

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

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

Кафедра теплоенергетики
(повна назва кафедри)

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«Підвищення ефективності енерговикористання в тепловій схемі котельні Вінницького заводу фруктових концентратів та вин»

08-11.МКР.001.00.00.000 ПЗ

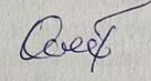
Виконав: студент 2 курсу групи ТЕ-21м
спеціальності 144 - теплоенергетика

(шифр і назва спеціальності)



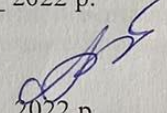
Верховський М.М.

(прізвище та ініціали студента)

Керівник Остапенко О.П. 

(прізвище та ініціали)

« 21.12. 2022 р.

Опонент Бондар А.В. 

(прізвище та ініціали)

« 22.12. 2022 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри, ТЕ


Будівельної та екологічної

к.т.н., доц. Дмитро Степанов

(прізвище та ініціали)

« 20 » 12 2022 р.

Вінниця ВНТУ - 2022 рік

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


ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ТЕ
Дмитро Степанов
« 27 » 29 2022 р.

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

ВЕРХОВСЬКОМУ МАКСИМУ МИХАЙЛОВИЧУ

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Підвищення ефективності енерговикористання в тепловій схемі котельні Вінницького заводу фруктових концентратів та вин»

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від 14.09.2022 р. № 203.

2. Строк подання студентом роботи 8 грудня 2022 року.

3. Вихідні дані до роботи: параметри пари: на виході з котлів $P_0 = 1,0$ МПа, $t_0 = 200^\circ\text{C}$; до споживачів $P_{сп2} = 0,4$ МПа, $t_{сп2} = 140^\circ\text{C}$. Витрата пари на технологічні споживачі в перший сезон $D_{сп1} = 1,1$ кг/с. Витрата пари на споживачі в другий сезон: $D_{сп1} = 1,0$ кг/с, $D_{оп} = 0,0165$ кг/с, $D_{гв} = 0,004$ кг/с. Витрата пари на технологічні споживачі: в третій сезон $D_{сп1} = 0,88$ кг/с. Температура зворотного конденсату: $t_{ксп} = 60^\circ\text{C}$, $t_{кгв} = 60^\circ\text{C}$, $t_{коп} = 80^\circ\text{C}$. Температура живильної води: $t_{жв} = 102^\circ\text{C}$. Зворотній конденсат повертається в кількості 70% від технологічного споживача і 100% від гарячого водоспоживання та опалення.

4. Зміст текстової частини: аналітичний літературний огляд, варіантний аналіз проєктів з підвищення ефективності енерговикористання в тепловій схемі котельні, технологія монтажу обладнання когенераційних теплонасосних установок, автоматизація теплової схеми парової котельні, економічна частина, охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

схема теплової котельні з когенераційною теплонасосною установкою, план котельні з когенераційною теплонасосною установкою; календарний план монтажних робіт; план розташування обладнання та трубопроводів КТАН-утилізатора; технологія монтажу КТНУ (монтажна схема КТНУ); функціональна схема автоматизації парової котельні; економічні показники; результати дослідження варіантів застосування теплонасосних установок в тепловій схемі котельні (3 листи)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
ОПБНС	Кобилянська І.М. доц. каф. БЖДПБ	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>
ЕЧ	Лялюк О.Г., доц. каф. БМГА	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>

7. Дата видачі завдання 21.09.2022р

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів МКР	Строк виконання етапів МКР	Примітка
1	Аналітичний літературний огляд	25.09.2022 – 05.10.2022	<i>вик</i>
2	Варіантний аналіз проектів з підвищення ефективності енерговикористання в тепловій схемі котельні	06.10.2022 – 18.10.2022	<i>вик</i>
3	Технологія монтажу обладнання когенераційних теплонасосних установок	19.10.2022 – 02.11.2022	<i>вик</i>
4	Автоматизація теплової схеми парової котельні ..	03.11.2022 – 19.11.2022	<i>вик</i>
5	Економічна частина	20.11.2022 – 29.11.2022	<i>вик</i>
6	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.	30.11.2022 – 07.12.2022	<i>вик</i>
7	Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу	30.11.2022 – 07.12.2022	<i>вик</i>

Студент *[Signature]*
(підпис)

Керівник роботи *[Signature]*
(підпис)

Верховський М.М.
(прізвище та ініціали)

Остапенко О.П.
(прізвище та ініціали)

АНОТ

УДК 621.577

Верховський М. М. Підвищення ефективності роботи котельні Вінницького заводу фрументування. Кваліфікаційна робота зі спеціальності 1501 Теплоенергетика. Вінниця: ВНТУ, 2022. 41; табл. 16.

В магістерській кваліфікаційній роботі розглянуто питання підвищення ефективності енерговикористання в тепловій схемі котельні з використанням концентратів та вин, що досягається за допомогою теплонасосної установки. В роботі вивчено інформацію з підвищення ефективності процесів, оцінено технічні можливості з врахування європейського досвіду їх впровадження в проекти з використання промислових теплових установок, представлених асоціацією ЕНРА. В роботі проведені дослідження показників ефективності когенераційної теплонасосної установки. Розроблено функціональну схему автоматизації монтажу когенераційної теплонасосної установки, виконано розробку кошторису та графічного матеріалу з охорони праці.

Графічна частина складається з 10 аркушів.

Ключові слова: теплонасосна установка, промислова котельня, витрата палива, ефективність.

АНОТАЦІЯ

УДК 621.577

Верховський М. М. Підвищення ефективності енерговикористання в тепловій схемі котельні Вінницького заводу фруктових концентратів та вин. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 144 – Теплоенергетика, освітня програма - Теплоенергетика. Вінниця: ВНТУ, 2022. 104 с. На укр. мові. Бібліогр.: 62 назв; рис.: 41; табл. 16.

В магістерській кваліфікаційній роботі розглядаються проблеми підвищення ефективності енерговикористання в тепловій схемі Вінницького заводу фруктових концентратів та вин, що досягається шляхом застосування когенераційної теплонасосної установки. В роботі виконано аналітичний огляд літературної інформації з підвищення ефективності енерговикористання в технологічних процесах, оцінено технічні можливості застосування промислових теплових насосів, враховано європейський досвід їх впровадження, виконаний аналіз проваджених проектів з використання промислових теплових насосів у Європі на основі даних, представлених асоціацією ЕНРА. В роботі розроблено математичну модель та проведені дослідження показників ефективності варіантів впровадження когенераційної теплонасосної установки в тепловій схемі котельні заводу. Розроблено функціональну схему автоматизації котельні, розроблено технологію монтажу когенераційної теплонасосної установки в тепловій схемі котельні, виконано розробку кошторису та економічних показників впровадження когенераційної 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

Verkhovskyi M. M. Increasing the efficiency of energy use in the thermal scheme of the boiler room of the Vinnytsia Fruit Concentrates and Wine Plant. Master's qualification work in the specialty 144 - Heat Power Engineering, educational program - Heat Power Engineering. Vinnytsia: VNTU, 2022. 104 p. In Ukrainian language. Bibliogr .: 62 titles; fig .: 41; table 16.

In this master's qualification work the problems of increasing the efficiency of energy use in the thermal scheme of the Vinnytsia Fruit Concentrates and Wine Plant, which is achieved by using a cogeneration heat pump unit. In the work, an analytical review of literary information on increasing the efficiency of energy use in technological processes was performed, the technical possibilities of using industrial heat pumps were evaluated, the European experience of their implementation was taken into account, an analysis of ongoing projects on the use of industrial heat pumps in Europe was performed on the basis of data presented by the EHPA association. In the work, a mathematical model was developed and research was carried out on the efficiency indicators of options for the introduction of a cogeneration heat pump unit in the thermal scheme of the plant's boiler room. A functional scheme of automation of the boiler room was developed, the technology of installation of a cogeneration heat pump unit in the thermal scheme of the boiler room was developed, an estimate and economic indicators of the introduction of a cogeneration heat pump unit in the boiler room of the plant were developed, labor protection measures were developed.

The graphic part consists of 10 sheets.

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

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 АНАЛІТИЧНИЙ ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД	10
1.1 Теплові насоси як засіб підвищення ефективності енерговикористання в технологічних процесах.....	10
1.2 Принцип дії теплових насосів, перспективи застосування в Україні.....	11
1.3 Технічні можливості застосування промислових теплових насосів, європейський досвід.....	16
1.4 Висновки до розділу 1.....	19
2 ВАРІАНТНИЙ АНАЛІЗ ПРОЕКТІВ З ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕНЕРГОВИКОРИСТАННЯ В ТЕПЛОВІЙ СХЕМІ КОТЕЛЬНІ	21
2.1 Аналіз проектів промислових теплових насосів у Європі.....	21
2.2 Розробка математичної моделі теплової схеми з встановленням теплонасосної установки.....	44
2.3 Результати математичного моделювання та їх аналіз.....	51
2.4 Математичне програмне забезпечення розрахунків.....	60
2.5 Вибір теплонасосного й когенераційного устаткування для теплової схеми.....	60
2.6 Висновки до розділу 2.....	61
3 ТЕХНОЛОГІЯ МОНТАЖУ ОБЛАДНАННЯ КОГЕНЕРАЦІЙНИХ ТЕПЛОНАСОСНИХ УСТАНОВОК	62
4 АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ ПАРОВОЇ КОТЕЛЬНІ ..	66
5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	68
6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ....	74
ВИСНОВКИ.....	95
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	98
Додаток А (обов'язковий). ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ.....	106
Додаток Б (обов'язковий). ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ.....	107
Додаток В (довідковий). МОНТАЖ ОБЛАДНАННЯ КОГЕНЕРАЦІЙНОЇ ТЕПЛОНАСОСНОЇ УСТАНОВКИ.....	114
Додаток Г (довідковий). АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ ПАРОВОЇ КОТЕЛЬНІ З КОГЕНЕРАЦІЙНОЮ ТЕПЛОНАСОСНОЮ УСТАНОВКОЮ.....	133

Додаток Д (довідковий). ЛОКАЛЬНИЙ КОШТОРИС НА БУДІВЕЛЬНІ РОБОТИ.....	148
Додаток Е. ГРАФІЧНА ЧАСТИНА.....	150

ВСТУП

Актуальність теми. Великі промислові теплові насоси можуть використовувати відновлювану енергію з повітря, води або землі, також використовувати енергію з будівель і процесів для забезпечення потреб опалення та охолодження. При правильному проектуванні системи можна використовувати обидва процеси, перетворюючи односторонній шлях споживання енергії в циркулярну енергетичну економіку.

Хоча теплові насоси широко застосовуються в житлових приміщеннях, їх внесок (потенціал) у комерційне та промислове застосування є не менш значним. Споживачі опалення та охолодження в багатьох промислових процесах у харчовій, паперовій або хімічній промисловості (і цей список не є вичерпним) можуть отримати економічну вигоду від найбільш ефективного використання енергії, одночасно забезпечуючи значну вигоду щодо зменшення викидів та якості повітря. Цим підтверджується актуальність теми МКР.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Магістерська кваліфікаційна робота виконана у відповідності з тематикою досліджень, що відповідає науковому напрямку досліджень кафедри теплоенергетики ВНТУ: «Синтез комбінованих теплоенергетичних установок, теплотехнологічних систем та устаткування».

