

Вінницький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет будівництва, теплоенергетики та газопостачання

(повне найменування інституту, назва факультету)

Кафедра теплоенергетики

(повна назва кафедри)

## МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«Підвищення ефективності енерговикористання в тепловій схемі котельні молокозаводу»

Виконав: студент 2 курсу групи ТЕ-20м спеціальності 144 - теплоенергетика

(шифр і назва спеціальності)

Кохан В.О.

(прізвище та ініціали студента)

Керівник

Остапенко О.П.

(прізвище та ініціали)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 р.

Опонент

Сердюк В.Р.

(прізвище та ініціали)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 р.

**Допущено до захисту**

Завідувач кафедри ТЕ

к.т.н., доц. Степанов Д.В.

(прізвище та ініціали)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 р.

Вінницький національний технічний університет  
Факультет будівництва, теплоенергетики та газопостачання  
Кафедра теплоенергетики  
Рівень вищої освіти II (магістерський)  
Галузь знань 14 – електрична інженерія  
Спеціальність 144 - теплоенергетика  
Освітньо-професійна програма Теплоенергетика

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
**Завідувач кафедри ТЕ**  
\_\_\_\_\_ Д.В. Степанов  
“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2021 р.

## **ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

### **КОХАНУ ВЛАДИСЛАВУ ОЛЕКСАНДРОВИЧУ**

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Підвищення ефективності енерговикористання в тепловій схемі котельні молокозаводу»

керівник роботи Остапенко О.П., к.т.н., доцент,  
(прізвище, ініціали, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від 24.09.2021 р. № 277.

2. Строк подання студентом роботи 19 грудня 2021 року.

3. Вихідні дані до роботи: теплова потужність промислового споживача 1068 кВт, параметри пари 0,6 МПа, 175 °С, частка безперервної продувки 0,03; частка пари на власні потреби котельні – 0,03, температура зворотного конденсату від технологічних споживачів з 70°С, паливо – природний газ з  $Q_H^p=33,57$  МДж/м<sup>3</sup>.

4. Зміст текстової частини: аналітичний огляд літературної інформації з підвищення ефективності енерговикористання; варіантний аналіз проектів застосування теплонасосних установок в тепловій схемі котельні Деражнянського молокозаводу; принципові рішення з автоматизації основного обладнання парової котельні; Технологія монтажу теплонасосної установки для теплової схеми котельні; охорона праці, економічна частина

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) схема котельні теплова принципова, математична модель для дослідження показників теплової схеми котельні із встановленням теплонасосної установки, результати дослідження варіантів застосування теплонасосних установок в тепловій схемі котельні (3 листи), функціональна схема автоматизації елементів котельні Деражнянського молокозаводу, план на відмітці 0.000, монтажна схема теплонасосної установки, календарний план виконання монтажних робіт, економічні показники

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
ОП	Кобилянська І.М. доц. каф. БЖДПБ		
ЕЧ	Лялюк О.Г., доц. каф. БМГА		

## 7. Дата видачі завдання

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів МКР	Строк виконання етапів МКР	Примітка
1	Аналітичний огляд літературної інформації по енергетичній, економічній та екологічній ефективності теплонасосних установок	25.09.2021 – 05.10.2021	
2	Варіантний аналіз проектів застосування теплонасосних установок в тепловій схемі котельні Деражнянського молокозаводу	06.10.2021 – 18.10.2021	
3	Принципові рішення з автоматизації основного обладнання парової котельні	19.10.2021 – 02.11.2021	
4	Технологія монтажу теплонасосної установки для теплової схеми котельні	03.11.2021 – 19.11.2021	
5	Охорона праці	20.11.2021 – 29.11.2021	
6	Економічна частина	30.11.2021 – 7.12.2021	
7	Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу	08.12.2021 – 19.12.2021	

Студент \_\_\_\_\_  
( підпис )

**Кохан В.О.**  
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи \_\_\_\_\_  
( підпис )

**Остапенко О.П.**  
(прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

УДК 621.577

Кохан В. О. Підвищення ефективності енерговикористання в тепловій схемі котельні молокозаводу. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 144 – Теплоенергетика, освітня програма - Теплоенергетика. Вінниця: ВНТУ, 2021. 112 с. На укр. мові. Бібліогр.: 65 назв; рис.: 12; табл. 20,.

В даній магістерській кваліфікаційній роботі розглянуті питання підвищення енергоефективності і зменшення витрати палива на котельні ТОВ «Деражнянський молокозавод» шляхом встановлення теплонасосної установки.

В роботі проведено аналіз літературної інформації з сучасного стану та енергетичної та екологічної ефективності впровадження теплонасосних установок, розроблено математичну модель та проведені дослідження показників ефективності варіантів впровадження теплонасосної установки в тепловій схемі парової котельні молокозаводу. Розроблено функціональну схему автоматизації котельні Деражнянського молокозаводу, розроблено технологію монтажу теплонасосної установки в тепловій схемі котельні, виконано розробку кошторису та економічних показників впровадження теплонасосної установки в котельні заводу, розроблено заходи з охорони праці.

Графічна частина складається з 10 аркушів.

Ключові слова: теплонасосна установка, когенераційна установка, парова промислова котельня, витрата палива, енергоефективність

## **ABSTRACT**

Kokhan V.O. Improving energy efficiency in the thermal scheme of a dairy boiler house. Master's qualification work in the specialty 144 - Heat Power Engineering, educational program - Heat Power Engineering. Vinnytsia: VNTU, 2021. 112 p. In Ukrainian language. Bibliogr .: 65 titles; fig .: 12; table 20.

In this master's qualification work the issues of increasing energy efficiency and reducing fuel consumption at the boiler house of Derazhnyansky Molokozavod LLC by installing a heat pump installation are considered.

The analysis of literature information on the current state and energy and environmental efficiency of heat pump installations is carried out, a mathematical model is developed and researches of efficiency indicators of heat pump installation options in the heat scheme of a dairy boiler house are carried out. The functional scheme of automation of the boiler room of Derazhnyansky dairy plant is developed, the technology of installation of heat pump installation in the thermal scheme of boiler room is developed, the estimate and economic indicators of introduction of heat pump installation in boiler room of plant are developed, labor protection measures are developed.

The graphic part consists of 10 sheets.

Keywords: heat pump installation, cogeneration unit, steam industrial boiler room, fuel consumption, energy efficiency

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	4
<b>1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНОЇ ІНФОРМАЦІЇ З ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕНЕРГОВИКОРИСТАННЯ</b> .....	7
1.1 Характеристика парової котельні ПрАТ «Деражнянський молокозавод» ....	7
1.2 Джерела низькотемпературної теплоти для теплонасосних установок .....	8
1.3 Енергоефективність, економічні та екологічні аспекти впровадження теплонасосних установок .....	9
1.4 Висновки до розділу 1 .....	15
<b>2 ВАРІАНТНИЙ АНАЛІЗ ПРОЄКТІВ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕПЛОНАСОСНИХ УСТАНОВОК В ТЕПЛОВІЙ СХЕМІ КОТЕЛЬНОЇ ДЕРАЖНЯНСЬКОГО МОЛОКОЗАВОДУ</b> .....	16
2.1 Розробка математичної моделі теплової схеми з встановленням теплонасосної установки .....	16
2.2 Результати розрахунку теплової схеми котельні.....	23
2.3 Результати дослідження показників застосування когенераційної ТНУ в тепловій схемі з використанням теплоти ґрунтових вод .....	24
2.4 Дослідження показників застосування когенераційної ТНУ в тепловій схемі котельні з використанням теплоти охолодження конденсаторів холодильних машин .....	25
2.5 Дослідження показників застосування ТНУ з електроприводом в тепловій схемі котельні з використанням теплоти охолодження конденсаторів холодильних машин .....	31
2.6 Дослідження показників застосування ТНУ з електроприводом в тепловій схемі котельні з використанням теплоти охолодження конденсаторів холодильних машин .....	34
2.7 Аналіз та узагальнення результатів дослідження .....	36
2.8 Вибір теплонасосно-когенераційного устаткування .....	41
2.9 Висновки до розділу 2.....	41
<b>3 ПРИНЦИПОВІ РІШЕННЯ З АВТОМАТИЗАЦІЇ ОСНОВНОГО ОБЛАДНАННЯ ПАРОВОЇ КОТЕЛЬНОЇ</b> .....	42
3.1 Системи автоматичного регулювання парового котла .....	43
3.2 Автоматичний контроль та технологічна сигналізація .....	52
3.3 Розрахунок клапана подачі підживлювальної води на деаератор .....	53
3.4 Висновки до розділу 3.....	57

<b>4 ТЕХНОЛОГІЯ МОНТАЖУ ТЕПЛОНАСОСНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ КОТЕЛЬНОЇ</b> .....	58
4.1 Характеристика об'єкта, що підлягає монтажу .....	58
4.2 Розрахунок та комплектування основних та допоміжних матеріалів та виробів, складання відомостей .....	59
4.3 Визначення об'ємів робіт з монтажу теплонасосної установки .....	65
4.4 Вибір методу монтажу двигуна-генератора .....	66
4.5 Підбір машин, механізмів, пристосувань для монтажних робіт .....	68
4.6 Визначення трудомісткості виконання монтажних робіт.....	69
4.7 Визначення складу бригад для монтажу теплонасосної установки.....	73
4.8 Висновок до розділу 4 .....	74
<b>5 ОХОРОНА ПРАЦІ</b> .....	75
5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта .....	76
5.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць при монтажі інженерного обладнання.....	76
5.1.2 Електробезпека.....	79
5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії.....	81
5.3 Висновки до розділу 5 .....	88
<b>6 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА</b> .....	89
6.1 Визначення капітальних вкладень на влаштування обладнання.....	89
6.2 Показники комерційної ефективності проекту.....	93
6.3 Оцінювання економічної ефективності інноваційного проекту.....	94
6.4 Термін окупності інвестицій.....	95
6.5 Висновки до розділу 6.....	96
<b>ВИСНОВКИ</b> .....	97
<b>ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ</b> .....	99
<b>ДОДАТОК А</b> .....	106

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Енергоефективність та енергозбереження є пріоритетними напрямками енергетичної політики як для України так і для більшості країн світу. Найбільш доцільною альтернативою використанню традиційного викопного органічного палива для опалення та гарячого водопостачання об'єктів ЖКГ та промислових підприємств вважають теплонасосні установки, які є зручними в експлуатації, екологічно й енергетично ефективними. На даний час теплонасосні технології вироблення теплової енергії є найбільш поширеними й найбільш ефективними енергоощадними технологіями, які дають можливість заощаджувати досить дефіцитне органічне викопне паливо, суттєво знижувати забруднення довкілля, в повному обсязі задовольняти потреби споживачів у технологічному теплоті. Тому тема роботи є актуальною.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Магістерська кваліфікаційна робота виконана згідно з науково-дослідною роботою кафедри теплоенергетики 82 КЗ «Теплообмін та гідродинаміка полікомпонентних, поліфазних потоків і середовищ в елементах тепло- і біотехнологічного устаткування; аналіз та синтез комбінованих теплоенергетичних установок, тепло- і біотехнологічних систем та устаткування».

**Метою роботи є** підвищення енергоефективності та зменшення витрати палива в схемі котельні підприємства ПрАТ «Деражнянський молокозавод», що здійснюється шляхом застосування теплонасосної установки.

Для досягнення даної мети розв'язані такі **завдання:**

- аналітичний огляд літературної інформації по енергетичній, економічній та екологічній ефективності теплонасосних установок;
- розробка математичної моделі для виконання досліджень та виконання варіантного аналізу проектів застосування теплонасосних установок в тепловій схемі котельні Деражнянського молокозаводу;



- розробка принципів рішень з автоматизації основного обладнання парової котельні;
- розробка технології монтажу теплонасосної установки для теплової схеми котельні;
- розробка економічних показників впровадження теплонасосної установки на котельні Деражнянського молокозаводу;
- розробка заходів з охорони праці.

### **Об'єкт дослідження**

Об'єктом дослідження є теплонасосна установка в тепловій схемі парової котельні Деражнянського молокозаводу.

### **Предмет дослідження**

Предметом дослідження є підвищення енергоефективності та зменшення витрати палива на котельні Деражнянського молокозаводу шляхом встановлення теплонасосної установки.

### **Методи дослідження**

Для виконання роботи використовуються методи математичного моделювання та методи аналізу теплоенергетичних систем.

### **Новизна отриманих результатів**

Отримали подальший розвиток методи підвищення енергоефективності та зменшення витрати палива для парових котелів шляхом встановлення теплонасосних установок з різними низькотемпературними джерелами теплоти.

З використанням розробленої математичної моделі досліджено та проаналізовано варіанти проектів застосування теплонасосних установок з різними низькотемпературними джерелами теплоти.

### **Апробація роботи**

Основні матеріали роботи були представлені та обговорені на I Науково-технічній конференції факультету БТЕГП ВНТУ 2021 р. та на Міжнародній науково-технічній конференції «Енергоефективність в галузях економіки України» 2021 р., Міжнар. науково-техн. конф. «Університетська наука – 2020» (Маріуполь, 20–21 травня 2020 р.), V Всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція студентів, аспірантів і молодих вчених «Актуальні проблеми сучасної енергетики» (Херсон, 2020), X Всеукраїнська науково-практична конференція «Ефективні процеси та обладнання хімічних виробництв та пакувальної техніки» (Київ, 2019), IV Всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція студентів, аспірантів і молодих вчених «Актуальні проблеми сучасної енергетики» (Херсон, 2019).

**Публікації результатів магістерської кваліфікаційної роботи.** Результати роботи опубліковані у 2 тезах доповідей науково-технічних конференцій [1 - 2].

### **Структура та обсяг роботи**

Магістерська робота складається із вступу, шести розділів, загальних висновків, списку використаної літератури та технічного завдання. Загальний об'єм роботи 112 сторінок. Містить ілюстрації, графічні залежності, креслення.

# 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНОЇ ІНФОРМАЦІЇ З ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕНЕРГОВИКОРИСТАННЯ

## 1.1 Характеристика парової котельні ПрАТ «Деражнянський молокозавод»

Деражнянський молочний завод — сучасне молокопереробне підприємство, що розташоване у м. Деражня Хмельницької області, випускає понад 30 видів молочної продукції для ряду областей України та здійснює експорт до Німеччини та Польщі [3].

Для забезпечення теплотехнологічних процесів на молокозаводі встановлена парова промислова котельня з відпуском насиченої пари на потреби виробництва. На котельні встановлені два парогенератори Е-1-0,9ГМ, що відпускають пару тиском 0,6 МПа, 175 °С. Котли працюють на природному газі. Розрахунковий коефіцієнт корисної дії котлів 90%.

Повітря для горіння подається двома вентиляторами ВД-2,7, а димові гази відводяться двома димососами Д-3,5.

Відпрацьований конденсат від технологічних споживачів за допомогою насосів CR 1S-4 з температурою 70 °С надходить в деаератор атмосферного типу, який заживлений паром, тиск в якому складає 0,12 МПа. Частка повернення зворотного конденсату від промислового споживача складає 80%. Для підживлення системи з станції хімоводоочистки подається хімоводоочищена вода. Додаткова вода з ХВО з температурою 40 °С надходить в деаератор.

Живильна вода з деаератора подається двома насосами СМ 3-4.

Оскільки температура води в зворотних трубопроводах теплових мереж майже завжди (окрім роботи в опалювальному максимальному режимі) нижча від 60°С, в схемі передбачається подавання гарячої води на вхід котла (рециркуляція) за допомогою рециркуляційного насоса.

Електропостачання на власні потреби котельні здійснюється з електромережі, де питома витрата умовного палива дорівнює 38,11 кг/ГДж.

Частка безперервної продувки становить 0,03; частка пари на власні пот-

реби котельні – 0,03.

Потужність промислового споживача дорівнює 1068 кВт. Власні електричні потреби котельні складають 2,1856 кВт. Дані взяті з Деражнянського молокозаводу за 2020 рік. Розрахований ККД брутто котельні для максимального режиму складає 0,89.

## 1.2 Джерела низькотемпературної теплоти для теплонасосних установок

**Теплові насоси «повітря-повітря»** швидко набувають поширення на даний час і наразі домінують у світових продажах теплонасосних установок в новому будівництві. Наприклад, у Сполучених Штатах з 2015 до 2020 року кількість поставлених теплових насосів збільшилась з 2,3 до 3,4 мільйонів одиниць. При цьому темпи зростання на даний час не змінилися порівняно з попередніми роками [4].

Існує кілька факторів, що підвищують популярність теплонасосних технологій «повітря-повітря», а саме: розробка політики енергоефективності; оновлення будівельних стандартів, які дозволяють зробити теплові насоси в новобудовах більш конкурентоспроможними; зростання попиту на кондиціонування повітря.

Актуальним та перспективним є використання теплових насосів для підготовки гарячої води. Продажі **водонагрівачів з тепловими насосами** з 2010 року зросли більш ніж у три рази, в основному завдяки збільшенню попиту на таку продукцію у Китаї. Японія є другим за розміром ринком водонагрівачів з тепловими насосами, з 2010 по 2015 роки продажі такого обладнання дещо знизилися з 570 тис. до 400 тис. одиниць (найнижча точка за останнє десятиліття), але у 2020 році знову зросла до приблизно 500 тис. одиниць на рік [5].

Обсяги продажів теплонасосних водонагрівачів у Європі нижчі, але тим не менш стрімко зростають: в 2020 році було продано 185 тис. водонагрівачів з тепловими насосами, а в 2010 – приблизно 30 тис. одиниць.

**Грунтові теплові насоси** дещо менш поширені в світі, їх річний обсяг продажів становить близько 400 тис. одиниць. Більша частина ґрунтових теплонасосних установок розташовано в Сполучених Штатах, де обсяги поставок та встанов-

лення збільшилися вдвічі з 2010 року, в тому числі завдяки 30-тивідсотковому федеральному податковому кредиту.

Швеція та Німеччина є двома основними європейськими ринками впровадження ґрунтових теплових насосів. Так у Швеції у 2020 році було встановлено 650 тис. одиниць, а в Німеччині – 410 тис. одиниць [6]. Фактично, Швеція має найвищий у світі рівень встановлення ґрунтових теплонасосних установок на душу населення.

**Реверсивні кондиціонери** можуть забезпечувати системи опалення та охолодження за допомогою одного пристрою. Так обладнання дуже поширені в деяких країнах, але це не означає, що теплонасосні установки обов'язково використовуватимуться як основне джерело для систем опалення в будівлі.

Наприклад, реверсивні теплові насоси «повітря-повітря» (наприклад, міні-спліт-блоки систем кондиціонування) широко розповсюджені в містах Північного Китаю для охолодження будівель влітку, але більше 80% населення цього регіону покладається на централізовані системи опалення взимку. Натомість, у Японії, Кореї, Європі, США та Австралії реверсивні теплові насоси зазвичай використовуються як для систем опалення, так і для охолодження приміщень.

### 1.3 Енергоефективність, економічні та екологічні аспекти впровадження теплонасосних установок

Типовий сезонний коефіцієнт перетворення теплових насосів – показник середньорічної енергетичної ефективності – постійно зростає з 2010 року до значення приблизно 4 сьогодні для більшості теплонасосних установок, що використовуються для опалення приміщень.

У м'якому кліматі, наприклад у Середземноморському регіоні та центральному та південному Китаї цей показник досягає від 4,5 до 7. Натомість, у холодних кліматичних умовах низькі температури зовнішнього повітря можуть знизити енергоефективність відомих на даний момент теплонасосних технологій в середньому до значення 3 за зимовий сезон.

Слід відзначити, що перехід від неінверторних компресорних технологій до

інверторних в останній час підвищив енергоефективність обладнання. Сьогодні інверторні технології дозволяють уникнути великої частини втрат енергії, які супроводжують зупинки і запуски неінверторних пристроїв, а також дозволяють зменшити перегрів компресора.

Норми, стандарти та маркування теплових насосів разом із технологічним прогресом сприяли вдосконаленню обладнання у всьому світі. Наприклад, середній сезонний коефіцієнт перетворення теплових насосів, що продаються в Сполучених Штатах, зріс на 13% у 2006 році та приблизно на 8% у 2015 році після двох відповідних підвищень мінімальних стандартів енергетичної ефективності теплонасосного обладнання. Підвищення стандартів і маркування, що слідує за технологічним прогресом на ключових ринках систем опалення, може допомогти збільшити продажі теплонасосного обладнання вищого класу. У розробленому сценарії чистих нульових викидів до 2050 року коефіцієнт сезонної енергетичної ефективності для теплових насосів коливається від 4,5 до 5,5 до 2030 року [7].

Крім оновлень нормативів, подальше покращення циклу стиснення пари в компресорі (наприклад, за допомогою компонентів наступного покоління) вимагатиме подальших системно-орієнтованих рішень (для оптимізації споживання енергії в усій будівлі) та застосування холодоагентів з дуже низьким або нульовим потенціалом глобального потепління.

У 2020 році теплові насоси з електричним приводом задовольняли не більше 7% потреб у опаленні будівель у світі, але могли забезпечувати понад 90% глобального опалення приміщень і підігріву води з низьким рівнем викидів CO<sub>2</sub> – навіть з урахуванням більших викидів вуглекислого газу при виробленні електроенергії, ніж для конденсаційних газових котельних технологій (які зазвичай працюють з ККД 92-95%).

Завдяки постійним покращенням енергетичних характеристик теплових насосів та більш чистих технологій вироблення електроенергії, потенційний екологічний ефект теплонасосного обладнання стає ще кращим.

У Китайській Народній Республіці субсидії в рамках Плану дій із запобіган-

ня та контролю забруднення атмосферного повітря дозволяють зменшити початкові витрати на встановлення теплонасосного обладнання [8]. Міністерство охорони навколишнього середовища Китаю впровадило фінансові субсидії в розмірі від 1,1 до 4,35 тис. доларів США для домогосподарств, які купують теплові насоси «повітря-повітря» в 2020 році в великих містах. За схожою схемою для зменшення забруднення працюють в Японії.

Інші екологічні програми спеціально розроблені для ґрунтових теплових насосів. Сполучені Штати продовжили федеральний податковий кредит у розмірі 26% для ґрунтових теплових насосів, що встановлюються в новобудовах до кінця 2022 року [9]. У Пекіні 30% всіх початкових інвестиційних витрат також покриває держава. Щоб досягти своєї мети щодо розширення запровадження ґрунтових теплових насосів для 700 млн. м<sup>2</sup> будівель Китай запропонував додаткові субсидії для районів Цзілінь, Чунцин та Нанкін в розмірі від 35 до 70 юанів/м<sup>2</sup>.

Уряд Сполучених Штатів зобов'язує, щоб теплонасосне обладнання було позначене сезонним коефіцієнтом перетворення для опалення, а також мінімальними стандартами енергоефективності для теплових насосів.

У більш загальному плані маркування, засноване на коефіцієнті перетворення із показниками використання енергії та кількості викидів сприятимуть більш широкому впровадженню теплових насосів у координації з іншими рішеннями щодо сталого розвитку, включаючи реконструкцію, термомодернізацію, більш широке використання сонячної фотоелектричної генерації та використання інтелектуальних засобів керування для синхронізації роботи теплового насоса в часи, коли вартість електроенергії в мережі є найнижчою. Таким чином, тепловий насос може споживати безпосередньо зелену електроенергію місцевого виробництва, при цьому зменшуючи чисте споживання електроенергії з загальної енергомережі та мінімізуючи інтенсивність втрат електроенергії, яку він споживає.

На додаток до обов'язкових стандартів, в європейському маркуванні систем сезонного опалення приміщень використовується та сама шкала для теплових насосів (рейтинг не менше A+), що й для котлів, які працюють на викопному паливі (найбільше A). Це дає змогу безпосередньо порівнювати їх продуктивність та

енергоефективність.

Крім того, у Китаї та Європейському Союзі тепла енергія навколишнього середовища, що використовується тепловими насосами, класифікується як відновлювана тепла енергетика, що відкриває доступ до інших засобів стимулювання, таких як податкові знижки.

