 0,229, \quad (2.11)$$

$$D_d = 0,208 \cdot 2,223 - 0,229 = 0,233 \left( \frac{\text{кг}}{\text{с}} \right).$$

Теплова потужність котельні

$$Q_{\text{кот}} = D_0 \cdot (h_0 - h'_{\text{жв}}), \quad (2.13)$$

$$Q_{\text{кот}} = 2,223 \cdot (2769 - 561,4) = 4907,49 (\text{кВт}).$$

Витрата умовного палива

$$B_y = \frac{Q_{\text{кот}}}{\eta_{\text{кот}} \cdot Q_h^y}, \quad (2.14)$$

$$B_y = \frac{4907,49}{0,91 \cdot 29300} = 0,184 \left( \frac{\text{кг}}{\text{с}} \right).$$

Витрата робочого палива

$$B_p = \frac{Q_{\text{кот}}}{\eta_{\text{кот}} \cdot Q_h^p}, \quad (2.15)$$

$$B_p = \frac{4907,49}{0,91 \cdot 33000} = 0,163 \left( \frac{\text{м}^3}{\text{с}} \right).$$

ККД котельні

$$\eta_{\text{кот}} = \frac{Q_{\text{гвп}} + Q_{\text{оп}} + Q_{\text{пс1}} + Q_{\text{пс2}}}{B_y \cdot Q_H}, \quad (2.16)$$

$$\eta_{\text{кот}} = \frac{845 + 1285 + 1521,6 + 1083,6}{0,184 \cdot 29300} = 0,878.$$

2.2 Розрахунок теплової схеми парової котельні для міжопалювального періоду

Вхідні дані:

- тиск та температура пари на виході з котлів:  $P_0 = 0,8 \text{ МПа}$ ,  $t_0 = 170^\circ \text{C}$ ;
- тиск та температура пари на технологічні споживачі  $P_{\text{сп2}} = 0,8 \text{ МПа}$ ,  $t_{\text{сп1}} = 170^\circ \text{C}$ ;
- тиск та температура пари на технологічні споживачі  $P_{\text{сп1}} = 0,3 \text{ МПа}$ ,  $t_{\text{сп2}} = 134^\circ \text{C}$ .

Витрата пари на:

- технологічні споживачі 1 –  $D_{\text{сп1}} = 0,6 \text{ кг/с}$ ;
- технологічні споживачі 2 –  $D_{\text{сп2}} = 0,42 \text{ кг/с}$ ;

Частка повернення конденсату від:

- технологічного споживача 1 –  $0,5 \cdot D_{\text{сп1}}$ .

Температура зворотного конденсату:  $t_{\text{зк}} = 45^\circ \text{C}$ .

Температура додаткової води:  $t_{\text{дв}} = 20^\circ \text{C}$ .

З таблиць властивостей води і водяної пари [7] ентальпії потоків пари, конденсату і води:

$$h_0 = h''_{\text{сп2}} = 2769 \text{ кДж/кг}; h''_{\text{сп1}} = 2725 \text{ кДж/кг}; h''_{\text{гвп}} = h''_{\text{д}} = 2725 \text{ кДж/кг};$$

$$h'_{\text{зк}} = 189 \text{ кДж/кг}; h'_{\text{пс2}} = 189 \text{ кДж/кг}; h'_{\text{гвп}} = 561,4 \text{ кДж/кг};$$

$$h'_{\text{жв}} = 561,4 \text{ кДж/кг}; h'_{\text{дв}} = 84 \text{ кДж/кг}.$$

Витрата пари з парогенераторів

$$D_0 = D_{\text{пс1}} + D_{\text{пс2}} + D_{\text{д}} + D_{\text{гвп}}, \quad (2.17)$$

$$D_0 = 0,6 + 0,42 + D_{\text{д}} + 0,39,$$

$$D_0 = 1,41 + D_{\text{д}}.$$

Баланс баку збору конденсатів і ХВО

$$G_{\text{зк}} \cdot h'_{\text{зк}} + G_{\text{сп2}} \cdot h'_{\text{сп2}} + G_{\text{гвп}} \cdot h'_{\text{гвп}} + G_{\text{дв}} \cdot h'_{\text{дв}} = G_{\text{бак}} \cdot h'_{\text{бак}}, \quad (2.18)$$

Ентальпія води після баку збору конденсатів і ХВО

$$h'_{\text{бак}} = \frac{G_{\text{зк}} \cdot h'_{\text{зк}} + G_{\text{сп2}} \cdot h'_{\text{сп2}} + G_{\text{гвп}} \cdot h'_{\text{гвп}} + G_{\text{дв}} \cdot h'_{\text{дв}}}{G_{\text{бак}}}, \quad (2.19)$$

$$h'_{\text{бак}} = \frac{0,5 \cdot 0,6 \cdot 189 + 0,42 \cdot 189 + 0,39 \cdot 561,4 + 0,5 \cdot 0,6 \cdot 84}{1,41} = 269,66 \left( \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \right).$$

Баланс деаератора

$$G_{\text{бак}} \cdot h'_{\text{бак}} + D_{\text{д}} \cdot h''_{\text{д}} = D_0 \cdot (1 + \alpha) \cdot h'_{\text{жв}}, \quad (2.20)$$

$$1,41 \cdot 269,66 + D_{\text{д}} \cdot 2725 = D_0 \cdot (1 + 0,01) \cdot 561,4,$$

$$2725 \cdot D_{\text{д}} = D_0 \cdot 567,014 - 380,22,$$

$$D_{\text{д}} = 0,208 \cdot D_0 - 0,139.$$

Витрата пари з парогенераторів

$$D_0 = 1,41 + D_{\text{д}}, \quad (2.21)$$

$$D_0 = 1,41 + 0,208 \cdot D_0 - 0,139,$$

$$0,792 \cdot D_0 = 1,271,$$

$$D_0 = 1,605 \left( \frac{\text{кг}}{\text{с}} \right).$$

Витрата пари на деаератор

$$D_d = 0,208 \cdot D_0 - 0,139, \quad (2.22)$$

$$D_d = 0,208 \cdot 1,605 - 0,139 = 0,195 \left( \frac{\text{кг}}{\text{с}} \right).$$

Теплова потужність котельні

$$Q_{\text{кот}} = D_0 \cdot (h_0 - h'_{\text{жв}}), \quad (2.23)$$

$$Q_{\text{кот}} = 1,605 \cdot (2769 - 561,4) = 3543,198 \text{ (кВт)}.$$

Витрата умовного палива

$$B_y = \frac{Q_{\text{кот}}}{\eta_{\text{кот}} \cdot Q_y^y}, \quad (2.24)$$

$$B_y = \frac{3543,198}{0,91 \cdot 29300} = 0,133 \left( \frac{\text{кг}}{\text{с}} \right).$$

Витрата робочого палива

$$B_p = \frac{Q_{\text{кот}}}{\eta_{\text{кот}} \cdot Q_p^p}, \quad (2.25)$$

$$B_p = \frac{3543,198}{0,91 \cdot 33000} = 0,118 \left( \frac{\text{м}^3}{\text{с}} \right).$$

ККД котельні

$$\eta_{\text{кот}} = \frac{Q_{\text{гвп}} + Q_{\text{пс1}} + Q_{\text{пс2}}}{B_y \cdot Q_y^y}, \quad (2.26)$$

$$\eta_{\text{кот}} = \frac{845 + 1521,6 + 1083,6}{0,133 \cdot 29300} = 0,885.$$

### 2.3 Розрахунки електричної потужності власних потреб

Потужність насосів.

В котельні встановлено такі насоси: живильний, та насос сирої води. Живильний насос марки Grundfos з  $Q = 10 \text{ м}^3/\text{год}$ ,  $H = 8 \text{ м}$ ,  $N = 4 \text{ кВт}$  [9].

Насос живильної води

$$V_{\text{жв}} = \frac{1,1 \cdot G_{\text{жв}} \cdot 3600}{\rho_{\text{жв}}}, \quad (2.27)$$

$$V_{\text{жв}}^{\text{оп}} = \frac{1,1 \cdot 2,245 \cdot 3600}{931,7} = 9,542 \left( \frac{\text{м}^3}{\text{год}} \right),$$

$$V_{\text{жв}}^{\text{моп}} = \frac{1,1 \cdot 1,621 \cdot 3600}{931,7} = 6,89 \left( \frac{\text{м}^3}{\text{год}} \right).$$

Потужність, яка споживається насосом

$$N_{\text{жв}}^{\text{оп}} = \frac{V_{\text{жв}} \cdot H_{\text{жв}}}{3600 \cdot \eta_{\text{н}} \cdot \eta_{\text{ем}}}, \quad (2.28)$$

$$N_{\text{жв}}^{\text{оп}} = \frac{9,542 \cdot 80}{3600 \cdot 0,85 \cdot 0,96} = 0,259 \text{ (кВт)},$$

$$N_{\text{жв}}^{\text{моп}} = \frac{6,89 \cdot 80}{3600 \cdot 0,85 \cdot 0,96} = 0,188 \text{ (кВт)}.$$

Насос додаткової води

Технічні характеристики насоса Saer  $Q = 2,4 \text{ м}^3/\text{год}$ ,  $H = 25 \text{ м}$ ,  $N = 0,55 \text{ кВт}$  [10].



$$V_{\text{дв}} = \frac{1,1 \cdot G_{\text{дв}} \cdot 3600}{\rho_{\text{дв}}}, \quad (2.29)$$

$$V_{\text{дв}}^{\text{оп}} = V_{\text{дв}}^{\text{моп}} = \frac{1,1 \cdot 0,5 \cdot 0,6 \cdot 3600}{987,6} = 1,203 \left( \frac{\text{м}^3}{\text{год}} \right).$$

Потужність, яка споживається насосом додаткової води

$$N_{\text{дв}}^{\text{оп}} = \frac{V_{\text{дв}} \cdot H_{\text{ндв}}}{3600 \cdot \eta_{\text{н}} \cdot \eta_{\text{ем}}}, \quad (2.30)$$

$$N_{\text{дв}}^{\text{оп}} = N_{\text{дв}}^{\text{моп}} = \frac{1,203 \cdot 250}{3600 \cdot 0,85 \cdot 0,96} = 0,102 \text{ (кВт)}.$$

Потужність вентиляторів.

Вентилятор і димосос повинні надійно забезпечувати подачу необхідного для горіння палива повітря в топку і видалення продуктів його згорання з котла при всіх режимах його роботи, підтримуючи задане постійне розрідження або тиск в топці. При цьому на привід вентилятора і димососа повинно витрачатися мінімально можлива кількість електроенергії [8].

Основними параметрами, що визначають вибір вентилятора і димососа, є необхідна їх подача і тиск при номінальному навантаженні котла.

$$Q_{\text{в}} = k \cdot B_{\text{р}} \cdot V^0 \cdot \alpha_{\text{в}} \cdot 3600, \quad (2.31)$$

де  $k$  – коефіцієнт запасу, що дорівнює 1,1;

$B_{\text{р}}$  – витрата робочого палива,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$V^0$  – теоретичний об'єм повітря, який необхідний для згорання 1  $\text{м}^3$  газоподібного палива, ( $\text{м}^3/\text{м}^3$ );

$\alpha_{\text{т}}$  – коефіцієнт надлишку повітря в топці;

$$Q_{\text{в}}^{\text{оп}} = 1,1 \cdot 0,163 \cdot 10,5 \cdot 1,2 \cdot 3600 = 8133,05 \text{ (м}^3/\text{год)},$$

$$Q_B^{\text{моп}} = 1,1 \cdot 0,118 \cdot 10,5 \cdot 1,2 \cdot 3600 = 5887,73 \text{ (м}^3\text{/год)}.$$

Вибираємо вентилятор У/НРН 663 з подачею 15 тис. м<sup>3</sup>/год, напором 5,0 кПа і потужністю електродвигуна 22 кВт.

Потужність електропривода вентилятора

$$N_B^{\text{оп}} = \frac{0,277 \cdot Q_B \cdot H_B}{\eta_B \cdot \eta_{\text{см}}}, \quad (2.32)$$

$$N_B^{\text{оп}} = \frac{0,277 \cdot 8,133 \cdot 5}{0,85 \cdot 0,96} = 13,8 \text{ (кВт)},$$

$$N_B^{\text{моп}} = \frac{0,277 \cdot 5,888 \cdot 5}{0,85 \cdot 0,96} = 9,994 \text{ (кВт)}.$$

Сумарна потужність власних потреб котельні

– в опалювальний період

$$N_{\text{ВП}}^{\text{оп}} = N_{\text{ЖВ}}^{\text{оп}} + N_{\text{ДВ}} + N_{\text{КН}} + N_B^{\text{оп}}, \quad (2.33)$$

$$N_{\text{ВП}}^{\text{оп}} = 2 \cdot 0,259 + 0,102 + 1,73 + 2 \cdot 13,8 = 29,95 \text{ (кВт)};$$

– в міжопалювальний період

$$N_{\text{ВП}}^{\text{моп}} = N_{\text{ЖВ}}^{\text{моп}} + N_{\text{ДВ}} + N_{\text{КН}} + N_B^{\text{моп}}, \quad (2.34)$$

$$N_{\text{ВП}}^{\text{оп}} = 2 \cdot 0,188 + 0,102 + 1,62 + 2 \cdot 9,994 = 22,086 \text{ (кВт)}.$$

## 2.4 Техніко-економічні показники роботи існуючої парової котельні

Річна витрата палива [8]

$$B_{\text{РІЧ}} = B_{\text{Р}}^{\text{оп}} \cdot 24 \cdot 3600 \cdot \tau_{\text{оп}} + B_{\text{Р}}^{\text{моп}} \cdot 24 \cdot 3600 \cdot \tau_{\text{моп}}, \quad (2.35)$$

$$V_{\text{річ}} = (0,163 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 159 + 0,118 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 176) \cdot 10^{-3} = 4033,584 \left( \frac{\text{тис.м}^3}{\text{рік}} \right).$$

Витрати коштів на паливо

$$C_{\text{ПАЛ}} = V_{\text{річ}} \cdot \Pi_{\text{ПАЛ}} \cdot k_{\text{ВП}} , \quad (2.36)$$

де  $V_{\text{річ}}$  – річна витрата палива,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$\Pi_{\text{ПАЛ}}$  – вартість палива  $\text{грн./м}^3$ , 17,13  $\text{грн./м}^3$  [11];

$k_{\text{ВП}}$  – коефіцієнт, яким враховують витрату палива на власні потреби.

$$C_{\text{ПАЛ}} = 4,033584 \cdot 17,13 \cdot 1,006 = 69,51 \text{ (млн.грн./рік)}.$$

Річне споживання електричної енергії

$$E_{\text{річ}} = N_{\text{ВП}}^{\text{оп}} \cdot 24 \cdot \tau_{\text{оп}} + N_{\text{ВП}}^{\text{моп}} \cdot 24 \cdot \tau_{\text{моп}} , \quad (2.37)$$

$$E_{\text{річ}} = 29,95 \cdot 24 \cdot 159 + 22,086 \cdot 24 \cdot 176 = 207580,464 \text{ (кВт·год/рік)}.$$

Витрати коштів на електричну енергію

$$C_{\text{ЕЕ}} = E E_{\text{річ}} \cdot \Pi_{\text{ЕЕ}} , \quad (2.38)$$

де  $\Pi_{\text{ЕЕ}}$  – вартість електроенергії  $\Pi_{\text{ЕЕ}} = 6,5 \text{ грн/(кВт} \cdot \text{год)}$  [12];

$$C_{\text{ЕЕ}} = 207580,464 \cdot 6,5 \cdot 10^{-6} = 1,349 \text{ (млн.грн/рік)}.$$

Річне споживання води

$$G_{\text{в}} = \frac{G_{\text{дв}}^{\text{оп}}}{\rho_{\text{дв}}} \cdot 24 \cdot 3600 \cdot \tau_{\text{оп}} + \frac{G_{\text{дв}}^{\text{моп}}}{\rho_{\text{дв}}} \cdot 24 \cdot 3600 \cdot \tau_{\text{моп}} , \quad (2.39)$$

$$G_{\text{в}} = \frac{0,3}{987,6} \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 159 + \frac{0,3}{987,6} \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 176 = 8792,2 \left( \frac{\text{м}^3}{\text{рік}} \right).$$

Річні витрати на воду

$$C_B = G_B \cdot \Pi_B, \quad (2.40)$$

де  $\Pi_B$  – вартість води, яка становить грн./м<sup>3</sup> [13];

$$C_B = 8792,2 \cdot 35,94 \cdot 10^{-6} = 0,316 \text{ (млн.грн/рік)}.$$

Витрата на амортизацію

$$C_{AM} = K \cdot S_A, \quad (2.41)$$

$$C_{AM} = 8,5 \cdot 0,075 = 0,638 \text{ (млн.грн/рік)}.$$

де  $K = 8,5$  млн.грн.

Витрати на поточний ремонт

$$C_{IP} = 0,2 \cdot C_{AM}, \quad (2.42)$$

$$C_{IP} = 0,2 \cdot 0,638 = 0,1276 \text{ (млн.грн./рік)}.$$

Витрати на заробітну плату.

Їх розрахунок виконується з урахуванням основної та додаткової заробітних плат, а також відрахувань на соціальне страхування.