Метою роботи є підвищення ефективності енерговикористання в тепловій схемі Вінницького заводу фруктових концентратів та вин, що досягається шляхом застосування когенераційної теплонасосної установки.

Для досягнення мети МКР сформульовані та розв'язані такі **завдання**:

– аналітичний огляд літературної інформації з підвищення ефективності енерговикористання в технологічних процесах;

- розробка математичної моделі для проведення досліджень та здійснення варіантного аналізу проектів з підвищення ефективності енерговикористання в тепловій схемі котельні Вінницького заводу фруктових концентратів та вин;
- розробка технології монтажу когенераційних теплонасосних установок для теплової схеми котельні;
- розробка принципів рішень з автоматизації основного обладнання у тепловій схемі парової котельні;
- оцінка економічних показників впровадження когенераційної теплонасоної установки на котельні Вінницького заводу фруктових концентратів та вин;
- розробка заходів з охорони праці.

Об’єкт дослідження є тепла схема котельні Вінницького заводу фруктових концентратів і вин, що відпускає теплоту на технологічне споживання, опалення та гаряче водопостачання.

Предметом дослідження є способи та засоби з підвищення ефективності енерговикористання в тепловій схемі котельні Вінницького заводу фруктових концентратів і вин.

Методи дослідження

При виконанні МКР використано методи математичного моделювання, а також, методи аналізу та синтезу складних теплоенергетичних систем.

Новизна отриманих результатів

Здобули подальший розвиток методи підвищення ефективності енерговикористання та забезпечення економії палива для промислових парових котелень шляхом встановлення когенераційних теплонасосних установок з використанням теплоти вторинних енергоресурсів котельні.

На основі запропонованої математичної моделі досліджено, проаналізовано та оцінено ефективність варіантів проектів із застосування когенераційних теплонасосних установок з використанням теплоти вторинних енергоресурсів котельні промислового підприємства.

Апробація роботи

Основні матеріали та результати досліджень було представлено та обговорено на VII Всеукраїнській науково-практичній інтернет-конференції студентів, аспірантів і молодих вчених «Актуальні проблеми сучасної енергетики» (Херсон, 2021), регіональній конференції «Молодь в науці» (Вінниця, 2022).

Публікації результатів магістерської кваліфікаційної роботи. Результати проведених в МКР наукових досліджень опубліковані у 2 тезах доповідей науково-технічних конференцій [1 - 2].

Структура та обсяг роботи

Магістерська кваліфікаційна робота складається: із вступу, шести розділів, загальних висновків, списку використаної літератури, технічного завдання та додатків. Загальний об'єм роботи 113 сторінок. МКР містить ілюстрації, графічні залежності, необхідні креслення.

1 АНАЛІТИЧНИЙ ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД

1.1 Теплові насоси як засіб підвищення ефективності енерговикористання в технологічних процесах

Будівництво та технологічні процеси є значними споживачами послуг опалення та охолодження. Переважно процеси опалення і охолодження вважаються окремими, оскільки надаються двома різними пристроями. Для того, щоб значно підвищити ефективність процесів обігрівання та охолодження, потрібно застосувати системний підхід.

Щоразу, коли в технологічному процесі потрібне охолодження, теплота часто є побічним продуктом. З іншого боку, коли потрібне нагрівання, вироблення холоду може бути побічним продуктом. Необхідно застосувати системне мислення, щоб визначити об'єкти та процеси, де ці енергетичні цикли можуть бути замкнуті, тобто – процеси, енергетичні відходи яких можуть стати ресурсом для інших технологічних процесів.

В цьому розумінні теплові насоси є технологією вибору, щоб зробити це підхід ефективною реальністю [3].

Великі промислові теплові насоси можуть використовувати відновлювану енергію з повітря, води або землі, також використовувати енергію з будівель і процесів для забезпечення потреб опалення та охолодження. При правильному проектуванні системи можна використовувати обидва процеси, перетворюючи односторонній шлях споживання енергії в циркулярну енергетичну економіку.

Хоча теплові насоси широко застосовуються в житлових приміщеннях, їх внесок (потенціал) у комерційне та промислове застосування є не менш значним. Споживачі опалення та охолодження в багатьох промислових процесах у харчовій, паперовій або хімічній промисловості (і цей список не є вичерпним) можуть отримати економічну вигоду від найбільш ефективного використання енергії, одночасно забезпечуючи значну вигоду щодо зменшення викидів та якості повітря.

1.2 Принцип дії теплових насосів, перспективи застосування в Україні

Теплові насоси дозволяють ефективно та екологічно чисто використовувати різні види відновлюваної енергії з навколишнього середовища: теплоти навколишнього повітря (так звана аеротермальна енергія), теплоти поверхневих вод (річки, моря) (так звана гідротермальна енергія), теплоти, що містять поверхневі шари землі (так звана геотермальна енергія), що здійснюється з використанням приводної електричної або механічної енергії, хімічної енергії від спалювання палива, теплоти скидних потоків теплоти.

Загальна теплова теплопродуктивність електроприводного теплового насосу може бути визначена як сума відібраної теплоти від навколишнього середовища та енергії, витрачено для його приводу. Загальна теплова теплопродуктивність когенераційного теплового насосу, крім зазначених складових, містить ще теплову енергію від утилізації теплоти приводу.

Таким чином, зрозумілим є факт, що витрати енергії на привод теплового насосу для вироблення одиниці теплової енергії потрібного споживачам потенціалу, у теплових насосах будуть нижчими, ніж у інших теплогенерувальних пристроях.

Інтегральний ефект, що враховує загалом енергетичну, економічну та екологічну ефективності застосування сучасних зразків теплових насосів, що мають високу технологічну досконалість, буде значною мірою залежати від методу генерування приводної енергії для теплового насосу та ефективного використання згенерованої теплоти [3-4].

З урахуванням скорочення рівня споживання різних видів органічного палива для генерування теплоти для теплопостачання, а також, скорочення рівнів шкідливих викидів від згоряння палива, широкомасштабне впровадження в Україні технологій на основі теплових насосів для різних галузей промисловості слід вважати достатньо перспективним.

Впровадження теплових насосів матиме також і позитивні соціальні наслідки. Розвиток теплонасосного теплопостачання в Україні забезпечить екологічно чисте генерування енергії та економне споживання теплоти на рівні споживачів, що буде забезпечено шляхом автоматичного та програмованого регулювання теплових насосів у відповідності до температурних режимів та потреб споживачів. Теплові насоси забезпечать кращі умови теплового комфорту, порівняно з іншими доскональними системами централізованого теплопостачання.

Рівні впровадження теплових насосів для теплопостачання залежатимуть від низки факторів: співвідношення вартостей електричної енергії та природного газу, зростання темпів житлового будівництва, достатнього рівня купівельної спроможності населення, зміни кліматичних факторів, рівнів енергетичної ефективності впроваджуваних теплових насосів.

В Україні впровадження теплових насосів стало помітним з 90-тих років ХХ-го століття, а найбільш високі темпи впроваджень спостерігались у 2005-2008 рр. у зв'язку з суттєвим зростанням ціни природного газу. В цей період Україна входила до четвірку країн Європи з найбільшим темпами приросту на ринку теплонасосної техніки, переважну частину з якої забезпечували реверсивні кондиціонери з функцією нагрівання [5].

В останнє десятиріччя в Україні спостерігається зростання парку теплових насосів, що помітно вплинуло на графіки споживання електричної енергії. Сьогодні значна частина житлових, адміністративних або комерційних будівель в Україні оснащені кондиціонерами, більшість з яких є реверсивними.

Також значного поширення в Україні теплові насоси здобули у сфері індивідуального будівництва за рахунок вдалого поєднання із низькотемпературними опалювальними приладами (такими, як тепла підлога, стіновими опалювальними панелями, вентиляторними нагрівальними приладами (фан-койлами) тощо), також у системах з цілорічним кондиціонуванням, що властиво для комерційного сектору (готелів, ресторанів та кафе, центрів відпочинку, приватних клубів, торгівельних, виставкових, офісно-складських комплексів), а також у закладах бюджетної сфери (дитячі садки, школи, університети, лікарні).

З іншого боку, потужні теплові насоси в Україні здобули впровадження у сферах промислової та комунальної енергетики.

Значний рівень розповсюдження теплових насосів у різних сферах української енергетики визначає необхідність врахування їх внеску різні рівні енергетичних балансів країни (загальні, регіональні та галузеві). Поліпшенню обліку теплових насосів в Україні сприяє також їх внесення до переліку відновлюваних джерел енергії, згідно з Директивою ЄС/2009/28, що має на меті посилення з боку держав підтримки розвитку технологій відновлюваної енергетики в країнах Європейського союзу .

Інститутом технічної теплофізики НАН України розроблено наукові основи для укрупненої оцінки теплових насосів в Україні . Основні результати цих досліджень показані на рис. 1.1 – 1.4 [6].

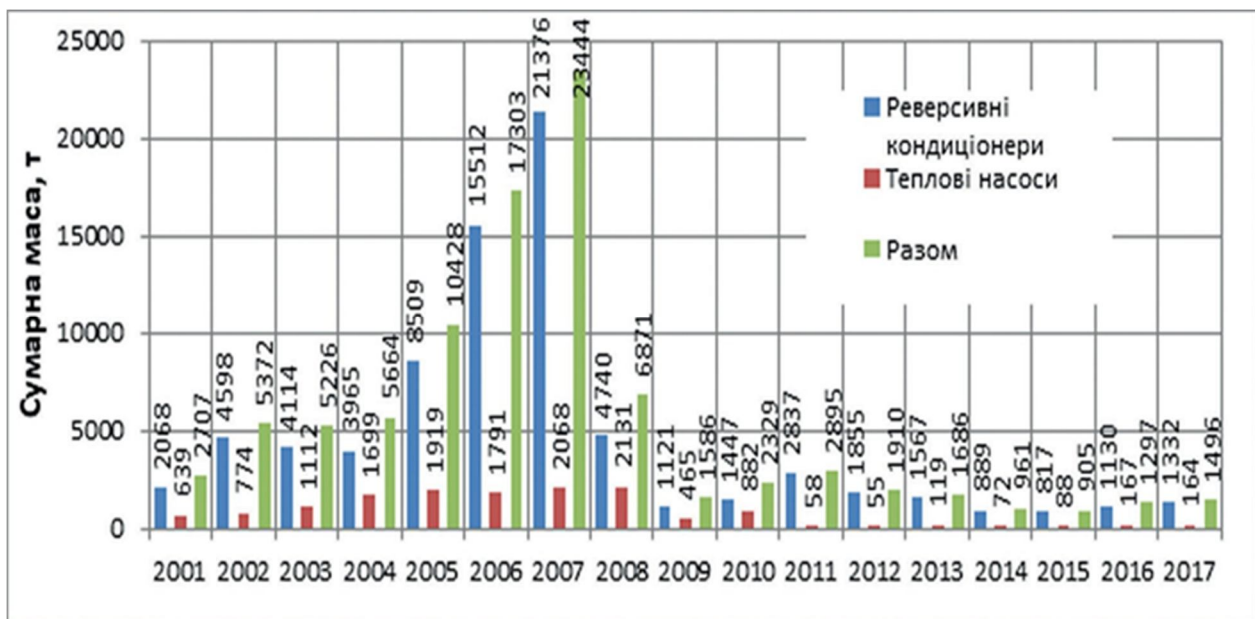


Рисунок 1.1 –Показники рівнів імпорту реверсивних кондиціонерів та теплових насосів в Україну (у масовому вимірі)

Наведені на рис.1.1 дані показують, що показники імпорту реверсивних кондиціонерів значно перевищують показники імпорту теплових насосів, що відповідає практиці країн Європи.