У серпні 2021 року Енергетична комісія штату Каліфорнія затвердила новий енергетичний кодекс для будівель, який заохочує до встановлення теплових насосів для опалення приміщень і підігріву води в нових будівлях (або як альтернативу для забезпечення більш жорстких вимог щодо енергоефективності будівель), а також пропагує використання сонячних фотоелектричних установок та акумуляторів [10]. Даний будівельний кодекс набере чинності у 2023 році і встановить теплові насоси базовою технологією опалення.

Дане рішення повторює заходи впровадженні в багатьох штатах і містах США [11], Франції, Нідерландах, які посилюють електрифікацію тепла або просто забороняють використання викопного палива.

Кількість встановлених теплових насосів має зрости зі 180 млн одиниць сьогодні до 600 млн у 2030 році, щоб відповідати сценарію чистих нульових викидів до 2050 року [7]. Це можливо, якщо будуть усунуті перешкоди для впровадження, включаючи високі закупівельні ціни та експлуатаційні витрати, а також спадок існуючого неенергоефективного будівельного фонду.

В багатьох країнах встановлена вартість теплових насосів у порівнянні з потенційною економією на витратах енергоресурсів (наприклад, при переході з газового котла на тепловий насос з електроприводом) часто означає, що теплонасосні установки можуть давати невелику економію протягом 10-12 років, навіть за умови високих енергетичних характеристик.

Введені починаючи з 2015 року субсидії виявилися ефективними для компенсації початкових витрат теплових насосів та ініціювання динаміки ринку. Це прискорює їхнє впровадження у новобудовах. Ірландія, яка має на меті впровадити 600 тис. теплових насосів в рік до 2030 року, і Велика Британія, яка планує



створювати 600 тис. нових блоків на рік до 2028 року, будуть покладатися на гранти та фіскальне стимулювання для їх просування. Тим часом Британська Колумбія (Канада) пропонує безпроцентні кредити за умови заміни котлів на викопному паливі тепловими насосами.

Ремонт і заміна опалювального обладнання в існуючих будівлях також можуть бути частиною єдиної політики прискорення розгортання теплонасосного обладнання. Впровадження пакетів реконструкції, що включають як елементи будівлі, так і оновлення опалювального обладнання, також зменшить витрати на встановлення теплового насоса (за рахунок зменшення його типорозміру). Таке зменшення може становити близько 30% загальної капітальної вартості теплового насоса з повітряним джерелом і 65-85% для ґрунтового теплового насоса.

Широке впровадження теплових насосів також має передбачати трансформацію всієї енергосистеми, необхідну для досягнення цілей Net Zero. Наприклад, варіанти підключення теплових насосів до сонячних фотоелектричних панелей на місці та участь у енергоринках зроблять теплові насоси більш привабливими.

Крім того, повинні бути враховані несприятливі ціни на паливо. Адже високі тарифи на електроенергію та високі початкові витрати є основними перешкодами на більшості ринків теплонасосного обладнання. Частково це пояснюється субсидіями на викопне паливо та податками на електроенергію. Ціни на електроенергію в усьому світі приблизно вдвічі вищі за ціни на природний газ, а подекуди в три або більше разів.

Зменшення розриву між цінами на електричну енергію та природний газ прискорить впровадження теплонасосних технологій на ринку для нових та існуючих будівель.

Аналогічно, великі за масштабом теплові насоси є комерційно доступними, але стикаються з бар'єрами ринкового розвитку. Зняття податків на електроенергію, що використовується в системах перетворення електричної енергії в теплову енергію, полегшить їхнє використання.

Узгодження визначень, пов'язаних з продуктивністю та енергоефективністю теплових насосів, зробить глобальний порівняльний аналіз такого обладнання

менш складним, враховуючи нинішнє різноманіття існуючих процедур і тестувань. Наразі визначення та методики змінюються від регіону до регіону, тоді як для традиційних технологій опалення, таких як котли на викопному паливі, вони є більш послідовними. Однак навіть після узгодження методик визначення продуктивності теплових насосів необхідно продовжувати відображати різноманітність джерел тепла, умов тепловідводів та експлуатації, а також кліматичних умов.

Визначення енергетичної ефективності також можна інтегрувати в мінімальні вимоги до коефіцієнта перетворення. Наприклад, Європейський Союз запровадив сезонний коефіцієнт перетворення (SCOP) у своєму законодавстві про еко-дизайн ще 2009 року. Він виражає енергетичну ефективність у термінах первинної енергії, і з 2017 року дозволено використовувати лише насоси типу «повітря-вода» та ґрунтові теплові насоси, що перевищують мінімальну енергетичну ефективність у 115-125% (порівняно з SCOP від 2,875 до 3,125). Для теплових насосів типу «повітря-повітря» мінімальний показник SCOP для країн ЄС становить 3,8.

Природно, що стандарти та маркування повинні продовжувати посиляти позитивні сигнали щодо енергоефективності та коефіцієнта перетворення теплового насоса порівняно з газовими котлами. Наприклад, Регламент ЄС щодо енергетичного маркування встановлює позначку «А» для енергетичних характеристик обладнання при мінімальному відношенні первинної та кінцевої енергії 0,92, що стосується технології конденсаційних котлів. Продукти з кращою енергоефективністю, такі як теплові насоси, мають позначку від А+ до А+++.

Агентство з охорони навколишнього середовища Сполучених Штатів Америки нещодавно скасувало право на найвищий рейтинг для газових обігрівачів у програмі Energy Star [12]. Інші сигнали, такі як очікування зменшення викидів оксидів вуглецю для опалювального обладнання, також заохочують до більшого впровадження теплових насосів.

## 1.4 Висновки до розділу 1

В даному розділі проаналізовано об'єкт дослідження – парову промислову котельню Деражнянського молокозаводу.

Також виконано аналітичний огляд літературної інформації щодо різновидів теплових насосів та оцінки їх енергетичної, економічної та екологічної ефективності. Це дозволило сформулювати мету та завдання магістерської кваліфікаційної роботи.

Мета – підвищення енергоефективності та зменшення витрати палива в схемі котельні підприємства ПрАТ «Деражнянський молокозавод», що здійснюється шляхом застосування теплонасосної установки.

Завдання :

- аналітичний огляд літературної інформації по енергетичній, економічній та екологічній ефективності теплонасосних установок;
  - розробка математичної моделі та виконання досліджень варіантного аналізу проектів застосування теплонасосних установок в тепловій схемі котельні Деражнянського молокозаводу;
  - розробка принципів рішень з автоматизації основного обладнання парової котельні;
  - розробка технології монтажу теплонасосної установки для теплової схеми котельні;
  - розробка економічних показників впровадження теплонасосної установки на котельні Деражнянського молокозаводу;
- розробка заходів з охорони праці.

## 2 ВАРІАНТНИЙ АНАЛІЗ ПРОЕКТІВ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕПЛОНАСОСНИХ УСТАНОВОК В ТЕПЛОВІЙ СХЕМІ КОТЕЛЬНОЇ ДЕРАЖНЯНСЬКОГО МОЛОКОЗАВОДУ

2.1 Розробка математичної моделі теплової схеми з встановленням теплонасосної установки

Для дослідження показників модернізованої теплової схеми парової котельні із встановленням теплонасосної установки розроблена математична модель.

Розроблена модель є нелінійною, вона складається з .... лінійних та нелінійних алгебраїчних рівнянь, за параметрами моделювання така модель є детермінованою, структурною, також дискретною з зосередженими кількісними параметрами, крім того, статичною, одномірною. Дана модель є дескриптивною, алгебраїчною і розв'язується аналітичним методом [13 - 16].

Розроблена математична модель реалізована в середовищі Microsoft Excel.

Її математичний опис складається з 49 рівнянь теплових та енергетичних балансів, кінетичних рівнянь для визначення термодинамічних параметрів оборотних циклів, залежностей для визначення оптичних характеристик поверхонь будівлі та геометричних розмірів окремих елементів споруди. Основні рівняння, що використані в математичному описі моделі наведені в [15-19].

Початковими даними для виконання досліджень є [15-19]:

- термодинамічні параметри холодоагентів;
- температура низькопотенційного джерела та споживача теплоти;
- значення ККД котлів, компресорів та іншого обладнання;
- необхідна потужність промислових споживачів;
- теплота згорання палива;
- частка продувки та частка власних потреб котельні тощо.

Допущення та спрощення, які використані під час створення даної математичної моделі:

- задаємось осередненими значеннями недогріву та перегріву робочого тіла;
- задаємось осередненими значеннями ККД компресорного та теплообмінно-

го обладнання;

- виконуємо розрахунки теоретичних циклів теплонасосних установок.

Математичний опис моделі наведений нижче.

Потужність технологічного споживача

$$Q_{\text{тс}} = D_{\text{тс}} (h_0 - h_{\text{зк}} \alpha_{\text{зк}}), \quad (2.1)$$

Витрата зворотного конденсату від технологічного споживача

$$G_{\text{зк}} = D_{\text{тс}} \cdot \alpha_{\text{зк}}, \quad (2.2)$$

Загальна витрата пари

$$D_0 = D_{\text{тс}} + D_{\text{д}}, \quad (2.3)$$

Витрата живильної води

$$G_{\text{жв}} = (1 + \alpha_{\text{пр}}) \cdot D_0, \quad (2.4)$$

Витрата пари з РБП

$$D_{\text{рбп}} = p \cdot D_0 \cdot (h'_{\text{кв}} - h'_{\text{рбп}}) / (h''_{\text{рбп}} - h'_{\text{рбп}}), \quad (2.5)$$

Витрата насиченої води з РБП

$$G_{\text{рбп}} = p \cdot D_0 - D_{\text{рбп}}, \quad (2.6)$$

Визначимо витрату додаткової води з матеріального балансу деаератора

$$G_{\text{дв}} = G_{\text{жв}} - D_{\text{д}} - D_{\text{рбп}} - G_{\text{зк}}, \quad (2.7)$$

Визначимо ентальпію додаткової води після ПСВ

$$h'_{дв} = h'_{хво} + G_{рбп} \cdot (h'_{рбп} - h'_{зл}) / G_{дв} , \quad (2.8)$$

Визначимо витрату пари на деаератор з рівняння теплового балансу деаератора

$$G_{жв} \cdot h_{д}' = G_{зк} \cdot h_{зк}' + D_{д} \cdot h_{д}'' + G_{дв} \cdot h_{дв}' + D_{рбп} \cdot h_{рбп}'' , \quad (2.9)$$

Витрата пари з парогенераторів

$$D_{пг} = D_0 \cdot (1 + q_{вп}) , \quad (2.10)$$

Витрата води на продувку

$$G_{пр} = D_{пг} \cdot \alpha_{пр} , \quad (2.11)$$

Теплова потужність котельні (парогенераторів) брутто

$$Q^{\text{бp}} = [D_{пг} \cdot (h_0 - h_{жв}) + D_{пг} \cdot \alpha_{пр} \cdot (h_0 - h_{жв})] \cdot 10^{-3} , \quad (2.12)$$

Теплова потужність котельні нетто

$$Q^{\text{н}}_{к} = Q^{\text{бp}} - D \cdot q_{вп} \cdot (h_0 - h_{жв}) , \quad (2.13)$$

Витрата умовного палива на котли

$$B_y = \frac{Q_{\text{пг}}}{Q_{\text{нy}}^p \cdot \eta_k} \quad (2.14)$$

Розрахункова витрата палива

$$B_p = \frac{Q_{\text{пг}}}{Q_{\text{н}}^p \cdot \eta_k}, \quad (2.15)$$

Еквівалентна витрата умовного палива на власні потреби котельні

$$B_y^{\text{вп}} = B_{\text{см}} \cdot N_{\text{вп}} / 3,6, \quad (2.16)$$

Загальна витрата умовного палива в котельні

$$B_{\text{заг}} = B_y + B_y^{\text{вп}}, \quad (2.17)$$

Питома витрата умовного палива

$$b_y = \frac{B_{\text{заг}}}{Q_{\text{к}}^{\text{бр}}} \quad (2.18)$$

ККД котельні бруто

$$\eta_k = \frac{Q_{\text{бр}}^{\text{к}}}{Q_{\text{нy}}^p \cdot B_y} \quad (2.19)$$

Середньотермодинамічна температура відведення теплоти котельні

$$T_{\text{кот}}^{\text{ср}} = \frac{T_0 + T_{\text{жв}}}{2}, \quad (2.20)$$

Загальна ексергія відпущеної теплоти котельної

$$E_{\text{від}}^{\text{кот}} = Q_{\text{к}}^{\text{бр}} \cdot \left(1 - \frac{T_{\text{нс}}}{T_{\text{кот}}^{\text{ср}}}\right), \quad (2.21)$$

Ексергетичний ККД котельні

$$\eta_{\text{е}} = \frac{E_{\text{від}}^{\text{кот}}}{1,05 \cdot B^{\text{кот}} \cdot Q_{\text{н}}^{\text{р}}}, \quad (2.22)$$

Температура випаровування холодоагента

$$t_{\text{вип}} = h''_1 - \Theta_{\text{н}} \quad (2.23)$$

Температура

$$t_1 = t_{\text{вип}} + \Theta_{\text{п}} \quad (2.24)$$

Ентальпія

$$h_4 = h'_3 = h_3 - q_{\text{по}} \quad (2.25)$$

Питома потужність переохолодника

$$q_{\text{по}} = h'_1 - h_1 \quad (2.26)$$



Адіабатний теплоперепад в компресорі

$$H_a = h_{2a} - h'_1 \quad (2.27)$$

Робочий теплоперепад

$$H_p = H_a / \eta_{oi}^{KM} \quad (2.28)$$

Ентальпія точки 2

$$H_a = h_{2a} - h'_1 \quad (2.29)$$

Питома теплота, яка відводиться з конденсатора

$$q_k = h_2 - h_3 \quad (2.30)$$

Питома теплота, яка підводиться у випарник

$$q_v = h_1 - h_4 \quad (2.31)$$

Витрата холодоагента

$$G_{xa} = Q_{thy} / q_k \times \eta_{to} \quad (2.32)$$

Коефіцієнт перетворення

$$\varphi = Q_{thy} / N_{km} \quad (2.33)$$

Потужність компресора

$$G_{xa} = Q_{thy} / q_k \times \eta_{to} \quad (2.34)$$

Потужність випарника

$$G_{xa} = Q_{thy} / q_k \times \eta_{to} \quad (2.35)$$

Витрата води у випарнику

$$G_{\text{ха}} = Q_{\text{тну}} / q_{\text{к}} \times \eta_{\text{то}} \quad (2.36)$$

Ефективний ККД ДВЗ

$$\eta_{\text{еф}} = 0,123 / b_{\text{у}} \quad (2.37)$$

Повний ККД ДВЗ і електрогенератора

$$\eta_{\text{д}} = \eta_{\text{еф}} \cdot \eta_{\text{ем}} \quad (2.38)$$

Питома витрата умовного палива на дизельгенератор

$$b_{\text{у}}^{\text{д}} = 0,123 / \eta_{\text{д}} \quad (2.39)$$

Теоретична маса повітря для спалювання  $1\text{ м}^3$  палива

$$M_0 = V_0 \cdot \rho \quad (2.40)$$

Питома витрата суміші повітря і палива

$$M_{\text{сум}} = 1 + \alpha \cdot M_0 \quad (2.41)$$

Витрата умовного палива на ДВЗ

$$B_{\text{у}}^{\text{д}} = b_{\text{у}}^{\text{д}} \cdot N_{\text{двз}} / 3600 \quad (2.42)$$

Витрата робочого палива на ДВЗ

$$B_{\text{р}}^{\text{д}} = B_{\text{у}}^{\text{д}} \cdot Q_{\text{ну}}^{\text{р}} / Q_{\text{н}}^{\text{р}} \quad (2.43)$$

Витрата відхідних газів після ДВЗ

$$G_{\text{вг}} = B_{\text{р}}^{\text{д}} \cdot M_{\text{сум}} \quad (2.44)$$

Потужність утилізатора відхідних газів

$$Q_{yt} = G_{вг} \cdot C_p \times (t_d - t_{yt}) \cdot \eta_{го} \quad (2.45)$$

Потужність системи охолодження

$$Q_{ох} = 0,2 \cdot V_p^d \times Q_{н^p} \cdot \eta_{го} \quad (2.46)$$

Загальна потужність теплоутилізаційного устаткування ДВЗ

$$\Sigma Q_{yt} = Q_{yt} + Q_{ох} \quad (2.47)$$

Масова витрата води через утилізатор

$$G_{yt} = Q_{yt} / (t_2 - t_1) \quad (2.48)$$

Загальна потужність ТНУ з ДВЗ

$$\Sigma Q = Q_{тну} + Q_{двз} \quad (2.49)$$

## 2.2 Результати розрахунку теплової схеми котельні

За результатами розрахунку теплової схеми котельні отримані наступні показники:

- Теплова потужність котельні (парогенераторів) бруто 1,092 МВт;
- Теплова потужність котельні нетто 1,071 МВт;
- Витрата умовного палива на котли 0,04141 кг/с;
- Витрата робочого палива на котли 0,03614 м<sup>3</sup>/с;
- Еквівалентна витрата умовного палива на власні потреби котельні 0,0002125 кг/с;

- Загальна витрата умовного палива в котельні 0,04162 кг/с;
- Питома витрата умовного палива 38,11 кг/ГДж;
- ККД котельні брутто 0,89;
- Середньотермодинамічна температура відведення теплоти котельні 412,5 К;
- Загальна ексергія відпущеної теплоти котельної 0,3693 МВт;
- Ексергетичний ККД котельні 0,252.

2.3 Результати дослідження показників застосування когенераційної ТНУ в тепловій схемі з використанням теплоти ґрунтових вод

Результати моделювання показників когенераційної теплонасосної установки в трьох сезонах з використанням теплоти ґрунтових вод:

- Теплова потужність ТНУ 48,4 кВт у всіх трьох режимах;
- Витрата холодоагента 0,19, 0,22, 0,23 кг/с;
- Коефіцієнт перетворення 2,184, 2,669, 2,853;
- Потужність компресора 22,16 , 18,13 , 16,96 кВт;
- Потужність випарника 26,24, 30,26, 31,43 кВт;
- Витрата води у випарнику 1,278, 1,474, 1,531 кг/с;
- Витрата води в конденсаторі 0,5775 у трьох режимах.

Виконане моделювання показників двигуна внутрішнього згорання та потужностей утилізаторів. Отримані такі результати:

- Ефективний ККД ДВЗ 0,351;
- Повний ККД ДВЗ і електрогенератора 0,334;
- Питома витрата умовного палива на дизельгенератор 0,368 кг/с;
- Теоретична маса повітря для спалювання 1 м<sup>3</sup> палива 11,09 кг/м<sup>3</sup>;

- Питома витрата суміші повітря і палива 24,291 кг/м<sup>3</sup>;
- Витрата умовного палива на ДВЗ 0,0023, 0,0019, 0,0017 кг/с;
- Витрата робочого палива на ДВЗ 0,0020, 0,0016, 0,0015 м<sup>3</sup>/с;
- Витрата відхідних газів після ДВЗ 0,048, 0,039, 0,037 кг/с;
- Потужність утилізатора відхідних газів 0,018, 0,014, 0,014 кВт;
- Потужність системи охолодження 0,013, 0,011, 0,010 кВт;
- Загальна потужність теплоутилізаційного устаткування 30, 25, 24 кВт;
- Масова витрата води через утилізатор 0,12, 0,10, 0,10 кг/с;
- Загальна потужність ТНУ з ДВЗ 78,86, 73,58, 71,93 кВт.

Результати моделювання теплової схеми котельні з КТНУ для трьох сезонів:

- Теплова потужність котельні 1,01, 1,02, 1,02 МВт;
- Витрата робочого палива на котел 0,033 в трьох режимах;
- Витрата робочого палива на ДВЗ 0,0019, 0,0016, 0,0015 кг/с;
- Загальна витрата палива на котельню з КТНУ 0,03549, 0,03533, 0,03528 кг/с;
- Економія потужності за рахунок модернізації 7,22, 6,74, 6,59%.

2.4 Дослідження показників застосування когенераційної ТНУ в тепловій схемі котельні з використанням теплоти охолодження конденсаторів холодильних машин

Розрахунки застосування КТНУ в тепловій схемі для роботи в трьох сезонах з використанням теплоти охолодження конденсаторів холодильних машин, що проведені за методикою з [20-23], наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Результати розрахунку КТНУ в тепловій схемі котельні з використанням теплоти охолодження конденсаторів холодильних машин

Показник	Позначення	Одиниці вимірювання	Період роботи		
			1-й	2-й	3-й
1	2	3	4	5	6
Температура конденсації холодоагента	$t_k$	°C	75		
Температура випаровування холодоагента	$t_{\text{вип}}$	°C	15	20	25
Температура води на вході в випарник	$t_{\text{в}}^I$	°C	20	25	30
Температура води на виході з випарника	$t_{\text{в}}^{II}$	°C	25	30	35
Величина недогріву	$q_{\text{н}}$	°C	5		
Величина перегріву	$q$	°C	7		
Теплоємність води	$C_p$	кДж/кг	4,19		
Температура	$t_1$	°C	22	27	32
Ентальпія	$h_1$	кДж/кг	405	407	410
Ентальпія	$h_1^I$	кДж/кг	413	417	419
Ентальпія	$h_{2a}$	кДж/кг	445	443	441
Ентальпія	$h_3$	кДж/кг	305	305	305
Ентальпія	$h_4$	кДж/кг	297	295	296
ККД компресора	$\eta_{oi}^{\text{KM}}$	-	0,75		
ККД теплообмінника	$\eta_{\text{то}}$	-	0,98		
Електромеханічний ККД	$\eta_{\text{ем}}$	-	0,95		
Питома потужність переохолодника	$q_{\text{по}}$	кДж/кг	8	10	9

Продовження табл. 2.1

1	2	3	4	5	6
Адіабатний теплоперепад в компресорі	$H_a$	кДж/кг	32	26	22
Робочий теплоперепад	$H_p$	кДж/кг	42,7	34,7	29,3
Ентальпія точки 2	$h_2$	кДж/кг	455,7	451,7	448,
Питома теплота, яка відводиться з конденсатора	$q_k$	кДж/кг	150,7	146,7	143,3
Питома теплота, яка підводиться у випарник	$q_v$	кДж/кг	108	112	114
Теплова потужність ТНУ	$Q_k$	кВт	48,4	48,4	48,4
Витрата холодоагента	$G_{xa}$	кг/с	0,33	0,34	0,34
Коефіцієнт перетворення	$\Phi$	-	3,29	3,94	4,55
Потужність компресора	$N_k$	кВт	14,72	12,29	10,64
Потужність випарника	$Q_v$	кВт	33,67	36,11	37,76
Витрата води у випарнику	$G_v$	кг/с	1,64	1,76	1,84
Витрата води в конденсаторі	$G_k$	кг/с	0,578	0,578	0,578
Температура води на вході в випарник	$t_v^I$	°С	25	30	35

Отже, теплова потужність теплонасосної установки становить 48,4 кВт в трьох сезонах роботи; потужність випарника в перший сезон становить 33,67 кВт, в другий сезон відповідно 36,11 кВт, в третій сезон – 37,76 кВт; потужність компресора становить в перший сезон 14,72 кВт, в другий сезон складає 12,29 кВт, в третій сезон дорівнює 10,64 кВт.