Витрати на заробітну плату

$$C_{зп} = O_p \cdot \text{ЄСВ} \cdot n \cdot \tau_p, \quad (2.43)$$

де  $O_p$  – оклад працівника, грн.;

$\tau_p$  – кількість місяців роботи котельні в році;

ЄСВ – єдиний соціальний внесок;

$n$  – кількість працівників на котельні;

$$C_{зп} = 15000 \cdot 1,385 \cdot 6 \cdot 12 \cdot 10^{-6} = 1,496 \text{ (млн.грн/рік)}.$$

Інші витрати

$$C_{\text{ІН}} = 0,06 \cdot (C_{\text{ПАЛ}} + C_{\text{ЕЕ}} + C_{\text{В}} + C_{\text{АМ}} + C_{\text{ІП}} + C_{\text{ЗП}}), \quad (2.44)$$

$$C_{\text{ІН}} = 0,06 \cdot (69,51 + 1,349 + 0,316 + 0,638 + 0,1276 + 1,496) = 4,406 \left( \frac{\text{млн.грн}}{\text{рік}} \right).$$

Загальні річні експлуатаційні витрати

$$C_{\text{РІЧ}} = C_{\text{ПАЛ}} + C_{\text{ЕЕ}} + C_{\text{В}} + C_{\text{АМ}} + C_{\text{ІП}} + C_{\text{ЗП}} + C_{\text{ІН}}, \quad (2.45)$$

$$C_{\text{РІЧ}} = 69,51 + 1,349 + 0,316 + 0,638 + 0,1276 + 1,496 + 4,406 = 77,843 \left( \frac{\text{млн.грн}}{\text{рік}} \right).$$

Річний відпуск теплоти

$$Q_{\text{РІЧ}} = Q^{\text{ОП}} \cdot 24 \cdot 3600 \cdot \tau_{\text{ОП}} + Q^{\text{МО}} \cdot 24 \cdot 3600 \cdot \tau_{\text{МО}}, \quad (2.46)$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{РІЧ}} &= 4,7352 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 159 + 3,4502 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 176 = \\ &= 117515,404 \text{ (ГДж/рік)}. \end{aligned}$$

Собівартість теплової енергії

$$CB = \frac{C_{\text{РІЧ}}}{Q_{\text{РІЧ}}}, \quad (2.47)$$

$$CB = \frac{77,843 \cdot 10^6}{117515,404} = 662,41 \left( \frac{\text{грн}}{\text{ГДж}} \right).$$

## 2.5 Обґрунтування варіанту модернізації котельні

Під час виробництва продукції молокозаводу з'являються відходи виробництва, а саме сироватка. Склад та властивості молочної сироватки залежить від основного продукту, що виробляється, особливостей технології та обладнання, що використовується в процесі виробництва. Склад підсирної сироватки залежить від виду сиру та його жирності, сирної – від способу

виробництва сиру та його жирності, що виробляється. Ця сироватка може використовуватися для виробництва біогазу.

Зниження споживання свіжої води через зміну технології призводить до того, що стічні води молокозаводу стають більш концентрованими в разі зменшення їх загальної кількості. Для підприємства відповідне очищення стічних вод це серйозна проблема. Усе частіше перед підприємствами постають проблеми пошуку ефективних, надійних в експлуатації, гарантуючих стабільну і високу якість очищення стічних вод. Водночас зростання вартості паливно-енергетичних ресурсів змушує українських виробників замислитися і про такі джерела зниження собівартості молочної продукції, як раціональне використання енергоресурсів, ефективне розпорядження відходами виробництва, одним із яких є стічні води.

Для покращення екології навколишнього середовища на підприємстві функціонують очисні споруди. Але кращим вирішенням цієї проблеми може стати вибір технології очищення стічних вод молокопереробних підприємств з одержанням біогазу з подальшим його спалюванням в котлах або когенераційних установках з одержанням електроенергії і теплової енергії.

На молокопереробному підприємстві використання когенерації дозволить:

- значно зменшити витрати на електропостачання;
- скоротити витрати газу на котельню в наслідок утилізації теплоти для гарячого водопостачання на промивання устаткування і технологічних трубопроводів;
- скоротити витрату газу на теплогенератори, які використовуються для спалювання природного газу з метою підігріву повітря до 200°C.

В Україні вже є й досвід впровадження когенераційних установок, розроблено ряд проектів із використанням когенерації для українських молокозаводів та сиркомбінатів. Вочевидь, що при реалізації проектів когенерації на українських підприємствах у майбутньому ставку потрібно робити на вибір когенераційного обладнання, що має максимальну ефективність. Економічно доцільно застосовувати устаткування, що характеризується мінімальною витратою палива, при цьому, у першу чергу, з високою

ефективністю виробляє електричну енергію, як самий дорогий продукт, тобто має максимальний електричний коефіцієнт корисної дії. При цьому теплова енергія виробляється шляхом утилізації тепла від працюючого устаткування під час виробництва електроенергії [14].

Когенераційні установки на базі газопоршневих двигунів мають найвищу на сьогоднішній день ефективність перетворення енергії палива в електрику. Наприклад, для сучасних установок виробництва General Electric Jenbacher (світовий лідер у виробництві газопоршневих двигунів і електростанцій на їхній базі), електричний ККД становить 43%, а з урахуванням утилізації тепла коефіцієнт використання палива досягає 90%. Це дозволяє мати мінімальну паливну складову в собівартості виробленої електроенергії і, таким чином, кінцевої продукції, що виробляє підприємство [14].

Розглянемо БГУ показану на рис. 2.1, яка повинна забезпечувати переробку стоків молокозаводу. Установка працює наступним чином: з приймка 1 насосом 4 відходи подаються в приймальну ємність 2, де вони частково перемішуються. З приймальної ємності відходи поступають в гідролізер 3, а з гідролізера насосами закачується в ферментатор 6. Після ферментатора органічні відходи поступають в доброджувач 7. Біогаз з ферментатора і доброджувача через фільтр 8 поступає на когенераційну установку 9, яка виробляє теплову та електричну енергію.

Визначимо об'єм біогазу, який можна отримати з органічних відходів молокозаводу. Добовий об'єм загальних стоків молокозаводу ТОВ «Молочний візит» становить  $204 \text{ м}^3$ , які складаються з 50% сироватки та 50% промислових стоків після виробництва молочної продукції. Питомий вихід біогазу з сироватки за даними [15] –  $36 \text{ м}^3/\text{т}$ .

Загальний вихід біогазу

$$V_{\text{біогаз}} = V_{\text{сиров}} \cdot B, \quad (2.48)$$

$$V_{\text{біогаз}} = 102 \cdot 36 = 3672 \text{ (м}^3/\text{добу)}.$$

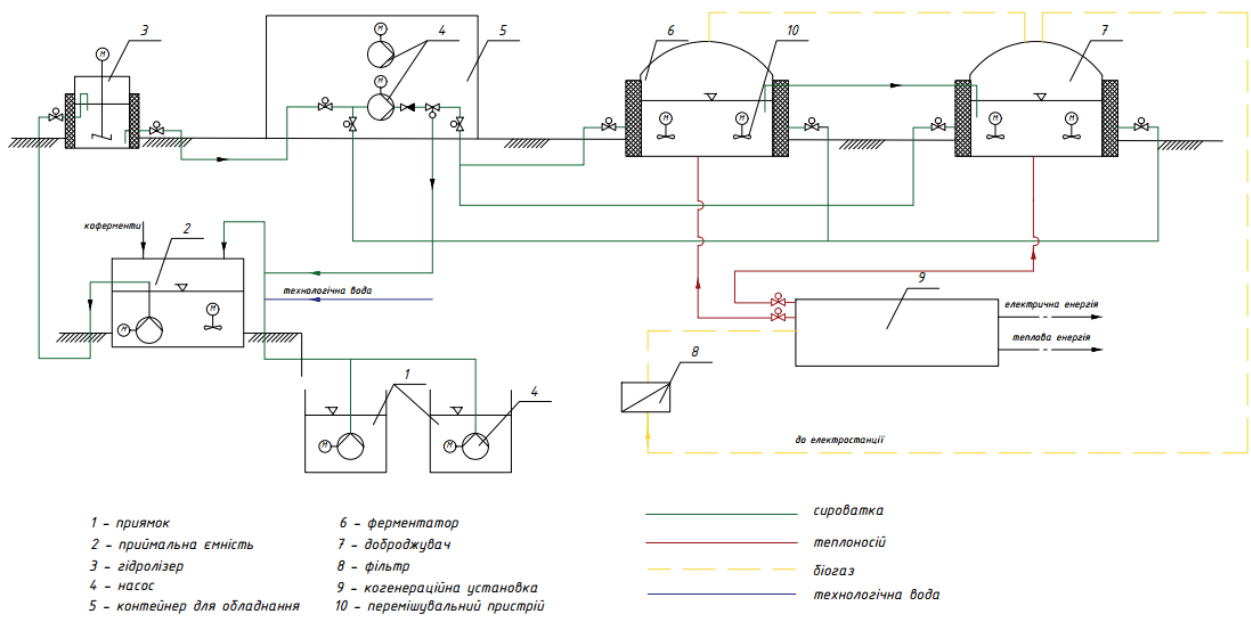


Рисунок 2.1 – Принципова схема біогазової установки

Така витрата біогазу може частково замінити природний газ в кількості:

$$V_6 = \frac{3672}{24 \cdot 3600} \cdot \frac{22000}{33000} = 0,0283 \text{ (м}^3/\text{с)}.$$

## 2.6 Визначення складу обладнання біогазової установки

### 2.6.1 Біореактор

Принцип роботи біогазової установки полягає в наступному. Молочна сироватка поступає в усереднювач-накопичувач. Насосом сироватка подається в біореактор безперервно і викачується з біореактора на очисні споруди для аеробного доочищення. Середня тривалість перебування сироватки в реакторі 10 діб. Протягом цього часу проходить безперервне метанове бродіння. Значення ХСК стічних вод в процесі метанового бродіння знижується до 80%, що цілком прийнятно для аеробного доочищення.

Під час метанового бродіння утворюється велика кількість біогазу, зі вмістом метану до 88%.



Власне реактор є газонепроникним, повністю герметичним резервуаром, об'ємом 800м<sup>3</sup>. Його конструкція передбачає також теплоізоляцію, оскільки в середині резервуару повинна бути фіксована для мікроорганізмів температура 52-56 °С (термофільний режим). Всередині під стінками реактора монтується трубчатий змішувачевий теплообмінник для термостабілізації реактора.

Об'єм реактора-метантенка

$$V_p = 102 \cdot 10 = 1020 \text{ (м}^3\text{)}.$$

Приймаємо об'єм біореактора 1000 м<sup>3</sup>. Висота ємності 3,5 м, а діаметр 19,3 м. Фактичний об'єм 1023 м<sup>3</sup> [16].

## 2.6.2 Когенераційна установка

Для роботи когенераційної установки біогаз очищається від сірки і вологи. Отриманий біогаз після очищення зберігається в газгольдері, спеціальній ємності, де вирівнюється тиск і склад газу. Після газгольдера газ подається на двигун внутрішнього згорання (ДВЗ), де спалюється. При цьому виробляється електрична та теплова енергія.

Підбираємо когенераційну установку Jenbacher J 208 [17]:

Модель Jenbacher J 208

Електрична потужність 330 кВт

Теплова потужність 371 кВт

ККД електричний – 38,8%

ККД тепловий – 43,6%

ККД загальний – 82,4%.

Робочим паливом для когенераційної установки прийнято біогаз з теплотою згорання  $Q_{н}^p = 22 \text{ МДж/м}^3$ .

Питома витрата умовного палива когенераційною установкою

$$b_y = \frac{0,123}{\eta_{гд}}, \quad (2.49)$$

$$b_y = \frac{0,123}{0,388} = 0,317 (\text{кг} / (\text{кВт} \cdot \text{год}))$$

Витрата умовного палива когенераційною установкою

$$B_y = \frac{N_{\text{ГД}} \cdot b_y}{3600}, \quad (2.50)$$

$$B_y = \frac{330 \cdot 0,317}{3600} = 0,029 (\text{кг/с}).$$

Витрата робочого палива (біогазу) когенераційною установкою

$$B_p = B_y \cdot \frac{Q_y}{Q_p}, \quad (2.51)$$

$$B_p = 0,029 \cdot \frac{29300}{22000} = 0,0386 (\text{м}^3/\text{с}) = 139,04 (\text{м}^3/\text{год}).$$

За технічними характеристиками двигуна Jenbacher J 208 тиск паливного газу на вході у двигун 80 – 200 мбар.

Когенераційні модульні установки добре вписуються в існуючу інфраструктуру підприємства. Можливі два варіанти розміщення:

1) відкрите виконання для встановлення в існуючій котельні, або в окремій будівлі;

2) виконання у всепогодному, шумозахисному контейнері комплектного постачання відкрито на фундаментах біля будівлі існуючої котельні. Когенераційний агрегат у контейнерному виконанні являє собою цілком змонтований виробником функціональний модуль, до складу якого входить як основне устаткування, так і такі допоміжні системи як: мастильне господарство, вентиляція, пожежна і газова сигналізація. Такий контейнерний модуль може бути в стислий термін встановлений і, після підключення інженерних комунікацій, запущений в експлуатацію.

Когенераційний модуль являє собою агрегат, до складу якого входять:

- а) чотиритактний газовий двигун з іскровим запалюванням, турбонаддувом газоповітряної суміші, оснащений спеціальною системою керування;
- б) електрогенератор;
- в) теплообмінники: газоповітряної суміші, мастила, водяної сорочки двигуна, теплова потужність яких використовується для підігріву теплоносія (води).

### 2.6.3 Трубчатий теплообмінник системи термостабілізації реактора

Коефіцієнт теплопередачі через ізольовані ( $\delta_{iz} = 200\text{мм}$ ,  $\lambda_{iz} = 0,05 \text{ Вт/(м·К)}$ ) стінки реактора  $K = 2 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$  [7].

Питомий тепловий потік [7]

$$q = K(t_{\text{рід}} - t_{\text{пов}}), \quad (2.52)$$

$$q = 2,0 \cdot (50 - (-20)) = 140 \text{ (Вт/м}^2\text{)}.$$

Площа бічної поверхні реактора

$$F_1 = \pi D H = 3,14 \cdot 19,3 \cdot 3,5 = 212,107 \text{ (м}^2\text{)}, \quad (2.53)$$

Площа накриття та основи реактора

$$F_2 = 2 \cdot \frac{\pi D^2}{4}, \quad (2.54)$$

$$F_2 = 2 \cdot \frac{3,14 \cdot 19,3^2}{4} = 584,81 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Тепловтрати через огорожувальні конструкції реактора

$$Q_1 = q \cdot F_1, \quad Q_2 = q \cdot F_2 \quad (2.55)$$

$$Q_1 = 140 \cdot 212,107 = 29694,98 \text{ (Вт)},$$

$$Q_2 = 140 \cdot 584,81 = 81873,4 \text{ (Вт)}.$$

$$Q_{\text{втр}} = Q_1 + Q_2, \quad (2.56)$$

$$Q_{\text{втр}} = Q_1 + Q_2 = 29694,98 + 81873,4 = 111568 \text{ (Вт)}.$$

Отже, необхідна потужність трубчатого теплообмінника для термостабілізації реактора 120 кВт.

Гарячий теплоносій в трубчатому теплообміннику – вода;

«холодний» теплоносій – молочна сироватка;

температура «гарячого» теплоносія на вході  $t'_1 = 78^\circ\text{C}$ ;

температура «гарячого» теплоносія на виході  $t''_1 = 52 \text{ (}^\circ\text{C)}$ ;

температура сироватки в реакторі  $t_2'' = 50^\circ\text{C}$ ;

діаметр труби теплообмінника  $d_{\text{зн}}/d_{\text{вн}} = 57/50 \text{ мм}$ .

Задаємо коефіцієнт тепловіддачі зі сторони води, яка рухається в трубі  $4500 \text{ Вт/м}^2\text{К}$ , а зі сторони сироватки  $560 \text{ Вт/м}^2\text{К}$ . Тоді коефіцієнт теплопередачі

$$K = \left( \frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} \right)^{-1}, \quad (2.57)$$

$$K = \left( \frac{1}{4500} + \frac{1}{560} \right)^{-1} = 498 \text{ (Вт/м}^2\text{К)}.$$

Середньологарифмічна різниця температур

$$\bar{\Delta t} = (\Delta t_{\text{г}} - \Delta t_{\text{м}}) / \ln \left( \frac{\Delta t_{\text{г}}}{\Delta t_{\text{м}}} \right), \quad (2.58)$$

$$\bar{\Delta t} = (78 - 50) - (52 - 50) / \ln \left( \frac{78 - 50}{52 - 50} \right) = 9,85 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Площа поверхні нагріву трубчатого теплообмінника

$$F_{\text{тр}} = \frac{Q}{K \cdot \Delta t}, \quad (2.59)$$

$$F_{\text{тр}} = \frac{120 \cdot 10^3}{498 \cdot 9,85} = 24,46 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Довжина змійовика

$$l_{\text{тр}} = \frac{F_{\text{тр}}}{\pi \cdot d}, \quad (2.60)$$

$$l_{\text{тр}} = \frac{24,46}{\pi \cdot 0,057} = 136,6 \text{ (м)}.$$

Звідси можемо визначити довжину кола змійовика

$$L = \pi \cdot D, \quad (2.61)$$

Задаємось діаметром змійовика  $D = 19 \text{ м}$ .

$$L = 3,14 \cdot 19 = 59,66 \text{ (м)}. \quad (2.62)$$

Кількість витків в змійовику

$$n = \frac{l_{\text{тр}}}{L}, \quad (2.63)$$

$$n = \frac{136,6}{59,66} = 2,29.$$

Приймаємо кількість витків  $n_{\text{в}} = 3$ .

## 2.7 Техніко-економічні показники роботи котельні після модернізації

Визначимо техніко-економічні показники роботи котельні з котлами, які працюватимуть на біогазі з теплотою згорання  $Q_{\text{п}}^{\text{р}} = 20 \text{ (МДж/м}^3\text{)}$ , собівартість виробництва біогазу приймаємо  $5,0 \text{ грн/м}^3$ .

Річна витрата природного газу і біогазу в опалювальний і міжопалювальний періоди

$$V_{\text{річ}}^{\text{п.г}} = 0,1347 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 159 + 0,0897 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 176 = 3214468,8 \text{ (м}^3 \text{ / рік)}.$$

$$V_{\text{річ}}^{\text{б}} = 0,0425 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot (159 + 176) = 1230120 \text{ (м}^3 \text{ / рік)}.$$

Річні витрати на природний газ

$$C_{\text{ПАЛ1}} = 3,2144688 \cdot 17,13 \cdot 1,006 = 55,39 \text{ (млн.грн./рік)}.$$

Річні витрати на виробництво біогазу

$$C_{\text{ПАЛ2}} = 1,230120 \cdot 5,0 \cdot 1,006 = 6,19 \text{ (млн.грн./рік)}.$$

В разі встановлення біогазової установки когенераційної установки, яка працюватиме на біогазі, орієнтовні капіталовкладення в модернізацію пальників та системи газопостачання становитимуть 4 млн.грн., а в разі встановлення когенераційної установки капіталовкладення становитимуть 10 млн.грн.