На рис. 1. 2 та 1.3 показані показники кумулятивної потужності теплових насосів та потужності «зелених» теплових насосів.

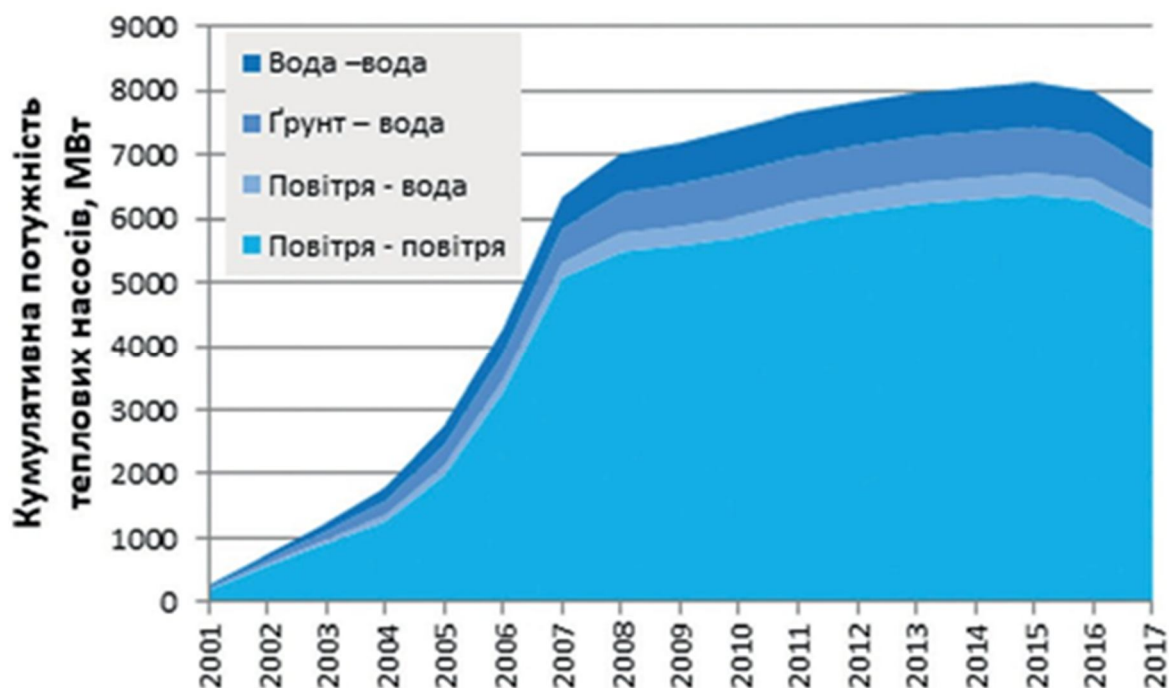


Рисунок 1.2 – Кумулятивна потужність теплових насосів

На рис. 1.2 та 1.3 видні три фази змін кумулятивної потужності: швидке зростання, повільне зростання та зниження. Фаза зниження кумулятивної потужності пояснюється тим, що абсолютний приріст нових насосів компенсує виведення з експлуатації потужностей, що досягли межі терміну їх служби у 15 років [6].

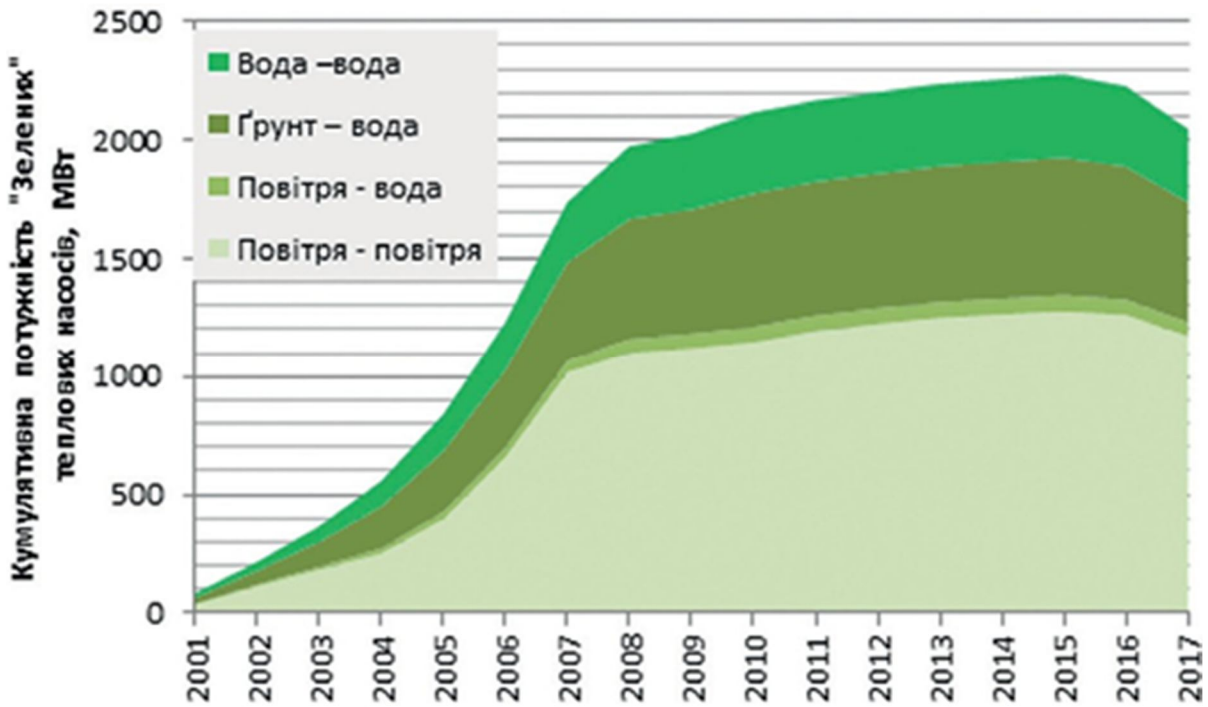


Рисунок 1.3 – Показники кумулятивної потужності «зелених» теплових насосів

У структурі виробництва теплоти тепловими насосами з відновлюваних джерел енергії значну роль відіграють реверсивні кондиціонери «повітря –повітря», «ґрунт-вода», «вода-вода», «повітря-вода», «повітря-повітря» у порядку зменшення [6].

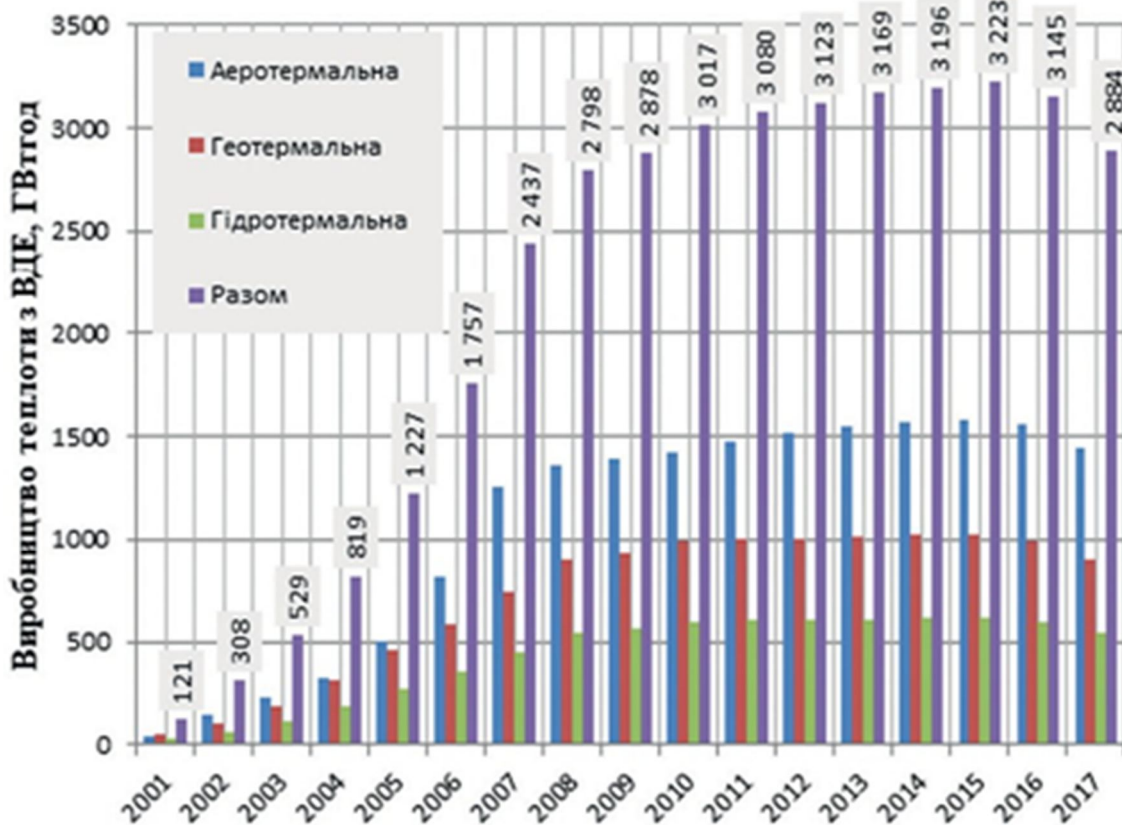


Рисунок 1.4 – Обсяги генерування теплоти «зеленими» тепловими насосами

За результатами аналізу даних з рис. 1.1- 1.4, робимо висновок, що теплові насоси в Україні здобувають подальшого поширення, їх подальші розвиток і детальні дослідження потребують більшої уваги, ніж технології в інших провідних галузях теплової енергетики.

1.3 Технічні можливості застосування промислових теплових насосів, європейський досвід

В Європі теплові насоси вважаються потужними, якщо їхня потужність перевищує 100 кВт. Їх потужність може змінюватись від одного до декількох мегават, їх можуть об'єднувати у великі блоки, що забезпечують генерування до 35 МВт потужності в одному блоці [7].

Наявна на даний момент технологія теплового насоса може забезпечити генерування теплоти до 100 °С з різницею між температурою джерела і поглинача приблизно у 50 °С.