Результати розрахунку ДВЗ та потужності утилізаторів, проведеного по методиці з [20-23], показані в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Розрахунок ДВЗ та потужності утилізаторів

Показник	Позначення	Одиниці вимірювання	Значення для сезону		
			1-й	2-й	3-й
1	2	3	4	5	6
Питома витрата умовного палива	$b_y$	кг/кВт·год	0,35		
Електромеханічний ККД	$\eta_{ем}$	-	0,95		
Теоретичний об'єм повітря для спалювання 1 м <sup>3</sup> робочого палива	$V^0$	м <sup>3</sup> /м <sup>3</sup>	9,52		
Густина повітря	$\rho_{пов}$	кг/м <sup>3</sup>	1,165		
Коефіцієнт надлишку повітря	$\alpha$	-	2,1		
Споживана електрична потужність ДВЗ	$N_{ГПД}$	кВт	15	12	11
Питома теплоємність газів після ДВЗ	$C_{рг}$	кДж/кг·К	1,125		
Теплота згорання робочого палива	$Q_{н^p}$	МДж/м <sup>3</sup>	33,57		
Теплота згорання умовного палива	$Q_{н^y}$	МДж/кг	29,3		
Температура відхідних газів після ДВЗ	$t_d$	°С	475		
Температура відхідних газів після утилізатора	$t_{yt}$	°С	140		
Температура води на вході в утилізатор	$t_2$	°С	50		
Температура води на виході з утилізатора	$t_1$	°С	110		



Продовження табл. 2.2

1	2	3	4	5	6
Теплоємність води	$C_p$	кДж/кг·К	4,19		
Ефективний ККД ДВЗ	$\eta_{\text{еф}}$	-	0,351		
Повний ККД ДВЗ і електрогенератора	$\eta_d$	-	0,334		
Питома витрата умовного палива на дизель-генератор	$b_{\text{уд}}$	кг/с	0,368		
Теоретична маса повітря для спалювання 1м <sup>3</sup> палива	$M_0$	кг/м <sup>3</sup>	11,091		
Питома витрата суміші повітря і палива	$M_{\text{сум}}$	кг/м <sup>3</sup>	24,291		
Витрата умовного палива на ДВЗ	$B_{\text{уд}}$	кг/с	0,002	0,001	0,001
Витрата робочого палива на ДВЗ	$B_{\text{р}}^d$	м <sup>3</sup> /с	0,001	0,001	0,001
Витрата відхідних газів після ДВЗ	$G_{\text{вг}}$	кг/с	0,032	0,027	0,023
Потужність утилізатора відхідних газів	$Q_{\text{ут}}$	кВт	11,7	9,8	8,5
Потужність системи охолодження	$Q_{\text{ох}}$	кВт	8,6	7,2	6,2
Загальна потужність теплоутилізаційного устаткування ДВЗ	$\Sigma Q_{\text{ут}}$	кВт	20,2	17,1	14,8
Масова витрата води через утилізатор	$G_{\text{ут}}$	кг/с	0,08	0,07	0,06
Загальна потужність ТНУ з ДВЗ	$\Sigma Q$	кВт	68,64	65,46	63,16

Отже, витрата робочого палива на ДВЗ в усіх трьох сезонах становить 0,001 м<sup>3</sup>/с; потужність утилізатора відхідних газів в перший сезон складає

11,7 кВт, в другий сезон становить 9,8 кВт, в третій сезон – 8,5 кВт; потужність системи охолодження в перший сезон становить 8,6 кВт, в другий сезон складає 7,2 кВт, в третій сезон – 6,2 кВт. Загальна потужність теплоутилізаційного устаткування від ДВЗ та ТНУ в перший сезон становить 68,64 кВт, в другий сезон складає 65,46 кВт, в третій сезон – 63,16 кВт.

Результати розрахунку теплової схеми котельні з КТНУ, проведеного по методиці з [20-23], наведені в таблиці 2.3

Таблиця 2.3 – Розрахунок теплової схеми котельні з КТНУ

Показник	Позначення	Один. вим.	Сезон 1	Сезон 2	Сезон 3
Теплова потужність котельні	$Q_k$	МВт	1,023	1,027	1,029
Витрата робочого палива на котел	$V_{pk}$	м <sup>3</sup> /с	0,0339	0,0340	0,0341
Загальна витрата палива на котельню в існуючій схемі	$V_{icn}$	м <sup>3</sup> /с	0,0361	0,0361	0,0361
Витрата робочого палива на ДВЗ	$V_{двз}$	м <sup>3</sup> /с	0,0013	0,0011	0,0009
Загальна витрата палива на котельню з КТНУ	$V_z$	м <sup>3</sup> /с	0,0352	0,0351	0,0350
Економія потужності за рахунок модернізації	$\Delta Q$	%	6,29	5,99	5,78

Отже, економія теплової потужності, та еквівалентна економії палива, в котельні з КТНУ склала для трьох режимів: для першого сезону 7,22%, для другого сезону 6,74%, для третього сезону 6,59%.

## 2.5 Дослідження показників застосування ТНУ з електроприводом в тепловій схемі котельні з використанням теплоти охолодження конденсаторів холодильних машин

Розрахунки застосування ТНУ з електроприводом в тепловій схемі котельні з використанням теплоти охолодження конденсаторів холодильних машин, що проведені за методикою з [20-23], наведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Результати розрахунку ТНУ з електроприводом з використанням теплоти охолодження конденсаторів холодильних машин

Показник	Позначення	Одиниці вимірювання	Період роботи		
			1-й	2-й	3-й
1	2	3	5	6	7
Температура конденсації холодоагента	$t_k$	°C	75		
Температура випаровування холодоагента	$t_{вип}$	°C	15	20	25
Температура води на вході в випарник	$t_B^I$	°C	20	25	30
Температура води на виході з випарника	$t_B^{II}$	°C	25	30	35
Величина недогріву	$q_H$	°C	5		
Величина перегріву	$q$	°C	7		
Теплоємність води	$C_p$	кДж/кг	4,19		
Температура	$t_1$	°C	22	27	32
Ентальпія	$h_1$	кДж/кг	405	407	410
Ентальпія	$h_1^I$	кДж/кг	413	417	419
Ентальпія	$h_{2a}$	кДж/кг	445	443	441

Продовження табл. 2.4

1	2	3	4	5	6
Ентальпія	$h_3$	кДж/кг	305	305	305
Ентальпія	$h_4$	кДж/кг	297	295	296
ККД компресора	$\eta_{oi}^{KM}$	-	0,75		
ККД теплооб.	$\eta_{то}$	-	0,98		
Електромеханічний ККД	$\eta_{ем}$	-	0,95		
Питома потужність переохолодника	$q_{по}$	кДж/кг	8	10	9
Адіабатний теплоперепад в компресорі	$H_a$	кДж/кг	32	26	22
Робочий теплоперепад	$H_p$	кДж/кг	42,7	34,7	29,3
Ентальпія точки 2	$h_2$	кДж/кг	455,7	451,7	448,
Питома теплота, яка відводиться з конденсатора	$q_k$	кДж/кг	150,7	146,7	143,3
Питома теплота, яка підводиться у випарник	$q_v$	кДж/кг	108	112	114
Теплова потужність ТНУ	$Q_k$	кВт	48,4	48,4	48,4
Витрата холодоагента	$G_{xa}$	кг/с	0,33	0,34	0,34
Коефіцієнт перетворення	$\varphi$	-	3,29	3,94	4,55
Потужність компресора	$N_k$	кВт	14,72	12,29	10,64
Потужність випарника	$Q_v$	кВт	33,67	36,11	37,76
Витрата води у випарнику	$G_v$	кг/с	1,64	1,76	1,84
Витрата води в конденсаторі	$G_k$	кг/с	0,578	0,578	0,578
Температура води на вході в випарник	$t_b^I$	°С	25	30	35

Отже, теплова потужність ТНУ складає 48,4 кВт в трьох сезонах; потужність випарника дорівнює в перший сезон 33,67 кВт, в другий сезон 36,11 кВт, а в третій сезон 37,76 кВт; потужність компресора складає в перший сезон 14,72 кВт, а в другий сезон 12,29 кВт, і в третій сезон 10,64 кВт.

Результати розрахунку теплової схеми котельні з ТНУ, проведеного по методиці з [20-23], наведені в таблиці 2.5

Таблиця 2.5 – Розрахунок теплової схеми котельні з ТНУ

Показник	Позначення	Одиниці вимірювання	Сезон 1	Сезон 2	Сезон 3
Теплова потужність котельні	$Q_k$	МВт	1,0436	1,0436	1,0436
Витрата робочого палива на котел	$V_{рк}$	м <sup>3</sup> /с	0,0345	0,0345	0,0345
Загальна витрата палива на котельню в існуючій схемі	$V_{існ}$	м <sup>3</sup> /с	0,0361	0,0361	0,0361
Витрата робочого палива на ДВЗ	$V_{двз}$	м <sup>3</sup> /с	0	0	0
Загальна витрата палива на котельню з КТНУ	$V_з$	м <sup>3</sup> /с	0,0345	0,0345	0,0345
Економія потужності за рахунок модернізації	$\Delta Q$	%	4,43	4,43	4,43

Отже, як бачимо, економія теплової потужності та еквівалентна економія палива, в котельні з ТНУ склала 4,43% в усіх трьох сезонах.

2.6 Дослідження показників застосування ТНУ з електроприводом в тепловій схемі котельні з використанням теплоти охолодження конденсаторів холодильних машин

Розрахунки варіанту застосування ТНУ з електроприводом в тепловій схемі даної котельні з використанням теплоти ґрунтових вод, що проведені за методикою з [20-23], наведені в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Результати розрахунку ТНУ з електроприводом з використанням теплоти ґрунтових вод

Показник	Позначення	Одиниці вимірювання	Періоди роботи КТНУ (сезон)		
			1- й	2 - й	3-й
1	2	3	4	5	6
Температура конденсації холодоагента	$t_k$	°C	75	75	75
Температура випаровування холодоагента	$t_{\text{вип}}$	°C	-2	0	5
Температура води на вході в випарник	$t_{\text{в}}^I$	°C	8	10	15
Температура води на виході з випарника	$t_{\text{в}}^{II}$	°C	3	5	10
Величина недогріву	$q_{\text{н}}$	°C	5	5	7
Величина перегріву	$q$	°C	7	7	7
Теплоємність води	$C_p$	кДж/кг	4,19	4,19	4,19
Температура	$t_1$	°C	5	7	12
Ентальпія	$h_1$	кДж/кг	403,4	404,7	407,7
Ентальпія	$h_1^I$	кДж/кг	460,3	460,0	459,3
Ентальпія	$h_{2a}$	кДж/кг	542,3	519,0	512,4
Ентальпія	$h_3$	кДж/кг	313,1	313,1	313,1

Продовження табл. 2.6

1	2	3	4	5	6
Ентальпія	$h_4$	кДж/кг	256,29	257,79	261,57
ККД компресора	$\eta_{oi}^{KM}$	-	0,75		
ККД теплообмін.	$\eta_{то}$	-	0,98		
Електромех. ККД	$\eta_{ем}$	-	0,95		
Питома потужність переохолодника	$q_{по}$	кДж/кг	56,85	55,35	51,57
Адіабатний теплоперепад в компресорі	$H_a$	кДж/кг	81,98	59,02	53,08
Робочий теплоперепад	$H_p$	кДж/кг	109,31	78,69	70,77
Ентальпія точки 2	$h_2$	кДж/кг	569,60	538,71	530,04
Питома теплота, яка відводиться з конденсатора	$q_k$	кДж/кг	256,46	225,57	216,90
Питома теплота, яка підводиться у випарник	$q_v$	кДж/кг	147,15	146,88	146,13
Теплова потужність ТНУ	$Q_k$	кВт	48,4	48,4	48,4
Витрата холодоагента	$G_{ха}$	кг/с	0,19	0,22	0,23
Коефіцієнт перетворення	$\varphi$	-	2,184	2,669	2,853
Потужність компресора	$N_k$	кВт	22,16	18,13	16,96
Потужність випарника	$Q_v$	кВт	26,24	30,26	31,43
Витрата води у випарнику	$G_v$	кг/с	1,278	1,474	1,531
Витрата води в конденсаторі	$G_k$	кг/с	0,5775	0,5775	0,5775

Отже, теплова потужність ТНУ складає 48,4 кВт в усіх трьох сезонах; потужність випарника складає в перший сезон 26,24 кВт, а в другий сезон дорівнює 30,26 кВт, і в третій сезон 31,43 кВт; потужність компресора складає в перший сезон - 22,16 кВт, а в другий сезон 18,13 кВт, і в третій сезон 16,96 кВт.

Результати розрахунку теплової схеми даної котельні з ТНУ, проведеного по методиці з [20-23], наведені в таблиці 2.7

Таблиця 2.7 – Розрахунок теплової схеми котельні з ТНУ

Показник	Позначення	Одиниці вимірювання	Сезон 1	Сезон 2	Сезон 3
Теплова потужність котельні	$Q_k$	МВт	1,0436	1,0436	1,0436
Витрата робочого палива на котел	$V_{рк}$	м <sup>3</sup> /с	0,0345	0,0345	0,0345
Загальна витрата палива на котельню в існуючій схемі	$V_{існ}$	м <sup>3</sup> /с	0,0361	0,0361	0,0361
Витрата робочого палива на ДВЗ	$V_{двз}$	м <sup>3</sup> /с	0	0	0
Загальна витрата палива на котельню з КТНУ	$V_з$	м <sup>3</sup> /с	0,0345	0,0345	0,0345
Економія потужності за рахунок модернізації	$\Delta Q$	%	4,43	4,43	4,43

Отже, як бачимо з таблиці економія теплової потужності, еквівалентна економії палива, в котельні з ТНУ склала 4,43 відсотка в трьох сезонах.

## 2.7 Аналіз та узагальнення результатів дослідження

Виконаємо аналіз та узагальнення результатів досліджень ефективності розглянутих варіантів застосування ТНУ в тепловій схемі даної котельні. Значення основних показників ефективності для варіантів теплових схем з ТНУ будуть наведені в таблиці 2.8



Таблиця 2.8 – Основні показники теплових схем з ТНУ

Показник	Варіант застосування			
	1	2	3	4
Економія робочого палива в котельні, %	6,59...7,22	5,78...6,29	4,43	4,43
Потужність компресора, кВт	16,96...22,16	10,64...14,72	10,64...14,72	16,96...22,16
Загальна потужність ТНУ, кВт	71,93..78,86	63,16...68,64	48,4	48,4

В таблиці 3.1 виконані позначення таких варіантів: 1 – застосування когенераційної ТНУ в тепловій схемі котельні з використанням теплоти ґрунтових вод; 2 – застосування когенераційної ТНУ в тепловій схемі котельні з використанням теплоти охолодження конденсаторів холодильних машин; 3 – застосування ТНУ з електроприводом в тепловій схемі даної котельні з використанням теплоти охолодження конденсаторів холодильних машин; 4 – застосування ТНУ з електроприводом в тепловій схемі даної котельні з використанням теплоти ґрунтових вод

Як видно з табл. 2.8, найбільш ефективним за технічними показниками є варіант із застосуванням КТНУ в тепловій схемі котельні з використанням теплоти ґрунтових вод, для якого економія робочого палива в котельні складає 6,59...7,22% в залежності від її режиму роботи.

Показники роботи ТНУ в тепловій схемі котельні для даного обраного варіанту (графічні залежності) показані в на рис. 2.1 – 2.6.

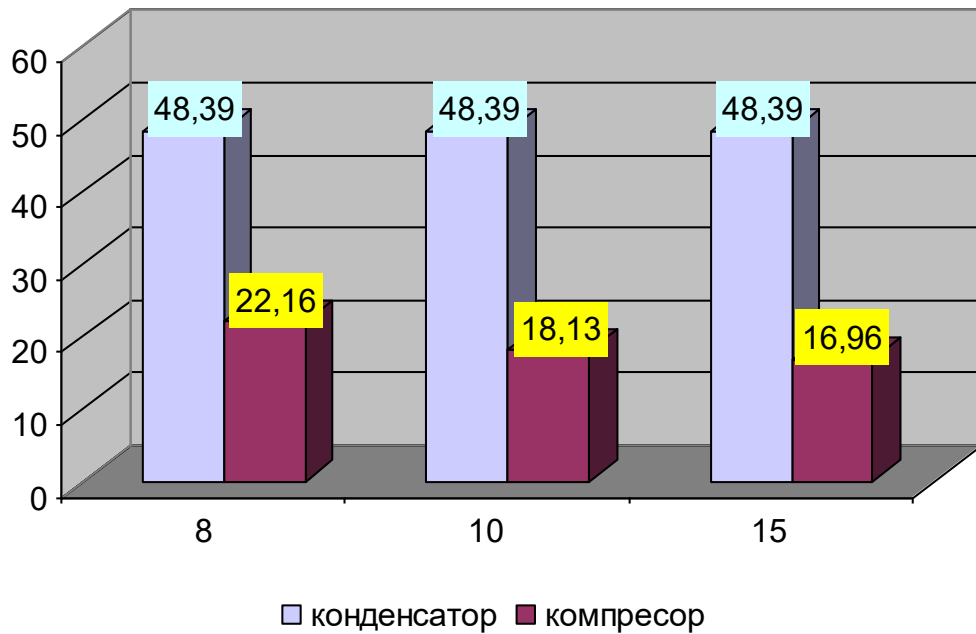


Рисунок 2.1 - Значення теплової потужності конденсатора та компресора ТНУ в залежності від температури води на вході у випарник, кВт

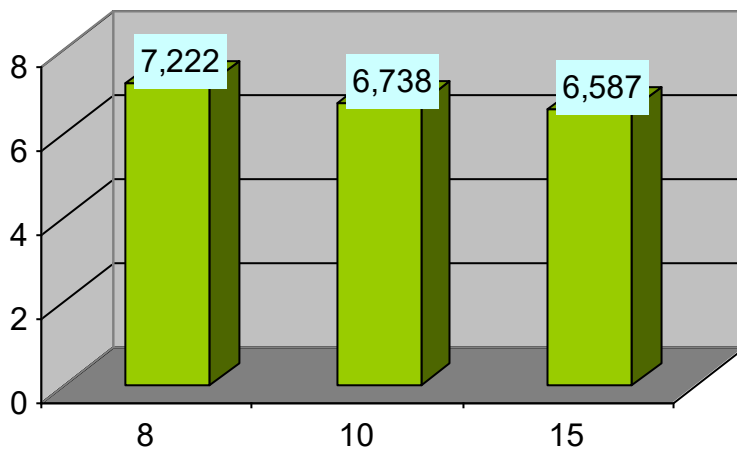


Рисунок 2.2 - Значення економії теплової потужності котла від застосування ТНУ в тепловій схемі котельні в залежності від температури води на вході у випарник, %

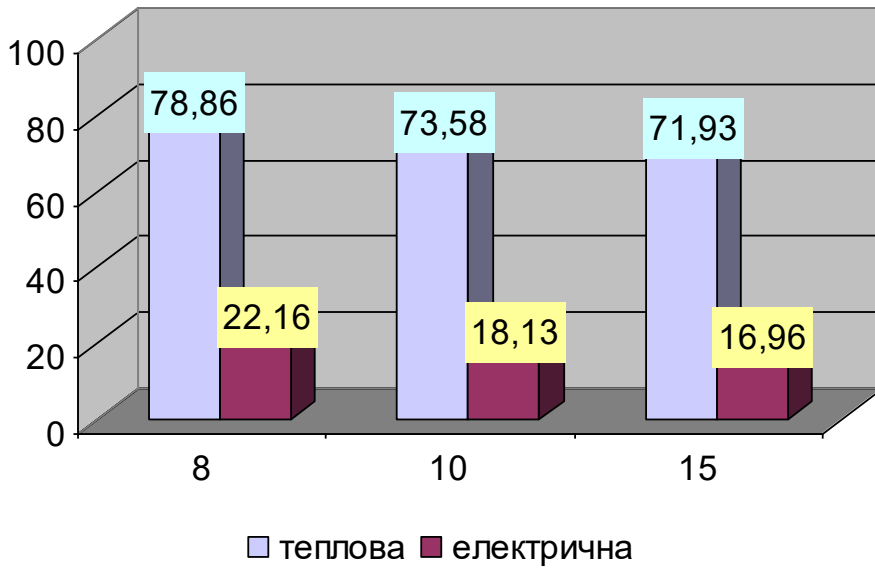


Рисунок 2.3 - Значення корисної теплової та затраченої електричної потужностей ТНУ в залежності від температури води на вході у випарник, кВт

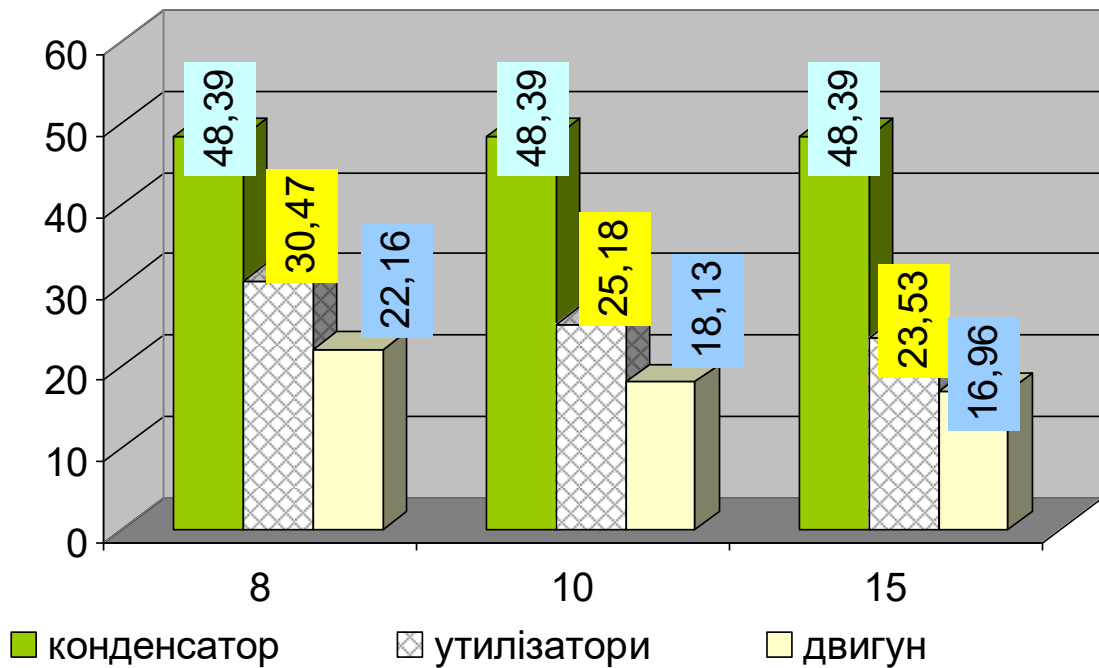


Рисунок 2.4 - Значення теплової потужності конденсатора та теплоутилізатора і електричної потужності двигуна компресора ТНУ в залежності від температури води на вході у випарник, кВт

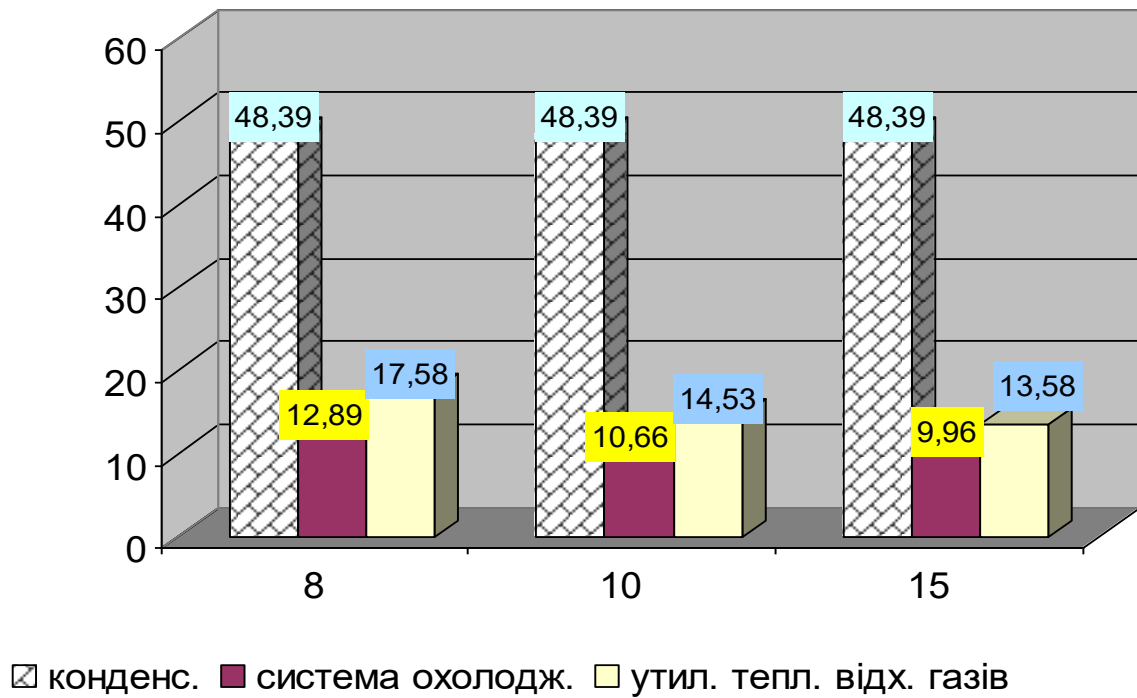


Рисунок. 2.5 - Значення теплової потужності конденсаторного агрегату ТНУ, системи охолодження та теплоутилізаторів в залежності від температури води на вході в випарник, кВт

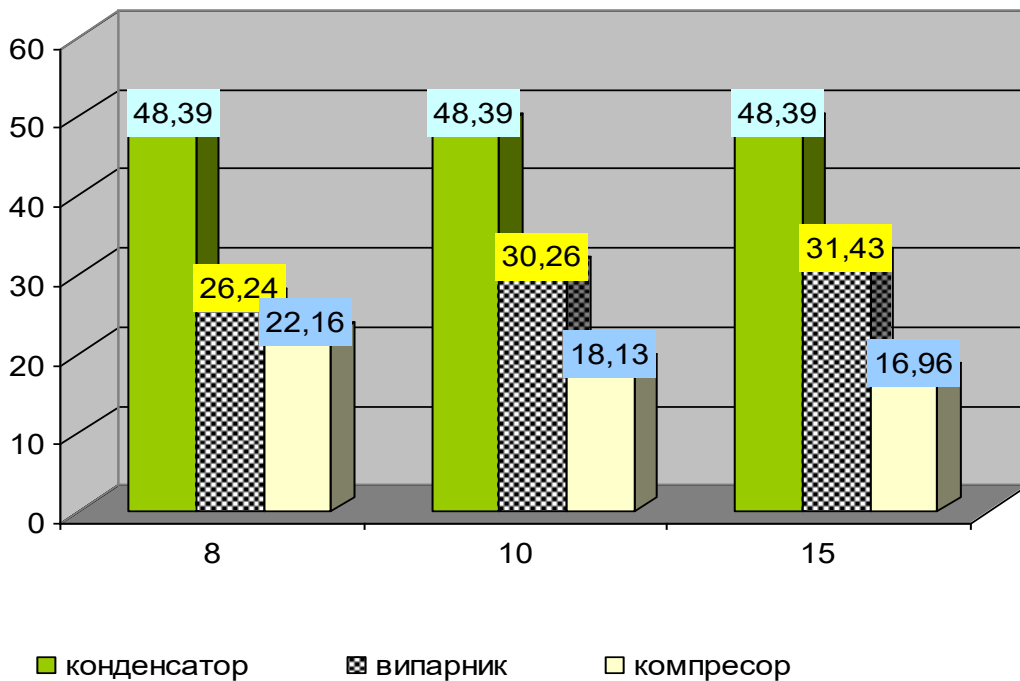


Рисунок 2.6 - Значення потужності конденсатора, випарника та компресорного блоку ТНУ в залежності від температури води на вході у випарник, кВт

## 2.8 Вибір теплонасосно-когенераційного устаткування

За результатами виконаних досліджень, їх аналізу та узагальнення можна обрати таке обладнання.