Техніко-економічні показники визначені за методикою, яка показана в підрозділі 2.4. Отримані результати розрахунків зведені в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 – Техніко-економічні показники роботи котельні на природному газі та з когенераційною установкою

|                                                                     | Існуюча схема<br>на<br>природному<br>газі | Котельня на<br>біогазі | Котельня<br>на<br>природном<br>у газі +<br>КГУ |
|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------|------------------------------------------------|
| 1                                                                   | 2                                         | 3                      | 4                                              |
| Ціна природного газу [11], грн/м <sup>3</sup>                       | 17,13                                     | –                      |                                                |
| Собівартість виробництва біогазу, грн/м <sup>3</sup>                |                                           | 5,0                    |                                                |
| Ціна електроенергії, грн/(кВт год)                                  | 6,5                                       | 6,5                    |                                                |
| Витрата робочого палива в опалювальний період,<br>м <sup>3</sup> /с | 0,163                                     | 0,273                  |                                                |

Продовження табл. 2.1

| 1                                                                   | 2          | 3          | 4          |
|---------------------------------------------------------------------|------------|------------|------------|
| Витрата робочого палива в міжопалювальний період, м <sup>3</sup> /с | 0,118      | 0,197      |            |
| Річна витрата природного газу, млн.м <sup>3</sup>                   | 4,033584   |            |            |
| Річна витрата біогазу, млн.м <sup>3</sup>                           |            | 6,746025   |            |
| Річні витрати коштів на паливо, млн.грн                             | 69,51      | 61,58      | 69,51      |
| Річна витрата електроенергії, (кВт·год)/рік                         | 207580,464 | 207580,464 | -          |
| Річне виробництво електроенергії, (кВт·год)/рік                     |            |            | 24122000   |
| Річні витрати коштів на електроенергію, млн.грн                     | 1,349      | 1,349      | -          |
| Річні витрати коштів на воду, млн.грн                               | 0,316      | 0,316      | 0,316      |
| Річні витрати коштів на амортизацію, млн.грн                        | 0,638      | 0,938      | 1,388      |
| Річні витрати коштів на поточний ремонт, млн.грн                    | 0,1276     | 0,1876     | 0,278      |
| Річні витрати коштів на заробітну плату, млн.грн                    | 1,496      | 2,493      | 2,493      |
| Інші витрати, млн.грн                                               | 4,406      | 4,012      | 4,439      |
| Загальні експлуатаційні витрати, млн.грн                            | 77,843     | 70,876     | 78,424     |
| Виручка за продану ЕЕ за ціною 6,132 грн/кВт [18], млн.грн          |            |            | 14,79      |
| Річне виробництво теплоти котельнею, ГДж/рік                        | 117515,404 | 117515,404 | 117515,404 |
| Собівартість вироблення теплової енергії, грн/ГДж                   | 662,41     | 603,12     | 541,5      |

За результатами наведених вище розрахунків можна зробити висновок, що доцільно встановити когенераційну установку, яка працюватиме на біогазі, а котли працюватимуть на природному газі.

### 3 РОЗРАХУНОК ОРЕБРЕНОГО ГАЗО-ВОДЯНОГО ТЕПЛООБМІННИКА

#### 3.1 Тепловий конструктивний розрахунок

Початкові дані:

- температура газів на вході  $t_{\text{вг}}'' = 170 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- температура газів на виході  $t_{\text{вг}}' = 90 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- температура води на вході  $t_{\text{в}}' = 52 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- масова витрата води  $G_{\text{в}} = 1,1 \text{ кг/с}$ ;
- відхідні гази котла омивають оребрені трубки поперечно;
- монометалева оребрена труба з круглими ребрами постійного перерізу.

Для розрахунків використані методики [7, 19, 20].

Діаметр труби, яка омивається газами

$$d_{\text{тр.}} = d_{\text{тр.зовн}} + (2 \delta_{\text{н}}), \quad (3.1)$$

де  $d_{\text{тр.зовн}} = 0,035 \text{ м}$  – зовнішній діаметр труби;

$\delta_{\text{н}} = 0,0015 \text{ м}$  – товщина накату на зовнішню поверхню труби (основа оребрення).

$$d_{\text{тр.}} = 0,035 + 2 \cdot 0,0015 = 0,038 \text{ (м)}.$$

Висота ребра

$$h_{\text{р}} = \frac{(D - d_{\text{тр.}})}{2}, \quad (3.2)$$

де  $D = 0,06 \text{ м}$  – діаметр оребрення;

$\delta_{\text{р}} = 0,003 \text{ м}$  – товщина ребра;

$$h_{\text{р}} = \frac{(0,06 - 0,038)}{2} = 0,011 \text{ (м)}.$$



Середня температура димових газів

$$\bar{t}_r = \frac{t_{\text{вг}}'' + t_{\text{вг}}'}{2}, \quad (3.3)$$

$$\bar{t}_r = \frac{170 + 90}{2} = 130 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Площа газоходу теплообмінника без труб

$$F_{r0} = a \cdot b, \quad (3.4)$$

де  $a = 0,6$  м – попередньо-прийнята ширина газоходу теплообмінника;

$b = 0,6$  м – висота газоходу теплообмінника.

$$F_{r0} = 0,6 \cdot 0,6 = 0,36 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Площа для проходу димових газів у першому ряді труб

$$F_r = F_{r0} - (F_{1\text{тр}} \cdot n_1), \quad (3.5)$$

де  $F_{1\text{тр}} = 0,02328 \text{ м}^2$  – площа, яку займає одна оребрена трубка довжиною 0,6 м;

$n_1 = 9$  – кількість труб у першому ряді.

$$F_r = 0,36 - (0,02328 \cdot 9) = 0,15048 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Швидкість руху газів у теплообміннику

$$w_r = \frac{B_p \cdot V_r \cdot (\bar{t}_r + 273)}{F_r \cdot 273}, \quad (3.6)$$

де  $B_p = 0,118 \text{ м}^3/\text{с}$  – витрата палива, що спалюється у котлі (див. розділ 2);

$V_r = 9,174 \text{ м}^3/\text{м}^3$  – об'єм газів при  $0^\circ\text{C}$  і 760 мм рт. ст.

$$w_r = \frac{0,118 \cdot 9,174 \cdot (130 + 273)}{0,15048 \cdot 273} = 10,6 \text{ (м/с)}.$$

Теплофізичні властивості димових газів показані у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Теплофізичні властивості димових газів для середньої температури  $\bar{t}_r = 130\text{ }^{\circ}\text{C}$  [7]

| Величина                    | Позначення  | Розмірність                           | Значення              |
|-----------------------------|-------------|---------------------------------------|-----------------------|
| Густина                     | $\rho_r$    | $\text{кг/м}^3$                       | 0,8894                |
| Теплоємність                | $C_{pr}$    | $\text{кДж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$ | 1,0767                |
| Кінематична в'язкість       | $\nu_r$     | $\text{м}^2/\text{с}$                 | $24,918\cdot 10^{-6}$ |
| Коефіцієнт теплопровідності | $\lambda_r$ | $\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$   | 0,03394               |
| Критерій Прандтля           | $Pr_r$      | -                                     | 0,684                 |

Критерій Рейнольдса для димових газів

$$Re_r = \frac{w_r \cdot d_{тр.}}{\nu_r}, \quad (3.7)$$

$$Re_r = \frac{10,6 \cdot 0,038}{24,918 \cdot 10^{-6}} = 16165.$$

Коефіцієнт тепловіддачі

$$\alpha_r = 0,23 \cdot \left( \frac{\lambda_r}{S_p} \right) \cdot \left( \frac{w_r \cdot S_p}{\nu_r} \right)^{0,65} \cdot \left( \frac{d_{тр.}}{S_p} \right)^{-0,54} \cdot \left( \frac{h_p}{S_p} \right)^{-0,14}, \quad (3.8)$$

де  $S_p = 0,01\text{ м}$  – крок оребрення;

$$\alpha_r = 0,23 \cdot \left( \frac{0,03394}{0,01} \right) \cdot \left( \frac{10,6 \cdot 0,01}{24,918 \cdot 10^{-6}} \right)^{0,65} \cdot \left( \frac{0,038}{0,01} \right)^{-0,54} \cdot \left( \frac{0,011}{0,01} \right)^{-0,14} = 85,56 \left( \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \right).$$

Об'ємна витрата димових газів через теплообмінник

$$V_r = w_r \cdot F_r, \quad (3.9)$$

$$V_r = 10,5 \cdot 0,15048 = 1,58 \text{ (м}^3/\text{с)}.$$

Масова витрата димових газів

$$G_r = V_r \cdot \rho_r; \quad (3.10)$$

$$G_r = 1,58 \cdot 0,8894 = 1,405 \text{ (кг/с)}.$$

Потужність теплообмінника [19]

$$Q = G_r \cdot C_{p_r} \cdot (t'_{вг} - t''_{вг}), \quad (3.11)$$

$$Q = 1,405 \cdot 1,0767 \cdot (170 - 90) = 121,02 \text{ (кВт)}.$$

Площа поперечного перерізу труби, для проходу води

$$F_{вн} = \left( \frac{\pi \cdot d_{вн}^2}{4} \right), \quad (3.12)$$

де  $d_{вн} = 0,0326$  м – внутрішній діаметр труби;

$$F_{вн} = \frac{3,14 \cdot 0,0326^2}{4} = 0,000834 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Задаємося температурою води на виході з теплообмінника 52 °С.

Середня температура води у теплообміннику

$$\bar{t}_в = \frac{t'_в + t''_в}{2}, \quad (3.13)$$

$$\bar{t}_в = \frac{78 + 52}{2} = 65 \text{ (°С)}.$$

Теплофізичні властивості води для температури води 65 °С показані в табл. 3.3.  
Температура стінки 60 °С.

Таблиця 3.3 – Теплофізичні властивості води для температури  $\bar{t}_в = 65$  °С [7]

| Параметр                         | Позначення  | Розмірність       | Значення               |
|----------------------------------|-------------|-------------------|------------------------|
| Густина                          | $\rho_в$    | кг/м <sup>3</sup> | 980,5                  |
| Теплоємність                     | $C_{p_в}$   | кДж/(кг·К)        | 4,183                  |
| Кінематична в'язкість            | $\nu_в$     | м <sup>2</sup> /с | $0,4748 \cdot 10^{-6}$ |
| Критерій Прандтля для води       | $Pr_в$      | –                 | 2,937                  |
| Критерій Прандтля за т-ри стінки | $Pr_c$      | –                 | 2,98                   |
| Коефіцієнт теплопровідності      | $\lambda_в$ | Вт/(м·К)          | 0,6635                 |

Об'ємна витрата води через теплообмінник

$$V_B = \frac{G_B}{\rho_B}, \quad (3.14)$$

$$V_B = \frac{1,1}{980,5} = 0,0011 \text{ (м}^3\text{/с)}.$$

Швидкість руху води у теплообміннику

$$w_B = \frac{V_B}{F_{BH}}, \quad (3.15)$$

$$w_B = \frac{0,0011}{0,000834} = 1,32 \text{ (м/с)}.$$

Температура води на виході з теплообмінника

$$t_B'' = \frac{Q}{G_B \cdot C_{p_B}} + t_B', \quad (3.16)$$

$$t_B'' = \frac{120}{1,1 \cdot 4,183} + 52 = 78 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Критерій Рейнольдса

$$Re_B = \frac{w_B \cdot d_{BH.}}{\nu_B}, \quad (3.17)$$

$$Re_B = \frac{1,32 \cdot 0,0326}{0,4748 \cdot 10^{-6}} = 90631,8.$$

Критерій Нуссельта

$$Nu_B = 0,023 \cdot Re_B^{0,8} \cdot Pr_B^{0,43} \cdot \left( \frac{Pr_B}{Pr_c} \right)^{0,25}, \quad (3.18)$$

$$Nu_B = 0,023 \cdot 90631,8^{0,8} \cdot 2,937^{0,43} \cdot \left( \frac{2,937}{2,98} \right)^{0,25} = 336,6.$$

Коефіцієнт тепловіддачі

$$\alpha_B = \frac{Nu_B \cdot \lambda_B}{d_{BH.}}, \quad (3.19)$$

$$\alpha_B = \frac{336,6 \cdot 0,6635}{0,0326} = 6850 \text{ (Вт/(м}^2 \cdot \text{К))}.$$

Коефіцієнт тепловіддачі  $\alpha_{B0}$  не враховує термічного опору теплопровідності в ребрах, тому проводимо перерахунок.

Поверхня ребер [4]

$$F_p = \frac{0,5 \cdot \pi \cdot (D^2 - d_{тр.}^2) + \pi \cdot D \cdot \delta_p}{S_p}, \quad (3.20)$$

$$F_p = \frac{0,5 \cdot 3,14 \cdot (0,06^2 - 0,038^2) + 3,14 \cdot 0,06 \cdot 0,003}{0,01} = 0,395 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Поверхня міжреберних ділянок [4]

$$F_{mp} = \frac{\pi \cdot d_{тр.} \cdot (S_p - \delta_p)}{S_p}, \quad (3.21)$$

$$F_{mp} = \frac{3,14 \cdot 0,038 \cdot (0,01 - 0,003)}{0,01} = 0,0835 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Повна площа оребреної поверхні

$$F_{op} = F_p + F_{mp}, \quad (3.22)$$

$$F_{op} = 0,395 + 0,0835 = 0,4785 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Умовна висота ребра [4]

$$h' = h_p \cdot \left( 1 + 0,35 \cdot \ln \left( \frac{D}{d_{тр.}} \right) \right), \quad (3.23)$$

$$h' = 0,011 \cdot \left( 1 + 0,35 \cdot \ln \left( \frac{0,06}{0,038} \right) \right) = 0,01276 \text{ (м)}.$$

Параметр  $m$  [20]

$$m = \left( \frac{2 \cdot \alpha_r}{\lambda_p \cdot \delta_p} \right)^{0,5}, \quad (3.24)$$

де  $\lambda_p = 204 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$  – коефіцієнт теплопровідності ребер з алюмінію [5];

$$m = \left( \frac{2 \cdot 85,56}{204 \cdot 0,003} \right)^{0,5} = 16,72.$$

Коефіцієнт ефективності ребра [7]

$$E_p = \frac{\text{th}(mh')}{(mh')}, \quad (3.25)$$

$$E_p = \frac{\text{th}(16,72 \cdot 0,01276)}{(16,72 \cdot 0,01276)} = 0,985.$$

Ефективність повної ребреної поверхні [20]

$$\eta_{op} = 1 - \left[ \frac{F_p}{F_{op}} (1 - E_p) \right], \quad (3.26)$$

$$\eta_{op} = 1 - \left[ \left( \frac{0,395}{0,4785} \right) \cdot (1 - 0,985) \right] = 0,9876.$$

Коефіцієнт, що враховує нерівномірність тепловіддачі по висоті ребра [20]

$$\psi = 1 - 0,058 \cdot mh', \quad (3.27)$$

$$\psi = 1 - 0,058 \cdot (16,72 \cdot 0,01276) = 0,987.$$

Приведений коефіцієнт тепловіддачі [19]

$$\alpha_{пр} = \alpha_r \cdot \eta_{op} \cdot \psi, \quad (3.28)$$

$$\alpha_{пр} = 85,56 \cdot 0,9876 \cdot 0,987 = 83,4 \text{ (Вт/(м}^2 \cdot \text{К))}.$$

Коефіцієнт теплопередачі

$$K_{op} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_B} + \frac{1}{\alpha_{пр}}} , \quad (3.29)$$

$$K_{op} = \frac{1}{\frac{1}{6850} + \frac{1}{83,4}} = 82,4 \text{ (Вт/(м}^2 \cdot \text{К))}.$$

Схема руху теплоносіїв – протитечійна, тоді різниці температур між теплоносіями

- більша

$$\Delta t_6 = (t'_{вг} - t''_B) , \quad (3.30)$$

$$\Delta t_6 = (170 - 78) = 92 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

- менша

$$\Delta t_M = (t''_{вг} - t'_B) , \quad (3.31)$$

$$\Delta t_M = (90 - 52) = 38 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Температурний напір

$$\bar{\Delta t} = (\Delta t_6 - \Delta t_M) / \ln \left( \frac{\Delta t_6}{\Delta t_M} \right) , \quad (3.32)$$

$$\bar{\Delta t} = (92 - 38) / \ln \left( \frac{92}{38} \right) = 61,07 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Необхідна площа оребреної поверхні

$$F = \frac{Q}{K_{op} \cdot \bar{\Delta t}} , \quad (3.33)$$

$$F = \frac{120 \cdot 10^3}{82,4 \cdot 61,07} = 23,85 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Загальна довжина труб

$$L = \frac{F}{F_{\text{op}}} , \quad (3.34)$$

$$L = \frac{23,85}{0,4785} = 49,84 \text{ (м)}.$$

Необхідна кількість труб

$$n = \frac{L}{l_{\text{тр}}} , \quad (3.35)$$

$$n = \frac{49,84}{0,6} = 83 \text{ (шт)}.$$

Приймаємо  $z = 10$  рядів труб по 9 в одному ряді, тоді загальна кількість труб  $n = 90$  шт. Один додатковий ряд було додано, для того, щоб штуцер для відведення підігрітої води знаходився зверху, що спрощує монтаж утилізатора та його обслуговування.

### 3.2 Гідравлічний розрахунок теплообмінника

Опір теплообмінника зі сторони газів.