Використання теплових насосів при температурах вище 100 °С все ще є проблемою. Хоча основні принципи відомі та існують прототипи для цих температурних рівнів, вони ще не доступні в стандартних продуктах. Поточний рівень науково-дослідних проектів, а також підвищений інтерес до них в сегменті великих теплових насосів залишають місце для оптимізму. На ринку очікуються нові та вдосконалені продукти [8].

Без існуючих рішень для застосування теплових насосів для температурних рівнів вище 150 °С цей сегмент не був включений в оцінку поточного потенціалу. З огляду на це, доступні нам дані Євростату були оцінені для визначення потенціалу застосування теплових насосів у промисловості [9].

Так, дані за 2012 рік для ЄС-28 показують, що промисловість використовує 3200 ТВт-год кінцевої енергії та має потреби у тепловій енергії приблизно у 2000 ТВт-год. Ця оцінка показує практично досяжний потенціал для теплових насосів у діапазоні температур до 100°C із 68 ТВт-год, головним чином у хімічній, паперовій, харчовій/тютюновій та деревообробній промисловості. Додавання до цієї оцінки секторів гарячого водопостачання та опалення приміщень забезпечує додаткові 74 ТВт-год. З розвитком технічного прогресу можна отримати додатковий потенціал у 32 ТВт-год в діапазоні температур від 100 до 150°C. Загалом теплові насоси можуть забезпечити 174 ТВт-год або 8,7% усіх потреб промисловості в теплі. Діапазони вищих температур залишаються недоступними для технології теплового насоса [10].

Результат цієї оцінки показує реалістичний потенціал застосування теплових насосів. Технічний потенціал набагато більший, але часто не може бути повністю використаний через практичні міркування.

Більш детальний аналіз, виконаний на основі моделі авторами [11] приводить до висновку, що технічний потенціал використання теплових насосів в промисловості

в цілому 28 держав-членів ЄС становить 1717 ПДж (477 ТВт-год), з яких лише 270 ПДж (75 ТВт-год) або 15% цього обсягу доступні з економічних і практичних міркувань [11].

Таким чином, модельний підхід в оцінці веде до більшого технічного потенціалу, але до значно нижчого економічного потенціалу.

Основними факторами, що впливають на економічну перспективу роботи теплових насосів, є:

- вартість викопного палива,
- вартість електроенергії,
- процентна ставка,
- ефективність системи теплового насоса,
- одночасна доступність тепlopостачання та потреб у тепловій енергії, одночасна потреба в опаленні та охолодженні,
- різниця у вартості інвестицій.

Зниження експлуатаційних витрат завдяки використанню теплового насоса можливе, якщо відносна вартість викопного палива та електроенергії менша за ефективність системи теплового насоса. З доволі невизначеною ціною на енергію ця оцінка стає дедалі складнішою, оскільки багато урядів покривають витрати на «озеленення» електричної енергетичної системи за рахунок самої вартості електроенергії. Водночас, ціна на викопне паливо не відображає негативного впливу його використання на навколишнє середовище.

Оскільки існує прямий зв'язок між скороченням попиту на енергію та викидами CO₂, розширення економічного потенціалу впливу на скорочення попиту на енергію також зменшить викиди CO₂ промисловим сектором. Дослідження показує, що загальний потенціал скорочення викидів CO₂ становить 86,2 млн. тонн, з яких 21,5 млн. тонн (25%) є економічно виправданими [12].

Основними перешкодами, що обмежують використання теплових насосів в промисловості, є:

- суворі вимоги до повернення інвестицій, часто не більше 2 років,

- уникнення ризику, коли теплові насоси сприймаються як нова, неперевірена технологія,
- обмежена або відсутня доступність прикладів передового досвіду, які могли б створити довіру до нових рішень,
- структурні бар'єри в галузі,
- необхідність інтеграції компетенцій і обов'язків для реалізації системної перспективи з метою енергетичної оптимізації промислових процесів і комерційних застосувань.

Потенціал енергозбереження та зменшення викидів CO₂ для теплових насосів у промисловому застосуванні все ще значною мірою не використовується. Створення більш сприятливих політичних умов дозволить переломити цю тенденцію.

Уряди країн та промисловість потребують спільних зусиль для розвитку технічного та економічного потенціалу застосування теплових насосів у промисловості. Для того, щоб повністю розкрити потенціал, потрібна їх ефективна співпраця в одному напрямку [13].

1.4 Висновки до розділу 1

В даному розділі виконано аналітичний огляд літературної інформації з підвищення ефективності енерговикористання в технологічних процесах, оцінено технічні можливості застосування промислових теплових насосів, враховано європейський досвід їх впровадження. Це дозволило визначити мету та завдання магістерської кваліфікаційної роботи.

Метою роботи є підвищення ефективності енерговикористання в тепловій схемі Вінницького заводу фруктових концентратів та вин, що досягається шляхом застосування когенераційної теплонасосної установки.

Для досягнення мети МКР сформульовані такі **завдання**:

- аналітичний огляд літературної інформації з підвищення ефективності енерговикористання в технологічних процесах;

- розробка математичної моделі для проведення досліджень та здійснення варіантного аналізу проектів з підвищення ефективності енерговикористання в тепловій схемі котельні Вінницького заводу фруктових концентратів та вин;
- розробка технології монтажу когенераційних теплонасосних установок для теплової схеми котельні;
- розробка принципових рішень з автоматизації основного обладнання у тепловій схемі парової котельні;
- оцінка економічних показників впровадження когенераційної теплонасосної установки на котельні Вінницького заводу фруктових концентратів та вин;
- розробка заходів з охорони праці.

2 ВАРІАНТНИЙ АНАЛІЗ ПРОЕКТІВ З ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕНЕРГОВИКОРИСТАННЯ В ТЕПЛОВІЙ СХЕМІ КОТЕЛЬНИ

2.1 Аналіз проектів промислових теплових насосів у Європі

Ми виконали аналіз проваджених проектів з використання промислових теплових насосів у Європі на основі даних, представлених асоціацією ЕНРА [14].

ЕНРА – це брюссельська галузева асоціація, яка спрямована на підвищення обізнаності та належне впровадження технології теплових насосів на європейському ринку для житлових, комерційних і промислових застосувань. ЕНРА надає технічне та економічне консультування європейським, національним і місцевим органам влади в законодавчих, регулятивних питаннях та питаннях енергоефективності. ЕНРА сформувала та керує робочою групою з промислових і комерційних теплових насосів, щоб підвищити визнання цієї сфери застосування та потенціалу її внеску в клімат ЄС та енергетичні цілі. Група відкрита для всіх виробників компонентів і обладнання цієї категорії теплових насосів, а також для дослідницьких установ та інших організацій, зацікавлених у розвитку сегменту.

Системи централізованого теплопостачання Бергхайма [14 - 15].

Місто Бергхайм розташоване на заході Німеччини та має населення приблизно 2000 жителів із щільністю менше 100/км². Неподалік від міста розташована шахта бурого вугілля, куди відбирають воду з шахти, щоб запобігти просочуванню ґрунтових вод у шахту. Цю воду раніше використовували градирні на сусідній електростанції, а решту скидали в сусідню річку. Оскільки ця вода має температуру 26°C, тепер її збирають два теплових насоси для охолодження до 10°C, і тепло використовується для постачання місцевої системи централізованого теплопостачання. У двох теплових насосах використовується холодоагент R134a, який є гідрофторвуглецем із низьким GWP, і забезпечує температуру подачі приблизно 55–60°C, досягаючи COP 4,4. Перший блок був введений в експлуатацію в березні 2014 року, і, враховуючи його успіх, другий блок був встановлений на

початку 2015 року. Зараз система забезпечує теплом офіси Erftverband, в яких працює близько 500 співробітників. Виходячи з потреби в енергії 1200 МВт-год, місцева некомерційна асоціація водопостачання та розподілу води заощаджує 58 000 євро на рік.

Технічні характеристики проекту.

Теплова потужність: 2 x 293 кВт.

COP: 4,4.

Холодоагент: R134a.

Нагріване джерело: вода.

Температура теплоносія, що постачається: максимально 73°C.

На рис. 2.1 показано встановлення теплових насосів Viessmann Vitocal для цього проекту.

Теплові насоси для системи централізованого теплопостачання Бергхайма (2 варіант) показані на рис. 2.2.



Рисунок 2.1 - Теплові насоси Viessmann Vitocal



Рисунок 2.2 - Теплові насоси Thermeco2 NHR 1000

Другий проект встановлення теплових насосів в місті Бергхайм [14] – це комунальна мережа централізованого теплопостачання, яка забезпечує теплом приблизно 10 будівель. Оскільки ці будівлі потребували нового джерела опалення, рішення оформилося у формі ТЕЦ, яка постачає 314 кВт·е (електричної) та 220 кВт·т (теплової) потужності, тут встановлено високотемпературний тепловий насос Thermeco2 NHR 1000 потужністю 865 Вт·т. Тепловий насос як джерело тепла використовує воду з шахти з температурою 26°C.

Технічні деталі проекту.

Теплова потужність: 865 кВт.

COP: 3,1.

Холодоагент: R744 (CO₂)

Нагріване джерело: вода системи теплопостачання.

Температура теплоносія з теплового насосу: 90°C.

Електрична потужність ТЕЦ може забезпечити 100% електроенергії для теплового насоса, а разом вони забезпечують майже 1 МВт теплової потужності в мережу. Це рішення було обрано, оскільки система «ТЕЦ-теплонасос» має коефіцієнт використання палива 167%, порівняно з 90% для котла. Оскільки комунальна тепломережа працює при температурі 80 – 93°C, цей варіант виявився придатним для теплового насоса на холодоагенті CO₂, який розроблений для роботи при високих транскритичних температурах. Однак, оскільки для цього теплового насоса потрібна низька температура зворотної лінії, центральне тепlopостачання було налаштовано таким чином, що температура зворотної води (максимально) становить 50°C, що дозволяє тепловому насосу досягти COP 3.

Система також містить два резервуари-акумулятори об'ємом 12,6 м³, які можна заповнити приблизно за 2 години та вони можуть забезпечувати теплотою мережу централізованого тепlopостачання протягом кількох годин. Для пікових навантажень використовується газовий котел, збережений від попередньої системи. Загалом система «ТЕЦ-тепловий насос» зменшила потребу в паливі на 26%, а викиди CO₂ – на 32%.

Центральне опалення в муніципалітеті Драммен [14 - 15].

Найбільший у світі холодоагентний тепловий насос із низьким GWP для централізованого тепlopостачання розташований в муніципалітеті Драммен, що налічує понад 63 000 жителів і розташований у столиці Норвегії. Місто відоме тим, що отримало нагороди з охорони навколишнього середовища та містобудування, зокрема за проект потужного теплового насоса і мережу централізованого тепlopостачання. Їхня система використовує переваги низьких цін на електроенергію в Норвегії, і вона працює з 2010 року. Три теплових насоса використовують глибоководну воду фіорду з температурою 8 °C для вироблення теплоти з температурою, яка може досягати 90 °C, і завдяки цьому вдається досягти COP понад 3. Використовується холодоагент аміак, який забезпечує більшу ефективність, ніж інші синтетичні холодоагенти, і не створює потенціалу глобального потепління. Теплові насоси покривають 85% потреби в централізованому опаленні, решту

покривають паливні котли під час пікових навантажень. Використовуючи цю систему опалення, станція зменшує викиди CO₂ приблизно на 15000 т/рік, оскільки електроенергія надходить з відновлюваних джерел, і економить до 6,7 мільйонів літрів палива/рік.