Газопоршневий двигун-генератор марки Generac SG 45 з номінальною електричною потужністю електрогенератора 36 кВт [24].

Із [25] вибираємо теплонасосну установку виробництва ЗАТ «Тритон ЛТД», марки НТ-50 з розрахунковою тепловою продуктивністю 50 кВт.

## 2.9 Висновки до розділу 2

В даному розділі виконана розробка математичної моделі показників ефективності варіантів застосування теплових насосів в тепловій схемі котельні молокозаводу.

Проаналізована енергетична ефективність чотирьох варіантів застосування теплонасосних установок в даній тепловій схемі котельні молокозаводу.

Також проведений порівняльний аналіз ефективності різних варіантів застосування ТНУ в тепловій схемі котельні Деражнянського молокозаводу. Обґрунтовано вибір раціонального варіанту застосування когенераційної ТНУ в тепловій схемі котельні причому із використанням теплоти ґрунтових вод, для цього варіанту річна економія робочого палива в котельні становить 6,59...7,22% в залежності від її режиму роботи, тому даний варіант був обраний до впровадження.

За обраним варіантом було підібрано таке обладнання: теплонасосну установку марки НТ-50 та газопоршневий двигун-генератор марки Generac SG 45.

### 3 ПРИНЦИПОВІ РІШЕННЯ З АВТОМАТИЗАЦІЇ ОСНОВНОГО ОБЛАДНАННЯ ПАРОВОЇ КОТЕЛЬНОЇ

Опис технологічного процесу

Котельня, яка розглядається в даній роботі, працює для забезпечення паром Деражнянського молокозаводу, опалення адміністративних та інших приміщень а також гарячого водопостачання.

В котельні встановлені парові котли, які працюють на природному газі. Тому в роботі розроблено функціональну схему автоматизації теплової схеми із котлами для спалювання природного газу. Котли виробляють насичену пару з параметрами (тиском 9 бар і температурою 175 °С). Пара виробляється для енергозабезпечення потреб промислового споживача, системи опалення, а також гарячого водопостачання.

Пара також відпускається на власні потреби котельні. В той же час теплота продувальної води, пари вторинного скипання яка відділяється в РПБ (розширнику безперервної продувки), використовується для підігрівання додаткової води в охолоднику продувальної води (ОПВ). Зниження жорсткості води виконується в системі ХВО. Хімочищена вода підігрівается в підігрівнику ОПВ та надходить в атмосферний деаератор. Злив конденсату з ОПВ має температуру 40°С.

Принципова тепла схема парової котельні показана на рисунку 3.1.

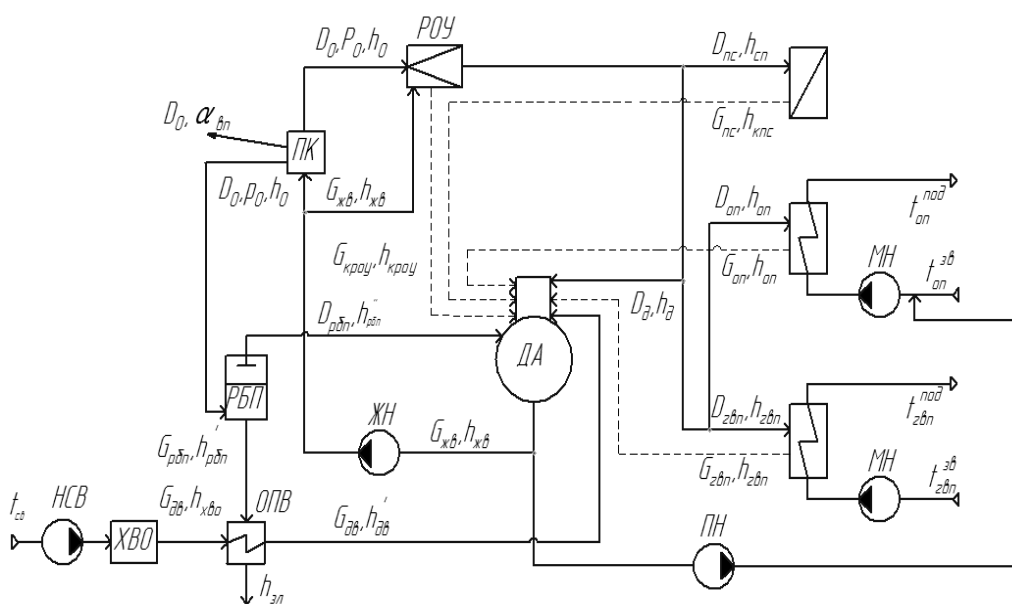


Рисунок 3.1 – Принципова тепла схема парової котельні

Температурний графік системи опалення – 90/70°C. Температура дод. води становить в максимально-зимовий період – 10°C; найбільш холодного місяця – 15°C; літнього – 20°C [26].

Конденсат від промислових споживачів з температурою 120 °C повертається в кількості 75 % від споживаної пари. В деаератор (P=1,2 бар) конденсат надходить в кількості 65 % з температурою 100 °C. Конденсат від теплофікаційного теплообмінника повертається повністю з температурою 90 °C. Коефіцієнт корисної дії парогенераторів 88 %. Котли працюють на природному газі з теплотою згорання 34,442 МДж/м<sup>3</sup>. Конденсат повертається з температурою 70 °C.

### 3.1 Системи автоматичного регулювання парового котла

В даній роботі об'єктом керування є паровий котел. Паровий котел як об'єкт керування – це складна динамічна система з багатьма взаємопов'язаними величинами. Основні збурюючі впливи в котлі: зміна витрати палива, зміна продуктивності вентиляторів або димососів.

Під час зміни витрати палива відбувається зміна витрати суміші, яка спалюється, а також змінюється тиск димових газів та температура пари на виході з парогенератора.

Під час зміни витрати повітря відбувається зміна співвідношення спалюваної суміші, а також змінюється тиск газів у котлі.

В разі зміни продуктивності димососів змінюється розрідження в топці.

Параметрами, що регулюються, є розрідження у верхній частині топки котла, коефіцієнт надлишку повітря або вміст кисню у відхідних газах.

Збуреннями для барабана котла є наступні величини: витрата живильної води, зміна паровідбору, витрата води на продувку котла. Основними параметри, що регулюються є: рівень пароводяної суміші, тиск в барабані котла, вміст солей у котловій воді.

Завдання з керування тепловими процесами ускладнюються тим, що внаслідок взаємної залежності процесів усяке збурення викликає зміну декількох регульованих величин [27].

В паровому котлі є наступні САР:

- потужності котла; співвідношення паливо-повітря; рівня води в барабані котла; розрідження.

Для того, щоб розробити функціональну схему автоматизації згідно вимог [28] і покажемо технологічну роботу підсистем котла, призначення кожного елемента об'єкта автоматизації. Крім парового котла розробимо також САР тиску та рівня в деаераторі.

САР потужності парового котла.

Сигнал, що поступає з датчика тиску (1-1) потім надходить на контролер (1-3), також контролер отримує дані з давачів витрати пари (1-2) та прир. газу (1-4). Контролер порівнює отримані сигнали та виробляє сигнал, який надходить на виконавчий пристрій, який встановлений на лінії подачі природного газу до котла (1-7). Регулятор теплової потужності призначений для підтримання енергобалансу в котлі. Показником енергобалансу є тиск пари в барабані котла. Автоматичне регулювання здійснюватиметься за триімпульсною схемою (рис. 3.2).

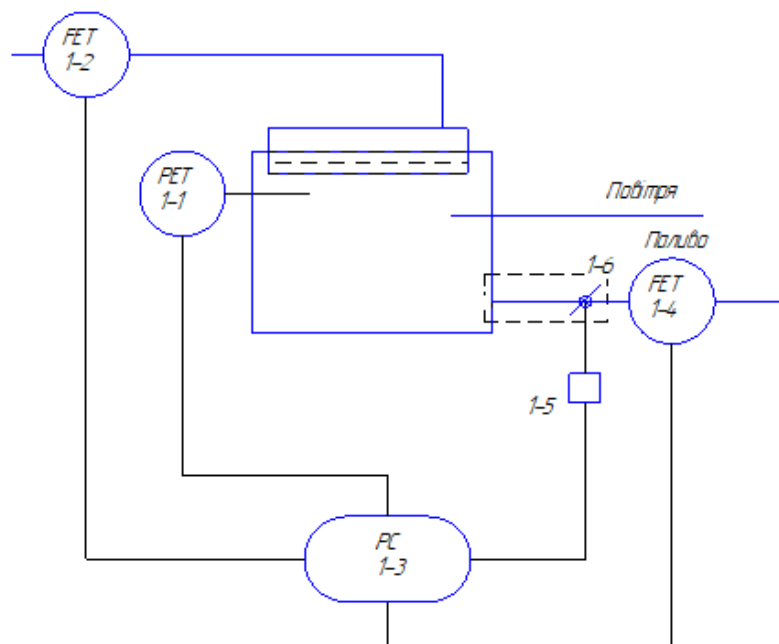


Рисунок 3.2 – Схема регулювання теплової потужності котла

1-1 – давач тиску Siemens QBE2000-P16, з діапазоном 0...16 бар; 1-2, 1-4 – витратовимірювач Siemens Mass MS1; 1-3 – запрограмований мікроконтролер SIEMENS Simatic S7-1200 CPU 1214; 1-6 – електропривід для регулювального органу Siemens SQK33.00.



Дана схема є достатньо поширеною і добре себе зарекомендувала протягом часу експлуатації. Схема регулювання виконана на основних компонентах марки SIEMENS [29], сигнали з яких достатньо чітко узгоджуються між собою та забезпечують високу якість при автоматизованому керуванні.

САР співвідношення палива і повітря.

Контролер (2-4), сприймає інформацію від датчика витрати палива (2-1) та від датчика витрати повітря (2-2), крім того сприймає сигнал від датчика концентрації (2-3) та відпускає сигнал для електроприводу вентилятора (2-5).

Дана схема показана на рис. 3.3.

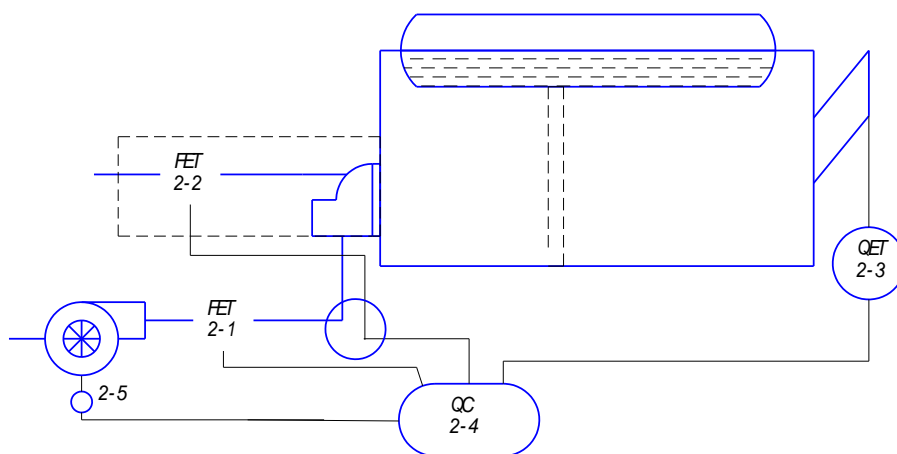


Рисунок 3.3 – Схема регулювання економічності парового котла

2-1, 2-2 – витратовиміррювач Siemens Mass MS1; 2-3 – датчик концентрації чадного газу Arduino MQ7; 2-4 – запрограмований мікроконтролер SIEMENS Simatic S7-1200 CPU 1214; 2-5 – виконуючий орган (частотний перетворювач) для двигуна вентилятора.

Дана схема забезпечує економічну роботу котла в разі зовнішніх або внутрішніх збурень.

САР рівня води в барабані.

Автоматичне регулювання живлення парового котла водою призначене для підтримання рівня води в барабані парового котла. Рівень в барабані парового котла повинен коливатися в межах від найнижчого робочого рівня до найвищого, тобто, коли присутнє найбільше дзеркало випаровування. Вимоги до автоматичного регулювання рівня води у барабані парового котла більш жорсткі в порівнянні з іншими регуляторами. Це викликано умовами безпеки і надійності роботи котла.

Зважаючи на характер причин, що спричиняють зміну рівня води в барабані парового котла, найдоцільнішою є триімпульсна схема авторегулювання. Така функціональна схема застосовується для котлів паропроductивністю 10 т/год і більше, які працюють в умовах значного коливання продуктивності. В такій схемі регулятор живлення отримує три імпульси: рівень води в барабані, витрата пари, витрата живильної води. Схема регулювання рівня в барабані показана на рисунку 3.4.

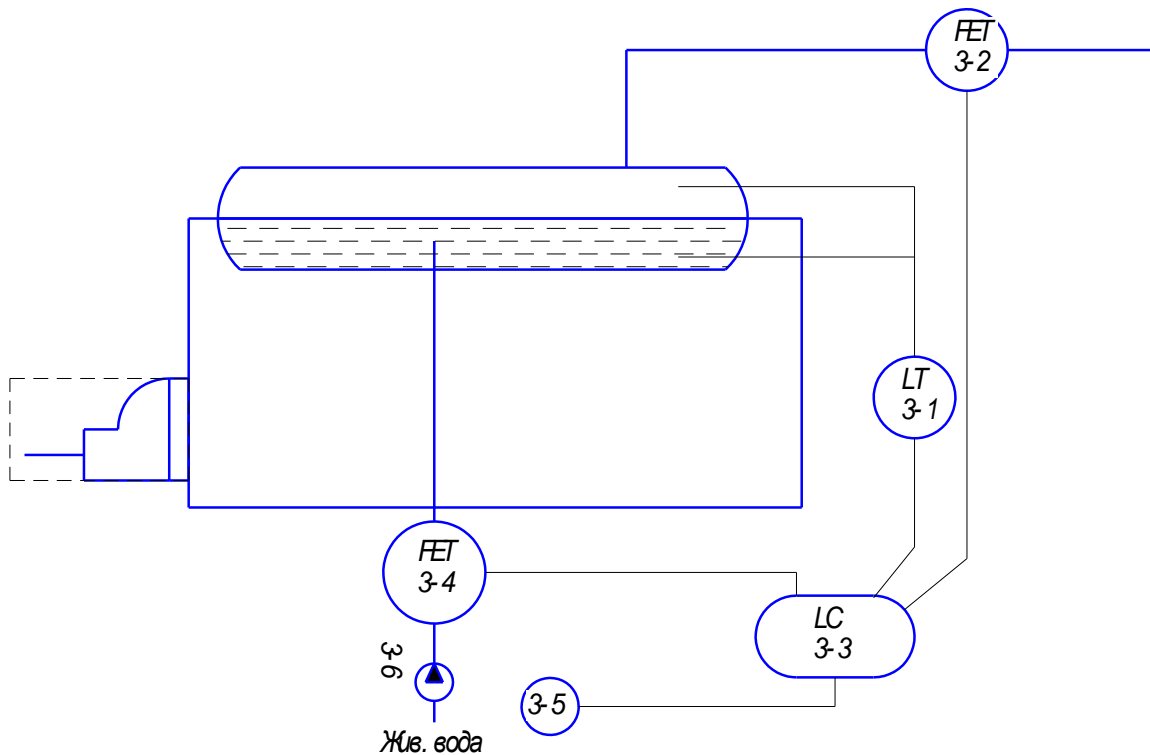


Рисунок 3.4 – Схема автоматичного регулювання рівня води в барабані котла  
3-2, 3-4 – витратовимірювач Siemens Mass MS1; 3-1 – давач рівня Siemens Pointek CLS 200; 3-3 – запрограмований мікроконтролер SIEMENS Simatic S7-

1200 CPU 1214; 3-5 – змінночастотний перетворювач Siemens Sinamics V20; 3-6 – живильний насос.

Із давачів витрати пари (3-2) і рівня води в барабані котла (3-1) і датчика витрати живильної води (3-4), сигнали надходять на контролер (3-3) де вони порівнюються і виробляється сигнал для керування електроприводом насоса (3-6).

САР тиску в деаераторі.

Сигнал із давача тиску в деаераторі (1-1) приходить на регулятор (1-2), що виробляє сигнал для впливання на електропривод парової засувки (1-5). Крім того, регулятор (1-2) також має ручне керування (1-3). На щит автоматизації виводиться світловий ідентифікатор про положення засувки подачі пари (1-7).

Автоматичне регулювання тиску в деаераторі виконують за одноімпульсною схемою. Самим імпульсом є тиск в деаераторі. Схема автоматичного регулювання показана на рис. 3.5.

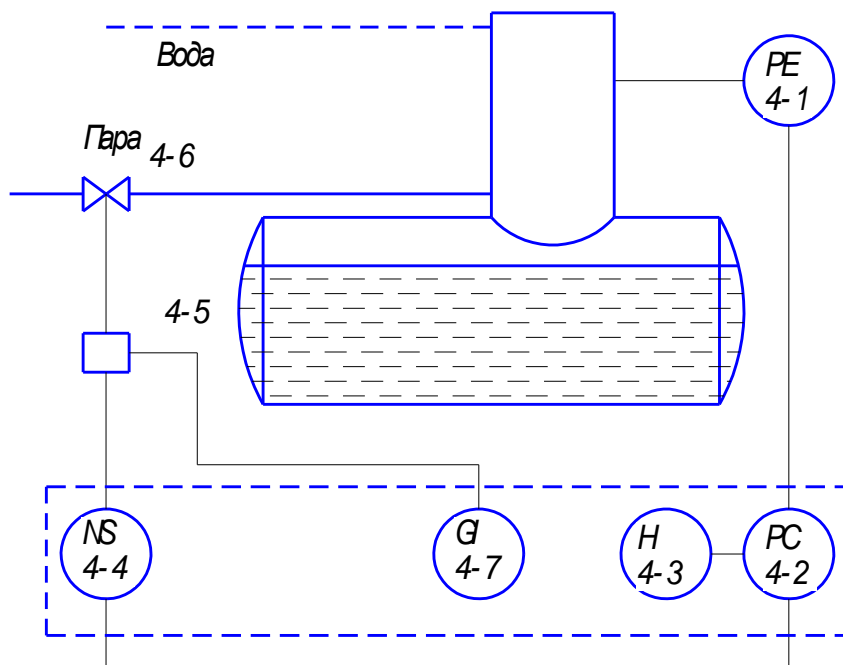


Рисунок 3.5 – Схема автоматичного регулювання тиску в деаераторі

4-1 – давач тиску Siemens QBE2000-P16, з діапазоном 0...16 бар;

4-2 – запрограмований мікроконтролер SIEMENS Simatic S7-1200 CPU 1214;  
 4-3 – додатково режим ручного керування; 4-4 – магнітний пускач; 4-5 – електропривод регульовального органу Siemens SQK33.00; 4-6 – регульовальний орган; 4-7 – індикатор поточного положення регулюючого органу.

Дана схема досить поширена через високу надійність і раціональне число складових елементів системи регулювання.

САР рівня води в деаераторі.

Для регулювання живлення деаератора використаємо двоімпульсну схему, основним впливом в якій буде зміна витрати пари на деаератор. Система автоматичного регулювання рівня (підживлення) представлена на рисунку 3.6.

Контролер (5-3) сприймає сигнали від давача витрати пари (5-1) та давача рівня води в деаераторі (5-2), далі відпускає керуючий сигнал для електроприводу клапана (5-4).

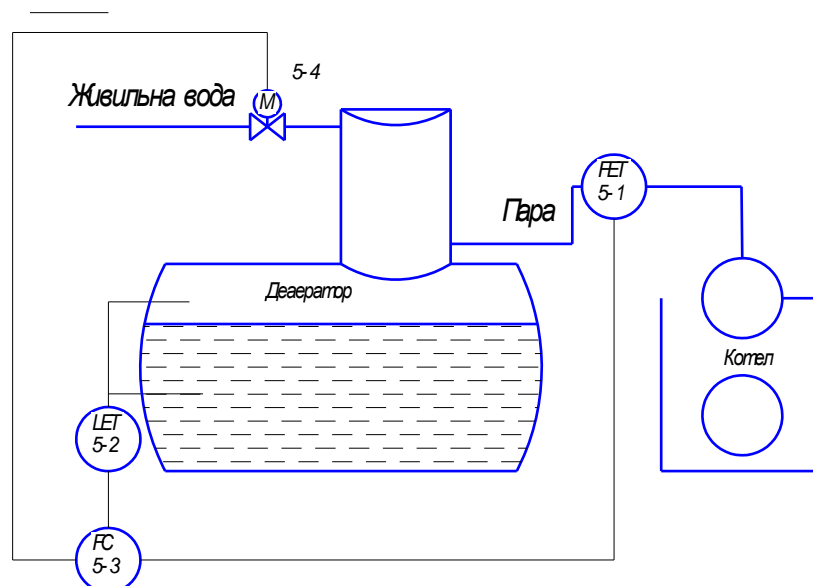


Рисунок 3.6 – Схема регулювання рівня в деаераторі

5-1 – витратовимірювач Siemens Mass MS1; 2-2 – давач рівня Siemens Pointek CLS 200; 5-3 – запрограмований мікроконтролер SIEMENS Simatic S7-1200 CPU 1214; 2-4 – електропривод для регульовального органу Siemens

SQK33.00.