Для шахових пучків в межах  $S_p/d_{\text{зовн}} = 2$  і  $10^4 < Re < 6 \cdot 10^4$  критерій Ейлера [20]

$$Eu = 1,4 \cdot z \cdot \left( \frac{h}{d_{\text{тр.}}} \right)^{0,45} \cdot \left( \frac{S_p}{d_{\text{тр.}}} \right)^{-0,72} Re_{\Gamma}^{-0,25} , \quad (3.36)$$

$$Eu = 1,4 \cdot 10 \cdot \left( \frac{0,011}{0,038} \right)^{0,45} \cdot \left( \frac{0,01}{0,038} \right)^{-0,72} \cdot 16165^{-0,25} = 1,86.$$

Втрати напору на тертя

$$\Delta P_{\Gamma} = Eu \cdot \rho_{\Gamma} \cdot w_{\Gamma}^2 , \quad (3.37)$$

$$\Delta P_{\Gamma} = 1,86 \cdot 0,8894 \cdot 10,5^2 = 182,4 \text{ Па} = 0,1824 \text{ (кПа)}.$$



Коефіцієнти місцевих опорів [20]

- вхід в камеру і вихід з неї  $\xi_{\text{BX}}^K = \xi_{\text{ВИХ}}^K = 1,5$
- вхід в трубну систему і вихід з неї  $\xi_{\text{BX}}^{\text{TC}} = \xi_{\text{ВИХ}}^{\text{TC}} = 1,0$

Сумарне значення коефіцієнтів місцевих опорів

$$\begin{aligned}\Sigma \xi_M &= \xi_{\text{BX}}^K + \xi_{\text{ВИХ}}^K + \xi_{\text{BX}}^{\text{TC}} + \xi_{\text{ВИХ}}^{\text{TC}} \\ \Sigma \xi_M &= 1,5 + 1,5 + 1 + 1 = 5.\end{aligned}\quad (3.38)$$

Втрати напору в місцевих опорах

$$\begin{aligned}\Delta P_M &= \Sigma \xi_M \cdot \frac{\rho_{\Gamma} \cdot w_{\Gamma}^2}{2}, \\ \Delta P_M &= 5 \cdot \frac{0,8894 \cdot 10,5^2}{2} = 245,1 \text{ (Па)} = 0,2451 \text{ (кПа)}.\end{aligned}\quad (3.39)$$

Загальні аеродинамічні втрати по ходу димових газів у теплообміннику

$$\begin{aligned}\Delta P &= \Delta P_T + \Delta P_M, \\ \Delta P &= 0,1824 + 0,2451 = 0,4275 \text{ (кПа)}.\end{aligned}\quad (3.40)$$

Опір теплообмінника зі сторони води.

Загальна площа поперечного перерізу 1 ряду труб для проходу води

$$\begin{aligned}F_{\text{заг}} &= \left( \frac{\pi \cdot d_{\text{ВН.}}^2}{4} \right) \cdot Z, \\ F_{\text{заг}} &= \left( \frac{3,14 \cdot 0,0326^2}{4} \right) \cdot 10 = 0,0083 \text{ (м}^2\text{)}.\end{aligned}\quad (3.41)$$

$Re_B = 90631,8 > Re_{\text{кр}} = 10^4$  – режим руху турбулентний.

Коефіцієнт гідравлічного опору тертя

$$\begin{aligned}\lambda &= 0,11 \cdot \left( \frac{68}{Re_B} + \frac{k_e}{d_{\text{ВН}}} \right)^{0,25}, \\ \lambda &= 0,11 \cdot \left( \frac{68}{90631,8} + \frac{0,12}{32,6} \right)^{0,25} = 0,037.\end{aligned}\quad (3.42)$$

Значення коефіцієнтів місцевих опорів у водяному тракті теплообмінника наведені у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Коефіцієнти місцевих опорів у водяному тракті теплообмінника [7]

| Найменування місцевого опору                                  | Значення                          | Кількість |
|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------|
| Вхід у розподільчу камеру з підвідного патрубку і вихід у неї | $\xi_{\text{BX}}^{\text{PK}}=1,5$ | 2         |
| Вхід у трубний простір і вихід з нього                        | $\xi_{\text{BX}}^{\text{TP}}=1$   | 14        |
| Поворот на 180° між секціями                                  | $\xi_{\text{пов}}=2,5$            | 10        |

Сума коефіцієнтів місцевих опорів

$$\Sigma \xi = \xi_{\text{BX}}^{\text{PK}} \cdot 2 + \xi_{\text{BX}}^{\text{TP}} \cdot 14 + \xi_{\text{пов}} \cdot 6, \quad (3.43)$$

$$\Sigma \xi = 1,5 \cdot 2 + 1 \cdot 14 + 2,5 \cdot 10 = 42.$$

Втрати тиску

$$\Delta P = \left( \lambda \cdot \frac{L}{d_{\text{BH}}} + \Sigma \xi \right) \cdot \frac{\rho_{\text{B}} \cdot w^2}{2}, \quad (3.44)$$

$$\Delta P = \left( 0,037 \cdot \frac{36,2}{0,0326} + 42 \right) \cdot \frac{980,5 \cdot 1,32^2}{2} = 70972,9 \text{ (Па)} = 70,97 \text{ (кПа)}.$$

## 4 РОЗРАХУНОК ТА ПІДБІР ОБЛАДНАННЯ СИСТЕМИ ГАЗОПОСТАЧАННЯ КОГЕНЕРАЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ

### 4.1 Загальна характеристика об'єкту, який підлягає монтажу

Зменшення споживання природного газу на котельні ТОВ «Молочний візит» планується за рахунок спорудження біогазової установки і когенераційної установки, що працюватиме на біогазі. Когенераційна установка, запропонована в роботі, побудована на основі газопоршневого двигуна Jenbacher J 208.

Когенераційна установка Jenbacher J 208 може працювати на різних паливах : природний газ, біогаз, пропан, тощо. При роботі на біогазі установка має такі характеристики: електрична потужність до 330 кВт, теплова потужність до 363 кВт, електричний ККД до 38,78%, тепловий ККД до 42,63%, напруга 400 В, коефіцієнт стиснення 12,0:1, тиск паливного газу на вході в двигун 80 – 20 мбар, температура вихлопних газів 478 °С. Габаритні розміри 4900x1700x2000 мм. Повна маса установки 5000 кг [17].

Для захисту двигуна від ненормованого підвищення тиску газу у системі паливостачання встановлено запобіжно-запірний клапан SCN Pietro Fiorentini, що є компактним запобіжним пристроєм, який швидко перекриває потік газу щоразу, коли контрольований тиск досягає попередньо встановлених меж, або коли це вимагається вручну оператором на місці або за допомогою дистанційної команди (додатковий пристрій). Максимально допустимий тиск газу – 16 бар, робочий діапазон температур –20...+60 °С. Монтажна жовжина 254 мм, приєднання – фланцеве.

Вимірювання витрати біогазу виконується за допомогою ротаційного газового лічильника RABO G100, що має наступні характеристики: максимальна витрата газу 160 м<sup>3</sup>/год, діаметр умовного проходу DN 80, приєднання – фланцеве, монтажна довжина 171 мм [21].

Регулювання тиску газу безпосередньо біля двигуна виконується за допомогою регулятора тиску MADAS RG/2MC. Регулятор MADAS RG/2MC призначений для зниження тиску газу та автоматичного підтримання заданого тиску незалежно від зміни вхідного тиску. Регулятори використовуються для

природного газу, метану, біогазу, коксового газу, доменного газу, парової фази зрідженого газу, вуглекислого газу, повітря та інших сухих газів. Приєднання – фланцеве, DN 50, монтажна довжина – 310 мм [22].

Фільтр газовий Madas FGM використовується для очищення сухих газів, повітря, окису вуглецю, азоту та ін., від частинок пилу і механічних домішок, запобігаючи можливим пошкодженням обладнання, що використовує, зі ступенем фільтрації до 50 мкм. Встановлюється газовий фільтр перед регулюючими і запобіжними газовикористовуючими установками, в будь-якому положенні (горизонтально, вертикально або під кутом). Фільтр газовий складається з фільтра-картриджа, який виготовлений з матеріалу, що міється синтетичного волокна під назвою Віледон. Змінний фільтруючий картридж дозволяє виробляти його огляд, очистку та заміну. Сам же корпус газового фільтра виготовлений з штампованого алюмінію. Температура робочого середовища для роботи газового фільтра Madas FGM становить від  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Робочий тиск 6 бар. Приєднання фланцеве DN50, монтажна довжина 230 мм [23].

У схемі газопостачання електромагнітний клапан Madas M16/RM N.C. має завдання відкриття або перекриття потоку газу за сигналом, що може бути подача або відключення напруги на електромагнітну котушку. Клапани можуть встановлюватися горизонтально або вертикально. Характеристики клапана: час закриття  $< 1\text{ с}$ , максимальний робочий тиск 6 бар, приєднання – фланцеве Dn50, монтажна довжина 230 мм [24].

#### 4.2 Розрахунок трубопроводів системи газопостачання

За результатами розрахунку теплової схеми когенераційна установка на основі двигуна Jenbacher J 208 має потужність  $N_e = 330\text{ кВт}$  за коефіцієнта корисної дії  $\eta_{ГД} = 0,388$ . Робоче паливо для когенераційної установки – біогаз з теплою згорання  $Q_{н}^p = 22\text{ МДж/м}^3$ . Витрата робочого палива –  $139,04\text{ м}^3/\text{год}$ .

За технічними характеристиками двигуна Jenbacher J 208 тиск паливного газу на вході у двигун має складати 80 – 200 мбар.

Абсолютний тиск біогазу після компресора 200 кПа.

Згідно [25] діаметри газопроводів визначають для максимальної витрати газу на ділянці, враховуючи допустимі втрати тиску газу

$$d = 0,036238 \cdot \sqrt{\frac{Q \cdot T}{p_m \cdot v}}, \quad (4.1)$$

де  $Q$ , м<sup>3</sup>/год – витрата газу з температурою 0 °С і тиском 0,10132 МПа;

$T$  – абсолютна температура газу, К;

$p_m$  – середній абсолютний тиск газу на розрахунковій ділянці, МПа;

$v$  – швидкість газу, згідно із [25] швидкості руху газу беруться не більше 15 м/с.

Діаметр газопроводу-вводу

$$d = 0,036238 \cdot \sqrt{\frac{139,04 \cdot (273 + 20)}{0,12 \cdot 15}} = 5,45 \text{ (см)}.$$

Приймаємо діаметр трубопроводу-вводу Ø57×3 [26].

З метою підтримання необхідного тиску перед когенераційною установкою встановлюємо регулятор тиску MADAS RG/2MC DN 50 [22]. Втрати тиску на регуляторі складуть за розрахункової витрати газу 8 мбар.

#### 4.3 Визначення складу і об'ємів робіт

##### 4.3.1 Склад робіт

1. Доставка деталей до місця монтажу.
2. Розмітка місць прокладання газопроводів.
3. Влаштування ШРП.
4. Прокладання газопроводів із сталевих водогазопровідних труб Ду 50.
5. Монтаж запобіжно-запірного клапану SCN Pietro Fiorentini DN50.
6. Монтаж регулятора тиску газу MADAS RG/2MC, DN50.
7. Монтаж фільтра газового фланцевого Madas FGM Pmax = 6 bar Ду 50.
8. Монтаж ротаційного газового лічильника RABO G100, DN 80.
9. Монтаж газового електромагнітного клапану Madas M16/RM N.C., DN50.

10. Монтаж засувок "Баттерфляй" BF Pietro Fiorentini, DN50.
11. Прокладання газопроводів із сталевих водогазопровідних труб Ду 40.
12. Монтаж засувок "Баттерфляй" BF Pietro Fiorentini, DN40.
13. Пневматичне випробування газопроводів.
14. Повернення допоміжного обладнання на склад.

#### 4.3.2 Об'єми робіт [27]

1. Доставка деталей до місця монтажу. Одиниці вимірювання – тони. Загальна вага усіх деталей системи забезпечення біогазом 1522,13 кг (1,52 т). Приймаємо об'єм  $V = 1,52$

2. Розмітка місць прокладання газопроводів. Одиниці вимірювання – 100 м. Довжина всієї мереж газопроводів складає  $L = 73,5$  м. Приймаємо об'єм  $V = 0,735$ .

3. Влаштування ШРП. Одиниці вимірювання – штуки. В системі забезпечення біогазом встановлюється 1 ШРП. Приймаємо об'єм  $V = 1$ .

4. Прокладання газопроводів із сталевих водогазопровідних труб Ду 50.. Одиниці вимірювання – 100 м. Довжина мережі газопроводу Ду50 складає 6 м. Приймаємо об'єм  $V = 0,06$ .

5. Монтаж запобіжно-запірного клапану SCN Pietro Fiorentini DN50. Одиниці вимірювання – штуки. В системі забезпечення біогазом встановлюється 1 запобіжно-запірний клапан. Приймаємо об'єм  $V = 1$ .

6. Монтаж регулятора тиску газу MADAS RG/2MC, DN50. Одиниці вимірювання – штуки. В системі забезпечення біогазом встановлюється 1 регулятор тиску газу. Приймаємо об'єм  $V = 1$ .

7. Монтаж фільтра газового фланцевого Madas FGM  $P_{max} = 6 \text{ bar}$  Ду 50. Одиниці вимірювання – штуки. В системі забезпечення біогазом встановлюється 1 фільтр. Приймаємо об'єм  $V = 1$ .

8. Монтаж ротаційного газового лічильника RABO G100, DN 80. Одиниці вимірювання – штуки. В системі забезпечення біогазом встановлюється 1 лічильник. Приймаємо об'єм  $V = 1$ .

9. Монтаж газового електромагнітного клапану Madas M16/RM N.C.,

DN50. Одиниці вимірювання – штуки. В системі забезпечення біогазом встановлюється 1 електромагнітний клапан. Приймаємо об'єм  $V = 1$ .

10. Монтаж засувки "Баттерфляй" BF Pietro Fiorentini, DN50. Одиниці вимірювання – штуки. В системі забезпечення біогазом встановлюється 2 засувки вказаного типорозміру. Приймаємо об'єм  $V = 2$ .

11. Прокладання газопроводів із сталевих водогазопровідних труб Ду 40. Одиниці вимірювання – 100 м. Довжина мережі газопроводу Ду40 складає 67,5 м. Приймаємо об'єм  $V = 0,675$ .

12. Монтаж засувки "Баттерфляй" BF Pietro Fiorentini, DN40. Одиниці вимірювання – штуки. В системі забезпечення біогазом встановлюється 1 засувка вказаного типорозміру. Приймаємо об'єм  $V = 1$ .

13. Пневматичне випробування газопроводів. Одиниці вимірювання – 100 м. Довжина всієї мережі газопроводів складає  $L = 73,5$  м. Приймаємо об'єм  $V = 0,735$ .

14. Повернення допоміжного обладнання на склад. Одиниці вимірювання в тонах. Загальна маса допоміжного обладнання для монтажу складає 205,75 кг (0,2 т). Приймаємо об'єм  $V = 0,2$ .

#### 4.4 Розрахунок та комплектування основних та допоміжних матеріалів та виробів, складання відомостей

Розрахунок та комплектування основних матеріалів наведено у таблиці 4.1, а допоміжних матеріалів та виробів – у таблиці 4.2.

Таблиця 4.1 Комплектувальна відомість основних матеріалів і виробів

| № п/п | Найменування робіт та витрат, одиниця вимірювання     | Одиниці вимірювання | Кількість | Вага    |        |
|-------|-------------------------------------------------------|---------------------|-----------|---------|--------|
|       |                                                       |                     |           | Одиниця | Всього |
| 1     | 2                                                     | 3                   | 4         | 5       | 6      |
| 1     | Регулятор MADAS RG/2MC, DN50                          | шт.                 | 1         | 3,2     | 3,2    |
| 2     | Запобіжно-запірний клапан SCN Pietro Fiorentini DN50  | шт.                 | 1         | 42      | 42     |
| 3     | Ротаційний газовий лічильник RABO G100, DN 80         | шт.                 | 1         | 15      | 15     |
| 4     | Фільтр газовий фланцевий Madas FGM Pmax = 6 bar Ду 50 | шт.                 | 1         | 3       | 3      |

Продовження табл. 4.1

| 1  | 2                                                       | 3   | 4    | 5    | 6     |
|----|---------------------------------------------------------|-----|------|------|-------|
| 5  | Газовий електромагнітний клапан Madas M16/RM N.C., DN50 | шт. | 1    | 3,52 | 3,52  |
| 6  | Засувка "Баттерфляй" BF Pietro Fiorentini, DN50         | шт. | 2    | 4    | 8     |
| 7  | Засувка "Баттерфляй" BF Pietro Fiorentini, DN40         | шт. | 1    | 2,9  | 2,9   |
| 8  | Відвід 90° сталевий приварний Ду50                      | шт  | 4    | 0,5  | 2,0   |
| 9  | Відвід 90° сталевий приварний Ду40                      | шт. | 6    | 0,26 | 1,56  |
| 10 | Труба сталева водогазопровідна Ду50                     | м   | 6    | 4,0  | 24,0  |
| 11 | Труба сталева водогазопровідна Ду40                     | м   | 67,5 | 2,6  | 175,5 |

Таблиця 4.2 Комплектувальна відомість допоміжних матеріалів і виробів

| № п/п                                                                 | Найменування робіт та витрат, одиниця вимірювання                                                           | Одиниці вимірювання | Кількість     | Маса             |        |
|-----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------|------------------|--------|
|                                                                       |                                                                                                             |                     |               | Одиниця          | Всього |
| 1                                                                     | 2                                                                                                           | 3                   | 4             | 5                | 6      |
| Допоміжні матеріали                                                   |                                                                                                             |                     |               |                  |        |
| для прокладання трубопроводів із сталевих водогазопровідних труб [27] |                                                                                                             |                     |               |                  |        |
| 1                                                                     | Кисень технічний газоподібний                                                                               | м <sup>3</sup>      | 0,06<br>0,675 | 1,047<br>0,837   | *      |
| 2                                                                     | Фарба земляна густотерта олійна, мумія, сурик залізний                                                      | т                   | 0,06<br>0,675 | 0,00006          | 0,044  |
| 3                                                                     | Мило тверде господарське 72%                                                                                | шт                  | 0,06<br>0,675 | 0,5              | **     |
| 4                                                                     | Дріт зварювальний легований, діаметр 4 мм                                                                   | т                   | 0,06<br>0,675 | 0,0015<br>0,0012 | 0,9    |
| 5                                                                     | Ацетилен газоподібний технічний                                                                             | м <sup>3</sup>      | 0,06<br>0,675 | 0,761<br>0,606   | 68     |
| 6                                                                     | Оліфа натуральна                                                                                            | кг                  | 0,06<br>0,675 | 0,03             | 0,022  |
| 7                                                                     | Очіс льняний                                                                                                | т                   | 0,06<br>0,675 | 0,00003          | 0,022  |
| Для влаштування ШРП [27]                                              |                                                                                                             |                     |               |                  |        |
| 8                                                                     | Кисень технічний газоподібний                                                                               | м <sup>3</sup>      | 1             | 0,05             | *      |
| 9                                                                     | Фарба земляна густотерта олійна, мумія, сурик залізний                                                      | т                   | 1             | 0,00014          | 0,14   |
| 10                                                                    | Електроди, діаметр 4 мм, марка Э42                                                                          | т                   | 1             | 0,00057          | 0,57   |
| 11                                                                    | Дрантя                                                                                                      | кг                  | 1             | 0,002            | 0,002  |
| 12                                                                    | Труби сталеві зварні водогазопровідні з різьбою, чорні легкі неоцинковані, Ду 20 мм, $\delta_{ст} = 2,5$ мм | м                   | 1*0,61        | 1,5              | 0,915  |