Технічні деталі проекту.

Теплова потужність: 13,2 МВт.

COP: 3,05

Холодоагент: R717.

Джерело тепла: річкова вода, що надходить з температурою 8°C, виходить з температурою 4°C.

Температура джерела, що постачається: 90°C, надходить при 60°C (гаряча вода).

На рис. 2.3 показані теплові насоси в муніципалітеті Драммен.



Рисунок 2.3 - Теплові насоси в муніципалітеті Драммен

Ск'єрнська паперова фабрика [14]. Відпрацьоване тепло використовується для забезпечення місцевої системи централізованого опалення в Ск'єрні за допомогою чотирьох великих теплових насосів

Місто Ск'єрн розташоване в Західній Ютландії, Данія, і має населення майже 8000 жителів. У грудні 2014 року місцева паперова фабрика почала постачати тепло для місцевої тепломережі міста за допомогою трьох великих теплових насосів, поставлених компанією Johnson Controls.

Початкова загальна потужність цих теплових насосів становила 3,9 МВт, але на більш пізньому етапі був доданий ще один тепловий насос від того ж виробника, збільшивши загальну потужність до 5,2 МВт. Разом із прямим розподілом надлишкового тепла установка досягає загальної теплової потужності 8 МВт, а COP установки становить від 6,5 до 7. Теплові насоси використовують відхідне тепло при температурі 28–33°C і конденсат при 70 °C. Мережа централізованого теплопостачання охоплює 60% території міста Ск'єрн.

Загальна кількість тепла, проданого в 2015 році, становила приблизно 40 ГВт-год. Це відповідає щорічній економії у 8200 тонн CO₂. Згідно з планами керівництва станції, продаж теплоти зросте до 45 ГВт-год.

Технічні деталі проекту.

Теплова потужність: 5,3 МВт.

COP: 6,7.

Холодоагент: R717.

Джерело теплоти: вологе повітря з охолодженням від 55°C до 30°C.

Температура : (Sink) Hot water 40°C, return at 70°C

На рис. 2.4 показані теплові насоси на Ск'єрнській паперовій фабриці.



Рисунок 2.4 - Теплові насоси на Ск'єрнській паперовій фабриці

Центральне опалення Відня [14 - 15].

Цей високотемпературний тепловий насос використовується для підвищення потужності міської системи теплопостачання. Відень – столиця та найбільше місто Австрії з населенням близько 1,8 млн осіб. Одна третина всіх резиденцій у Відні забезпечена центральним опаленням. Завдяки використанню високотемпературного теплового насоса потужністю 255 кВт, поставленого компанією Ochsner, потужність і ефективність віденської системи централізованого теплопостачання збільшуються без збільшення потужності електростанції, і відповідно, котла. Таким чином, у цьому прикладі зворотна лінія системи централізованого теплопостачання з рівнем температури близько 45°C використовується як джерело тепла для теплового насоса. Нагрівальна потужність теплового насоса використовується в лінії подачі для вторинної системи з температурою в діапазоні від 70 до 85 °C, але той самий пристрій також може забезпечувати температуру подачі до 98 °C. Тепловий насос досягає річного COP 5,3 і використовує негорючий і неотруйний холодоагент ÖKO 1.

На рис. 2.5 показані теплові насоси у Відні.



Рисунок 2.5 - Теплові насоси у Відні

Технічні деталі проекту.

Теплова потужність: 255 кВт.

COP: 5,3

Холодоагент: ÖKO1.

Нагріване джерело: вода.

Температура теплоносія: 70 – 85°C

Теплові насоси в місті Mäntsälä [14].

Тут відпрацьоване тепло центру обробки даних перетворюється тепловими насосами в теплоту для постачання в місцеві тепломережі. Місто Mäntsälä розташоване на півдні Фінляндії та має населення понад 20 000 жителів. Це приклад гарної практики, коли муніципалітет купує відпрацьоване тепло у місцевого центру обробки даних для постачання тепла в місто. На даний момент централізованим

теплопостачанням забезпечено не менше 1500 будинків міста, але в майбутньому до мережі буде підключено приблизно 4000 будинків. На першому етапі тепло в центрі обробки даних збирається за допомогою теплообмінників, які перетворюють тепле повітря в теплу рідину. Потім, на другому етапі, теплові насоси потужністю 4 МВт на теплоцентралі підвищують температуру води від 40 до 85°C. Теплові насоси оптимізовані для досягнення високої температури та високого COP понад 4. Підраховано, що тепла, наданого на першому етапі, достатньо для забезпечення базового навантаження влітку, таким чином приблизно 75% тепла в місті надходить за рахунок чистої енергії. Таким чином, потреба у викопному паливі різко скорочується, і після завершення проекту очікується, що викиди CO₂ скоротяться на 22 000 т/рік.

Технічні деталі проекту.

Теплова потужність: 3 600 кВт.

COP: 3,4.

Холодоагент: R134a.

Джерело теплоти:

Скидне повітря дата-центру (перенесення теплоти до води).

Друга ступінь.

Теплова потужність: 4,5 МВт.

COP: 4,8.

Холодоагент: NH₃

Джерело теплоти: вода.

Температура джерела: 65°C.

На рис. 2.6 показані теплові насоси в місті Mäntsälä.



Рисунок 2.6 - Теплові насоси в місті Mäntsälä

Теплонасосна установка в Лозанні [14 - 15].

Тепловий насос, побудований у 1985 році, постачає низькотемпературне тепло до школи та університету в Лозанні. Два теплові насоси потужністю 4,5 МВт використовують воду озера Леман як джерело тепла. Відбираючи воду з витратою приблизно 260 л/секунду, з постійною температурою 6 – 7°C, теплові насоси здатні постачати тепло в двох мережах централізованого опалення та накопичувальному баку.

Теплові насоси працюють на повну потужність, навіть коли споживання систем централізованого опалення є меншим, заповнюючи накопичувальний бак. Опція енергозбереження виконує роль обмеження запуску теплових насосів, таким чином обмежуючи їх механічний знос. Теплові насоси працюють лише при температурі нижче 16°C, шляхом подачі теплоносія з температурою від 28 до 65°C в мережі середньої температури і від 26 до 50°C в мережі низької температури. Однак для

пікових навантажень, коли зовнішня температура дуже низька, теплові насоси підтримуються двома газовими турбінами. Потужність охолодження лабораторій і систем вентиляція забезпечується тими ж тепловими насосами. Використовується холодоагент NH₃, а досягнутий COP становить 4,8

Будапештський військовий шпиталь [14].

Стічні води з каналізаційної системи використовуються для обігріву та охолодження лікарні. Стічні води є джерелом тепла, яке забезпечує стабільну температуру 10-20°C протягом року. Використовуючи цю сприятливу умову, угорська компанія Thermowatt розробила систему теплового насоса, яка може використовувати це альтернативне джерело тепла. Тому з липня 2014 року така система забезпечує опалення та охолодження комплексу будівель площею 40 000 м², який є частиною великого військового госпіталю НАТО в Будапешті. Система забезпечує 3,8 МВт опалення та 3,3 МВт охолодження за допомогою двох приблизно однакових за розміром теплових насосів Carrier типу «вода-вода». Вся система, включаючи блок фільтрації, розміщена в бетонній підземній споруді, розташованій під автостоянкою, і займає близько 210 м². Як опалення, так і охолодження здійснюються через повітрообробні установки, які містять великі теплообмінники та працюють лише при 32°C, що сприяє високому COP системи 6,5–7,1. Система живиться з колектора за допомогою самопливу, а її розмір визначається кількістю доступних стічних вод – 11 000 м³/добу.

Технічні деталі проекту.

Теплова потужність: 3 800 кВт.

COP: 6,8.

Холодоагент: R134a.

Нагріване джерело: вода.

Температура теплоносія: 33°C.

Холодильна потужність: 3 800 кВт

EER: 7,3

Холодоагент: R134a.

Нагріване джерело: вода.

Температура охолодження: 6°C

Нагрівальна потужність: 198 кВт.

COP: 4,8.

Холодоагент: R407C.

Нагріване джерело: вода.

Температура теплоносія: 37°C.

На рис. 2.7 показані теплові насоси в місті Будапешт.



Рисунок 2.7 - Теплові насоси в місті Будапешт

Енергія з бетонних стін [14 - 15]. Зовнішні стіни фабрики використовуються як джерело для теплового насоса. Компанія Laumer Bautechnik, розташована в Баварії, Німеччина, шукала інноваційне та економічно ефективне рішення для опалення для своєї будівлі з виробництва збірних бетонних секцій. Маючи співробітництво з

Мюнхенським університетом і Міністерством навколишнього середовища Німеччини, вони розробили рішення для опалення, використовуючи збірні бетонні елементи як накопичувачі енергії в поєднанні з наземним накопичувачем тепла та тепловим насосом. В цьому рішенні, зовнішні стіни виробничого цеху були пофарбовані у чорний колір для збільшення поглинання тепла та були з литими трубами для транспортування енергії, що служить колектором тепла, водночас створюючи захист від погодних умов. Конструктивну цілісність забезпечують внутрішні стінки, відокремлені від зовнішніх ізоляційним шаром. Згідно з проектним бюро Kaufmann у Мюльгаймі/Інні, колектор має площу 14 000 м² і наземний склад об'ємом 5 000 м³. Зібране тепло транспортується в підземний теплоаккумулятор, де воно збирається для зимового опалювального періоду. В основі системи лежить великий тепловий насос «вода-вода» від компанії Viessmann, що використовує в якості джерела тепла ґрунтовий накопичувач тепла та альтернативне джерело ґрунту, а також забезпечує панельну систему опалення промислового розміру з необхідною температурою нагріву 37°C, яка також покриває пікові навантаження. Тепловий насос має теплову потужність 198 кВт з COP 4,8, система працює з 2014 року.

Інноваційна система опалення та охолодження Nagold [14].

Сонце і повітря забезпечують безкоштовну, цілий рік комфортну кімнатну температуру під автостоянкою нової офісної будівлі в Нагольді, Німеччина, де знаходиться великий резервуар для зберігання льоду об'ємом 300 м³. Це частина інноваційної енергетичної концепції, згідно з якою 100% потреб будівлі в опаленні та охолодженні забезпечуються регенеративними джерелами енергії. Вся будівля опалюється та охолоджується через водопровідні труби, вбудовані в бетонні стелі, завжди зберігаючи температуру поверхні близькою до температури повітря в офісному приміщенні, таким чином забезпечуючи комфортне середовище, незважаючи на великі скляні поверхні навколо будівлі. Система опалення та охолодження складається з резервуару для зберігання льоду, великого теплового насоса та сонячного/повітряного поглинача, встановленого на даху, а також фотоелектричної установки, яка забезпечує електроенергію для живлення теплового

насоса. Основними джерелами тепла є 42 діючих сонячних/повітряних поглиначів, встановлених на даху, що працюють при низьких температурах та виробляють більше енергії, ніж класичні сонячні установки, оскільки тепло можна збирати навіть у похмурі дні.