Така система побудована на датчиках та контролерах від SIEMENS. Основним процесорним його комплексом є SIEMENS Simatic S7-1200 CPU 1214, що складається із 2-х контролерів. Система технологічного контролю та сигналізації також виконана на базі даного контролера.

Засоби автоматизації.

Програмований контролер S7-1200 [29] може вирішувати як логічні завдання, так і завдання автоматичного регулювання та керування переміщенням, вводити математичну обробку інформації. Також він має широкі функціональні засоби, відрізняється малою вартістю і використовується у всіх галузях промисловості, а також в системах автоматизації будівель та споруд.

Компактне модульне його виконання в поєднанні з достатньо високою обчислювальною потужністю дають можливість використовувати S7-1200 для рішення широкого кола задач автоматизації – від зміни простих релейно-контактних схем до складання комплексних розподілених структурних схем автоматизації, що використовують інтенсивний сітьовий обмін даними.

S7-1200 може використовуватися в галузях, де застосування контролерів до цього вважалося економічно не доцільним і для рішення задач автоматизації використовували спец. електронні пристрої. Контролер зорієнтований на побудову таких систем автоматизації:

- складського та іншого господарства;
- конвеєрів;
- елеваторів та ескалаторів;
- систем транспорту матеріалів;
- металооброблених машин;
- пакувальних машин;
- друкарських машин;
- текстильних машин;

- змішувальних машин та установок;
- зовнішніх дисплеїв.
- авторегулювання температури в приміщеннях.
- нагрівальних або охолоджувальних установок.
- протипожежних систем захисту.
- установок кондиціонування повітря.
- насосних та ін. станцій .

Витратоміри масові SITRANS F C MASSFLO [5].

Принцип виміру MASSFLO побудований на виникненні фазового зсування частоти коливань вимірної ділянки, в результаті впливу сил Коріоліса, це дозволяє проводити прямі виміри масової витрати, густини, градусу Брикса, а також обчислювати об'ємну витрату рідин або газів. Витратовимірювачі широко застосовуються в нафтохімічній і харчовій промисловості завдяки високій точності виміру і можливості керування системами дозування.

Ці прилади можуть поєднувати в собі лабораторну точність і можливість виміру промислових витрат. Адаптивна функція дозації забезпечує низьку похибку відпускання необхідної кількості компонента, навіть в умовах мінливої витрати і елементного складу рідини. MASSFLO знайшли застосування в таких галузях промисловості:

- харчовій;
- хімічній;
- нафтопереробній;
- фармацевтичній.

Тип вимірюваного середовища – яка небудь рідина або газ густиною до 2900 кг/м<sup>3</sup> або витратою від 0,02 кг/год до 510 000 кг/год.

Частотний автоматичний перетворювач Siemens Sinamics V20 – 4 кВт (6SL3210-5BE24-0UV0) [31] володіє наступними перевагами: просте і швидке запускання в експлуатацію, простота керування і висока надійність.

Просте керування:

- параметрування – завантаження і копія установок можливі навіть без електроживлення;
- вбудована панель керування;
- правильно підібрані макроси для наладки входів / виходів і прикладені макроси;
- режим підтримування в робочому стані;
- Keep Running – автоматична підстройка під час роботи від нестабільних мереж;
- висока надійність завдяки поліпшеній концепції охолодження і подвійному лакуванню друкованих плат.

Технічні дані [31].

Серія: SINAMICS V20

sku: 6SL3210-5BE24-0UV0

Потужність повна: 4.00 кВт

Число робочих фаз / напруга на вході: 3-ф / 380 (трифазне 380в) В

Число робочих фаз / напруга на виході: 3-ф / 380 В

Mmax (1 min)%: 150

Струм робочий номінальний: 8.8 А

Струм протягом 1 хвилини: 13.2 А

Струм максимальний протягом 2 секунд: А

Вбудований автоматичний регулятор: ПД

Скалярний режим керування: є

Векторний режим без енкодера: є

Векторний режим керування з відповідним енкодером: є

Отже, таке обладнання підходить для застосування в відповідній схемі автоматизації за своїми технічними характеристиками.

### 3.2 Автоматичний контроль та технологічна сигналізація

Автоматичному контролю підлягають тільки ті параметри, знання точних значень яких забезпечує запуск, наладку та введення технологічного процесу. До цих параметрів відносять регульовальні величини, нерегульовані (внутрішні) параметри, вхідні і кінцеві параметри, в разі зміни яких в об'єкт можуть надходити збурення, всі параметри, зміна яких може привести до аварійної ситуації або порушення технологічного процесу.

В парогенераторі автоматичному контролю підлягають наступні величини:

- температуру пари 175 °С;
- температуру живильної води 104 °С;
- температуру димових газів 300 °С;
- тиск повітря до 0,4 кПа;
- тиск живильної води до 1,2 МПа;
- розрідження в топці до 0,045 кПа;
- витрату палива (махімум) 96 м<sup>3</sup>/год;
- витрату живильної води (махімум) 250 кг/год;
- витрату водяної пари 1,6 т/год;
- рівень води в барабані парового котла;
- вмісті СО і СН<sub>4</sub> в певному приміщенні.

Автоматичній сигналізації підлягають наступні величини:

- розрідження в об'ємі топки;
- тиск дугтєвого повітря;
- рівень в барабані парового котла;
- вміст СО і СН<sub>4</sub> в певному приміщенні.

Відповідно до «Правил безпеки систем газорозподілу і газоспоживання» передбачається ряд технологічних захистів і блокірувань.

Захисти, які зупиняють котел в разі:

- погасання полум'я в топці;
- відключення димососа;



- відключення дуттьового вентилятора;
- зниження і підвищення рівня в барабані за граничні значення.

Захисти, які діють на відключення подавання палива до котла або пальника:

- згасання факела пальника розпалювальної групи під час розпалювання котла;
- перевищення концентрації CO і CH<sub>4</sub>.

Технічні умови для виконання технологічних захистів наступні.

Погасання факелу. Захист спрацьовує за умов відповідного сигналу з фотодатчика і спричиняє зупин котла. Вводиться автоматично під час початку розпалювання і виводиться під час зупинки котла або спрацьовуванні захисту.

Відключення дуттьового вентилятора. Захист спрацьовує в разі відключення вимикача електродвигуна дуттьового вентилятора і спричиняє зупинку котла. Вводиться автоматично під час початку розпалювання і виводиться при зупинці котла або спрацьовуванні захисту.

Підвищення і зниження рівня. Підвищення рівня в барабані парового котла до 100 мм вище його середнього – захист спричиняє також закривання всіх запірних засувок і регулювальних клапанів на підведенні живильної води до котла. Зниження рівня в барабані парового котла до 75 мм нижче середнього – захист спричиняє закривання всіх запірних засувок і регулювальних клапанів на підведенні живильної води до котла.

### 3.3 Розрахунок клапана подачі підживлювальної води на деаератор

Для даної функціональної схеми автоматизації виконаємо розрахунок клапана подачі підживлювальної води. Розрахунок виконано за [32]. Максимальна витрата підживлюючої води  $F_{\max} = 0,25 \text{ м}^3 / \text{год}$ , мінімальна витрата  $F_{\min} = 0,15 \text{ м}^3 / \text{год}$ . Тиск у лінії  $P_k = 0,25 \text{ МПа}$ . Насос, що подає рідину, дає тиск  $P_n = 0,3 \text{ МПа}$ . Діаметр трубопроводу  $d_{\text{вн}} = 25 \text{ мм}$ .

Швидкість рідини в трубі, м/с

$$W = \frac{4 \cdot F_{\max}}{3600 \cdot \pi \cdot d_{\text{вн}}^2}, \quad (3.1)$$

де  $F_{\max}$  – максимальна витрата, м<sup>3</sup> / год ;

$d_{\text{вн}}$  – діаметр труби, м.

$$W = \frac{4 \cdot 0,25}{3600 \cdot 3,14 \cdot 0,025^2} = 0,14 \quad (\text{м/с}).$$

Критерій Рейнольдса

$$\text{Re} = \frac{W \cdot d_{\text{вн}}}{\nu}, \quad (3.2)$$

де  $\nu$  – кінематична вязкість, м<sup>2</sup>/с;

$w$  – швидкість середовища, м/с.

$$\text{Re} = \frac{0,14 \cdot 0,025}{0,89 \cdot 10^{-6}} = 3976.$$

Коефіцієнти опору крана  $\xi_1 = 3,5$ ; зворотного клапана  $\xi_2 = 10$ ; коліна  $\xi_3 = 1,2$ .

$$\sum \xi = \xi_1 + \xi_2 + \xi_3, \quad (3.3)$$

$$\sum \xi = 3,5 + 1 = 4,5.$$

Коефіцієнт тертя

$$\lambda = \frac{0,303}{(\log Re - 0,9)^2}, \quad (3.4)$$

$$\lambda = \frac{0,303}{(\log 3976 - 0,9)^2} = 0,042.$$

Втрати тиску в трубопроводі в місцевих опорах на тертя

$$\Delta P_{\text{втр}} = \left( \lambda \cdot \frac{L}{d_{\text{вн}}} + \sum \xi \right) \cdot \frac{\rho \cdot W^2}{2}, \quad (3.5)$$

де  $\lambda$  – коефіцієнт опору тертя;

$L$  – довжина труби, м;

$\sum \xi$  – сума коефіцієнтів опорів;

$\rho$  – густина середовища, що протікає по трубопроводу, кг/м<sup>3</sup>;

$W$  – швидкість потоку, м/с.

$$\Delta P_{\text{втр}} = \left( 0,042 \cdot \frac{15,5}{0,025} + 4,5 \right) \cdot \frac{990 \cdot 0,14^2}{2} = 296 \text{ (Па)}.$$

Втрати тиску на підйом рідини в висоту  $h$

$$\Delta P_h = \rho \cdot g \cdot h, \quad (3.6)$$

$$\Delta P_h = 9,81 \cdot 990 \cdot 3 = 29136 \text{ (Па)}.$$

Перепад тиску в клапані

$$\Delta P_{p.o} = P_H - (P_K + \Delta P_{втр} + \Delta P_h), \quad (3.7)$$

$$\Delta P_{p.o} = 300000 - (250000 + 296 + 29136) = 20568 \text{ (Па)}.$$

Пропускна здатність клапана за максимального і мінімального навантаження

$$K_{v1} = 0,316 \cdot F_{\max} \cdot \sqrt{\frac{\rho}{\Delta P_{p.o}}}. \quad (3.8)$$

$$K_{v1} = 0,316 \cdot 0,25 \cdot \sqrt{\frac{990}{20,6}} = 0,55,$$

$$K_{v2} = 0,316 \cdot F_{\min} \cdot \sqrt{\frac{\rho}{\Delta P_{p.o}}}. \quad (3.9)$$

$$K_{v2} = 0,316 \cdot 0,15 \cdot \sqrt{\frac{990}{20,6}} = 0,32.$$

Пропускна здатність регулювального органу

$$K_{vy} = K_{v1} \cdot n, \quad (3.10)$$

де  $n$  – коефіцієнт запасу, приймаємо 1,2.

$$K_{vy} = 0,55 \cdot 1,2 = 0,66.$$

З таблиці вибираємо найближчий коефіцієнт пропускної здатності  $K_{vy.табл} = 0,8$ . Ступінь відкривання клапана при макс. і мін. навантаженнях

$$\eta_1 = \frac{K_{v1}}{K_{vy.табл}} \cdot 100\%; \quad (3.11)$$

$$\eta_1 = \frac{0,55}{0,8} \cdot 100 = 69(\%);$$

$$\eta_2 = \frac{K_{v2}}{K_{vy.табл}} \cdot 100\%. \quad (3.12)$$

$$\eta_2 = \frac{0,32 \cdot 1,2}{0,8} \cdot 100 = 48(\%).$$

Отже, для встановлення вибрали нормально відкритий клапан НС 220В/12В з автоматичним електроприводом Siemens SQK33.00, діаметр умовного проходу 50.

### 3.4 Висновки до розділу 3

Розроблені схеми автоматичного регулювання потужності парового котла, співвідношення палива і повітря, рівня води в барабані, тиску в деаераторі, підживлення деаератора.

Розроблена функціональна схема автоматизації основного обладнання парової котельні Деражнянського молокозаводу, складена специфікація на засоби автоматизації.

Виконано розрахунок клапана для підживлення деаератора, розраховано коефіцієнт умовної пропускної здатності  $K_{vy} = 0,8$ . Для встановлення вибрано нормальний відкритий клапан НС 220В/12В з електроприводом Siemens SQK33.00, діаметр умовного проходу 50.

## 4 ТЕХНОЛОГІЯ МОНТАЖУ ТЕПЛОНАСОСНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ КОТЕЛЬНОЇ

### 4.1 Характеристика об'єкта, що підлягає монтажу

В даному розділі представлено розробку технології монтажу теплонасосної установки на базі котельні Деражнянського молокозаводу.

За результатами розрахунків теплової схеми котельні із теплонасосною установкою обрано ТНУ та газопоршневий двигун-генератор.

Як джерело енергозабезпечення теплового насоса обрано газопоршневий двигун-генератор марки Generac SG 45 з номінальною потужністю електрогенератора 36 кВт [33]. Дане обладнання являє собою стаціонарний резервний генератор з електричним полем, що обертається, і змінним струмом. Генератор приводиться в дію газовим двигуном із частотою обертання 1500 об./хв. З прямим приводом. У набір входить звукоізоляційний кожух, внутрішній глушник шуму, панель керування, автоматичний вимикач для основної лінії електроподачі, підживлення акумуляторної батареї і система захисних попереджень. Тиск паливного газу у з'єднанні з генератором не повинен перевищувати 0,24 бар.

Із [34] вибираємо тепловий насос виробництва ЗАТ «Тритон ЛТД», марки НТ-50 з розрахунковою теплопродуктивністю 50 кВт.

Тепловий насос – це термодинамічна система, що дозволяє трансформувати теплоту із низького температурного рівня від більш високих. Тепловий насос, що встановлюється у тепловій схемі котельні відноситься до типу «вода-вода».

Для переміщення теплоносіїв у тепловій схемі теплового насоса використовуються циркуляційні насоси DAB EURO 30/80 M (максимальна потужність 118 кВт, максимальний напір 47 м вод. ст., максимальна подача 7,2 м<sup>3</sup>/год, матеріал – чавун ) та DAB EUROINOX 40/30M (максимальна потужність 0,87 кВт, максимальний напір 57 м вод. ст., максимальна подача 3,0 м<sup>3</sup>/год, матеріал – нержавіюча сталь) [35].

Монтаж трубопроводів у тепловій схемі теплонасосної установки виконується сталевими трубопроводами за ГОСТ 10704-91 [36].

4.2 Розрахунок та комплектування основних та допоміжних матеріалів та виробів, складання відомостей

В результаті аналізу конструктивних особливостей об'єкту складено перелік основних та допоміжних виробів та матеріалів. Розрахунок та комплектування основних та допоміжних матеріалів та виробів наведенні у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Відомість витрат основних матеріалів

№ п.п	Найменування матеріалу	Од. вим.	Кількість	Маса одиниці, кг	Маса, кг
1	2	3	4	5	6
Потреба в основних матеріалах					
1	Труби сталеві електрозварні прямошовні Ø 57x2,5 мм [36]	м	7,0	3,36	23,52
2	Труби сталеві електрозварні прямошовні Ø 32x2 мм [36]	м	17,3	1,48	25,6
3	Кран шаровий сталевий фланцевий 11с67п Ø 57 мм	шт	6	6,5	39
4	Кран шаровий сталевий фланцевий 11с67п ДУ32 мм	шт	6	3,7	22,2
5	Фільтр сітчастий фланцевий ФС М46ч3фт Ø 57	шт	1	11	11
6	Фільтр сітчастий фланцевий ФС М46ч3фт Ø 32	шт	1	6,8	6,8

Продовження табл. 4.1

1	2	3	4	5	6
7	Клапан зворотний фланцевий 16С13НЖ, ДУ50, Ру1 МПа	шт	1	8,6	8,6
8	Клапан зворотний фланцевий 16С13НЖ, ДУ32, Ру1 МПа	шт	1	5,3	5,3
9	Ізоляційний матеріал для ізоляції труб, мінераловатний $\varnothing$ 57 мм, $\delta = 60$ мм [37], циліндри.	м	7,0	0,8	5,6
10	Ізоляційний матеріал для ізоляції труб, мінераловатний $\varnothing$ 32 мм, $\delta =$ $= 60$ мм [37], півциліндри	м	17,3	0,67	11,6
12	Тепловий насос марки НТ-50 [34]	шт	1	1800	1800
13	Газопоршневий двигун-генератор Generac SG 45 [33]	шт	1	641	641
15	Теплообмінник-утилізатор	шт	1	290	290
16	Теплообмінник	шт	1	51	51
17	Циркуляційний насос DAB EURO 30/80 М (з каталогу) [35]	шт	1	16	16
18	Циркуляційний насос марки DAB EUROINOX 40/30М (з каталогу) [35]	шт	1	12	12
					2969
Потреба у допоміжних матеріалах					
Монтаж трубопроводів [38]					
19	Електроди, діаметр 5 мм, марка Е42	т	0,0033		3,3
20	Вапно хлорне, марка А	т	0,0048		4,8
21	Вода	м <sup>3</sup>	3,77		



Продовження табл. 4.1

1	2	3	4	5	6
22	Розчин цементний	м <sup>3</sup>	0,0082	500	8,2
23	Відводи гнуті, під кутом 90° з спокійної сталі, радіус кривизни 1,5 Д.	шт	6	9,89	59,34
24	Кріплення, підвіски	кг	18		18
					93,6
Монтаж кранів шарових та клапанів зворотних (група 790) [39]					
25	Болти з шестигранною головкою, діаметр різьби 12 мм.	т	0,069		69
26	Пластина гумова рулонна, вулканіз.	кг	1,92		1,92
					70,92
Установка фільтрів сітчастих фланцевих [40]					
27	Азбестовий картон загального призначення, товщиною 2 мм	т	0,009		9
28	Електроди, діаметр 4 мм, марка Е42	т	0,0024		2,4
29	Болти з гайками и шайбами, діаметр 12 мм	т	0,00528		5,28
30	Пароніт	т	0,00012		0,12
31	Фланці сталеві плоскі	шт	4	2,85	11,4
					20,8
Установка фланців для кранів та зворотних клапанів [40]					
32	Електроди, діаметр 4 мм, марка Е42	т	0,0056		5,6
33	Болти з гайками и шайбами, діаметр 16 мм	т	0,0155		15,5

Продовження табл. 4.1

1	2	3	4	5	6
34	Фланці плоскі приварні із сталі ВСт3сп2	шт	28	2,85	79,8
35	Пароніт	т	0,001		1
					101,9
Монтаж ізоляції [41]					
36	Стрічка сталевна пакувальна, м'яка, нормальної точності 0,7х(20-50) мм	т	0,0157		15,7
37	Дріт сталевий низьковуглецевий різного призначення, діаметр 1,1 мм	т	0,00076		0,76
38	Дріт сталевий низьковуглецевий різного призначення, діаметр 1,6 мм	т	0,0028		2,8
39	Сталь листована оцинкована, товщи- на 0,8 мм	кг	1,24		1,24
40	Пряжки	кг	1,04		1,04
41	Гвинти самонарізні оцинковані	т	0,00006		0,06
42	Листи алюмінієві, марка ФЛІН, то- вщиною 1 мм	кг	0,178		0,178
					21,78
Монтаж насосів [42]					
43	Поковки із квадратних заготовок, маса 1,8 кг	т	0,0456		45,6
44	Електроди, діаметр 4 мм, марка Е55	т	0,0105		10,5
45	Круги армовані абразивні відрізнi, діаметр 180×3 мм	шт	5,214	0,274	1,43

Продовження табл. 4.1

1	2	3	4	5	6
46	Круги армовані абразивні зачисні, діаметр 180×6 мм	шт	1,55	0,374	0,58
					58,11
Монтаж теплообмінників [40]					
47	Електроди, діаметр 4 мм, марка 350А	т	0,00185		1,85
48	Шпали дерев'яні просочені, І тип, для залізниці широкої колії	шт	2	80	160
49	Металеві прокладки	т	0,012		12
50	Скоби будівельні	кг	3,6		3,6
					177,5
Монтаж двигуна-генератора Generac SG 45 [43]					
51	Масло дизельне моторне М-10ДМ	т	0,144		144
52	Паливо дизельне з малосірчистих нафт	т	0,899		899
53	Електроди, діаметр 4 мм, марка 350	т	0,0104		10,4
54	Прокат широкосмуговий, товщина 10-12 мм, з сталі марки Ст 3сп	т	0,355		355
55	Шпали дерев'яні просочені, І тип, для залізн. широкої колії	шт	11	80	880
56	Рейки залізничні, тип Р43, зі сталі марки НБ-61	м	9	103	927
57	Вода технічна	т	0,118		118
58	Скоби будівельні	кг	3		3
					3218,4

Продовження табл. 4.1

1	2	3	4	5	6
Монтаж теплового насосу [42]					
59	Гас для технічних цілей, марка КТ-1	т	0,08		80
60	Лак бакелітовий ЛБС-4, ЛБС-5	т	0,0015		1,5
61	Листи латунні, марка Л85, холодно-катані, товщина 1 мм, розмір 1000×2000 мм	т	0,0018		1,8
62	Масло індустріальне І-20А	т	0,004		4
63	Поковки із квадр. загот., маса 1,8 кг	т	0,0455		45,5
64	Дріт свинцевий круглий, Ø11 мм	т	0,0011		1,1
65	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э50	т	0,0265		26,5
66	Круги армовані абразивні відрізні Rapid, діаметр 180×3 мм	шт	16,48	0,274	4,52
67	Круги армовані абразивні зачисні Rapid, діаметр 180×6 мм	шт	4,894	0,374	1,83
68	Білила свинцеві	т	0,00038		0,38
69	Шпали дерев'яні непросочені, І тип, довжина 2,75 м, для залізн. шир. колії	шт	5	80	400
70	Порошковий графіт	кг	1,5		1,5
71	Скоби будівельні	кг	5		5
72	Спиртовий лак	т	0,0005		0,5
73	Свинця оксид (сурик свинцевий)	т	0,002		2
74	Вода	м <sup>3</sup>	0,3		300
75	Витрата електроенергії	кВт-год	14364		
					876,1

Маса основного обладнання і матеріалів – 3183 кг.

Маса допоміжних матеріалів (без врахування води) – 4568 кг.

Необхідна кількість води – 4,188 т.

Загальна маса матеріалів і допоміжного обладнання

$$\Sigma M_{\text{заг}} = 2969 + 4568 + 25,98 = 7563 \text{ (кг)}.$$

#### 4.3 Визначення об'ємів робіт з монтажу теплонасосної установки

Об'єми робіт визначалися відповідно до комплектувальної відомості на основні матеріали та нормативних матеріалів [38 – 43]

1. Доставка деталей до місця монтажу. Одиниці вимірювання в тонах. Загальна вага усіх деталей 7563 кг (7,563 т). Приймаємо об'єм  $V=7,563$ .
2. Розмітка місць прокладання трубопроводу. Одиниці вимірювання 100 м. Довжина всієї мережі трубопроводу складає  $L=24,3$  м. Приймаємо  $V = 0,243$ .
3. Монтаж теплового насосу марки НТ-50. Одиниці вимірювання в штуках. Отже, приймаємо  $V=1$ .
4. Монтаж газопоршневого двигуна-генератора марки Genetac SG. Одиниці вимірювання в тонах. Отже, приймаємо  $V=0,855$ .
5. Монтаж проміжного теплообмінника. Одиниці вимірювання в тоннах. Отже, приймаємо  $V=0,051$ .
6. Монтаж утилізатора. Одиниці вимірювання в тоннах. Отже, приймаємо  $V=0,29$ .
7. Прокладання трубопроводів діаметром 57 мм. Одиниці вимірювання 100 м. Довжина труб з діаметром 57 мм складає 7 м, отже, приймаємо  $V=0,07$ .
8. Прокладання трубопроводів діаметром 32 мм. Одиниці вимірювання 100 м. Довжина труб з діаметром 32 мм складає 17,3 м, отже, приймаємо  $V=0,173$ .
9. Встановлення запірно-регулювальної арматури  $\varnothing 50$  мм. Одиниці вимірювання 10 шт. Кількість 6 шт. Отже, об'єм становить  $V=0,6$ .
10. Встановлення запірно-регулюючої арматури  $\varnothing 32$  мм. Одиниці вимірювання 10 шт. Кількість 6 шт. Отже, об'єм становить  $V=0,6$ .