Продовження табл. 4.2

| 1                                                 | 2                                                                                                                                             | 3              | 4 | 5       | 6    |
|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|---|---------|------|
| 13                                                | Кутники прямі (фітинги) з ковкого чавуну з циліндричною різьбою, максимальний умовний прохід 20 мм                                            | 10 шт          | 1 | 0,1     | 0,18 |
| 14                                                | Кронштейни                                                                                                                                    | кг             | 1 | 1       | 1    |
| 15                                                | Болти з гайками та шайбами, діаметр 12 мм                                                                                                     | т              | 1 | 0,00064 | 0,64 |
| 16                                                | Фланці плоскі приварні із сталі ВСт3сп2, ВСт3сп3, тиск 0,1 МПа та 0,25 МПа (1 кгс/см <sup>2</sup> та 2,5 кгс/см <sup>2</sup> ), діаметр 50 мм | шт             | 2 | 2,06    | 4,12 |
| 17                                                | Пісок природний, рядовий                                                                                                                      | м <sup>3</sup> | 1 | 0.59    | 826  |
| 18                                                | Розчин готовий кладковий важкий цементний, марка М100                                                                                         | м <sup>3</sup> | 1 | 0,005   | 9    |
| 19                                                | Пароніт                                                                                                                                       | т              | 1 | 0,00005 | 0,05 |
| 20                                                | Пропан-бутан технічний                                                                                                                        | м3             | 1 | 0,007   | **   |
| 21                                                | Згони сталеві з муфтою та контргайкою, діаметр до 20 мм                                                                                       | шт             | 1 | 1       | 0,55 |
| 22                                                | Анкерні деталі                                                                                                                                | кг             | 1 | 1       | 1    |
| Для встановлення регулятора тиску газу            |                                                                                                                                               |                |   |         |      |
| 23                                                | Кисень технічний газоподібний                                                                                                                 | м <sup>3</sup> | 1 | 0,05    | *    |
| 24                                                | Електроди, діаметр 4 мм, марка Э42                                                                                                            | т              | 1 | 0,00021 | 0,21 |
| 25                                                | Болти з гайками та шайбами, діаметр 12 мм                                                                                                     | т              | 1 | 0,00122 | 1,22 |
| 26                                                | Пароніт                                                                                                                                       | т              | 1 | 0,0001  | 0,1  |
| 27                                                | Пропан-бутан технічний                                                                                                                        | м3             | 1 | 0,01    | **   |
| 28                                                | Фланці плоскі приварні із сталі ВСт3сп2, ВСт3сп3, тиск 0,1 МПа, діаметр 50 мм                                                                 | шт             | 2 | 2,06    | 4,12 |
| Для встановлення запобіжно-запірного клапану [23] |                                                                                                                                               |                |   |         |      |
| 29                                                | Кисень технічний газоподібний                                                                                                                 | м <sup>3</sup> | 1 | 0,05    | *    |
| 30                                                | Електроди, діаметр 4 мм, марка Э42                                                                                                            | т              | 1 | 0,00022 | 0,22 |
| 31                                                | Болти з гайками та шайбами, діаметр 12 мм                                                                                                     | т              | 1 | 0,0015  | 1,5  |
| 32                                                | Пароніт                                                                                                                                       | т              | 1 | 0,0001  | 0,1  |
| 33                                                | Пропан-бутан технічний                                                                                                                        | м3             | 1 | 0,006   | **   |
| 34                                                | Фланці плоскі приварні із сталі ВСт3сп2, ВСт3сп3, тиск 0,1 МПа, діаметр 50 мм                                                                 | шт             | 2 | 2,06    | 4,12 |
| Для встановлення фільтру [23]                     |                                                                                                                                               |                |   |         |      |
| 35                                                | Кисень технічний газоподібний                                                                                                                 | м <sup>3</sup> | 1 | 0,052   | *    |
| 36                                                | Електроди, діаметр 4 мм, марка Э42                                                                                                            | т              | 1 | 0,00022 | 0,22 |
| 37                                                | Болти з гайками та шайбами, діаметр 16 мм                                                                                                     | т              | 1 | 0,0007  | 0,7  |
| 38                                                | Пароніт                                                                                                                                       | т              | 1 | 0,0001  | 0,1  |
| 39                                                | Пропан-бутан технічний                                                                                                                        | м <sup>3</sup> | 1 | 0,007   | **   |
| 40                                                | Фланці плоскі приварні із сталі ВСт3сп2, ВСт3сп3, тиск 0,1 МПа діаметр 50 мм                                                                  | шт             | 2 | 2,06    | 4,12 |
| Для монтажу лічильника газу [23]                  |                                                                                                                                               |                |   |         |      |
| 41                                                | Гайки шестигранні, діаметр різьби 16 мм – 18 мм                                                                                               | т              | 1 | 0,0002  | 0,2  |

Продовження табл 4.2

| 1                                                | 2                                                                             | 3              | 4     | 5       | 6     |
|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|----------------|-------|---------|-------|
| 42                                               | Кисень технічний газоподібний                                                 | м <sup>3</sup> | 1     | 0,039   | 73    |
| 43                                               | Електроди, діаметр 4 мм, марка Э42                                            | т              | 1     | 0,00038 | 0,38  |
| 44                                               | Болти з гайками та шайбами, діаметр 16 мм                                     | т              | 1     | 0,0007  | 0,7   |
| 45                                               | Пароніт                                                                       | т              | 1     | 0,00014 | 0,14  |
| 46                                               | Пропан-бутан технічний                                                        | м3             | 1     | 0,007   | 22,5  |
| 47                                               | Фланці плоскі приварні із сталі ВСт3сп2, ВСт3сп3, тиск 0,1 МПа, діаметр 80 мм | шт             | 2     | 3,19    | 6,38  |
| 48                                               | Шпильки оцинковані стяжні, діаметр різьби 16 мм, довжина 150 мм               | т              | 1     | 0,0005  | 0,5   |
| 49                                               | Шайби                                                                         | т              | 1     | 0,00009 | 0,09  |
| Для пневматичного випробування газопроводів [24] |                                                                               |                |       |         |       |
| 50                                               | Фарба земляна густотерта олійна, мумія, сурик залізний                        | т              | 0,735 | 0,0009  | 0,662 |
| 51                                               | Мило тверде господарське 72%                                                  | шт             | 0,735 | 0,5     | 0,2   |
| 52                                               | Оліфа натуральна                                                              | кг             | 0,735 | 1       | 0,735 |
| 53                                               | Очіс льняний                                                                  | т              | 0,735 | 0,00045 | 0,331 |

Маса основного обладнання і матеріалів – 280,68 кг.

Маса допоміжних матеріалів (без води) – 1035,7 кг.

Маса матеріалів для доставки

$$M_{\text{дост}} = 280,68 + 1035,7 + 205,75 = 1522,13 \text{ (кг)}.$$

#### 4.5 Вибір машин і механізмів

Обладнання для очищення димових газів та допоміжні матеріали завозяться централізовано вантажним автомобілем Mercedes Sprinter 313 CDI. Технічні характеристики автомашини наведені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Технічні характеристики автомашини Mercedes Sprinter 313 CDI [28]

| Найменування        | Одиниця виміру | Значення |
|---------------------|----------------|----------|
| Вантажопідйомність  | кг             | до 3500  |
| Кількість осей:     |                |          |
| всього              | шт             | 2        |
| ведучих             | шт             | 1        |
| Вантажна висота     | мм             | 2300     |
| Найбільша швидкість | км/год         | 160      |
| Радіус повороту     | м              | 6,4      |

Продовження табл 4.3

| 1                                        | 2        | 3                    |
|------------------------------------------|----------|----------------------|
| Коля коліс:<br>передні<br>задні          | мм<br>мм | 1800<br>1750         |
| Витрата палива                           | л/100 км | 9,5                  |
| Габарити:<br>Довжина<br>Ширина<br>Висота |          | 6590<br>1933<br>2570 |
| Маса                                     | кг       | 2125                 |

Виконання зварювальних робіт виконується за допомогою зварювального апарату Mächztz MWM-280 D з технічними характеристиками [29]:

- потужність, кВт – 7,3;
- Діапазон регулювання зварювального струму, А – 20 – 280;
- номінальна напруга, В – 160 – 250;
- діаметр електродів , мм – 1,6– 5,0;
- напруга холостого ходу, В – 65;
- коефіцієнт корисної дії, % - 90;
- маса – 5,0 кг.

Таблиця 4.4 – Набір інструментів та пристосувань для монтажників [30]

| Найменування                    | Кільк.,<br>шт. | Заг.<br>маса, кг |
|---------------------------------|----------------|------------------|
| Ключ гайковий двохсторонній     |                |                  |
| M17x19 мм                       | 6              | 0,9              |
| M19x22 мм                       | 6              | 1,2              |
| Плоскогубці комбіновані         | 6              | 1,6              |
| Викрутки                        | 6              | 0,31             |
| Молоток слюсарний               | 6              | 1,8              |
| Зубило слюсарне довжиною 200 мм | 6              | 2,1              |
| Молоток гумовий                 | 6              | 1,9              |
| Стрічка вимірювальна, 20 м      | 6              | 0,12             |
| Рівень металевий                | 2              | 0,22             |
| Ящик переносний для інструменту | 12             | 3,2              |
| Σ=11,75                         |                |                  |

Для підйому газопроводів використовуємо монтажну лебідку ЛМ-0,5. Її характеристики вказані в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 – Технічні характеристики лебідки ЛМ-0,5 [31]

| Найменування                        | Одиниця виміру | Значення |
|-------------------------------------|----------------|----------|
| Тягове зусилля                      | кгс            | 250      |
| Швидкість навивання канату в 1 шарі | м/с            | 0,24     |
| Канатоємність барабану              | м              | 80       |
| Діаметр канату                      | мм             | 4,8      |
| Маса                                | кг             | 73       |
| Габаритні розміри                   |                |          |
| довжина                             | мм             | 570      |
| ширина                              | мм             | 600      |
| висота                              | мм             | 360      |

Випробування газоходів виконуємо за допомогою компресора пересувного поршневого FINI ВК 114-270F-5.5 з регулюванням тиску, що має такі технічні характеристики [32]:

- об'єм ресивера, л – 270;
- продуктивність, м<sup>3</sup>/хв - 0,58 ;
- потужність двигуна, кВт – 4,0;
- тиск нагнітання, бар – 10;
- габарити, мм – 1650х505х1150;
- напруга мережі, В – 380;
- маса 116 кг.

Загальна маса допоміжного обладнання складає 205,75 кг.

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ

У цьому розділі розглянуто питання охорони праці, що стосуються робіт з модернізації парової котельні ТОВ «Молочний візит». Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних, лікувально-профілактичних заходів спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці. Отже, основна мета охорони праці – зведення до мінімуму імовірності травматизму та захворювань працівників. Це здійснюється за рахунок забезпечення нормальних умов праці.

На будівельно-монтажний персонал, що здійснює модернізації парової котельні, впливають такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори [33, 34].

Фізичні фактори: мікроклімат (температура, вологість, швидкість руху повітря, інфрачервоне випромінювання); виробничий шум, ультразвук, інфразвук; вібрація (локальна, загальна); освітлення: природне (недостатність), штучне (недостатня освітленість, прямий і відбитий сліпучий відблиск тощо); іонізація повітря.

Хімічні фактори: речовини хімічного походження, аерозолі фіброгенної дії (пил).

Фактори трудового процесу: важкість (тяжкість) праці; напруженість праці. Важкість праці характеризується рівнем загальних енергозатрат організму або фізичним динамічним навантаженням, масою вантажу, що піднімається і переміщується, загальною кількістю стереотипних робочих рухів, величиною статичного навантаження, робочою позою, переміщенням у просторі. Напруженість праці характеризують: сенсорні та емоційні навантаження, ступінь монотонності навантажень, режим роботи.

### 5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта

#### 5.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

Під час модернізації парової котельні монтажники повинні дотримуватися правил охорони праці [35], за якими потрібно перед початком монтажу електрообладнання вантажопідіймальних кранів змонтувати постійні настили з

огорожами відповідно до ГОСТ 12.4.059, ГОСТ 23407, ГОСТ 24258. За правилами з охорони праці під час виконання робіт на кранах (на висоті) потрібно перебувати на раніше встановлених і надійно закріплених конструкціях чи засобах підмоцвання. Забороняється перебування людей на елементах конструкцій і обладнання під час їх піднімання та переміщення.

Навісні монтажні площадки, сходи та інші пристосування, що необхідні для виконання робіт на висоті, потрібно встановлювати на конструкціях, які монтуються до їх піднімання. Для переходу монтажників з однієї конструкції на іншу необхідно застосовувати драбини, перехідні містки і трапи, що мають огорожі. Забороняється перехід монтажників по встановлених конструкціях та їх елементах (фермах, ригелях тощо), на яких неможливо забезпечити необхідну ширину проходу при встановлених огорожах, без застосування спеціальних запобіжних пристроїв (натягнутого уздовж ферми чи ригеля каната для закріплення карабіна запобіжного поясу). Місця і способи кріплення каната повинні бути зазначені в ПВР. Спосіб стропування елементів конструкцій та обладнання повинен забезпечувати їх подавання до місця розміщення в положенні, близькому до проектного.

До робіт на висоті і верхолазних робіт допускаються навчені особи, стан здоров'я яких має відповідати медичним вимогам, встановленим для даних видів робіт («Положення про медичний огляд працівників певних категорій»). Працівники, які виконують верхолазні роботи, повинні мати відповідний запис в посвідченні про перевірку знань. До самостійних верхолазних робіт допускаються особи віком не молодші 18 років, які мають стаж верхолазних робіт не менше одного року і кваліфікаційний розряд не нижче четвертого. Робітники, які вперше допускаються до верхолазних робіт, протягом одного року повинні працювати під безпосереднім наглядом досвідчених спеціалістів, призначених наказом керівника підприємства. Працівники мають бути навчені безпеці праці до початку виконання верхолазних робіт.

Драбини, риштування, помости, кігті, лази та інші пристосування, що застосовуються для виконання робіт на висоті і верхолазних робіт, повинні бути

сертифіковані, а також відповідати вимогам «Правил безпеки під час роботи з інструментом і пристроями».

Під час виконання робіт, коли немає можливості закріпити строп запобіжного поясу за конструкцію або опору, слід користуватися страхувальним канатом, що є відповідним до вимог ГОСТ 12.4.107. В цьому разі строп запобіжного паска заводиться за конструкцію, деталь опори тощо. Виконувати цю роботу повинні дві особи, друга особа в міру необхідності попускає чи натягує канат.

Під час роботи на конструкціях, під якими розташовані струмопровідні частини, що перебувають під напругою, ремонтні пристосування і інструмент прив'язуються для запобігання їх падінню. Застосовувати в цих випадках монтерські запобіжні паски зі стропами з металевого ланцюга забороняється.

Подавати деталі на конструкції чи устаткування слід за допомогою «нескінченного» канату. Працівник, який стоїть внизу, повинен утримувати канат для запобігання його розгойдуванню і наближенню до струмопровідних частин. Працівники, які виконують роботи на висоті або верхолазні роботи, повинні бути в спецодязі, що не заважає рухам. Особистий інструмент слід зберігати в сумці. Працівники, що здійснюють нагляд за членами бригади, які виконують верхолазні роботи або роботи на висоті, можуть розташовуватися на землі. Обслуговування освітлювальних пристроїв, розташованих на стелі машинних залів і цехів підприємств, з візків мостового крану слід провадити не менш ніж двома працівниками, один з яких з групою III. Під час виконання робіт з використанням крану ремонтникам має бути виданий наряд-допуск.

Ручний електрифікований інструмент повинен відповідати вимогам ДСТУ ІЕС 60745-1:2010 «Інструмент ручний електромеханічний. Безпека. Частина 1. Загальні вимоги».

Номінальна напруга електроінструменту класів I та II не повинна перевищувати: 220 В – для електроінструменту постійного струму; 380 В – для електроінструменту змінного струму.

Електроінструмент, що живиться від електричної мережі, повинен бути оснащений незнімним гнучким кабелем (шнуром) із штепсельною вилкою.

Незнімний гнучкий кабель електроінструменту класу I повинен мати жилу, що з'єднує заземлювальний затискач електроінструменту із заземлювальним контактом штепсельної вилки.

Кабель у місці введення в електроінструмент класу I необхідно захищати від стирань та перегинань еластичною трубкою з ізоляційного матеріалу. Трубку необхідно закріплювати в корпусних деталях електроінструменту таким чином, щоб вона виступала за їх межі на довжину не менше п'яти діаметрів кабелю. Трубка на кабелі не повинна закріплюватись поза електроінструментом.

Для приєднання однофазного електроінструменту шланговий кабель повинен мати три жили: дві – для живлення, одна – для заземлювання. Для приєднання трифазного електроінструменту необхідно застосовувати чотирижильний кабель, одна з жил якого призначена для заземлювання. Це стосується тільки електроінструменту із заземленим корпусом. Кабель електроінструменту повинен бути захищений від випадкового пошкодження і зіткнення його з гарячими, вологими та масляними поверхнями.

#### 5.1.2 Електробезпека

Живлення силового обладнання для монтажу та системи освітлення здійснюється від п/ст 10/0,4 кВ кабельними лініями, що прокладені в траншеях. Для живлення використовується трифазна чотирьохпровідна мережа із заземленою нейтраллю напругою 380/220 В. Відповідно з ГОСТ ПБЕ [36, 37] умови праці за ступенем небезпеки ураження працівників електричним струмом є умовами з підвищеною небезпекою, тому що підлога у приміщеннях, що будуються, є струмопровідною.

Загальні вимоги безпеки до виробничого обладнання встановлені згідно з ГОСТ 12.2.003, в якому визначені вимоги до основних елементів конструкції, органів управління і засобів захисту, які входять в конструкцію виробничого обладнання любого виду і призначення. Електропривід насосів, вентиляторів, іншого обладнання повинний бути виконаний відповідно до Правил устрою електричних установок.

Обов'язкова установка захисного заземлення та захисного відключення.