Система не залежить від сезонних коливань, оскільки надлишок енергії накопичується у резервуар для зберігання льоду для подальшого використання. Серцем системи є тепловий насос, який використовує резервуар для зберігання льоду як джерело тепла, забезпечуючи енергію як для опалення, так і для гарячої водопровідної води. Енергія, що надходить від поглиначів з даху та навколишнього середовища, знову розтоплює лід, створюючи нескінченне джерело тепла для теплового насоса. Такі фазові зміни у воді дозволяють зберігати або вивільняти велику кількість енергії, зберігаючи помірний розмір накопичувача. Потужність нагріву та охолодження системи становить 73 та 100,8 кВт, з COP до 4,9 та максимальною температурою нагріву 60°C.

Технічні деталі проекту.

Теплова потужність: 2 x 360 кВт.

COP: 5,0

Холодоагент: R134a.

Нагріване джерело: вода.

Температура джерела, що постачається: 35 – 45°C

Енергоефективна офісна будівля Гамбурга [14 - 15]. Відпрацьоване тепло обчислювального центру передається на обігрів 13-поверхового будинку. У Гамбурзі в головному офісі Vattenfall Europe AG встановлено та введено в експлуатацію два сучасні теплові насоси. Система використовує відпрацьоване тепло внутрішніх IT-серверних кімнат і комп'ютерних центрів. Теплопередача може покрити 50% загального базового теплового навантаження 13-ти поверхового будинку площею 50 000 м². Цей проект зменшує негативний вплив на навколишнє середовище, заощаджуючи понад 600 тонн CO₂ на рік. Температура відпрацьованого тепла підвищується до 45°C. Потім воно подається в систему опалення за допомогою двох

високоєфективних теплових насосів «вода-вода», поставлених фірмою Ochsner. Кожен тепловий насос має теплову потужність 360 кВт. Турбокомпресори з магнітними підшипниками мінімізують втрати на тертя, тому змащування маслом більше не потрібно. Інтелектуальна технологія управління постійно адаптує продуктивність машин на холодній і теплій стороні до відповідних потреб. На кожну електричну кВт-год виробляється приблизно 8 кВт-год теплової енергії (тепла і холоду). Це відповідає коефіцієнту корисної дії (коефіцієнту енергії) 8.

Тепловий насос з морською водою для централізованого опалення у Форнебу/Рольфсбукта [14]. У 2012 році Oslofjord Varme AS встановив віху з першим проектом централізованого опалення в Європі на основі двох теплових насосів UNITOP® 43/28 «вода/вода» з холодоагентом HFO-1234ze з низьким потенціалом глобального потепління (GWP) нижче 1 від Honeywell. Постачальником теплового насоса була фірма Frigotherm AG, Швейцарія. Ділянка Fornebu площею 340 гектарів розташована за 10 кілометрів від центру Осло. План забудови району передбачає житло для 11 000 населення та 15 000 робочих місць на площі 1 350 000 м². Fornebu оснащена системою централізованого опалення/охолодження, яка в майбутньому має максимальну потребу в тепловій потужності 60-70 МВт і виробництво тепла 100-125 ГВт-год/рік. В енергетичній концепції було вирішено, що основне теплове навантаження покриватиметься тепловими насосами високої потужності, а пікове навантаження в найхолодніший період – котлами на біопаливі. Подальше збільшення попиту на опалення та охолодження на території розробки Fornebu призвело до будівництва теплонасосної установки Rolfsbukta, яка працює в підвалі готелю з 2012 року. У відповідь на дедалі жорсткіші екологічні норми щодо холодоагентів було вирішено використовувати нову робочу рідину HFO-1234ze. Класифікаційне товариство Norske Veritas було залучено Oslofjord Varme для проведення аналізу ризиків для теплонасосної установки з використанням цього нового легкозаймистого робочого агента з потенціалом глобального потепління нижче 1. Результати показали, що порівняно з холодоагентами з класу безпеки A1, тут необхідно вжити деяких додаткових заходів безпеки. Аварійна вентиляція машинного відділення повинна

відповідати АТЕХ 94/9/СЕ та повинно бути встановлено автоматичний вимикач на випадок витoku холодоагенту. Загальна теплова потужність обох теплових насосів у зимовому режимі становить 16 МВт. Два теплові насоси одночасно виробляють охолоджену воду з температурою 2,5°C для централізованого охолодження з рекуперацією тепла при 75°C для централізованого опалення. Якщо потреба в охолодженні занадто низька, додатково необхідне низькотемпературне тепло відбирається з морської води за допомогою проміжних теплообмінників. У літньому режимі два компресори кожного теплового насоса працюють паралельно. Обидва блоки виробляють до 20 000 кВт потужності охолодження з охолодженою водою при 2,5°C. Завод Rolfsbukta є першим і найбільшим заводом теплових насосів у світі, який використовує HFO-1234ze, і є важливою подією у використанні нових робочих рідин із наднизьким GWP.

Технічні деталі проекту.

Теплова потужність: 16 МВт.

COP: 4,4.

Холодоагент: Solstice® ze (HFO-1234ze).

Марка теплових насосів: 2 насоси UNITOP® 43/28.

Температура джерела, що постачається: 75°C.

На рис. 2.8 показані теплові насоси UNITOP 43/28.

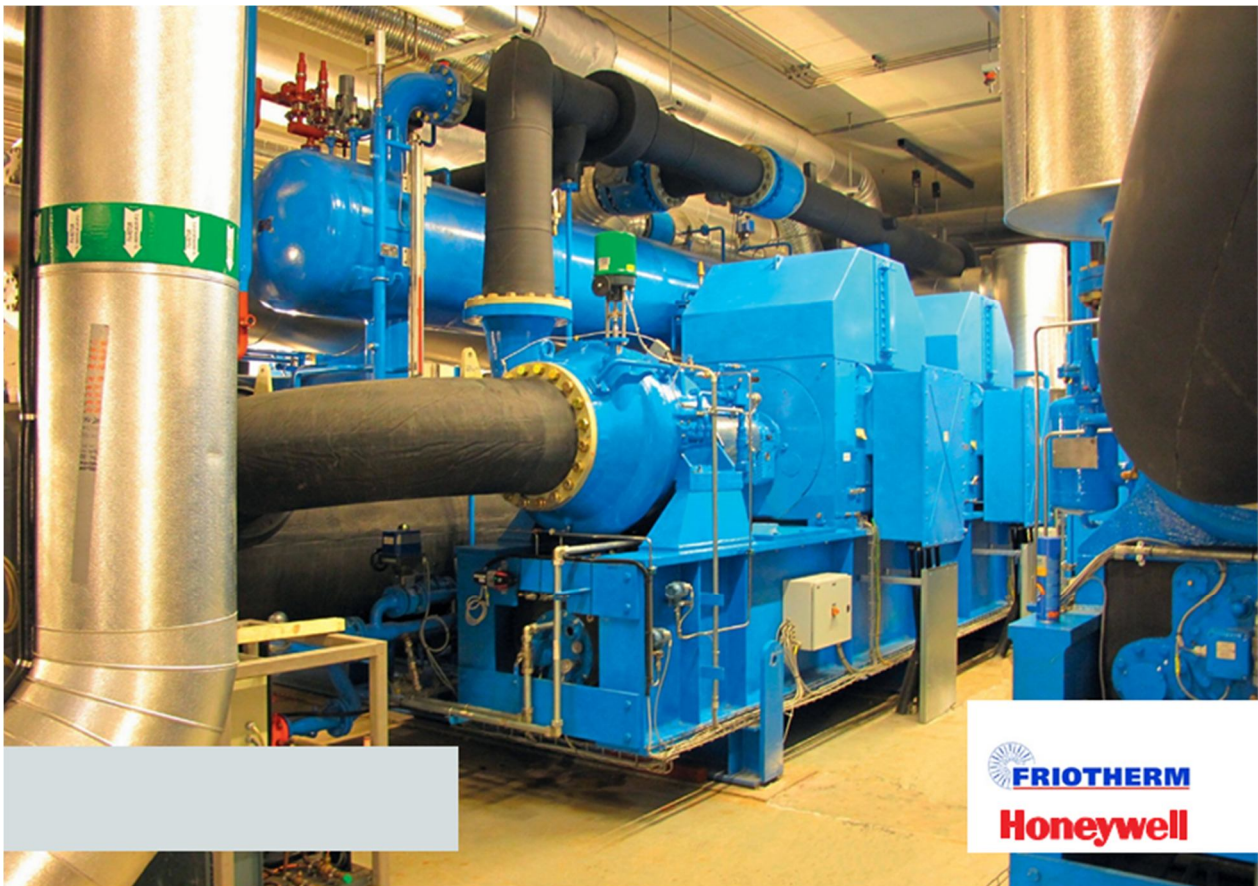


Рисунок 2.8 - Теплові насоси UNITOP 43/28

Енергоефективна обробка харчових продуктів [14 - 15]. Nutrex – виробник харчових продуктів, що спеціалізується на виробництві оцту та входить до складу швейцарського холдингу COOP. У 2008 році COOP прийняв рішення досягти CO₂-нейтральності протягом 15 років. Нутрексу вже вдалося досягти цієї мети у 2009 році шляхом застосування сучасної технології теплового насоса на своєму виробництві. Для якісного виробництва оцту використовуються два процеси: бродіння і пастеризація. Ці два процеси ідеально підходять для застосування теплового насоса і служать його джерелом і поглиначем. Оцтове бродіння відбувається, коли бактерії перетворюють спирт на кислоту. Це екзотермічна реакція, яка припиняє свою дію, коли суміш стає занадто теплою. Щоб стабілізувати процес протягом 10 днів при 30°C, великі резервуари потрібно охолодити. З іншого боку, пастеризація оцту відбувається при температурі вище 70°C, щоб отримати нешвидкопсувний продукт. На Nutrex встановлено тепловий насос з потужністю охолодження 136 кВт і

потужністю обігріву 194 кВт. Це тепловий насос працює з COP 3,4. Окрім пастеризації, вироблене тепло використовується для опалення лабораторії та будівлі. З моменту заміни традиційного масляного опалення в 2009 році Nutrex досяг виробництва енергії без викидів CO₂. Використання теплових насосів зменшило викиди CO₂ приблизно на 310 000 кг/рік і заощадило до 65 000 літрів палива/рік.

На рис. 2.9 показані теплові насоси на заводі Nutrex.



Рисунок 2.9 - Теплові насоси на заводі Nutrex

Технічні деталі проекту.

Теплова потужність: 194 кВт.

COP: 3,4.

Холодоагент: R134a.

Нагріване джерело: вода.

Температура джерела, що постачається: > 70°C.