11. Встановлення фільтрів для очищення води. Одинці вимірювання в штуках. Кількість 2 шт, отже, об'єм буде становити  $V=2$ .
12. Встановлення зворотнього клапана  $\varnothing 57$  мм. Одинці вимірювання 10 шт. Кількість 1 шт. Отже, об'єм становить  $V=0,1$ .
13. Встановлення зворотнього клапана  $\varnothing 32$  мм. Одинці вимірювання 10 шт. Кількість 1 шт. Отже, об'єм становить  $V=0,1$ .
14. Монтаж циркуляційних насосів марки DAB EURO 30/80 M. Одинці вимірювання в штуках. Отже, приймаємо  $V=1$ .
15. Монтаж циркуляційних насосів марки DAB EUROINOX 40/30M. Одинці вимірювання в штуках. Отже, приймаємо  $V=1$ .
16. Випробування трубопроводів. Одинці вимірювання 100 м. Об'єм приймається як загальна довжина зворотних та подавальних трубопроводів і становить  $V=0,243$ .
17. Ізоляція трубопроводів діаметром 57 мм. Одинця виміру 10 м. Загальна довжина трубопроводів, які ізолюють 7 м.  $V = 0,7$ .
18. Ізоляція трубопроводів діаметром 32 мм. Одинця виміру 10 м. Загальна довжина трубопроводів, які ізолюють 17,3 м.  $V = 1,73$ .
19. Кінцева перевірка системи і здача в експлуатацію. Одинці вимірювання в метрах. Загальна довжина зворотних та подавальних трубопроводів становить: 24,3 м. Отже,  $V= 24,3$ .

#### 4.4 Вибір методу монтажу двигуна-генератора

Відповідно до NFPA-37 двигун (генераторну установку) встановлюють таким чином, щоб до нього був безперешкодний доступ для проведення технічного обслуговування, ремонту і пожежогасіння, а саме 1,524 м . Під час між розташованими поряд об'єктами з кожного боку генератора встановлення двигуна всередині приміщень повинні виконуватись обов'язкові вимоги з організації системи

подачі палива, вентиляції, витяжного повітропроводу, мінімальної відстані від предметів із легкозаймистих матеріалів і типу дозволеної конструкції.

Генератор обов'язково надійно закріплюють на опорній плиті для запобігання будь-яких рухів викликаних вібраціями. Конструкція опорної плити повинна відповідати інженерно-технічним методам і враховувати заплановане навантаження і області застосування. Площа плити повинна перевищувати площу основи генератора на 30 – 45 см з кожного боку.

Монтаж стаціонарного двигуна-генератора виконується в такій послідовності [44]:

- встановлення фундаментних балок під двигун і генератор на фундамент за рівнем і закріплення болтами, виконавши попереднє зачисчення поверхні балок та фундаменту;
- установа на балки двигуна і генератора та закріплення болтами. Затягнення болтів з обох боків рівномірно в перехресному порядку;
- перевірка прилягання площин лап фундаментної рами до верхніх площин фундаментних балок;
- з'єднання двигуна з генератором через напівмуфту;
- відцентрування валу двигуна з валом генератора, злам осей валів та зміщення осей допускаються не більше рекомендованих у технічних умовах на двигун;
- перевірка розбіжності (раскеп) щік колінчастого вала при вертикальному і горизонтальному положеннях;
- приєднання до двигуна-генератора паливного, повітряного, водяного, масляного і вихлопного трубопроводів;
- розконсервування двигуна-генератора.

Після пуску двигуна-генератора необхідно:

- перевірити показання приладів і, в першу чергу, тиск у масляній і водяній системах;
- перевірити роботу дизель-генератора на слух;
- переконатися в роботі всіх циліндрів дизеля;
- оглянути дизель-генератор, переконатися у відсутності підтікання води, масла та палива.

#### 4.5 Підбір машин, механізмів, пристосувань для монтажних робіт

Основне, допоміжне обладнання і матеріали, необхідні для встановлення теплонасосної установки виконують за допомогою автомобіля КАМАЗ 5320. Технічні характеристики автомашини наведені в таблиці 4.2

Таблиця 4.2 – Технічні характеристики автомобіля КАМАЗ 5320 [45]

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Довжина платформи	м	5,2
Вантажопідйомність	кг	8000
Габарити:		
довжина		7,4
ширина	м	2,5
висота		3,35
Маса з порожнім паливним баком	кг	4708

Оскільки база доставки знаходиться на відстані  $l = 170$  км від підприємства, кількість ходок  $n = 2$ , а витрата пального автомобілем при номінальному навантаженні  $Q = 28$  (л/100км), то необхідна кількість пального для доставки обладнання, трубопроводів та допоміжних матеріалів

$$Q_{\text{п}} = Q \cdot 2 \cdot n \cdot l, \quad (4.1)$$

$$Q_{\text{п}} = 0,28 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 170 = 190,4 \text{ (л)}.$$

Для виконання зварювання стиків трубопроводів рекомендується зварювальний напівавтомат інверторного типу Magnitek MIG 350S2 [46]. З характеристиками: номінальна споживана потужність 8 кВА, номінальний зварювальний струм 200 А, коефіцієнт корисної дії 85%, діаметр електрода 1,6 – 4 мм, маса 10,6 кг.

Споживання електроенергії електроприладами

$$E = P \cdot \tau \cdot k, \quad (4.2)$$



Споживання електроенергії зварювальним апаратом

$$\tau = 6,7 \text{ год}; P = 8 \text{ кВт}; E_1 = 8 \cdot 6,7 = 53,52 \text{ (кВт}\cdot\text{год)}.$$

Для зачищення поверхонь під час виготовлення вузлів трубопроводів використовуюється кутова шліфмашина INTERTOOL DT-0218 [47], з технічними характеристиками: діаметр круга 180 мм; потужність 1650 Вт; напруга живлення 220 В; частота обертання 8000 об/хв; маса 3,625 кг.

Споживання електроенергії кутовою шліфмашиною INTERTOOL DT-0218

$$\tau = 3,35 \text{ год}; P = 1,65 \text{ кВт};$$

$$E_2 = 1,65 \cdot 3,35 = 4,52 \text{ (кВт}\cdot\text{год)}.$$

Загальна маса усього обладнання, необхідного для виконання монтажних робіт включаючи набір інструментів монтажників (стандартний) складає 25,98 кг

#### 4.6 Визначення трудомісткості виконання монтажних робіт

Трудомісткість виконання монтажу обладнання, арматури та комінікацій теплонасосної установки

$$Q = \frac{V \cdot H_q}{B} \quad [\text{люд} \cdot \text{дні}], \quad (4.3)$$

де  $V$  – об'єм робіт,

$H_q$  – норма часу на одиницю виміру, люд.-год.;

$B$  – кількість годин в зміні, год.

Тривалість виконання монтажу певного елемента

$$T = \frac{Q}{n}, \quad (4.4)$$

де Q – виконання монтажу певного елемента, люд.-дні;

n – кількість робітників, люд.

Результати розрахунку наведені в таблиці 4.3 [38 – 44].

Таблиця 4.3 – Визначення трудомісткості виконання монтажу теплонасосної установки

№ роботи	Найменування робіт	Одиниця виміру	Об'єми робіт	Норма часу	Трудомісткість, люд/год	Тривалість днів	Виконавці	
							Кількість	Професійний склад
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Доставка деталей до місця монтажу	т	7,751	3	2,9	0,48	6	робітник 4р.-2 3р.-2 2 водія
2	Розмітка місць прокладання трубопроводів	100 м	0,243	1,3	0,04	0,01	4	Монтажн. 5р.-2, 3р.-2
3	Монтаж теплового насосу НТ-50 [7]	шт	1	810,6	101,3	10,13	10	Монтажники 3р- 4, 4р-4, 7р-2
4	Монтаж проміжного теплообмінника	т	0,051	246,4	1,57	0,4	4	Монтажники 3р- 3, 4р-1
5	Монтаж двигуна-генератора Generac SG [8]	т	0,855	264,6	26,35	2,64	10	Монтажники 3р- 4, 4р-4, 7р-2

Продовження таблиця 4.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
6	Монтаж теплообмінника утилілізатора		0,29	246,4	8,93	2,98	3	Монтажники 5р-1,4р-1, 3р.-1
7	Прокладання трубопроводів діаметром 57 мм [42]	100м	0,07	90,69	0,78	0,26	3	ел.зв. бр.-1, 5р.-1, сл.-сантехнік 4 р.-1,
8	Прокладання трубопроводів діаметром 32 мм [42]	100м	0,173	46,08	0,99	0,25	4	ел.зв. бр.-1, 5р.-1, сл.-сантехнік 4р.-2
9	Встановлення запірної арматури Ø 50 мм [43]	10 шт	0,6	64	4,8	1,6	3	Монтажники 5р-1,4р-1, 3р.-1
10	Встановлення запірної арматури Ø 108 мм [43]	10 шт	0,6	64	4,8	1,6	3	Монтажники 5р-1,4р-1, 3р.-1
11	Встановлення фільтра фланцевого [38] Ø 50 мм Ø 32 мм	шт	1 1	1,71 1,71	0,21 0,21	0,07 0,07	3 3	Слюсар-сантехнік 3,7 розряду

Продовження таблиця 4.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
12	Монтаж циркуляційного насоса DAB EURO 30/80 M [38]	шт	1	24,52	3,065	0,77	4	Монтажники 3р-2, 4р-2
13	Монтаж циркуляційного насоса DAB EUROINOX 40/30M [38]	шт	1	24,52	3,065	0,77	4	Монтажники 3р-2,4р-2
14	Випробування трубопроводів	100 м	0,243	8,22	0,25	0,04	6	Монтажники. 5р,4р,3р-2
15	Ізоляція трубопроводів діаметром 57 мм [442]	10 м	0,7	5,28	0,46	0,58	4	Слюсар 4, 2 розряд
16	Ізоляція трубопроводів діаметром 32 мм [44]	10 м	1,73	4,8	1,04	0,26	4	Слюсар 4, 2 розряд
17	Кінцева перевірка системи і здача в експлуатацію	100 м	0,243	2,4	0,07	0,04	2	Слюсар-сантехнік 3,5

#### 4.7 Визначення складу бригад для монтажу теплонасосної установки

Під час розрахунку тривалості виконання робіт з монтажу теплонасосної установки склад бригад та середній розряд робітників визначався згідно ДСТУ.

Доставка деталей до місць монтажу та їх складування. Четверо робітників, два водія.

Розмітка місць прокладання трубопроводу. Четверо монтажників 5 розряду і 3 розряду.

Транспортування допоміжного обладнання. Два робітника 4, 2 розряду.

Монтаж теплового насосу НТ-50. Сім монтажників 7, 4, 3 розряду.

Монтаж двигуна-генератора Generac SG. Чотири монтажника 7, 3 розряду.

Прокладання водогазопровідних трубопроводів діаметром 57 мм. Двоє електрозварників 6, 5 розряду, один слюсар-сантехнік 4 розряду.

Прокладання водогазопровідних трубопроводів діаметром 32 мм. Двоє електрозварників 6, 5 розряду, один слюсар-сантехнік 4 розряду.

Встановлення запірної арматури  $\varnothing$  50, 32 мм. Три монтажника 5, 4, 3 розряду.

Встановлення фільтра фланцевого. Шестеро слюсарів-сантехніків 3,7 розряду.

Встановлення зворотнього клапана  $\varnothing$  50, 32 мм. Три монтажника 5, 4, 3 розряду.

Випробування трубопроводів. Шість монтажників 5, 4, 3 розряду.

Ізоляція трубопроводів діаметром 57 мм. Два слюсара 4, 2 розряду.

Ізоляція трубопроводів діаметром 32 мм. Два слюсара 4, 2 розряду.

Монтаж циркуляційного насоса DAB EURO 30/80 M. Чотири монтажника 4, 3 розряду.

Монтаж циркуляційного насоса DAB EUROINOX 40/30M. Чотири монтажника 4, 3 розряду.

Кінцева перевірка системи і здача в експлуатацію. Четверо слюсарів-сантехніків 5 розряду.

#### 4.8 Висновок до розділу 4

В даному розділі розроблено технологію монтажу обладнання теплонасосної установки на котельні Деражнянського молокозаводу. Було виконано компоновку обладнання, розроблено схеми прокладення трубопроводів, складені комплектувальні відомості для монтажу теплонасосної установки із допоміжним обладнанням, визначена трудоємкість монтажних робіт, що складає 158,15 люд.-год. Виконано підбір машин, механізмів та пристосувань для виконання монтажних робіт. Після проведення необхідних розрахунків розроблені календарний графік монтажу теплонасосної установки, графік руху робітників та графік руху машин та механізмів. Тривалість виконання робіт, згідно із календарним планом, складає 22,1 доби.

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ

У випусковій кваліфікаційній роботі досліджуються питання підвищення ефективності енерговикористання в тепловій схемі котельні молокозаводу.

Монтаж і експлуатація теплоенергетичного обладнання як трудова діяльність характеризується підвищеною небезпекою виконуваних робіт. Це обумовлено багатьма причинами. В процесі монтажу й експлуатації теплоенергетичного обладнання оперативно-ремонтний персонал зіштовхується з великою кількістю небезпечних і шкідливих факторів, пов'язаних з підвищеною температурою поверхонь обладнання, посудинами, що працюють під тиском, виконанням робіт на висоті, спалюванням газів, рідин і твердого палива тощо. Підвищена небезпека цих робіт веде до того, що будь-яке, навіть незначне, порушення норм безпеки може стати причиною важких травм і загибелі людей, а також значних матеріальних збитків. Особливостями таких об'єктів є те, що термін їх експлуатації, як правило, складає десятиліття, що потребує високої кваліфікації обслуговуючого персоналу.

Згідно ГОСТ 12.003-74, на будівельно-монтажний персонал, який здійснює монтаж інженерного обладнання теплової схеми котельні молокозаводу (прокладання трубопроводів, монтаж сантехнічного, опалювального, вентиляційного та газового обладнання), впливають наступні небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

1) фізичні:

- рухомі машини і механізми;
- рухомі частини виробничого обладнання;
- вироби, заготовки, матеріали, що пересуваються;
- підвищена та знижена температура поверхонь обладнання;
- підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони;
- підвищена та знижена температура повітря робочої зони;
- підвищена та знижена рухомість повітря;
- підвищена та знижена вологість повітря;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;

- підвищений рівень вібрації;
  - небезпечне значення напруги в електричному колі, замикання якого може відбутись через тіло людини;
  - підвищений рівень інфрачервоної радіації;
  - нестача природного освітлення;
  - недостатнє освітлення робочої зони;
  - розташування робочого місця на значній висоті відносно поверхні землі (підлоги);
  - гострі кромки, задирки та шорсткість на поверхнях заготовок, інструментів та обладнання;
- 2) психофізіологічні:
- фізичні перевантаження (статичні);
  - нервово-психічні перенавантаження (монотонність праці, перенапруга аналізаторів).

## 5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта

### 5.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць при монтажі інженерного обладнання

Під час монтажу інженерного обладнання будинку (прокладання трубопроводів, монтаж сантехнічного, опалювального, вентиляційного та газового обладнання), за наявності небезпечних та шкідливих виробничих факторів, зазначених у вступі, безпека праці під час монтажу інженерного обладнання будівель і споруд повинна відповідати вимогам цих Норм, заходам безпеки, зазначеним у проектно-технологічній документації (ПОБ, ПВР тощо), і зокрема: під час виконання робіт на висоті робочі місця повинні бути обладнані вентиляцією, засобами пожежогасіння; додержанням заходів безпеки під час виконання робіт у траншеях і колодязях; додержанням спеціальних заходів безпеки під час травлення і знежирення трубопроводів.



Заготівлю і припасування труб необхідно виконувати в заготівельних майстернях. Виконання цих робіт на риштуваннях, призначених для монтажу трубопроводів, забороняється.

Під час монтажу обладнання і трубопроводів вантажопідіймальними кранами необхідно керуватися вимогами ОП при виконанні вантажопідіймальних робіт.

На будівництві об'єктів із застосуванням вантажопідіймальних кранів, якщо до небезпечних зон переміщення вантажів кранами потрапляють транспортні або пішохідні шляхи, санітарно-побутові чи виробничі будівлі та споруди, інші місця постійного чи тимчасового перебування людей під час виконання будівельно-монтажних робіт, необхідно виконувати вимоги цих норм, ПОБ і ПВР щодо забезпечення безпеки працюючих, зокрема: застосовувати засоби штучного обмеження зони роботи баштових кранів; застосовувати захисні пристрої, захисні екрани тощо.

Проїзди, проходи на будівельних майданчиках, а також проходи до робочих місць і на робочих місцях не повинні мати вибоїн і утримуватись у чистоті та порядку, очищуватись від сміття, снігу, не захаращуватись матеріалами та виробами, а також бути не ковзкими. Вимоги безпеки до облаштування і утримання будівельних майданчиків, виробничих ділянок і робочих місць. Будівельні майданчики та виробничі ділянки повинні бути огорожені згідно з ГОСТ 23407.

Конструкція захисних огорож повинна задовольняти таким вимогам: огорожі, що прилягають до місць проходу людей за межами будівельного майданчика, повинні мати висоту не менше ніж 2,0 м і бути обладнані суцільним захисним козирком із несучою здатністю витримувати снігове навантаження, а також навантаження від падіння дрібних предметів; ці огорожі повинні бути без прорізів, крім воріт і хвірток, які охороняються протягом робочого часу і замикаються після закінчення робіт.

Робочі місця і проходи до них, розташовані на висоті більше ніж 1,3 м і на відстані менше ніж 2,0 м від межі перепаду по висоті, повинні бути огорожені захисними огорожами, конструкції яких визначаються в ПВР.

Огорожі слід доставити на об'єкт будівництва до початку виконання робіт та негайно установити після утворення зазначеного перепаду по висоті, а демонтувати безпосередньо перед улаштуванням проектних огорожувальних конструкцій. Якщо неможливо установити огорожу, у випадках, визначених у ПВР, для виконання певних видів робіт (наприклад, верхолазні, монтаж конструкцій, обладнання, опалубки; мурування стін тощо) відповідно до ПВР їх необхідно виконувати із застосуванням запобіжних поясів, страхувальних канатів.

Проходи на робочих місцях і до робочих місць повинні відповідати таким вимогам: ширина одиночних проходів до робочих місць і на робочих місцях повинна бути не менше ніж 0,6 м, а висота таких проходів у проясненні – не менше ніж 1,8 м; драбини або скоби, що передбачені для піднімання чи спускання працівників на робочі місця, які розташовані на висоті (глибині) більше ніж 5 м, необхідно обладнувати пристроями для закріплення фала запобіжного поясу (канатами з уловлювачами тощо), а також обладнані дуговою огорожею.

Прорізи у стінах за однобічного прилягання до них настилу (перекриття) повинні бути огорожені, якщо відстань від рівня настилу до низу прорізу менше ніж 0,7 м. Входи до будівель (споруд), що споруджуються, на період будівництва слід захистити зверху суцільним козирком шириною не менше ширини входу до будинку (споруди) і довжиною – відповідно до розміру небезпечної зони.

У разі, коли розрахункова довжина козирка перевищує межі будівельного майданчика, необхідно використовувати суцільні або сітчасті захисні системи огороження робочих горизонтів, які запобігають падінню елементів конструкцій та інших предметів з висоти в небезпечну зону. Конструкції цих систем необхідно визначати в ПВР.

Біля в'їзду на будівельний майданчик необхідно встановити схему руху автотранспорту. Транспортні засоби та пішоходи повинні потрапляти на об'єкт будівництва і покидати його через різні проходи і проїзди, що призначені для транспортних засобів і пішоходів. Для доступу в основні робочі зони тимчасові автомобільні шляхи повинні бути обладнані пішохідними переходами з відповідними знаками.

Внутрішні автомобільні шляхи на будівельних майданчиках повинні відповідати вимогам ДБН А.3.1-5, бути обладнані відповідними дорожніми знаками, що регламентують порядок руху транспортних засобів і будівельних машин відповідно до Правил дорожнього руху України. Швидкість руху автотранспорту поблизу місць виконання робіт не може перевищувати 10 км/год на прямих ділянках і 5 км/год – на поворотах.

Ліквідацію недоліків, виявлених під час випробувань змонтованої системи і обладнання, необхідно виконувати на підставі розроблених і затверджених замовником і генеральним підрядником разом із субпідрядними організаціями заходів щодо безпеки виконання цих робіт.

Встановлення і зняття перемичок (зв'язків) між змонтованим і діючим устаткуванням, а також підключення тимчасових установок до діючих систем (електричних, парових, технічних тощо) без письмового дозволу генерального підрядника і замовника не допускається.

Монтаж трубопроводів і повітроводів на естакадах необхідно виконувати з інвентарного риштування, обладнаного сходами для піднімання і спускання працівників. Піднімання і спускання конструкціями естакад не допускається.

### 5.1.2 Електробезпека

Живлення силового обладнання та системи освітлення водогрійної котельні здійснюється від чотирьох провідної трифазної мережі 380 х 220В (фазна напруга (фаза – "0") – 220В, а міжфазна лінійна (фаза – фаза) – 380В).

Категорія умов по небезпеці електротравматизму – з підвищеною небезпекою, у зв'язку з наявністю у виробничих приміщеннях струмопровідної підлоги.

Технічні рішення щодо запобігання електротравмам:

1) Для запобігання електротравм від контакту з нормально-струмопровідними елементами електроустаткування, необхідно:

- розміщувати неізольовані струмопровідні елементи в окремих приміщеннях з обмеженим доступом, у металевих шафах;

- використовувати засоби орієнтації в електроустановці - написи, таблички, попереджувальні знаки;

- підвід кабелів до споживачів здійснювати у закритих конструкціях підлоги;

2) При живленні однофазних споживачів струму від трипровідної мережі при напрузі до 1000 В використовується нульовий захисний провідник. При його використанні пробій на корпус призводить до КЗ. Спрацьовує захист від КЗ і пошкоджений споживач відключається від мережі.

Згідно з вимогами нормативів, повинна бути забезпечена необхідна кратність струму К.З. залежно від типу запобіжного пристрою, повинна бути забезпечена цілісність нульового захисного провідника.

3) Електрозахисні засоби захисту

Персонал, який обслуговує електроустановки, повинен бути забезпечений випробуваними засобами захисту. Перед застосуванням засобів захисту персонал зобов'язаний перевірити їх справність, відсутність зовнішніх пошкоджень, очистити і протерти від пилу, перевірити за штампом дату наступної перевірки. Користуватися засобами захисту, термін придатності яких вийшов, забороняється.

Використовуються основні та допоміжні електрозахисні засоби. Основними електрозахисними засобами називаються засоби, ізоляція яких тривалий час витримує робочу напругу, що дозволяє дотикатися до струмопровідних частин, які знаходяться під напругою. До них відносяться (до 1000В): ізолювальні штанги; ізолювальні та струмовимірювальні кліщі; покажчики напруги; діелектричні рукавиці; слюсарно-монтажний інструмент з ізольованими ручками.

Додатковими електрозахисними засобами називаються засоби, які захищають персонал від напруги дотику, напруги кроку та попереджають персонал про можливість помилкових дій. До них відносяться (до 1000 В): діелектричні калоші; діелектричні килимки; переносні заземлення; ізолювальні накладки і підставки; захисні пристрої; плакати і знаки безпеки.