При роботі з електроустаткуванням використовуються основні і додаткові електрозахисні засоби. До основних відносяться: ізолюючі штанги; ізолюючі і струмовимірювальні кліщі; слюсарно-монтажні інструменти з ізолюючим руків'ям. До додаткових відносяться: діелектричні рукавички; переносне заземлення; огорожуючі пристосування; плакати та знаки безпеки.

## 5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

### 5.2.1 Мікроклімат

Основними нормативними документами, що регламентують параметри мікроклімату виробничих приміщень, є ДСН 3.3.6.042-99 [38]. Мікроклімат цеху характеризується наступними чинниками: температурою повітря, відносною вологістю повітря, швидкістю руху повітря, інтенсивністю теплового випромінювання. Допустимі норми температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень наведені в табл. 5.1. Робота з монтажу обладнання парової котельні відноситься до категорії Пб по важкості праці.

Таблиця 5.1 – Допустимі норми параметрів повітря на непостійних робочих місцях

| Період року | Категорія робіт | Температура, °C | Відносна вологість | Швидкість руху, X |
|-------------|-----------------|-----------------|--------------------|-------------------|
| Холодний    | Пб              | 13-23           | 75                 | не більше 0,4     |
| Теплий      |                 | 15-29           | 70 при 25 °C       | 0,2-0,5           |

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату на робочому місці оператора крану передбачається [39]: в холодну пору року – використання калорифера; в літню пору – застосування вентиляторів обдуву.

### 5.2.2 Склад повітря робочої зони

Забруднення повітря робочої зони регламентується гранично допустимими концентраціями (ГДК) в мг/м<sup>3</sup> [38].

Під час монтажу системи опалення виділяється пил нетоксичний. При роботі системи вентиляції, провітрюванні у приміщенні може попадати пил та інші шкідливі речовини, які виділяються при технологічних процесах в цеху і знаходяться в повітрі навколишнього середовища. Їх ГДК відповідно до [6] наведено в табл. 5.2.

Таблиця 5.2 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин для повітря атмосфери в робочій зоні монтажника

| Назва речовини  | ГДК, мг/м <sup>3</sup> |                 | Клас небезпечності |
|-----------------|------------------------|-----------------|--------------------|
|                 | Максимально разова     | Середньо добова |                    |
| Пил нетоксичний | 0,5                    | 0,15            | 4                  |

Для забезпечення допустимих показників мікроклімату та складу повітря робочої зони відповідно до ДБН проектом передбачені наступні рішення [39]:

- застосування пиловідсмоктуючих агрегатів з рукавними фільтрами, які встановленні безпосередньо на ділянках біля обладнання із яких очищене повітря поступає у виробниче приміщення;
- необхідно здійснювати контроль за ГДК шкідливих речовин у приміщенні;
- застосовувати природну вентиляцію: організовану та неорганізовану.

### 5.2.3 Виробниче освітлення

Приміщення забезпечене природним освітленням в денний проміжок часу, але вечері постає проблема в штучному освітленні.

Характеристика зорових робіт – малої точності. Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 [40] розряд зорової роботи V, підрозряд «а». Нормовані значення освітленості наведені в табл. 5.3.

Для забезпечення достатнього освітлення здійснюють систематичне очищення скла та світильників від пилу (не рідше двох разів на рік), використовують жалюзі. В разі нестачі природного освітлення, використовують загальне штучне освітлення, що створюється за допомогою світлодіодних ламп E27 LED 15W NW A60 "SG". Висота підвісу світильників над робочою поверхнею 4,5 метра.

Таблиця 5.3 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

| Характеристика зорової роботи | Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм | Розряд зорової роботи | Підрозряд зорової роботи | Контраст об'єкта з фоном | Характеристика фону | Штучне при системі комбінованого освітлення |                        | Природне E <sub>н пр</sub> | Сумісне E <sub>сум</sub> |
|-------------------------------|------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------|---------------------------------------------|------------------------|----------------------------|--------------------------|
|                               |                                                            |                       |                          |                          |                     | всього                                      | у т. ч. від загального |                            |                          |
| Малої точності                | Від 1,0 до 5,0 включно                                     | V                     | а                        | малий                    | темний              | 400                                         | 200                    | 3                          | 1,8                      |

При експлуатації здійснюється контроль за рівнем напруги освітлювальної мережі, своєчасна заміна перегорілих ламп, забезпечується чистота повітря у приміщенні.

#### 5.2.4 Виробничий шум

Під час монтажу системи опалення на будівництві джерелом шуму є будівельне обладнання, машини, механізми та переносний електроінструмент – механічний шум.

При санітарно-гігієнічному нормуванні шуму використовують два методи:

- нормування за гранично допустимим спектром шуму;
- нормування рівня звуку за шкалою А шумоміра.

За характером спектру шум – широкосмуговий з безперервний спектром шириною більше октави; за тональною характеристикою – постійний; за походженням – пневматичний. Допустимі рівні звукового тиску на робочих місцях приймаються за вимогами ДСН 32.23-85 [41] і наведені в табл. 5.4.

Таблиця 5.4 – Допустимі рівні звукового тиску

| Робоче місце                                                                      | Рівні звукового тиску в октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц |    |     |     |     |      |      |      |      |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|----|-----|-----|-----|------|------|------|------|
|                                                                                   | 31,5                                                                         | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| На постійних робочих місцях у Виробничих приміщеннях та на території підприємства | 107                                                                          | 95 | 87  | 82  | 78  | 75   | 73   | 71   | 69   |

Для зменшення рівня шуму до допустимого в цеху двигуни виконуються в металевому кожусі, а також виконують змащення, застосовують пластмасові деталі, використовують протишумні навушники, які закривають вушну раковину.

#### 5.2.5 Виробничі вібрації

Вібрацією називають механічні коливання пружних тіл або систем, коли відбувається переміщення центра їх ваги в просторі відносно статичного стану. Загальна вібрація передається на тіло через опорні поверхні людини, що стоїть чи сидить (підшви ніг або сидниці). Допустимі рівні загальної вібрації на

робочих місцях приймаються за вимогами ДСН 32.23-85 [42] і наведені в табл. 5.5.

Основними методами колективного віброзахисту є зниження вібрації шляхом дії на джерело виникнення: відстрочка від режиму резонанс; динамічне гасіння коливань, заміна конструктивних елементів уставок і будівельних конструкцій. Засоби індивідуального захисту діляться на засоби для ніг, рук та тіла працюючого.

Таблиця 5.5 – Допустимі рівні вібрації на постійних місцях

| Вид вібрації                                                           | Октавні смуги з середньгеометричними частотами, Гц |                   |                   |                  |                  |                  |     |     |     |      |
|------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|-----|-----|-----|------|
|                                                                        | 2                                                  | 4                 | 8                 | 16               | 31,5             | 63               | 125 | 250 | 500 | 1000 |
| Загальна вібрація на постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях | $\frac{1,3}{108}$                                  | $\frac{0,45}{99}$ | $\frac{0,22}{93}$ | $\frac{0,2}{92}$ | $\frac{0,2}{92}$ | $\frac{0,2}{92}$ | -   | -   | -   | -    |

В чисельнику середньоквадратичне значення вібрації, м/с  $10^{-2}$ , знаменнику - логарифмічні рівні вібрації, дБ.

### 5.3 Пожежна безпека

Пожежну безпеку промислових і інших об'єктів регламентують Правила пожежної безпеки в Україні [43, 44]. Пожежо- вибухонебезпечність речовин і матеріалів визначається за ДСТУ 8829: 2019 [45], за якою визначається категорія приміщень за вибуховою та пожежною безпекою [46].

Пожежо- вибухонебезпечність речовин і матеріалів – сукупність властивостей, що характеризують їхню здатність до виникнення і поширення горіння. Наслідком горіння, залежно від його швидкості та умов протікання, можуть бути пожежа або вибух. Пожежо- вибухонебезпечність речовин і матеріалів визначають показниками, вибір яких залежить від агрегатного стану речовини (матеріалу), та умов їхнього застосування.

Отже, приміщення, де встановлене обладнання парової котельні для потреб теплопостачання, за вибухонебезпекою та пожежонебезпекою відноситься до категорії Г (помірнопожежонебезпечна) – горючі гази, рідини і/або тверді речовини, що спалюються або утилізуються як паливо.

Будівля, в якій розташовані ці приміщення, характеризується IIIа ступенем вогнестійкості.

До IIIа ступеня вогнестійкості відносяться будинки переважно з каркасною конструктивною схемою. Елементи каркаса – з металевих незахищених конструкцій. Огороджувальні конструкції – з металевих профільованих листів або інших негорючих листових матеріалів з негорючим утеплювачем або утеплювачем груп горючості Г1 (низької горючості), Г2 (помірної горючості). Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвиликах) та максимальні межі поширення вогню по них (см) за ДБН В.1.1.7-2016 [47] наведено в табл. 5.6.

Протипожежні перешкоди і мінімальні межі їх вогнестійкості за ДБН В.1.1.7-2016 [47] наведено в табл. 5.7.

Протипожежні відстані між житловими, громадськими, адміністративно-побутовими будинками промислових підприємств, гаражами слід приймати за табл. 5.8 (чисельник). В умовах забудови, що склалася, протипожежні відстані між житловими будинками та від житлових будинків до будівель і споруд іншого призначення слід визначати згідно з протипожежними вимогами даних норм, наведеними у табл. 5.8. Протипожежні відстані від житлових, громадських, адміністративно-побутових будинків промислових підприємств, гаражів до виробничих, складських будинків і споруд слід приймати за табл. 5.8 (знаменник) [47].

Таблиця 5.6 – Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій та максимальні межі поширення вогню по них

| Ступінь вогнестійкості будинків | Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвиликах) і максимальні межі поширення вогню по них (см) |              |                 |                                |            |                                                                 |                                                              |                              |                          |
|---------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-----------------|--------------------------------|------------|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|------------------------------|--------------------------|
|                                 | стіни                                                                                                              |              |                 |                                | колони     | сходові площад-ки, костури, сходи, балки, марші сходових кліток | пере-криття між по-верхові (у т.ч. горищні та над підва-лами | елементи суміщених покриттів |                          |
|                                 | несучі та сходових кліток                                                                                          | самонесучі   | зовнішні несучі | внутрішні несучі (перегородки) |            |                                                                 |                                                              | плити, настили, прогони      | балки, ферми, арки, рами |
| IIIа                            | REI 60<br>M0                                                                                                       | REI 30<br>M0 | E 15<br>M1      | E1 15<br>M1                    | R 15<br>M0 | R 60<br>M0                                                      | REI 15<br>M0                                                 | RE 15<br>M1                  | R 15<br>M0               |

Таблиця 5.7 – Протипожежні перешкоди та мінімальні межі їх вогнестійкості

| Протипожежні перешкоди | Типи проти-пожежних перешкод або їх елементів | Мінімальна межа вогнестійкості протипожежної перешкоди (у хвиликах) | Тип заповнення прорізів, не нижче | Тип протипожежного тамбур-шлюзу, не нижче |
|------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------|
| Стіни                  | 3                                             | REI 45                                                              | 2                                 | 2                                         |
| Перегородки            | 2                                             | EI 15                                                               | 3                                 | 2                                         |
| Перекриття             | 4                                             | REI 15                                                              | 3                                 | 2                                         |

Таблиця 5.8 – Протипожежні відстані між житловими, громадськими, адміністративно-побутовими будинками промислових підприємств, гаражами, а також до виробничих будинків, будівель і споруд

| Ступінь вогнестійкості будинку | Відстані при ступені вогнестійкості будинків, м |       |                        |
|--------------------------------|-------------------------------------------------|-------|------------------------|
|                                | I, II                                           | III   | IIIa, IIIб, IV, IVa, V |
| IIIa                           | 10/12                                           | 10/15 | 15/18                  |

На території парової котельні встановлено 4 пересувних вогнегасника ВП-50 та 18 вогнегасників ВВП-9 (ВП-9) [48].

## ВИСНОВКИ

В роботі виконані розрахунки існуючої теплової схеми парової котельні ТОВ «Молочний візит», визначено витрату робочого палива –  $V_p^{op} = 0,163 \text{ м}^3/\text{с}$  та  $V_p^{mo} = 0,118 \text{ м}^3/\text{с}$ , витрату умовного палива –  $V_y^{op} = 0,184 \text{ кг/с}$  та  $V_y^{mo} = 0,133 \text{ кг/с}$ .

Визначено електричну потужність власних потреб котельні, яка становить 29,95 кВт в опалювальний період і 22,086 кВт в міжопалювальний період року.

Визначені техніко-економічні показники роботи котельні на природному газі, встановлено, що собівартість виробленої теплової енергії 660,54 грн/ГДж.

Визначено, що зі  $102 \text{ м}^3$  сироватки, яка утворюється під час виробництва молочних продуктів, можна отримати  $3672 \text{ м}^3$  біогазу за добу, тому на підприємстві запропоновано встановити біогазову установку з метою отримання електричної і теплової енергії для молокозаводу.

Визначено, що необхідний об'єм реактора  $1000 \text{ м}^3$ , тепловтрати з поверхні реактора 120 кВт, довжина трубчатого теплообмінника для його термостабілізації 136,64 м, діаметр труби теплообмінника  $d_{zn}/d_{vn}=57/50 \text{ мм}$ , площа поверхні теплообміну  $24,46 \text{ м}^2$ . Гарячий теплоносій в трубчатий теплообмінник поступає з оребреного газо-водяного теплообмінника-утилізатора теплоти відхідних газів парового котла.

Виконано розрахунки газо-водяного оребреного теплообмінника потужністю 120 кВт, в якому вода нагрівається від  $52^\circ\text{C}$  до  $78^\circ\text{C}$  відхідними газами котла з температурою на вході  $170^\circ\text{C}$ . Теплообмінник виконаний з монометалевих високоореброваних алюмінієвих труб. Тепловим конструктивним розрахунком встановлено, що площа поверхні теплообмінного апарата  $23,85 \text{ м}^2$ , а загальна кількість труб – 83 шт. Втрати тиску в теплообміннику зі сторони води 70,97 кПа, а зі сторони газів – 0,4275 кПа.

Підібрано когенераційну установку Jenbacher J 208 в комплекті з теплообмінниками для утилізації теплоти системи охолодження ДВЗ, яка працюватиме на біогазі.

Розроблено монтажну схему та технологію монтажу системи газопостачання когенераційної установки Jenbacher J 208. Розроблено монтажну схему, що містить ШРП, газопроводи, запобіжно-запірний клапан, фільтр, лічильник, електромагнітний клапан, регулятор тиску газу.

Підібрано трубопроводи системи газопостачання когенераційної установки, складено відомість основних та допоміжних матеріалів, необхідних для її монтажу. При цьому маса основного обладнання і матеріалів 280,68 кг, а допоміжного – 1035,7 кг.

Визначено склад і об'єми робіт, потребу в машинах. Так для транспортування матеріалів використовується автомашина Mercedes Sprinter 313 CDI, для зварювання використовується зварювальний апарат Mächtz MWM-280 D, для підйому обладнання та трубопроводів – лебідку ЛМ-0,5, випробування газоходів – компресор пересувний поршневий FINI BK 114-270F-5.5.

Вибрано допоміжне обладнання для монтажу системи. Загальна маса обладнання – 205,75 кг.

Запропоновані заходи з охорони праці та пожежної безпеки під час модернізації парової котельні.



## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ткаченко С. Й., Степанов Д. В., Степанова Н. Д. Аналіз соціальної та енерго- і природозбережної ефективності реалізації біогазової технології // *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2020. №2. С.34-40. URL: <https://visnyk.vntu.edu.ua/index.php/visnyk/article/view/2478/2371>
2. Ткаченко С. Й., Степанов Д. В., Степанова Н. Д., Власенко О.В. Потенціал біогазової технології на Вінниччині // *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2020. №5. С. 41-48 URL: <https://visnyk.vntu.edu.ua/index.php/visnyk/article/view/2534/2415>
3. Ткаченко С. Й., Пішеніна Н.В., Румянцева Т.Ю. Аналіз факторів зниження матеріаломісткості та підвищення енергоефективності біогазової установки // *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2010. №6. С.47 – 53.
4. Ткаченко С. Й., Пішеніна Н. В. Нові методи визначення інтенсивності тепломасообміну в системах переробки органічних відходів : монографія. Вінниця : ВНТУ, 2017. 148 с.
5. Ткаченко С. Й., Резидент Н.В. Теплообмін в системах біоконверсії : монографія. Вінниця : ВНТУ, 2011. 124 с.
6. Як розвивається галузь енергоефективності та відновлюваної енергетики в Україні URL: <https://usp.org.ua/?p=5451> (дата звернення 16.03.2024).
7. Співак О. Ю., Резидент Н. В. Тепломасообмін. Частина I : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2021. 113 с.
8. Ткаченко С. Й., Чепурний М.М., Степанов Д. В. Розрахунки теплових схем і основи проектування джерел тепlopостачання. Вінниця: ВНТУ, 2005. 137 с.
9. GRUNDFOS. Каталоги. URL: <https://www.grundfos.com/by/support/documentation/catalogs> (дата звернення 20.03.2024).
10. Каталог товарів SAER. URL: <http://surl.li/uovzs> (дата звернення 20.03.2024).

11. Тарифи на газ для підприємств. URL: <https://index.minfin.com.ua/ua/tariff/gas/prom/> (дата звернення 24.03.2024).
12. Тарифи на передачу електроенергії для підприємств. URL: <https://index.minfin.com.ua/ua/tariff/electric/prom/trans/> (дата звернення 24.03.2024)
13. Хмільникводоканал. Діючі тарифи та послуги. <https://hmilvodokanal.oits.pro/taryfy-ta-posluhy/> / (дата звернення 24.03.2024).
14. Енергозабезпечення підприємств харчової промисловості. URL: <http://www.economic-energy.com.ua/article/article44.html> (дата звернення 24.03.2024)
15. Виходи біогазу. URL: <https://zorg-biogas.com/uk/biogaz/vyhod-biogaza> (дата звернення 28.03.2024)
16. Модульні ємності. URL: <https://aquapolymer.com.ua/produksiya/modulni-yemnosti-uk/> (дата звернення 03.04.2024)
17. Jenbacher J 208. Технічні характеристики. URL: <https://www.kts-eng.com/product/jenbacher-j-208-gs/> (дата звернення 04.04.24)
18. Зелений тариф. URL: <https://solar-tech.com.ua/ua/green-tariff.html> (дата звернення 04.04.24)
19. Чепурний М. М., Резидент Н.В. Тепломасообмін в прикладах і задачах апаратів : навч. посіб. Вінниця: ВНТУ, 2011. 128 с.
20. Кулінченко В. Р., Ткаченко С. Й. Теплопередача з елементами масообміну (теорія і практика процесу) : навч. посіб. 2011. URL: [https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/fbteg/kulinchenko\\_teploper/](https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/fbteg/kulinchenko_teploper/) (дата звернення: 06.04.24)
21. Ротаційний газовий лічильник RABO (Elster) G16–G400. URL: [https://btk-center.com.ua/app\\_default/media/text/rabo/rabo\\_brochure\\_en.pdf](https://btk-center.com.ua/app_default/media/text/rabo/rabo_brochure_en.pdf) (дата звернення: 06.04.2024 р.).
22. Регулятор тиску газу відсічний MADAS RG/2MC DN 15/20/25 150-200 MBAR. URL: <https://gazmehanika.com.ua/ua/p1722681776-regulyator-davleniya-gaza.html>. (дата звернення: 03.04.2024 р.)