На рис. 2.10 показані теплові насоси Ochsner на заводі Nutrex.

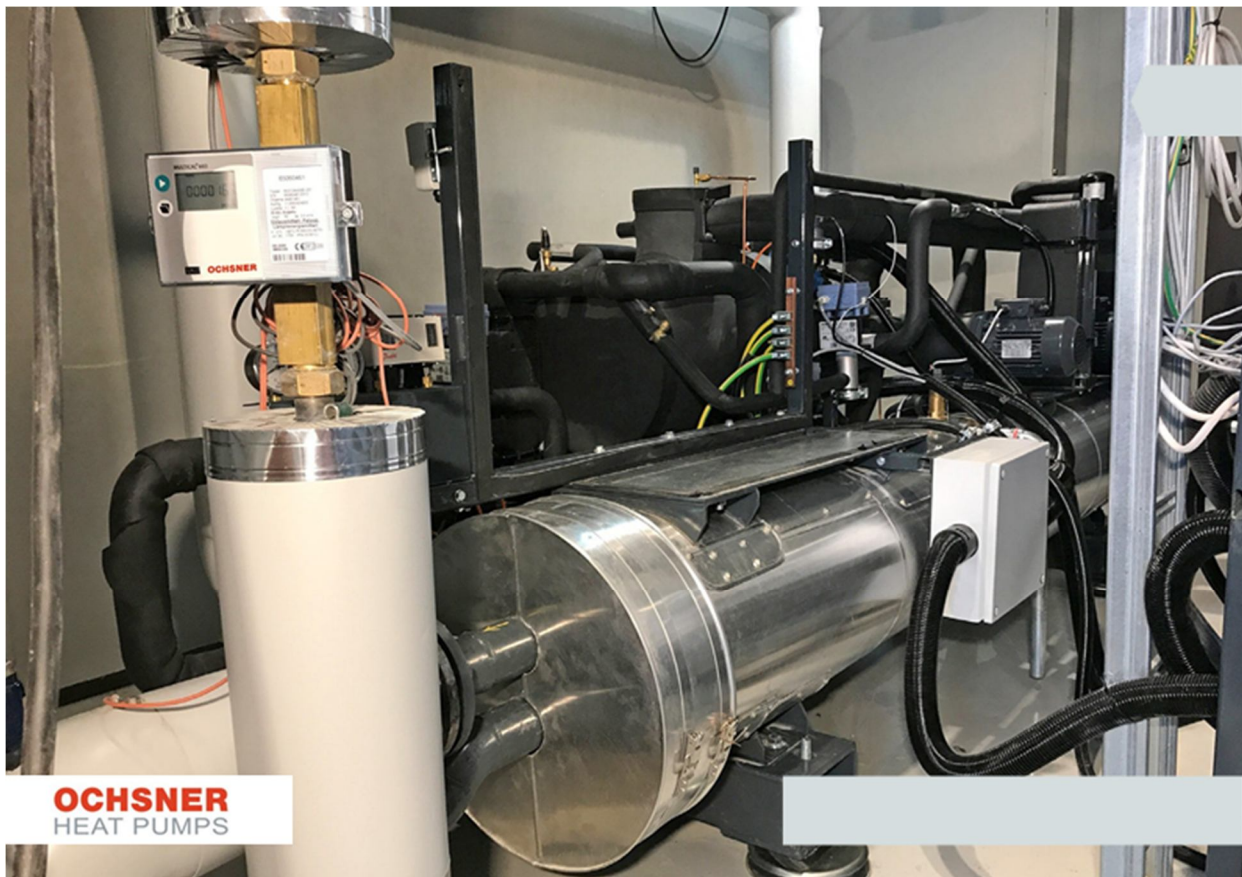


Рисунок 2.10 - Теплові насоси Ochsner на заводі Nutrex

Технічні деталі проекту.

Теплова потужність: 158 кВт.

COP: 2,0 (при вищій температурі)

Холодоагент: ÖKO1.

Нагріване джерело: вода.

Температура джерела, що постачається: 70 – 120°C

Центральне тепlopостачання Мянтя-Вілпула (Mänttä-Vilppula) [14]. Тепловий насос, що забезпечує температуру подачі до 120°C. Мянтя-Вілпула (Mänttä-Vilppula) — місто та муніципалітет у Фінляндії, розташоване в регіоні Пірканмаа. Місто має 10 564 людини населення і займає площу 535 км², з яких 122,61 км² займає вода.

Завдяки використанню теплового насоса потужністю 158 кВт, поставленого компанією Ochsner, потужність і ефективність системи централізованого опалення в М'янтта-Вілпула збільшуються без збільшення потужності електростанції, і, відповідно, котельні. Таким чином, у цьому варіанті зворотна лінія системи централізованого теплопостачання з рівнем температури від 45°C до 55°C використовується як джерело тепла для теплового насоса. Теплова потужність теплового насоса використовується в лінії живлення для місцевої системи централізованого теплопостачання. Залежно від зовнішньої температури тепловий насос подає гарячу воду з температурою від 70°C до 120°C, але той самий пристрій також може забезпечувати температуру подачі до 130°C. Тепловий насос був введений в експлуатацію в 2017 році, досягає річного COP понад 2,0 при найвищій температурі подачі та використовує негорючий і неотруйний холодоагент ÖKO 1.

Відпрацьоване тепло в університеті Бургундії [14]. Французький університет утилізує відпрацьоване тепло свого центру обробки даних. Університет Бургундії розташований у Діжоні, між Парижем і Ліоном, і щороку навчає 27 000 студентів. Щоб обігріти будівлі на кампусі площею 115 гектарів, університет обрав екологічне рішення шляхом повторного використання енергії, яка в іншому випадку скидається новою системою охолодження центру обробки даних. Оскільки навантаження опалення та охолодження використовується одночасно, високотемпературний тепловий насос, який постачає Ochsner, виконує обидві функції (нагрівання та охолодження) одночасно: охолодження центру обробки даних, обігрів будівель взимку, а влітку використовується тепло для виробництва гарячої води для кухонь університетського ресторану. З потужністю опалення 420 кВт і потужністю охолодження 255 кВт тепловий насос сприяє зниженню викидів CO₂ на 117 тонн щороку. При температурі подачі 90°C і одночасному використанні функцій охолодження та обігріву досягається інтегрований COP (загальний) 4,2.

На рис. 2.11 показані теплові насоси в університеті Бургундії.



Рисунок 2.11 - Теплові насоси в університеті Бургундії

Технічні деталі проекту.

Теплова потужність: 420 кВт.

COP: 2,6

Холодоагент: R134a + ÖKO1

Нагріване джерело: вода.

Температура джерела, що постачається: 90°C

Теплові насоси підвищують енергоефективність заводу Swiss Krono [14 - 15]. Розташована на північному сході Німеччини німецька дочірня компанія Swiss Krono виробляє деревно-стружкові плити (ДСП) переважно з деревини з навколишніх регіонів. Цей процес виробництва є дуже енергоємним та споживає джерела електричної та теплової енергії через кілька енергоємних етапів виробництва (> 200 ГВт-год електричної та > 1300 ГВт-год теплової). Ці процеси, зокрема, включають розрізання стовбурів дерев, сушіння деревної стружки та її ущільнення для

формування ДСП. Щоб мінімізувати споживання енергії для виробів з ДСП, компанія Swiss Krono запровадила велику кількість заходів зі зниження енергоспоживання. Одним із основних заходів є два теплові насоси GEA для забезпечення гарячою водою з енергетичним еквівалентом 10 МВт і при температурі гарячої води 80°C. Ця теплота змішується з відпрацьованою теплотою потужністю 2 МВт з когенераційної установки та становить загалом 12 МВт теплової отужності у вигляді гарячої води, що використовується для попереднього сушіння всієї кількості деревної тріски. Енергоефективність теплового насоса тут стає більш очевидною, якщо ми розглянемо джерело енергії для теплових насосів. Електростанція на біомасі, що належить компанії, виробляє електроенергію 20 МВт. Вихлопні пари силової установки конденсуються двома конденсаторами з повітряним охолодженням. Це джерело енергії раніше ігнорувалося. Однак тепер конденсат (при 39°C) використовується як джерело енергії для двох теплових насосів. Як частину замкнутого водяного контуру всередині електростанції на біомасі, Swiss Krono встановив дві теплові системи теплообмінників для відокремлення водяного контуру електростанції від водяного контуру теплового насоса та передачі тепла на сторону джерела теплового насоса. У нинішніх умовах COP теплових насосів становить 4,5. Попереднє сушіння знижує вміст вологи деревної стружки та економить енергію, яка використовується для остаточного сушіння у двох ротаційних сушарках. Виходячи з 6500 годин роботи кожного з двох теплових насосів у 2016 році, було досягнуто енергетичний еквівалент скорочення енергоспоживання приблизно у 32 ГВт-год та скорочення викидів CO₂ на 6 700 тонн.

На рис. 2.12 показані теплові насоси GEA.



Рисунок 2.12 - Теплові насоси GEA

Технічні деталі проекту.

Теплова потужність: 2 теплових насоси по 5 000 кВт.

COP: 4,5

Холодоагент: аміак.

Джерело теплоти: розчин етиленгліколю з концентрацією 34%.

Температура джерела, що постачається: 78°C

Виконаний аналіз проведених проектів з використання промислових теплових насосів у Європі на основі даних, представлених асоціацією ЕНРА, дозволив визначити енергоефективні схеми, галузі використання, температурні та експлуатаційні режими теплових насосів в теплових схемах промислових підприємств. Цей аналіз потрібен для визначення ефективних схем впровадження теплових насосів в теплових схемах конкретних підприємств.

2.2 Розробка математичної моделі теплової схеми з встановленням теплонасосної установки

Для дослідження показників варіантів теплової схеми парової котельні Вінницького заводу фруктових концентратів та вин із встановленням теплонасосної установки розроблено математичну модель. Ця модель є нелінійною, вона складається з лінійних та нелінійних алгебраїчних рівнянь, ця модель є детермінованою, структурною, дискретною, статичною, одномірною. Дана модель розв'язується аналітичним методом, є дескриптивною, алгебраїчною [16 - 19].

Дана математична модель була реалізована в середовищі Microsoft Excel. Математичний опис цієї моделі складається з 37 рівнянь, а саме: з рівнянь теплових та енергетичних балансів схеми та її елементів, рівнянь для визначення термодинамічних параметрів холодоагенту оборотних циклів. Основні рівняння, що представлено в математичному описі моделі наведені в джерелах [20-25].

Початковими даними для виконання досліджень теплової схеми з використанням математичної моделі є [20-25]:

- вид та термодинамічні властивості холодоагентів;
- температура низькотемпературного та високотемпературного джерел;
- значення ККД котлів, теплообмінників, насосів, компресорів та іншого обладнання;
- потужність промислових споживачів;
- Потужність споживачів опалення та гарячого водопостачання;
- теплота згорання робочого палива, що використовується в елементах схеми;
- величина продувки та власних потреб котельні тощо.