Роботи з обслуговування електрообладнання.

При роботі, яка зв'язана з доторканням до струмоведучих частин електрообладнання, необхідно на його пусковому пристрої або ключі керування повісити плакат "НЕ ВМИКАТИ, ПРАЦЮЮТЬ ЛЮДИ".

Відключене положення комутаційних апаратів до 1000 В з недоступними для огляду контактами (автоматичні вимикачі, пакетні вимикачі, рубильники в закритому виконанні тощо) визначається перевіркою відсутності на їх затискачах або на відходячих шинах, проводах або затискачах обладнання, яке відключається цими комутаційними апаратами. В електроустановках до 1000 В при роботах на збірних шинах РУ, щитів, збірок напруга з шин повинна бути знята та шини (за винятком шин, які виконані ізольованим проводом) повинні бути заземлені. Необхідність та можливість встановлення на приєднання цих РУ, щитів, збірок та підключеного до них обладнання визначає працівник, який видає розпорядження.

## 5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

### 5.2.1 Мікроклімат

Мікроклімат приміщення - це сукупність фізичних параметрів повітря в виробничому приміщенні, які діють на людину в процесі праці на її робочому місці, в робочій зоні.

Параметри мікроклімату характеризуються такими показниками: температурою повітря і відносною вологістю повітря, швидкістю його переміщення, потужністю теплових випромінювань. При цьому слід розрізняти оптимальні та допустимі мікрокліматичні умови.

Допустимі мікрокліматичні умови - поєднання кількісних показників мікроклімату, які при тривалому та систематичному впливові на людину можуть викликати скороминучі зміни, що швидко нормалізують тепловий стан організму, і які супроводжуються напруженням механізмів терморегуляції, не виходячи за межі фізіологічних пристосувальних можливостей. При цьому виникає пошкодження або порушення стану здоров'я, але можуть спостерігатися дискомфортні тепловідчуття, погіршення самопочуття та зниження працездатності.

Допустимі величини показників мікроклімату встановлюють тоді, коли за технологічними умовами, технічними і економічними причинами не забезпечуються оптимальні норми.

Крім того, між людиною та навколишнім середовищем відбуваються процес безперервного теплового обміну, при цьому слід враховувати, що незалежно від температури навколишнього середовища температура людини залишається постійною – 36,5-37 С. вологість в свою чергу значно впливає на терморегуляцію організму людини.

Нормуються параметри мікроклімату в виробничих приміщеннях та гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони. Тяжкість роботи розділяється на категорії залежно від загальних енерговитрат організму, ккал/с (Вт). Параметри мікроклімату в виробничому приміщенні, де здійснюється підготовка обладнання до монтажу, наведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Нормування параметрів мікроклімату

Період року	Категорія робіт	Температура, °С	Відносна вологість	Швидкість руху
Теплий	Пб	22-28	55 при 28°С	0,1-0,2
Холодний	Пб	21-25	75 при 25°С	Не більше 0,1

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату на робочому місці оперативно-ремонтного персоналу передбачається:

- в холодну пору року використання калорифера;
- в літню пору застосування вентиляторів обдуву;
- провітрювання приміщення.

### 5.2.2 Склад повітря робочої зони

Забруднення повітря робочої зони регламентується концентраціями (ГДК) в мг/м. В умовах роботи на граничнодопустимих концентраціях можливими забруднювачами повітря робочої зони можуть бути пил та шкідливі гази, їх ГДК

наведено в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин у повітрі робочої зони оператора лінії

Назва речовини	ГДК, мг/м <sup>3</sup>		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Пил нетоксичний	0.5	0.15	4

Для забезпечення складу повітря робочої зони передбачено:

- провітрювання приміщення;
- цілісність вікон для перешкоджання попадання пилу в приміщення під час роботи лінії;
- встановлення пиловловлюючих засобів.

### 5.2.3 Виробниче освітлення

Вплив світла на життєдіяльність людини вивчений досить добре. Воно впливає не лише на функцію зору, а й на діяльність організму в цілому: посилюється обмін речовин, збільшується поглинання кисню і виділення вуглекислого газу. Відомий сприятливий вплив природного освітлення на скелетну мускулатуру. Недостатня або надмірна освітленість, нерівномірність освітлення в полі зору втомлює очі, призводить до зниження продуктивності праці; при цьому зростає потенційна небезпека помилкових дій і нещасних випадків.

Рациональне освітлення – один з основних факторів створення сприятливих робочих умов праці. Недостатнє освітлення викликає передчасне стомлення працюючих, знижує продуктивність праці, може стати причиною нещасного випадку.

У приміщенні, де здійснюються проектувальні роботи з застосуванням моделювання на персональному комп'ютері, використовується штучне та сумісне освітлення.

Система штучного освітлення – комбінована, оскільки поряд із загальним освітленням (тип джерела освітлення – лампи світлодіодні) використовуються ін-

дивідуальні джерела світла (настільні світильники з лампами світлодіодними).  
 Норми освітленості при штучному освітленні та КПО при сумісному освітленні (відповідно до ДБН В.2.5-28-2018, характеристика зорової роботи – дуже високої точності, розряд зорової роботи – II, підрозряд – в) зазначені у таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

Харак-ка зорової роботи	Наймен-ший або еквівалент-ний розмір об'єкта розрізнення, мм	Роз-ряд зоро-вої робо-ти	Під-розряд зорової роботи	Конт-раст об'єкта з фоном	Харак-те- рис-тика фону	Штучне при системі комбінованого освітлення		Приро-дне Ен пр	Суміс-не Е сум
						всьо-го	у т. ч. від загально-го		
Дуже високої точнос-ті	Від 0,15 до 0,3 включ-но	II	в	малий серед-ній вели-кий	світ-лий серед-ній тем-ний	150 0	200	-	4,2

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 освітленням, що створюється за допомогою світлодіодних ламп [E27 LED 15W NW A60 "SG"](#). Висота підвісу світильників над робочою поверхнею 2,5 метра.

Для загального освітлення приміщень рекомендується використовувати головним чином, світлодіодні лампи, що обумовлюється наступними перевагами: високою світловою віддачею (до 75 лм/Вт і більше); довгим часом використання (до 10000 годин); малою яскравістю поверхні, що світиться; спектральним складом випромінюючого світла (для деяких видів ламп цей склад є близьким до природного світла, що забезпечує гарну передачу кольорів). Разом з тим необхідно врахувати і недоліки цих ламп: висока пульсація світлого потоку та пов'язана з



цим можливість стробоскопічного ефекту; для запалювання та горіння лампи необхідно включення послідовно з ним пускорегулюючих апаратів; працездатність ламп залежить від температури оточуючого середовища, до кінця часу роботи світловий потік зменшується більш ніж на половину від номінального.

Світильники з світлодіодними лампами розміщують рядами; що дозволяє здійснювати їх послідовне включення (відключення) в залежності від величини природної освітленості.

#### 5.2.4 Виробничий шум

Рівень звука вимірюється в децибелах і визначається по формулі:

$$L = 20 \cdot \lg\left(\frac{P}{P_0}\right) = 20 \cdot \lg\left(\frac{U}{U_0}\right), \quad (5.1)$$

де  $L$  – рівень шуму, дБ;

$P$  – звуковий тиск, Па;

$U_0$  – коливальна швидкість ( $U_0 = 5 \cdot 10^{-8}$  м/с);

$P_0$  – нульове значення звукового тиску на нижньому порозі чутності в октавній смузі зі середньгеометричною частотою 1000 Гц, умовно прийняте рівним  $2 \cdot 10^{-5}$  Па.

Для відносної логарифмічної шкали в якості нульових рівнів обрані показники, що характеризують мінімальний поріг сприйняття звуку людським вухом на частоті 1000 Гц. Нормативним документом, який регламентує рівні шуму для різних категорій робочих місць службових приміщень, є «ССБТ. Шум Загальні вимоги безпеки» (таблиця 5.4).

Таблиця 5.4 – Рівень звукового тиску

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц								
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Постійні робочі місця в промислових приміщеннях	107	95	87	82	78	75	73	71	69

Шум порушує нормальну роботу шлунка, особливо впливає на центральну нервову систему. Для забезпечення допустимих параметрів шуму в приміщенні, проектом передбачено засоби колективного захисту: акустичні, архітектурно-планувальні й організаційно-технічні.

Засоби боротьби із шумом в залежності від числа осіб, для яких вони призначені, поділяються на засоби індивідуального захисту і на засоби колективного захисту - «ССБТ. Засоби індивідуального захисту органів слуху. Загальні технічні умови і методи випробувань» і «Засоби і методи захисту від шуму. Класифікація».

Для зниження шуму в приміщенні, необхідно:

- безпосередньо біля джерел шуму використовувати звукопоглинаючі матеріали для покриття стелі, стін, застосовувати підвісні звукопоглиначі;
- для боротьби з вентиляційним шумом потрібно застосовувати мало шумові вентилятори.

#### 5.2.5 Виробничі вібрації

Вібрація відноситься до факторів, які мають велику біологічну активність. Як загальна, так і локальна вібрація несприятливо впливає на організм людини, викликає зміну у функціональному стані вестибулярного апарату, центральної нервової, серцево-судинної систем, погіршує самопочуття та може призвести до розвитку професійних захворювань.

У цеху водогрійної котельні присутня вібрація типу – За. Тобто технологічна вібрація, яка діє на персонал цеху, або яка передається на робочі місця, не маючи джерел випромінювання.

Джерелами вібрацій в умовах, що розглядаються в проекті, являються технологічне обладнання та вентилятори, які відносяться до типу загальної вібрації.

Основні параметри вібрації, такі як середньоквадратичне значення віброприскорення та віброшвидкості, логарифмічні рівні приведені у таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 – Середньоквадратичні значення віброприскорення та віброшвидкості

Категорія вібрації по санітарним нормам	Напрямок дії	Нормативні, корекційовані по частоті та еквівалентні корекційовані значення			
		Віброприскорення		Віброшвидкість	
		$\text{м}\cdot\text{с}^{-2}$	ДБ	$\text{м}\cdot\text{с}^{-2}\cdot 10^{-2}$	ДБ
За	$Z_0, Y_0, X_0$	0,1	100	0,2	92

Для зменшення дії вібрацій на працюючих проектом передбачено:

- динамічне погашення вібрації - приєднання до захисного об'єкту системи, реакції якої зменшують розмах вібрації об'єкта в точках приєднання системи;
- зміна конструктивних елементів машин;
- застосування засобів індивідуального захисту, а саме рукавиці, вкладиші і прокладки, віброзахисне взуття з пружнодемпферуючим низом.

### 5.2.6 Психофізіологічні фактори

Психофізіологічні фактори вибираються відповідно з Гігієнічною класифікацією праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу, затвердженої Наказом Міністерства охорони здоров'я № 528 від 27 грудня 2001 року.

Умови праці оперативно-ремонтного персоналу, який здійснює експлуатацію сушарок за показниками важкості праці для категорії праці Іб:

При регіональному навантаженні (з переважною участю м'язів рук та плечового суглоба) для чоловіків клас умов праці допустимий (середньої важкості) до 45 Вт.

Маса вантажу, що постійно підіймається та переміщується вручну для чоловіків складає до 15 кг, що є допустимі умовами праці.

Статичне навантаження, величина статичного навантаження за зміну при утриманні вантажу, докладанні зусиль складає 36000 кг/с для чоловіків що є оптимальним.

Робоча поза є оптимальна: вільна зручна поза, можливість зміни пози («сидячи – стоячи») за бажанням працівника; перебування в позі «стоячи» до 40% часу зміни.

Переміщення у просторі (переходи, обумовлені технологічним процесом, протягом зміни) складає до 4 км по горизонталі та до 2 км по вертикалі.

Умов праці за показниками напруженості праці:

Інтелектуальні навантаження: рішення простих альтернативних завдань згідно з інструкцією. Сприймання сигналів з наступною корекцією дій та операцій. Характер виконуваної роботи є за індивідуальним планом.

Також на працівника впливають сенсорні навантаження, такі як :

- Тривалість зосередження уваги (в % від часу зміни) до 50%.
- Навантаження на слуховий аналізатор (при виробничій необхідності сприйняття мови чи диференційованих сигналів). Розбірливість слів та сигналів від 100% до 90%.

Всі ці фактори є оптимальними (напруженість праці легкого ступеня).

Монотонність навантажень. Монотонність виробничої обстановки, час пасивного спостереження за технологічним процесом в % від часу зміни складає < 75% що є оптимальним.

### 5.3 Висновки до розділу 5

В розділі «Охорона праці» розглянуто небезпечні виробничі фактори та технічні рішення з безпечної організації робочих місць під час монтажу обладнання. Проаналізовано показники мікроклімату в приміщеннях, вібрації, психофізіологічні фактори.

## 6 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 6.1 Визначення капітальних вкладень на влаштування обладнання

Для розрахунку кошторисної вартості влаштування обладнання дотримувалися вимог ДСТУ Б Д 1.1.1 – 2013 „Правила визначення вартості будівництва” і використовували кошторисну програму “АВК”.

Для визначення кошторисної вартості влаштування обладнання розробляємо локальний кошторисний документ за допомогою програмного комплексу АВК (табл. 5.1) на основі: ресурсних елементних кошторисних норм на будівельні роботи (РЕКН, ДБН Д.2.2 - 2000); збірника єдиних середніх кошторисних цін на матеріали, вироби та конструкції загально виробничі витрати розраховані відповідно до усереднених показників додатка 3 до ДСТУ Б Д.1.1 – 1 – 2013.

Кошторисна вартість влаштування конструкцій враховує трудовитрати та заробітна плата будівельників та машиністів, кількість та вартість матеріальних ресурсів, експлуатації будівельних машин та механізмів. Кошторисна вартість влаштування конструкцій визначається як сума прямих та загальновиробничих витрат [64 - 65].

Прямі витрати (ПВ) враховують в своєму складі заробітну плату робочих, вартість експлуатації будівельних машин та механізмів, вартість матеріалів, виробів та конструкцій.

Загальновиробничі витрати (ЗВВ) – це витрати будівельно-монтажної організації, які входять у виробничу собівартість будівельно-монтажних робіт. Усі затрати, які відносяться до ЗВВ, згруповані в три групи.

Таблиця 6.1 - Локальний кошторис на будівельні роботи № 1

Основа:  
креслення (специфікації) №

Кошторисна вартість	494,268	тис. грн.
Кошторисна трудомісткість	0,778	тис.люд.-год.
Кошторисна заробітна плата	17,224	тис. грн.
Середній розряд робіт	4,2	розряд

Складений в поточних цінах станом на "1 грудня" 2021 р.

№ п/п	Обґрунтування (шифр норми)	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати труда робітників, люд.-год.		
					Всього	експлуатації машин	Всього	заробітної плати	експлуатації машин	не зайнятих обслуговуванням машин		
										заробітної плати	в тому числі заробітної плати	в тому числі заробітної плати
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	M6-407-1	Монтаж газопоршневого двигуна-генератора Generac SG 45	т	0,953	<u>31420,15</u> 13153,70	<u>5567,94</u> 1860,98	29943	12535	<u>5306</u> 1774	<u>611,8</u> 88,3066	<u>583,05</u> 84,16	
2	C1630-1425 варіант 1	Газогенератор	шт	1	<u>450055,38</u> -	-	450055	-	-	-	-	
3	E18-13-5	Установлення насосів мережних Aquatic GPD 25-85/180	шт	1	<u>4068,22</u> 1023,92	<u>170,71</u> 49,77	4068	1024	<u>171</u> 50	<u>50,84</u> 2,8779	<u>50,84</u> 2,88	
Разом прямі витрати по кошторису							484066	13559	<u>5477</u> 1824		<u>633,89</u> 87,04	
Разом будівельні роботи, грн. в тому числі: вартість матеріалів, виробів та конструкцій, грн. всього заробітна плата, грн. Загальнопромислові витрати, грн. трудомісткість в загальнопромислових витратах, люд.год. заробітна плата в загальнопромислових витратах, грн.							484066					
							465030					
							15383					
							10202					
							56,95					
							1841					

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		Всього будівельні роботи, грн.					494268				
		-----									
		Всього по кошторису					494268				
		Кошторисна трудомісткість, люд.год.					778				
		Кошторисна заробітна плата, грн.					17224				

Склав \_\_\_\_\_  
*[посада, підпис ( ініціали, прізвище )]*

Перевірів \_\_\_\_\_  
*[посада, підпис ( ініціали, прізвище )]*

Загальні витрати інноваційного проекту представлені в таблиці 6.2, розраховуються у відсотках від кошторисної вартості будівельно-монтажних робіт (значення приймається з локального кошторису таблиці 6.1).

Таблиця 6.2 – Перелік інноваційних витрат

Орієновна робота	Питома вага вартості роботи, %	Термін виконання роботи, міс.	Загальна вартість виконання роботи, тис. грн.
Формування інноваційної ідеї проекту	1	1	4,94
Вивчення інформаційних джерел, патентний пошук	0,2	1	0,99
Техніко-економічне обґрунтування	1,5	3	7,41
Проектування	2,5	4	12,36
Експертиза інноваційного рішення	1	1	4,94
Витрати на придбання патентів, ліцензій, ноу-хау, технологій	2	2	9,89
Виготовлення нового виробу	100	6	494,27
Витрати на пусконаладжувальні роботи, комплексне освоєння проектних потужностей і досягнення техніко-економічних показників	3	1	14,83
Витрати на підготовку кадрів	5	2	24,71
Всього		21	574,34



## 6.2 Показники комерційної ефективності проекту

Показники наведені в табл. 6.3

Таблиця 6.3 – Показники комерційної ефективності проекту, тис. грн.

№	Показники	Рік						
		-1	0	1	2	3	4	5
1	Потік реальних грошей	-40,53	-664,809	111,85	261,34	411,91	565,65	741,08
2	Сальдо реальних грошей	-40,53	-195,789	111,85	219,11	369,68	527,54	707,09
3	Сальдо накопичених реальних грошей за п.2	-40,53	-236,319	-124,47	94,64	464,31	991,85	1698,94
4	Коефіцієнт дисконтування при нормі дисконту 16%	1,16	1,00	0,86	0,74	0,64	0,55	0,48
5	Чиста поточна вартість	-47,01	-664,81	96,42	194,22	263,89	312,40	352,84
6	Інтегральний економічний ефект(накопичена чиста вартість) за п .5 ((t)+(t-1))	-47,01	-711,82	-615,41	-421,19	-157,30	155,11	507,94

З таблиці 6. 3 видно додатне сальдо накопичених реальних грошей на четвертому році реалізації проекту.

### 6.3 Оцінювання економічної ефективності інноваційного проекту

Чистими грошовими надходженнями визначаються за формулою:

$$NV = \sum_{t=0}^{T_p} NCF_t = \sum_{t=0}^{T_p} R_t - Z_t - N_t - K_t, \quad (6.1)$$

де  $NCF_t$  - чистий грошовий потік на  $t$ -ому році;

$R_t$  - результат виручки у  $t$ -й рік;

$Z_t$  - витрати у  $t$ -й рік;

$N_t$  - податки у  $t$ -й рік;

$K_t$  - інвестиції у  $t$ -й рік;

$T_p$  - розрахунковий період.

$NV = 1386,48$  тис. грн.

Чиста поточна вартість

$$NPV = \sum_{t=0}^{T_p} NCF_t \cdot \eta_t = \sum_{t=0}^{T_p} (R_t - Z_t - N_t - K_t) \cdot \eta_t, \quad (6.2)$$

де  $\eta_t$  - коефіцієнт дисконтування.

$NPV = 507,94$  тис. грн.

Якщо  $NPV > 0$ , то проект можна рекомендувати до реалізації; якщо  $NPV < 0$ , то проект необхідно відхилити;  $NPV = 0$ , то в разі прийняття рішення про реалізацію проекту інвестори не отримають доходів на вкладений капітал.

**Висновок.** Оскільки  $NPV$  та  $NV$  є додатними, тобто за розрахунковий період грошові надходження перевищують суму капітальних вкладень, що призведе до зростання доходів інвестора, то проект вважається ефективним.

## 6.4 Термін окупності інвестицій

Термін окупності

$$\sum_{t=0}^{T_p} (P_t - B_t) \cdot \eta_t = \sum_{t=0}^{T_p} K_t \cdot \eta_t \quad (6.3)$$

Розрахунок терміну окупності кумулятивним методом

Кумулятивний метод передбачає знаходження періоду окупності за формулою:

$$T = t + \frac{COF_t}{CIF_{t+1}}, \quad (6.4)$$

де  $COF_t$  – залишок інвестиційних витрат, не забезпечених доходами на початок  $t$ -го періоду, грн.,

$CIF_t$  – чисті грошові надходження  $(t + 1)$ -го періоду, грн.

Розрахунок представлений в таблиці 6.4.

Таблиця 6.4 – Розрахунок простого терміну окупності кумулятивним методом, тис. грн.

Показник	Номер кроку розрахункового періоду						
	-1	0	1	2	3	4	5
Потік реальних грошей	-40,52998	-664,809	111,85	261,34	411,91	565,65	741,08
Кумулятивна	-40,52998	-705,339	-593,49	-332,15	79,75	645,40	1386,48

Як видно з таблиці 6.4 за показником залишку інвестиційних витрат, строк окупності даного проекту знаходиться між 2 та 3 роком (перехід від від'ємного до додатного залишку). Відповідно, за формулою (6.4) термін окупності буде дорівнювати

$$T = 2 + 332,15 / 411,91 = 2,8 \text{ років.}$$

## 6.5 Висновки до розділу 6

Склали кошторисний документ – локальний кошторис. В локальному кошторисі пораховано:

- Кошторисна вартість  $K_v = 494,268$  тис. грн.
- Кошторисна заробітна плата ЗП = 17,224 тис. грн.
- Кошторисна трудомісткість  $T = 0,778$  тис. люд –год
- Вартість матеріалів –465,03 тис. грн.

Розрахували основні показники ефективності інвестицій в інноваційний проєкт:

- Чисті грошові надходження – 1386,48 тис. грн.;
- Чиста поточна вартість –507,94 тис. грн.;

Термін окупності, розрахований кумулятивним методом та методом усереднених параметрів – 2,8 роки.

## ВИСНОВКИ

В магістерській кваліфікаційній роботі розглядаються проблеми підвищення енергоефективності та зменшення витрати палива парової котельні молокозаводу шляхом встановлення теплонасосної установки.

В роботі проаналізовано об'єкт дослідження – парову промислову котельню Деражнянського молокозаводу. А також виконано аналітичний огляд літературної інформації щодо різновидів теплових насосів та оцінки їх енергетичної, економічної та екологічної ефективності. Це дозволило сформува-ти мету та завдання магістерської кваліфікаційної роботи.

В МКР виконана розробка математичної моделі показників ефективності варіантів застосування теплових насосів в тепловій схемі котельні молокозаводу. За допомогою розробленої математичної моделі проаналізована енергетична ефективність чотирьох варіантів застосування теплонасосних установок в даній тепловій схемі котельні молокозаводу. Також проведений порівняльний аналіз ефективності різних варіантів застосування ТНУ в тепловій схемі котельні Деражнянського молокозаводу, обґрунтовано вибір раціонального варіанту застосування когенераційної ТНУ в тепловій схемі котельні із використанням теплоти ґрунтових вод, для цього варіанту річна економія робочого палива в котельні становить 6,59...7,22% в залежності від її режиму роботи, тому даний варіант був обраний до впровадження.

За обраним варіантом було підібрано таке обладнання: теплонасосну установку марки НТ-50 та газопоршневий двигун-генератор марки Generac SG 45.

В роботі розроблені схеми автоматичного регулювання потужності парового котла, співвідношення палива і повітря, рівня води в барабані, тиску в деаераторі, підживлення деаератора. Розроблена функціональна схема автоматизації основного обладнання парової котельні Деражнянського молокозаводу, складена специфікація на засоби автоматизації. Виконано розрахунок клапана для підживлення деаератора, розраховано коефіцієнт умовної пропу-

ської здатності. Для встановлення вибрано нормально відкритий клапан НС 220В/12В з електроприводом Siemens SQK33.00, діаметр умовного проходу  $dy50$ .