23. Фільтр газовий фланцевий Madas FGM  $P_{max} = 6 \text{ bar}$  Ду 50. URL: <https://boiler.ua/ua/filtr-gazovyy-flantsevy-madas-fgm-pmax6-bar-du-50/> (дата звернення: 03.04.2024 р.)
24. Електромагнітний клапан M16/RM N.C., DN50, фланцевий, 6 bar (MADAS). URL: <https://armakip.kiev.ua/ua/p1163166863-elektromagnitnyj-klapan-m16rm.html> (дата звернення: 03.04.2024 р.)
25. ДБН В.2.5-20-2018 Газопостачання. Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2019. 109 с.
26. ДСТУ 8936:2019. Труби сталеві водогазопровідні. Технічні умови. : Чинний від 2021-01-01. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2020. 20 с. (Національні стандарти України). URL : [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=86382](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=86382) . (дата звернення: 03.04.2024 р.)
27. Ресурсні елементні кошторисні норми на ремонтно-будівельні роботи. Збірники 15. Внутрішні санітарно-технічні роботи. Чинний від 2023-02-07. Київ: Мінрегіон України, 2021. 143 с. URL: <https://e-construction.gov.ua/files/upload/725f1280-5274-11ec-aebf-af65aba18177.pdf> (дата звернення: 03.04.2024 р.)
28. Характеристики Mercedes Sprinter 313 CDI. URL: <https://autogidas.lt/ru/auto-katalogas/mercedes-benz/sprinter/313-cdi-903.612-2000-2006-k38628> (дата звернення: 20.04.2024 р.)
29. Зварювальний апарат Mächtz MWM-280 D. URL: <https://machtz.com.ua/ua/products/svarochnyj-apparat-mchtz-mwm-280-d> (дата звернення: 20.04.2024 р.)
30. Каталог будівельних машин і інструментів. URL: <http://powertools.co.nz>. (дата звернення: 21.04.2024 р.)
31. Тягова електрична лебідка ЛМ-0.25. URL: <https://hydromarket.com.ua/ua/p644294542-tyagovaya-elektricheskaya-lebedka.html>. (дата звернення: 21.04.2024 р.)

32. Компресор FINI BK 114-270F-5.5. URL: <https://tech-market.com.ua/ua/p21126818-kompressor-fini-114.html> (дата звернення: 21.04.2024 р.)

33. ДСНіП «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». Наказ МОЗ № 248 від 08.04.2014. [Чинний від 2014-05-30]. URL: [http://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=58073](http://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page.html?id_doc=58073) (дата звернення: 10.05.2024 р.)

34. ДСТУ-Н Б А 3.2-1: 2007. Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використання в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва. [Чинний від 2007-12-01]. URL: <https://profidom.com.ua/a-3/a-3-2/824-dstu-n-b-a-3-2-12007-nastanova-shhodo-viznachenna-nebezpechnih-i-shkidlivih-faktoriv-> (дата звернення: 10.05.2024 р.)

35. ДБН А.3.2-2-2009. ССБП. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. [Чинний від 2009-01-27]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. 116 с.

36. ДСТУ Б В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. [Чинний від 2017-04-01]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 109 с.

37. НПАОП 40.1-1.32-01. (ДНАОП 0.00-1.32-01). Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. [Чинний від 2002-01-01]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01#Text> (дата звернення: 12.05.2024 р.)

38. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Постанова МОЗ № 42 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972> (дата звернення: 12.05.2024 р.)

39. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2013. 149 с.

40. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. [Чинний від 2019-03-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2018. 133 с.

41. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. Постанова МОЗ № 37 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html> (дата звернення: 14.05.2024 р.)

42. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. Постанова МОЗ № 39 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99> (дата звернення: 14.05.2024 р.)

43. НАПБ А.01.001-14. Правила пожежної безпеки в Україні. [Чинний від 2021-01-22]. Вид. офіц. Київ : МВС України, 2014. 47 с.

44. ДСТУ 8828:2019. Пожежна безпека. Загальні положення. [Чинний від 2020-01-01]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2020. 84 с.

45. ДСТУ 8829:2019. Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їхнього визначення. Класифікація. [Чинний від 2020-01-01]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2020. 75 с.

46. ДСТУ Б В.1.1-36:2016. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек. [Чинний від 2017-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2016. 31 с.

47. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. [Чинний від 2017-02-01]. Вид. офіц. Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2016. 35 с.

48. Про затвердження Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників. Наказ МВС № 765 від 28.10.2020. [Чинний від 2021-01-26]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0225-18#Text> (дата звернення: 15.05.2024 р.)



ПРОТОКОЛ  
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ  
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Модернізація парової котельні товариства з обмеженою відповідальністю "Молочний візит"

Тип роботи: бакалаврська дипломна робота  
(БДР, МКР)

Підрозділ кафедра теплоенергетики, ФБЦЕІ  
(кафедра, факультет)

**Показники звіту подібності Unicheck**

Оригінальність 78,5

Схожість 21,5

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

- ☐ 1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
- ☐ 2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
- ☐ 3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку

(підпис)

Співак О.Ю.

(прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unicheck щодо роботи.

Автор роботи

(підпис)

Іванченко І.В.

(прізвище, ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Резидент Н.В.

(прізвище, ініціали)

У відповідності до розпорядження 03/15 від 01.06.2022 р на засіданні кафедри теплоенергетики прийнято рішення виключити в кваліфікаційних роботах здобувачів кафедри з перевірки на наявність текстових запозичень розділ Охорони праці та економічний розділ.

Протокол засідання кафедри ТЕ № 18 від 14.05.2024 р.  
Зав. кафедри Д.В. Степанов

ДОДАТОК Б  
(обов'язковий)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТЕ

к.т.н., доц.

\_\_\_\_\_ Степанов Д.В.  
(підпис)

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2024 р.

**ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ**

на бакалаврську дипломну роботу на  
тему:

«Модернізація парової котельні  
товариства з обмеженою  
відповідальністю «Молочний візит»

08-15.БДР.012.00.00.000 ТЗ

Керівник роботи:

к. т. н. доц.. Резидент Н. В.

Виконавець:

Студент гр. ТЕ-22мс

Іванченко І.В.

Вінниця ВНТУ 2024

## 1 Найменування і область використання продукції

Розробка стосується промислової теплоенергетики і модернізації парової котельні молокозаводу ТОВ «Молочний візит», яка дозволить зменшити шкідливий вплив на довкілля відходів виробництва, виробити теплову та електричну енергію.

## 2 Основа для виконання робіт

Основою для виконання роботи є індивідуальне завдання на бакалаврську дипломну роботу, вхідні дані з підприємства, наказ ректора ВНТУ про затвердження теми БДР № 80 від «11» березня 2024 року.

## 3 Мета та призначення розробки

Заміщення природного газу альтернативними видами палива, зменшення собівартості виробництва теплової енергії, зменшення шкідливого впливу на довкілля шляхом встановлення біогазової установки та когенераційної установки на відновлюваному виді палива.

## 4 Джерела розробки

Основою для розробки є індивідуальне завдання на бакалаврську дипломну роботу, дані літературних та інтернет джерел, інші технічні матеріали щодо застосування альтернативних джерел енергії.

1. ДБН Котельні ДБН В.2.5.-77: 2014 [Чинний від 01-01-2015 р. №252]. – Київ: Мінрегіон України, 2014. 61 с.

2. Ткаченко С. Й., Чепурний М.М., Степанов Д. В. Розрахунки теплових схем і основи проектування джерел теплопостачання : навч. пос. Вінниця: ВНТУ, 2005. 137 с.

3. Співак О. Ю., Резидент Н. В. Тепломасообмін. Частина I : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2021. 113 с.

4. Ткаченко С. Й., Резидент Н. В. Теплообмін в системах біоконверсії : монографія. Вінниця : ВНТУ, 2011. 124 с.

## 5 Технічні вимоги

5.1 Забезпечення споживачів теплотою з визначеними показниками: потужністю, витратою, температурою.

5.2 Тиск пари, МПа

- промисловий споживач 1 .....0,8;
- промисловий споживач 2.....0,3.

5.3 Температура пари, °С

- промисловий споживач 1 .....170;
- промисловий споживач 2.....134.

5.4 Витрата пари на промислові споживачі, т/год

- промисловий споживач 1 .....0,6;
- промисловий споживач 2.....0,42.

5.5 Потужність опалення, кВт..... 845;

5.6 Потужність ГВП, кВт..... 1250.

5.7 Паливо:



- природний газ;
- відновлювані види палива.

5.8 Забезпечення зменшення собівартості виробництва теплової енергії.

5.9 Заміщення природного газу.

6 Створення об'єкту повинно вестись з мінімальними витратами праці та з мінімальними затратами виробництва. Здійснити економічне обґрунтування доцільності переведення парової котельні на альтернативні природному газу види палива, визначивши річні витрати палива та зменшення собівартості виробництва теплової енергії.

## 7 Вимоги до стандартизації та уніфікації

Деталі та вузли обладнання котельні повинні бути по можливості стандартними та уніфікованими, щоб забезпечити можливість швидкого монтажу і можливість їх ремонту або заміни.

## 8 Вимоги з надійності

На ефективність роботи обладнання котельні впливають якість проекту та якість монтажу. Параметри показників надійності встановлюються у відповідних державних стандартах.

## 9 Стадії та етапи розробки

| № з/п | Назва етапів бакалаврської дипломної роботи                                       | Термін виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|----------|
| 1     | Загальна характеристика об'єкта                                                   | 15.03.24...19.03.24            |          |
| 2     | Розрахунки теплової схеми котельні. Обґрунтування вибраного варіанту модернізації | 20.03.24...05.04.24            |          |
| 3     | Розрахунок оребреного газо-водяного теплообмінника                                | 06.04.24...18.04.24            |          |
| 4     | Технологія монтажу системи газопостачання когенераційної установки                | 19.04.24...01.05.24            |          |
| 5     | Охорона праці                                                                     | 02.05.24...18.05.24            |          |
| 6     | Оформлення БДР                                                                    | 19.05.24...30.05.24            |          |
| 7     | Попередній захист БДР                                                             | 31.05.24...10.06.24            |          |
| 8     | Захист БДР                                                                        | 11.06.24...21.06.24            |          |

Дата видачі завдання «\_\_»\_\_\_\_\_ 2024 р.

Крайні терміни виконання «\_\_»\_\_\_\_\_ 2024 р.

## 10 Порядок контролю та приймання

Виконання етапів графічної та розрахункової документації БДР контролюється керівником БДР згідно з графіком виконання. Приймання БДР здійснюється ЕК, затвердженою наказом ректора ВНТУ, згідно з графіком захисту.

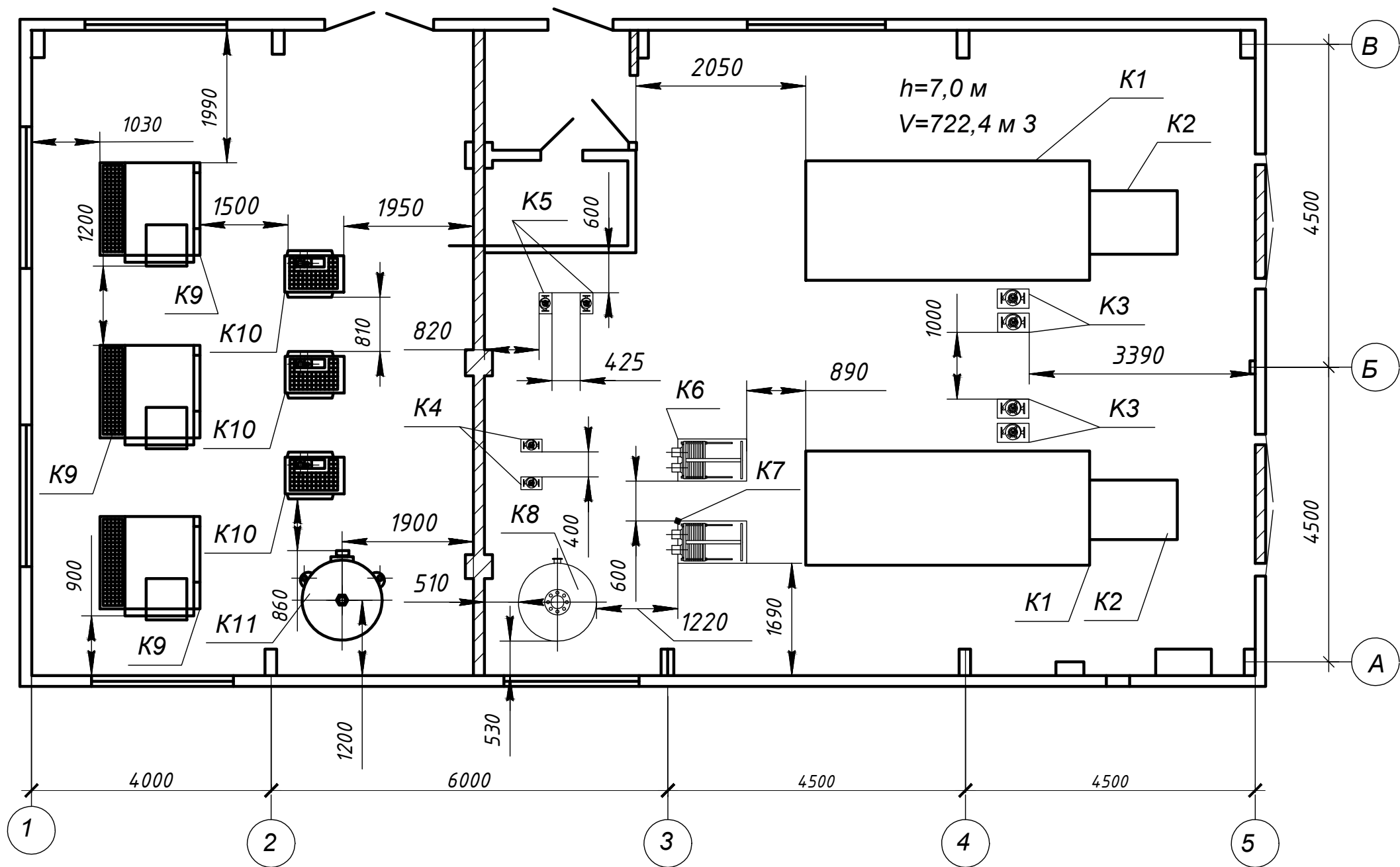
11 Корегування технічного завдання допускається з дозволу керівника БДР.

Додаток В  
(обов'язковий)

**ГРАФІЧНА ЧАСТИНА**

«МОДЕРНІЗАЦІЯ ПАРОВОЇ КОТЕЛЬНОЇ ТОВАРИСТВА  
З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «МОЛОЧНИЙ ВІЗИТ»





|              |               |                |
|--------------|---------------|----------------|
| Інв. N ориг. | Підпис і дата | Замість Інв. N |
|              |               |                |

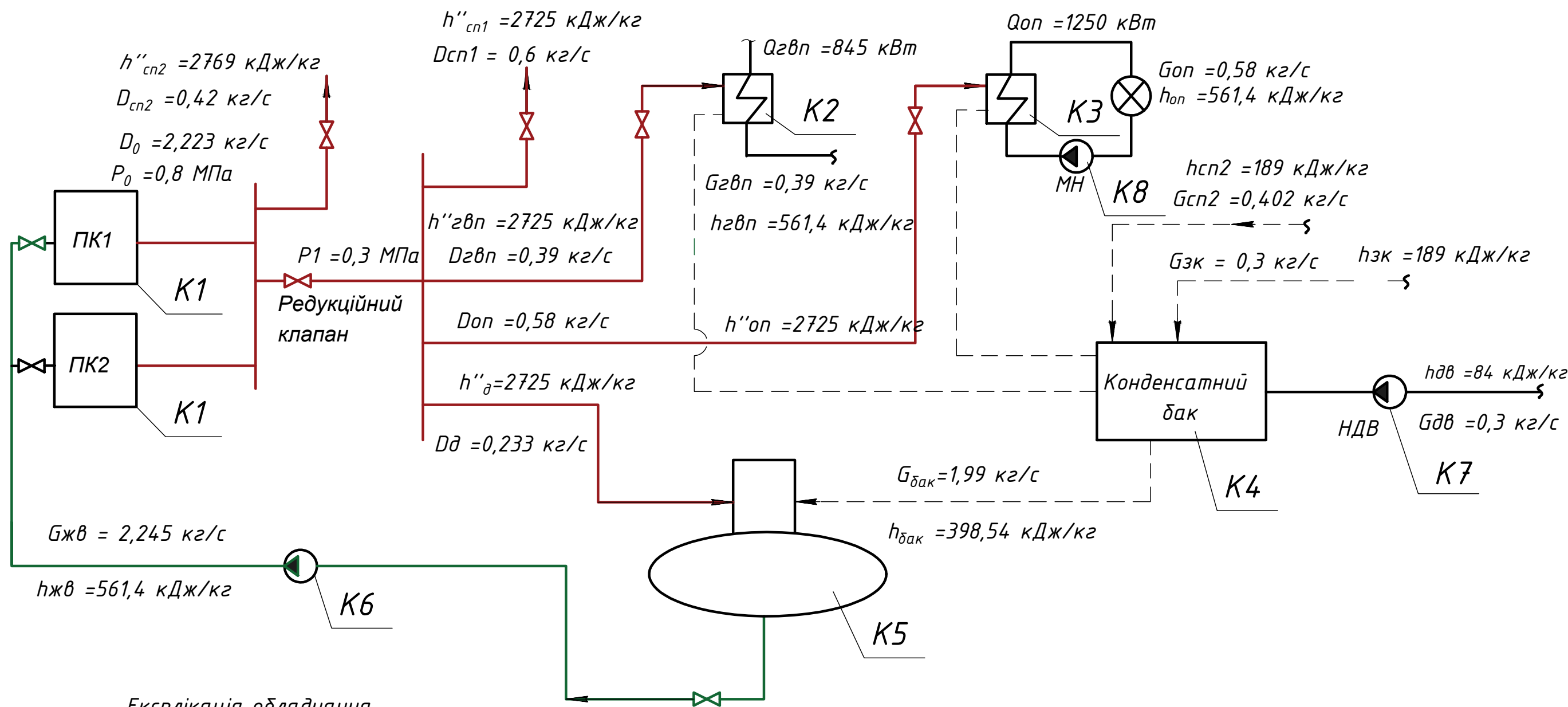
|           |        |                |        |        |      |                                                |        |         |
|-----------|--------|----------------|--------|--------|------|------------------------------------------------|--------|---------|
|           |        |                |        |        |      | 08-15.БДР.012.01.00.000 АР                     |        |         |
|           |        |                |        |        |      | м. Хмільник                                    |        |         |
| Зм.       | Кільк. | Арк.           | № док. | Підпис | Дата | Теплова схема котельні<br>ТОВ "Молочний візит" | Стадія | Аркуш   |
| Розробив  |        | Іванченко І.В. |        |        |      |                                                |        | Аркушів |
| Перевірів |        | Резидент Н.В.  |        |        |      | План існуючої котельні на відм. 0.000          |        | 1       |
| Т.контр.  |        |                |        |        |      |                                                |        |         |
| Рецензент |        | Бондар А.В.    |        |        |      |                                                |        |         |
| Н.контр.  |        | Співак О.Ю.    |        |        |      |                                                |        |         |
| Затверд.  |        | Степанов Д.В.  |        |        |      | ВНТУ, ТЕ-22мс                                  |        |         |

Погоджено

Зам. інв. №

Підпис і дата

Інв. № ориг.