В МКР розроблено технологію монтажу обладнання теплонасосної установки на котельні Деражнянського молокозаводу. Виконано компоновку обладнання, розроблено схеми прокладання трубопроводів, складені комплектувальні відомості для монтажу теплонасосної установки із допоміжним обладнанням, визначена трудоемкість монтажних робіт, що складає 158,15 люд.-год. Виконано підбір машин, механізмів та пристосувань для виконання монтажних робіт. Після проведення необхідних розрахунків розроблені календарний графік монтажу теплонасосної установки, графік руху робітників та графік руху машин та механізмів. Тривалість виконання робіт, згідно із календарним планом, складає 22,1 доби.

В розділі «Охорона праці» розглянуто небезпечні виробничі фактори та технічні рішення з безпечної організації робочих місць під час монтажу обладнання. Проаналізовано показники мікроклімату в приміщеннях, вібрації, психофізіологічні фактори.

Складено локальний кошторис. Визначена кошторисна вартість 494 тис. грн., кошторисна заробітна плата 17 тис. грн., кошторисна трудомісткість 0,778 тис. люд. –год, вартість матеріалів –465 тис. грн.

Розраховали основні показники ефективності інвестицій в інноваційний проект, а саме чисті грошові надходження – 1386 тис. грн., чиста поточна вартість – 507 тис. грн.; термін окупності, розрахований кумулятивним методом та методом усереднених параметрів – 2,8 роки.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Остапенко О.П., Кохан В.О. Теплонасосна установка в тепловій схемі котельні Деражнянського молокозаводу. Тези доп. І наук.-техн. конф. факультету будівництва, теплоенергетики та газопостачання ВНТУ, м. Вінниця, 2021. [Електронний ресурс]. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2021/paper/view/12942/10880>
2. Остапенко О.П., Кохан В.О. Варіантний аналіз проектів модернізації теплової схеми котельні Деражнянського молокозаводу з використанням теплонасосних установок. Енергоефективність в галузях економіки України: тези доп. міжнар. наук.-техн. конф., м. Вінниця, 2021. [Електронний ресурс] URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/egeu/egeu2021/paper/viewFile/14020/11879>
3. ТОВ «Деражнянський молочний завод» [Електронний ресурс]. URL: <http://dmz.ua/>
4. Central Air Conditioners and Air-Source Heat Pumps. [Електронний ресурс]. URL : <https://www.ahrinet.org/resources/statistics/historical-data/central-air-conditioners-and-air-source-heat-pumps>.
5. Market Report: Japan. . [Електронний ресурс]. URL: <https://heatpumpingtechnologies.org/publications/market-report-japan/>
6. Звіт щодо продажів геотермальних теплових насосів. [Електронний ресурс]. URL : [https://www.egec.org/wp-content/uploads/2021/06/MR20\\_KF\\_Final.pdf](https://www.egec.org/wp-content/uploads/2021/06/MR20_KF_Final.pdf)
7. Стратегія низьковуглецевого розвитку України до 2050 року. [Електронний ресурс]. URL: [https://mepr.gov.ua/files/docs/Proekt/LEDS\\_ua\\_last.pdf](https://mepr.gov.ua/files/docs/Proekt/LEDS_ua_last.pdf)
8. Heat pump market development in China. [Електронний ресурс]. URL : <https://heatpumpingtechnologies.org/publications/heat-pump-market-development-in-china>
9. Understanding the Federal Tax Incentives for Geothermal Heat Pumps. [Електронний ресурс]. URL: <https://www.waterfurnace.com/literature/collateral/>

br1507mw-tax-credit-residential.pdf.

10. California Passes Nation's First Building Code that Establishes Pollution-free Electric Heat Pumps as Baseline Technology. [Електронний ресурс]. URL : <https://earthjustice.org/news/press/2021/california-passes-nations-first-building-code-that-establishes-pollution-free-electric-heat-pumps-as-baseline>

11. 2020: Watt a Year for Building Electrification! [Електронний ресурс]. URL : <https://rmi.org/2020-watt-a-year-for-building-electrification/>

12. Gas appliances are no longer eligible for Energy Star's top rating. [Електронний ресурс]. URL : <https://grist.org/energy/natural-gas-appliances-not-eligible-for-energy-star-top-rating/>

13. Попырин Л.С. Математическое моделирование и оптимизация теплоэнергетических установок. Москва : Энергия, 1978. 416 с.

14. Радченко С.Г. Математичне моделювання і оптимізація технологічних систем. Київ : Вища шк., 2001. 315 с.

15. Остапенко О. П., Попроцький Я. С., Кохан В. О. Аналіз енергоекологічної ефективності ресурсоенергоефективних систем енергозабезпечення з когенераційно-теплонасосними установками на теплоті оборотного водопостачання. Збірник тез доповідей укладено за матеріалами доповідей ХХІХ Міжнародної науково-практичної інтернет - конференції «Весняні наукові читання – 2019». [Електронний ресурс]. URL: [https://shron3.chtyvo.org.ua/Zbirnyk\\_statei/Vesniani\\_naukovi\\_chytannia\\_-\\_2019.pdf?PHPSESSID=ikq0mkffuti8p82ti5h35353e7](https://shron3.chtyvo.org.ua/Zbirnyk_statei/Vesniani_naukovi_chytannia_-_2019.pdf?PHPSESSID=ikq0mkffuti8p82ti5h35353e7).

16. Остапенко О. П., Попроцький Я. С., Кохан В. О. Аналіз ефективності системи енергозабезпечення з когенераційно-теплонасосною установкою в тепловій схемі промислово-опалювальної котельні маслозаводу. Матеріали IV-ї Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції студентів, аспірантів і молодих вчених «Актуальні проблеми сучасної енергетики». Херсон: ХНТУ, 2019. С. 65 – 67.

17. Остапенко О. П., Попроцький Я. С., Кохан В. О. Аналіз енергоеколого-економічної ефективності системи енергозабезпечення з когенера-



ційно-теплонасосними установками з використанням теплоти систем оборотного водопостачання. Збірник доповідей VIII Всеукраїнської науково-практичної конференції «Ефективні процеси та обладнання хімічних виробництв та пакувальної техніки». Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. С. 22 – 24.

18. Остапенко О. П., Попроцький Я. С., Кохан В. О. Аналіз ефективності застосування когенераційно-теплонасосних установок в теплових схемах промислово-опалювальних котельних. Матеріали V-ї Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції студентів, аспірантів і молодих вчених «Актуальні проблеми сучасної енергетики». Херсон: ПП "Резнік", 2020. С. 78 – 81.

19. Ostapenko O. P., Kokhan V. O. Efficiency of cogeneration heat pump installation in thermal scheme of boiler-house of the dairy plant. Applied Scientific and Technical Research (1 – 3 April, 2020). [Електронний ресурс]. URL: [http://ukrtsa.org.ua/media/theses/5-applied-scientific-and-technical-research/ATSU2020\\_T2\\_P60\\_61.pdf](http://ukrtsa.org.ua/media/theses/5-applied-scientific-and-technical-research/ATSU2020_T2_P60_61.pdf).

20. Остапенко О. П. Енергетичні переваги застосування парокompресійних теплових насосів з електричним та когенераційним приводами [Електронний ресурс]. Наукові праці ВНТУ. 2015. № 1. URL : <http://praci.vntu.edu.ua/article/view/3976/5776>.

21. Остапенко О. П. Лещенко В. В., Тіхоненко Р. О. Енергетична ефективність парокompресійних теплових насосів з електричним та когенераційним приводами [Електронний ресурс] // Наукові праці ВНТУ. – 2014. – № 4. – URL : <http://praci.vntu.edu.ua/article/view/3821/5562>.

22. Остапенко О. П. Методичні основи комплексного оцінювання енергетичної ефективності парокompресійних теплонасосних станцій з електричним та когенераційним приводом. Наукові праці ОНАХТ. 2015. Вип. 47. Т. 2. С. 157 – 162.

23. Остапенко О. П. Холодильна техніка та технологія. Теплові насоси. Навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ, 2015. 123 с.

24. Газопоршневі двигуни [Електронний ресурс]. – URL :

<http://220volt.com.ua/generatory/generac>

25. Теплові насоси ЗАТ «Тритон ЛТД» [Електронний ресурс]. – URL : <https://heaton.by/catalog/teplovye-nasosy/>
26. Куценко О. С. Синтез автоматизованих систем управління тепло-енергетичними установками / О. С. Куценко, С. В. Конохов. – Харків: НТУ «ХП», 2006.
27. Пищухин А.М. Автоматизация технологических процессов на основе гибких производственных систем: Учебное пособие. - Оренбург: ГОУ ОГУ, 2004. - 111 с..
28. Котельні: ДБН В.2.5-77:2014. [Чинні від 01.01.2015] – К.: Мінрегіон України, 2015. – 65 с.
29. Липатников Г. А., Гузеев М. С. Автоматическое регулирование объектов теплоэнергетики: Учебное пособие. – Владивосток: 2007. – 137 с.
30. Автоматизація технологічних процесів. Зображення умовні приладів і засобів автоматизації в схемах: ДСТУ Б А.2.4-16:2008. - [Чинний від 2008 -06-27 № 271]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 14 с.
31. Siemens: продукция компании [Електронний ресурс] – URL : <http://t-life.com.ua/catalog/inset/23>. – Назва з екрану.
32. Вибір та розрахунок регулюючого органу [Електронний ресурс] – URL : <http://www.twirpx.com/file/370227/>. – Назва з екрану.
33. Газопоршневі двигуни Generac SG [Електронний ресурс]. – URL : <http://nikgenerator.com.ua/ru/product/gas-power-qt045>.
34. Теплові насоси ЗАТ НВФ «Тритон ЛТД». URL: [http://www.energy-exhibition.com/Exhibition/ Renewable/ heatpump/triton /triton\\_ about.php#product](http://www.energy-exhibition.com/Exhibition/ Renewable/ heatpump/triton /triton_ about.php#product).
35. DAB (Італія) - насоси та насосні станції. URL: <http://www.promnasos.com.ua/ua/>
36. ГОСТ 10704-91 Трубы стальные электросварные прямошовные. – Введ. 1993–01–01. – М.: Изд.-во стандартов, 1991. 15 с.
37. Сайт фірми k-flex. URL: <http://www.k-flex.ua/index.php?hl=ru>.
38. ДБН Д.2.4-15-2000. Збірник 15. Внутрішні сантехнічні роботи. – К.:

Держстандарт України, 2000. – 106 с.

39. ДБН Д.2.3-7-99. Збірник 7. Компресорні установки, насоси і вентилятори. – К.: Держстандарт України, 2000. – 47 с.

40. ДБН Д.2.3-6-99. Збірник 6. Теплосилове обладнання. – К.: Держстандарт України, 2000. – 165 с.

41. ДБН Д.2.2-18-99. Збірник 18. Опалення – внутрішнє пристосування. – К.: Держстандарт України, 1999. – 28 с.

42. ДБН Д.2.2-16-99. Збірник 16. Внутрішні трубопроводи. – К.: Держстандарт України, 1999. – 48 с.

43. ДБН Д.2.3-12-99. Збірник 12. Технологічні трубопроводи. – К.: Держстандарт України, 2000. – 200 с.

44. ДБН Д.2.2-26-1999. Збірник 26. Теплоізоляційні роботи. – К.: Держстандарт України, 2000. – 51 с.

45. НПАОП 40.1-1.21-98 (ДНАОП 0.00-1.21-98) Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів (рос)

46. КАМАЗ 5320. URL: <http://interdalnoboy.com/gruzoviki/description/kamaz-5320-bortovoy-6x4.html>

47. Сварочный полуавтомат Magnitek MIG 350S2. URL: <https://magnitek.in.ua/svarochnye-poluavtomaty/svarochnyj-poluavtomat-magnitek-mig-350s2-mig-mag-mma-tig.html>

48. Шліфмашина кутова 1650 Вт, 8000 об/хв, діаметр круга 180 мм, фіксатор INTERTOOL DT-0218. URL: [https://ua.intertool.ua/catalog/elektroinstrument-i-oborudovanie/shlifmashini-uglovie/intertool-dt-0218.html?gclid=Cj0KCQiA8ICOBhDmARIsAEGI6o0A4SpWVGM-9NIPQ2AB1qjFKSVHYAOIkRz7bg\\_CIKMRtxymFmDaMqAaAq8cEALw\\_wcB](https://ua.intertool.ua/catalog/elektroinstrument-i-oborudovanie/shlifmashini-uglovie/intertool-dt-0218.html?gclid=Cj0KCQiA8ICOBhDmARIsAEGI6o0A4SpWVGM-9NIPQ2AB1qjFKSVHYAOIkRz7bg_CIKMRtxymFmDaMqAaAq8cEALw_wcB)

49. Кобилянський О. В., Кобилянська І.М., Яблочников С.Л. Основи охорони праці. – Вінниця: Планер, 2007. 171 с.

50. Кобилянський О. В. Охорона праці при експлуатації електроустановок. Вінниця: ВДТУ, 2003. 125 с.

51. Кобилянський О. В. Охорона праці у галузі. Вінниця: ВНТУ, 2005.

139 с.

52. ДСН «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу», Наказ МОЗ № 248 від 08.04.2014 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0472-14>.

53. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. – [Електронний ресурс] – URL : [http://www.poliplast.ua/doc/dbn\\_v.1.1-7-2002.pdf](http://www.poliplast.ua/doc/dbn_v.1.1-7-2002.pdf)

54. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. – [Електронний ресурс] – URL : [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=79885](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885)

55. ДБН В.2.5-27-2006. Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд. К. : Мінбуд України, 2006. 154 с.

56. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування К. : Мінрегіонбуд України, 2013. –149 с.

57. ДБН А.3.2-2-2009. Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення [Електронний ресурс]. – URL : [https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2016/04/32\\_2\\_2009.pdf](https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2016/04/32_2_2009.pdf)

58. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвук та інфразвук. – [Електронний ресурс] – URL : <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>

59. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. – [Електронний ресурс] – URL : <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>

60. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. [Електронний ресурс]. – URL : <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99>.

61. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Терміни та визначення [Електронний ресурс]. – URL : <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va042282-99#Text>

62. ДСТУ OHSAS18002:2015. Системи управління гігієною та безпекою праці. Основні принципи виконання вимог. К. : ГП «УкрНИУЦ», 2016. 21 с.
63. ДСТУ Б В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 109 с.
64. Козловський В. О. Техніко – економічні обґрунтування та економічні розрахунки в дипломних проектах та роботах : навчальний посібник. Вінниця: ВДГУ, 2003. 75с
65. Михайлів Н. И. Основные принципы технико-экономической и экологической оценки нетрадиционных и возобновляемых источников энергии. *Нові технології та інвестиції США в енергетичний сектор України: III міжнародна конференція «EnerCon - 97» 1997 р. : тези доповідей.* Київ, 1997. С. 78.

ДОДАТОК А  
(обов'язковий)

ПОГОДЖЕНО

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. зав. кафедри теплоенергетики  
\_\_\_\_\_ доц., к.т.н. Д.В. Степанов  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ  
на магістерську кваліфікаційну роботу  
тема:

«Підвищення ефективності енерговикористання в тепловій схемі  
котельні молокозаводу»

Керівник к.т.н., доц.  
\_\_\_\_\_ О. П. Остапенко  
(підпис)  
Розробив студент гр. ТЕ-20м  
\_\_\_\_\_ В. О. Кохан  
(підпис)

## 1 Тематика розробки та галузі застосування

Розробка стосується промислової теплоенергетики і призначена вирішенню проблеми підвищення енергоефективності та зменшення витрати палива на промислову парову котельню завдяки встановленню теплонасосної установки в тепловій схемі. Підставою для виконання роботи є наказ ректора та виконаний аналіз показників роботи тепlopункту адміністративної будівлі.

## 2 Мета та призначення розробки

Метою є підвищення енергоефективності та зменшення витрати палива в схемі котельні підприємства ПрАТ «Деражнянський молокозавод», що здійснюється шляхом застосування теплонасосної установки.

## 3 Джерела розробки

Первинним джерелом для розробки є теплова потужність промислового споживача, характеристики теплової схеми котельні, параметри виробленої пари та конденсатів, а також нормативні дані по розрахунку теплової схеми котельні, наведених в теплоенергетичних літературних джерелах:

1. Ostapenko O. P. Scientific basis of evaluation energy efficiency of heat pump plants: monograph / O. P. Ostapenko. – Saarbrücken, LAP LAMBERT Academic Publishing, 2016. – 64 p.
2. Остапенко О. П. Области високої енергоефективності систем енергозабезпечення з когенераційно-теплонасосними установками малої потужності та паливними котлами в системах тепlopостачання [Електронний ресурс] / О. П. Остапенко // Наукові праці ВНТУ. – 2017. – № 1. – Режим доступу до журн.: <https://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/499/496>. (Дата звернення 27.09.2021).

3. Остапенко О. П. Енергетична ефективність систем енергозабезпечення на основі комбінованих когенераційно-теплонасосних установок [Електронний ресурс] / О. П. Остапенко, В. В. Лещенко, Р. О. Тіхоненко // Наукові праці ВНТУ. – 2015. – № 4. – Режим доступу до журн.: <http://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/454/452>.
4. Ткаченко С. Й., Остапенко О. П. Парокомпресійні теплонасосні установки в системах тепlopостачання : монографія. Вінниця: ВНТУ, 2009. - 176 с.
5. Остапенко О. П., Кохан В. О. Варіантний аналіз проектів модернізації теплової схеми котельні Деражнянського молокозаводу з використанням теплонасосних установок. Доповідь на міжнародній науково-технічній конференції "Енергоефективність в галузях економіки України". Вінниця, 2021. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/egeu/egeu2021/paper/viewFile/14020/11879>. (дата звернення 27.09.2021).
6. Остапенко О. П., Кохан В. О. Теплонасосна установка в тепловій схемі котельні деражнянського молокозаводу. Доповідь на *L Науково-технічній конференції факультету будівництва, теплоенергетики та газопостачання ВНТУ*. Вінниця, 2021. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2021/paper/view/12942/10880> . (дата звернення 27.09.2021).
7. Ostapenko O. P., Kokhan V. O. Efficiency of cogeneration heat pump installation in thermal scheme of boiler-house of the dairy plant. Applied Scientific and Technical Research (1 – 3 April, 2020). URL: [http://ukrtsa.org.ua/media/theses/5-applied-scientific-and-technical-research/ATSU2020\\_T2\\_P60\\_61.pdf](http://ukrtsa.org.ua/media/theses/5-applied-scientific-and-technical-research/ATSU2020_T2_P60_61.pdf).
8. Остапенко О. П., Кохан В. О. Енергоефективна система енергозабезпечення когенераційно-теплонасосною установкою в тепловій схемі котельні молокозаводу. Збірник доповідей X Всеукраїнської науково-практичної конференції «Ефективні процеси та обладнання хімічних



*виробництв та пакувальної техніки»*. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. С. 38 – 40

#### 4 Основа для виконання

Робота виконується на основі наказу ректора ВНТУ № 277 від 24.09.2021 р. Основою для розробки є детальний аналіз конструктивних та технологічних особливостей теплонасосних установок, методик їх розрахунку в проектуванні, рівня їх енергоефективності та можливостей впровадження теплонасосної установки для на паровій промисловій котельні молокозаводу, що дозволить зменшити споживання викопних непоновлюваних енергоресурсів та підвищити енергоефективність, економічність, екологічну чистоту процесів енергопостачання. Виходячи з цих даних потрібно оцінити ефективність застосування теплонасосної установки в тепловій схемі котельні.

#### 5 Технічні вимоги

Запроектована система повинна виконувати такі функції:

- забезпечення промислових споживачів паром з відповідними параметрами (витрата, тиск та температура пари);
- забезпечення мінімального енергоспоживання на потреби промислового підприємства
- підвищення економічної ефективності та екологічної чистоти енергопостачання промислового споживача;
- з використанням розробленої математичної моделі виконується оцінка показників ефективності застосування теплонасосної установки в тепловій схемі парової котельні з різними джерелами низькотемпературної теплоти;

Проектні роботи включають розробку технології монтажу теплонасосної установки, але не обмежуються даними видами робіт.

Необхідно зменшити споживання викопних непоновлюваних енергоресурсів для забезпечення технологічного споживача насиченою парою шляхом використання теплових насосів та двигунів внутрішнього згорання.

## 6 Економічні показники

На підставі техніко-економічних розрахунків, проаналізувавши набір обладнання котельні та теплонасосної установки, витрати матеріалів та енергоресурсів для виконання монтажних робіт, автоматизації технологічних процесів оцінити кілька варіантів застосування теплонасосної установки, обрати найбільш раціональний варіант.

## 7 Заходи з енергозбереження

При розробці проектних рішень в магістерській роботі розглянуто такі заходи з енергозбереження:

- виконано оцінку варіантів низькотемпературних джерел та різних приводів компресора теплового насоса на її енергоефективність;
- виконано розробку технології монтажу обладнання теплонасосної установки, що супроводжується мінімальними витратами механізмів, матеріалів та енергоресурсів;
- всі трубопроводи подавання пари, димових газів та гарячої води передбачено теплову ізоляцію із забезпеченням вимог ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування повітря.

## 8 Вимоги до стандартизації та уніфікації

Щоб забезпечити можливість швидкого монтажу та можливість ремонту чи заміни деталей та вузлів обладнання системи, вони повинні бути по можливості стандартними та уніфікованими.

### Вимоги з надійності

На надійність та довговічність обладнання теплонасосної установки впливають якість проекту, якість монтажу та якість обслуговування. Параметри показників надійності та безпечності встановлюють у відповідних державних стандартах, нормативах, Правилах.

## 10 Ергономічні вимоги

– системи контролю та управління повинні розташовуватись в зручних місцях і давати змогу працювати оператору протягом денної та нічної частини доби.

– номенклатура і величина антропометричних параметрів для пультів управління повинні відповідати вимогам ГОСТ В 21114.

– виконання вимог ергономіки перевіряється при попередніх випробуваннях і уточнюються на стадії приймальних випробувань.

– слід передбачити шумо – і віброізоляцію обладнання.

## 11 Експлуатація та ремонтні вимоги.

В період експлуатації мають бути встановлені види технічного обслуговування для виробів: сезонне ТО, регламентоване ТО, строки ТО по можливості повинні співпадати з строками обслуговування базового обладнання.

## 12 Порядок розробки, випробування, приймання обладнання котельні.

Стадії розробки встановлюється відповідно з ГОСТ В 15.203. обов'язковими етапами є:

- розробка та узгодження програм та методики випробувань;
- розроблення та затвердження з замовником функціональних та принципних схем, конструктивних компоновок та робочих креслень;
- узагальнення результатів виконаних робіт, вироблення рекомендацій і інструкцій.

Ремонтна документація розробляється за окремим завданням замовника. Порядок приймання, розробки, здійснюється у відповідності із вимогами Держстандарту. Оцінка виконаної розробки і прийняття рішення по виконаній розробці виконує приймальна комісія яку формує представник замовника, розробника і виробника. Головою комісії призначається представник замовника. Місце і строки випробувань визначають заздалегідь і попередньо узгоджуючи. Перелік документів, що представляються на випробування визначається у програмі випробувань. Перелік матеріалів і документів, що передається замовнику: комплект технічної і експлуатаційної документації, креслення загальних виглядів, вузлів, рекомендації та інструкції з експлуатації розроблених систем.

### 13 Стадії і етапи розробки

- аналітичний огляд літературної інформації по енергетичній, економічній та екологічній ефективності теплонасосних установок;
- розробка математичної моделі для виконання досліджень та виконання варіантного аналізу проектів застосування теплонасосних установок в теплової схемі котельні Деражнянського молокозаводу;
- розробка принципів рішень з автоматизації основного обладнання парової котельні;
- розробка технології монтажу теплонасосної установки для теплової схеми котельні;
- розробка економічних показників впровадження теплонасосної установки на котельні Деражнянського молокозаводу;
- розробка заходів з охорони праці.
- розробка заходів з охорони праці.

Розробив студент групи ТЕ-20м

Кохан В.О.