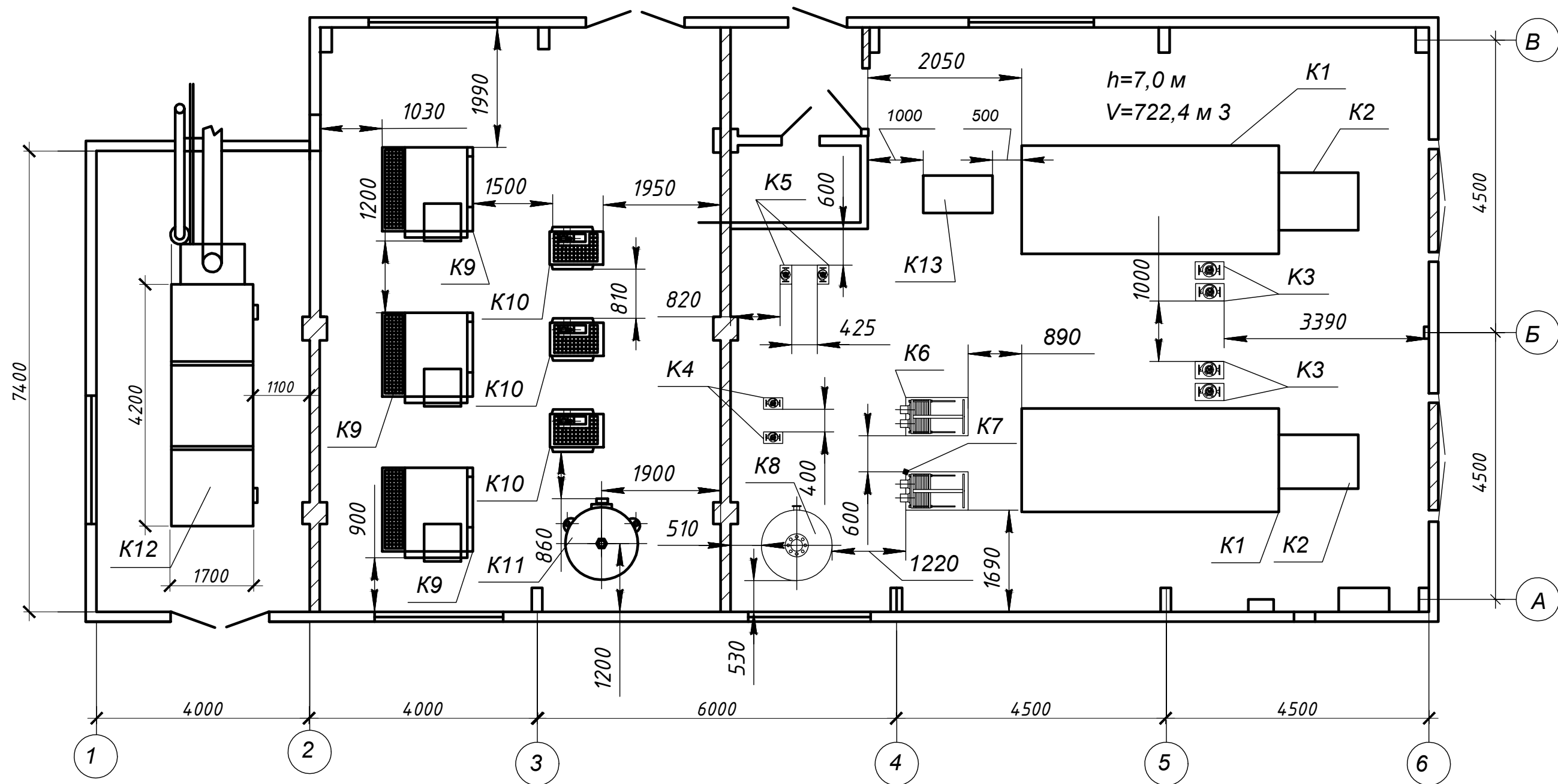


Експлікація обладнання

| Позн. | Найменування                           | Кількість | Примітка |
|-------|----------------------------------------|-----------|----------|
| K1    | Котел паровий GARIONI NAVAL            | 2         |          |
| K2    | Теплообмінник пластинчастий (ГВП)      | 1         |          |
| K3    | Теплообмінник пластинчастий (опалення) | 1         |          |
| K4    | Бак збору конденсату                   | 1         |          |
| K5    | Деаератор                              | 1         |          |
| K6    | Насос живильної води                   | 4         |          |
| K7    | Насос додаткової води                  | 2         |          |
| K8    | Мережний насос                         | 2         |          |

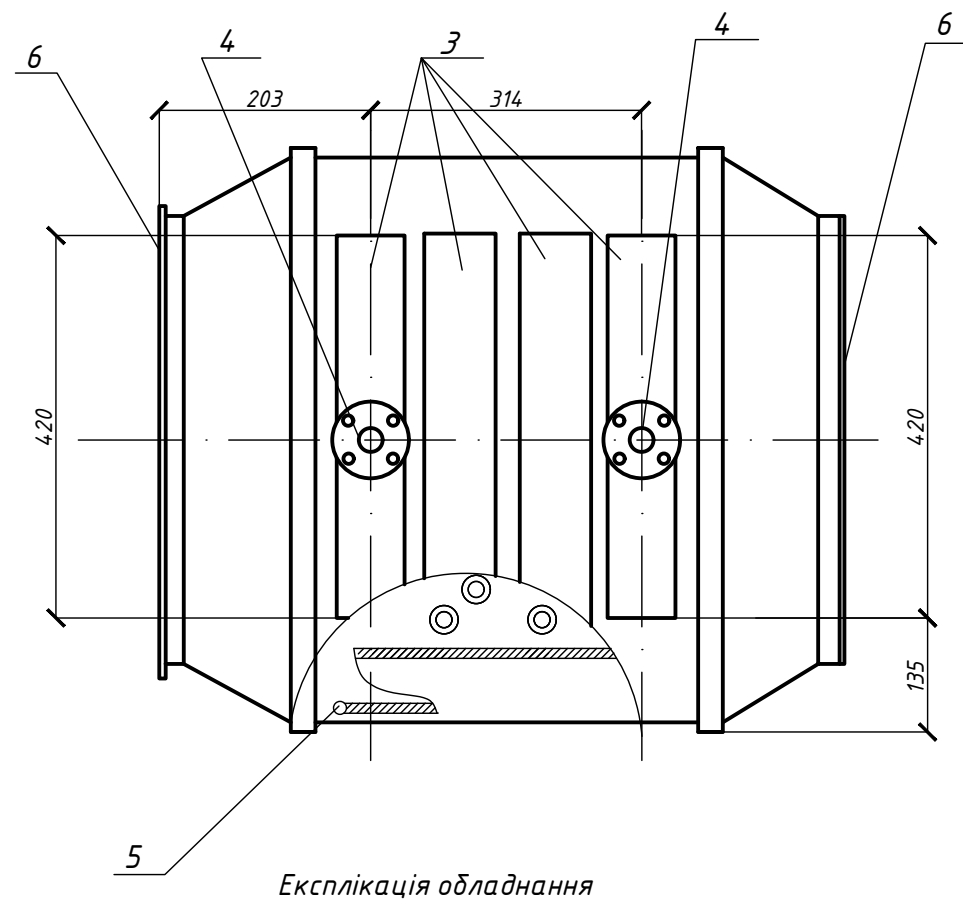
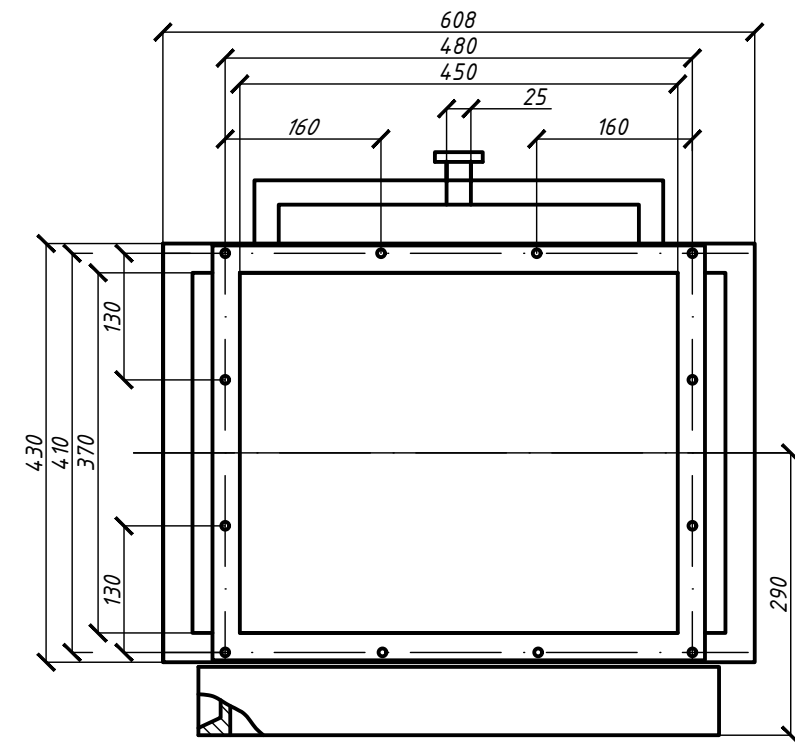
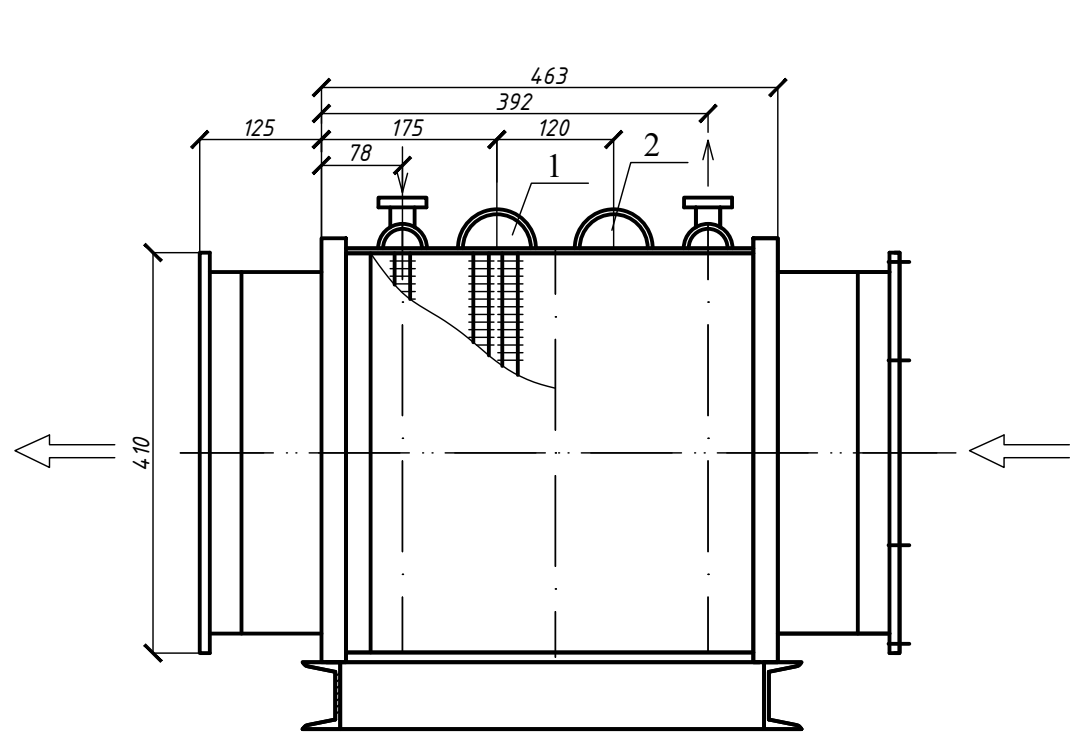
|           |                |      |        |       |      |                                      |                   |  |         |  |         |  |
|-----------|----------------|------|--------|-------|------|--------------------------------------|-------------------|--|---------|--|---------|--|
|           |                |      |        |       |      | 08-15.БДР.010.02.00.000 ТМ           |                   |  |         |  |         |  |
|           |                |      |        |       |      | Схема котельні<br>принципова теплова | Лім.              |  | Маса    |  | Масштаб |  |
| Зм.       | Кільк.         | Арк. | Н док. | Підп. | Дата |                                      |                   |  |         |  |         |  |
| Виконав   | Іванченко І.В. |      |        |       |      |                                      |                   |  |         |  |         |  |
| Перевірів | Резидент Н.В.  |      |        |       |      |                                      |                   |  |         |  |         |  |
| Т.контр.  |                |      |        |       |      |                                      | Аркуш             |  | Аркушів |  |         |  |
| Рецензент | Бондар А.В.    |      |        |       |      |                                      | ВНТУ, гр. ТЕ-22мс |  |         |  |         |  |
| Н.контр.  | Співак О.Ю.    |      |        |       |      |                                      |                   |  |         |  |         |  |
| Затв.     | Степанов Д.В.  |      |        |       |      |                                      |                   |  |         |  |         |  |





|              |               |                |
|--------------|---------------|----------------|
| Інв. N ориг. | Підпис і дата | Замість Інв. N |
|              |               |                |

|                                                    |                |      |        |        |       |
|----------------------------------------------------|----------------|------|--------|--------|-------|
| 08-15.БДР.012.03.00.000 АР                         |                |      |        |        |       |
| М. Хмільник                                        |                |      |        |        |       |
| Зм.                                                | Кільк.         | Арк. | № док. | Підпис | Дата  |
| Розробив                                           | Іванченко І.В. |      |        |        |       |
| Перевірів                                          | Резидент Н.В.  |      |        |        |       |
| Т.контр.                                           |                |      |        |        |       |
| Рецензент                                          | Бондар А.В.    |      |        |        |       |
| Н.контр.                                           | Співак О.Ю.    |      |        |        |       |
| Затверд.                                           | Степанов Д.В.  |      |        |        |       |
| Теплова схема котельні<br>ТОВ "Молочний візит"     |                |      |        | Стадія | Аркуш |
| План котельні на відм. 0.000<br>після модернізації |                |      |        |        | 1     |
| ВНТУ, ТЕ-22мс                                      |                |      |        |        |       |



Експлікація обладнання

| Поз. | Найменування                          | Кільк. | Примітка |
|------|---------------------------------------|--------|----------|
| 1    | Монометалева оребрена труба           | 90     |          |
| 2    | Трубна дошка                          | 2      |          |
| 3    | Колектор                              | 4      |          |
| 4    | З'єднувальні патрубки водяного тракту | 2      |          |
| 5    | Шибєр                                 | 1      |          |
| 6    | Приєднувальні фланці газоходів        | 2      |          |

### Технічні характеристики

1. Температура "гарячого" теплоносія (газів) на вході 170°C
2. Температура "холодного" теплоносія (води) на вході 52°C
3. Температура "гарячого" теплоносія на виході 90°C
4. Температура "холодного" теплоносія на виході 78°C
5. Площа теплообміну 23,85 м²
6. Теплова потужність теплообмінника 120 кВт

|           |                |      |        |        |      |                                                                  |                   |       |         |
|-----------|----------------|------|--------|--------|------|------------------------------------------------------------------|-------------------|-------|---------|
|           |                |      |        |        |      | 08-15.БДР.012.04.00.000 СК                                       |                   |       |         |
|           |                |      |        |        |      | м. Хмільник                                                      |                   |       |         |
| Зм.       | Кільк.         | Арк. | № док. | Підпис | Дата | Модернізація парової котельні<br>ТОВ "Молочний візит"            | Стадія            | Аркуш | Аркушів |
| Розробив  | Іванченко І.В. |      |        |        |      |                                                                  |                   |       |         |
| Перевірів | Резидент Н.В.  |      |        |        |      |                                                                  |                   |       |         |
| Т.контр.  |                |      |        |        |      |                                                                  |                   |       |         |
| Рецензент | Бондар А.В.    |      |        |        |      | Теплообмінник оребрений<br>газо-водяний<br>(габаритне креслення) | ВНТУ, гр. ТЕ-22мс |       |         |
| Н.контр.  | Снівак О.Ю.    |      |        |        |      |                                                                  |                   |       |         |
| Затв.     | Степанов Д.В.  |      |        |        |      |                                                                  |                   |       |         |