Під час розробки даної математичної моделі були використані такі допущення та спрощення:

- приймалось значення величин недогріву та перегріву робочого тіла (холодоагенту) та теплоносіїв;

- приймалися значення ККД компресорного та теплообмінного обладнання схеми;
- в першому наближенні виконувались розрахунки теоретичних циклів теплонасосних установок, які в подальшому уточнювались.

Математичний опис запропонованої для досліджень моделі наведений нижче.

Початкові дані для розрахунку теплової схеми в міжопалювальний період: параметри пари на виході з котлів та з урахуванням потреб споживача; витрата пари на технологічні споживачі; частка повернення зворотного конденсату в котельню від різних груп споживачів; температура зворотного конденсату; температура живильної води; температура сирієї води; величина переохолодження конденсату; величина охолодження пари.

Питома дійсна робота компресора теплового насоса, кДж/кг

$$l_{\text{км}} = h_2 - h_1 = \frac{h_{2a} - h_1}{\eta_{oi}^{\text{км}}} = \frac{l_{\text{кмо}}}{\eta_{oi}^{\text{км}}}. \quad (2.1)$$

Питома підведена робота електродвигуна теплового насоса, кДж/кг

$$l_{\text{ед}} = l_{\text{під}} = \frac{l_{\text{км}}}{\eta_{\text{ем}}} = \frac{h_{2a} - h_1}{\eta_{oi}^{\text{км}} \cdot \eta_{\text{ем}}}. \quad (2.2)$$

Питома теплота, що відводиться з конденсатора теплового насоса, кДж/кг

$$q_{\text{к}} = h_2 - h_3 = h_2 - (h_2'' - r). \quad (2.3)$$

Питома теплота, яка підводиться від низькотемпературного джерела у випарник, кДж/кг

$$q_{\text{в}} = h_1 - h_4. \quad (2.4)$$

Рівняння енергетичного балансу теплового насоса, кДж/кг

$$I_{\text{км}} + q_{\text{в}} = q_{\text{к}} = q_{\text{тну}},$$

або

$$I_{\text{кмо}} / \eta_{\text{oi}}^{\text{км}} + q_{\text{в}} = q_{\text{к}} = q_{\text{тну}}, \quad (2.5)$$

Ефективний ККД газопоршневого двигуна для привода теплового насоса

$$\eta_{\text{е}} = 0,123 / b_{\text{у}}. \quad (2.6)$$

Повний ККД газопоршневого двигуна і електрогенератора

$$\eta_{\text{д}} = \eta_{\text{е}} \cdot \eta_{\text{ем}}, \quad (2.7)$$

Питома витрата умовного палива на двигун-генератор, кг/(кВт·год)

$$b_{\text{у}}^{\text{д}} = 0,123 / \eta_{\text{д}}. \quad (2.8)$$

Теоретична маса повітря, необхідна для спалювання 1 м³ пробочного палива в двигуні, кг/м³

$$M^{\circ} = V^{\circ} \cdot \rho, \quad (2.9)$$

Питома витрата суміші газопоршневого двигуна (повітря і палива), кг/м³

$$M_{\text{см}} = 1 + \alpha \cdot M^{\circ}, \quad (2.10)$$

Витрата умовного палива на газопоршневий двигун для привода компресора,
кг/с

$$B_y^d = \frac{b_y^d \cdot N_{\text{км}}}{3,6}, \quad (2.11)$$

Витрата робочого палива на газопоршневий двигун, м³/с

$$B_p^d = \frac{B_y^d \cdot Q_{\text{нy}}^p}{Q_{\text{н}}^p}, \quad (2.12)$$

Витрата відхідних газів після газопоршневого двигуна, кг/с

$$G_{\text{вг}} = B_p^d \cdot M_{\text{см}}. \quad (2.13)$$

Потужність утилізатора відхідних газів газопоршневого двигуна, МВт

$$Q_{\text{yт}} = G_{\text{вг}} \cdot C_{\text{рг}} \cdot (t_{\text{д}} - t_{\text{yт}}'') \cdot \eta_{\text{то}} \cdot 10^{-3}, \quad (2.14)$$

Потужність системи охолодження газопоршневого двигуна, МВт

$$Q_{\text{ох}} = 0,2 \cdot B_p^d \cdot Q_{\text{н}}^p \cdot \eta_{\text{то}}. \quad (2.15)$$

Загальна потужність теплоутилізаційного устаткування газопоршневого
двигуна, МВт

$$\Sigma Q_{\text{yт}} = Q_{\text{yт}} + Q_{\text{ох}}. \quad (2.16)$$

Загальна теплова потужність когенераційного теплового насосу, МВт

$$Q_{\text{КТНУ}} = Q_{\text{К}} + \Sigma Q_{\text{УТ}}, \quad (2.17)$$

Температура води після конденсатора теплового насоса, °С

$$t_{\text{ТН}} = t_{\text{К}} - \theta, \quad (2.18)$$

Масова витрата холодоагенту, що циркулює в контурі теплового насоса, кг/с

$$G_{\text{ХА}} = \frac{Q_{\text{ТНУ}} \cdot 10^3}{q_{\text{К}} \cdot \eta_{\text{ТО}}}, \quad (2.19)$$

Потужність, яка витрачається на компресор теплового насоса, МВт

$$N_{\text{КМ}} = \frac{G_{\text{ХА}} \cdot H_{\text{Р}}}{\eta_{\text{ЕМ}} \cdot 10^3}, \quad (2.20)$$

Теплова потужність випарника теплового насоса, МВт

$$Q_{\text{В}} = G_{\text{ХА}} \cdot q_{\text{В}} \cdot 10^{-3}. \quad (2.21)$$

Коефіцієнт перетворення когенераційного теплового насоса

$$\varphi = \frac{Q_{\text{КТНУ}}}{N_{\text{КМ}}}. \quad (2.22)$$

Питома витрата умовного палива тепловим насосом, кг/ГДж

$$b_{\text{У}}^{\text{ТНУ}} = \frac{B_{\text{У}}^{\text{ТНУ}}}{[Q_{\text{ТНУ}} \cdot 10^{-3}]}. \quad (2.23)$$

Процентна економія умовного палива в тепловій схемі за рахунок використання когенераційного теплового насосу, %

$$\Delta B_y (\% / \%) = \frac{\Delta B_y \cdot 100}{B_y^{\text{заг}}} \quad (2.24)$$

Коефіцієнта перетворення когенераційного теплового насоса:

$$\varphi_T^{\text{КТНУ}} = \varphi_T + K_{\text{ГПД}}^T, \quad (2.25)$$

де $K_{\text{ГПД}}^T$ – тепловий коефіцієнт газопоршневого двигуна.

Дійсний коефіцієнт перетворення когенераційного теплового насоса

$$\varphi^{\text{КТНУ}} = \varphi_T^{\text{КТНУ}} \cdot \eta_{\text{ТН}}, \quad (2.26)$$

Потужність теплового споживача котельні

$$Q_{\text{сп}} = D_{\text{сп}} (h_{\text{сп}} - h_{\text{ксп}}) + D_{\text{сп}} (1 - \alpha_{\text{сп}}) (h_{\text{ксп}} - h_{\text{дв}}), \quad (2.27)$$

Рівняння балансу пари

$$D_o = D_{\text{сп}} + D_d, \quad (2.28)$$

Матеріальний баланс котлів

$$G_{\text{жв}} = D_o p + D_o \alpha_{\text{вп}} + D_o, \quad (2.29)$$

Витрата пари на споживачів

$$G_{\text{ксп}} = \beta_{\text{сп}} \cdot D_{\text{сп}}, \quad (2.30)$$

Матеріальний баланс деаератора

$$G_{\text{жв}} = D_{\text{д}} + G_{\text{ксп}} + G_{\text{дв}}, \quad (2.31)$$

Тепловий баланс деаератора

$$G_{\text{жв}} h_{\text{жв}} = D_{\text{д}} h_{\text{д}} + G_{\text{ксп}} h_{\text{ксп}} + G_{\text{дв}} h_{\text{дв}}, \quad (2.32)$$

Теплова потужність парової котельні

$$Q_{\text{к}} = D_{\text{о}} (1 + \alpha_{\text{вп}}) (h_{\text{о}} - h_{\text{жв}}) + D_{\text{оп}} (h_{\text{кв}} - h_{\text{жв}}), \quad (2.33)$$

Витрата умовного та робочого палива паровою котельнею, відповідно

$$B_{\text{у}} = \frac{Q_{\text{к}}}{Q_{\text{ну}}^{\text{р}} \cdot \eta_{\text{к}}}, \quad (2.34)$$

$$B_{\text{р}} = \frac{Q_{\text{к}}}{Q_{\text{н}}^{\text{р}} \cdot \eta}, \quad (2.35)$$

ККД котельні з виробництва теплоти

$$\eta_{\text{кот}}^{\text{вир}} = \frac{D_{\text{сп}} h_{\text{сп}} - G_{\text{ксп}} h_{\text{ксп}}}{B_{\text{у}} \cdot Q_{\text{ну}}^{\text{р}}}, \quad (2.36)$$

Розрахункова економія робочого палива для певного періоду

$$\Delta B_p = \frac{B_p^{\text{існ}} - B_p^{\text{мод}}}{B_p^{\text{мод}}} \cdot 100\%, \quad (2.37)$$

2.3 Результати математичного моделювання та їх аналіз

На рис. 2.13 – 2.15 показані характеристики роботи утилізатора теплоти відхідних газів котельні для трьох сезонів її роботи.

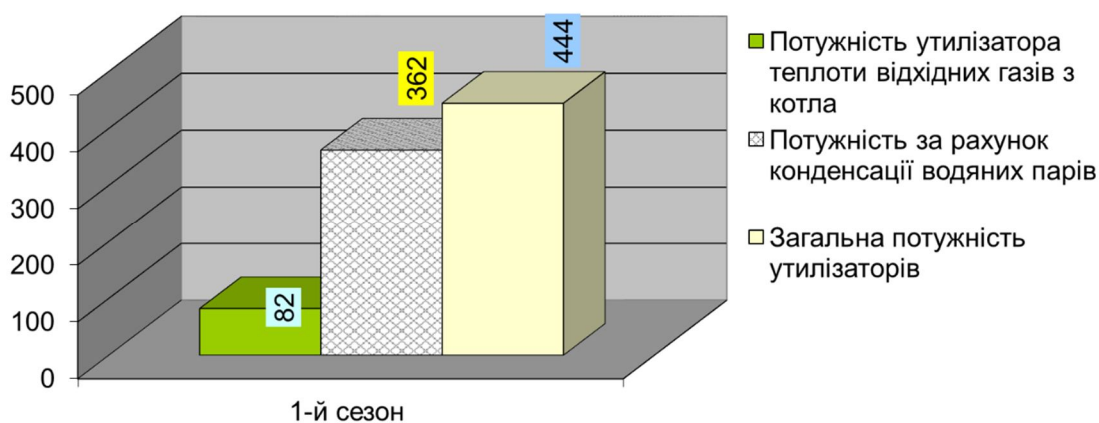


Рис. 2.13 – Показники роботи утилізатора, кВт

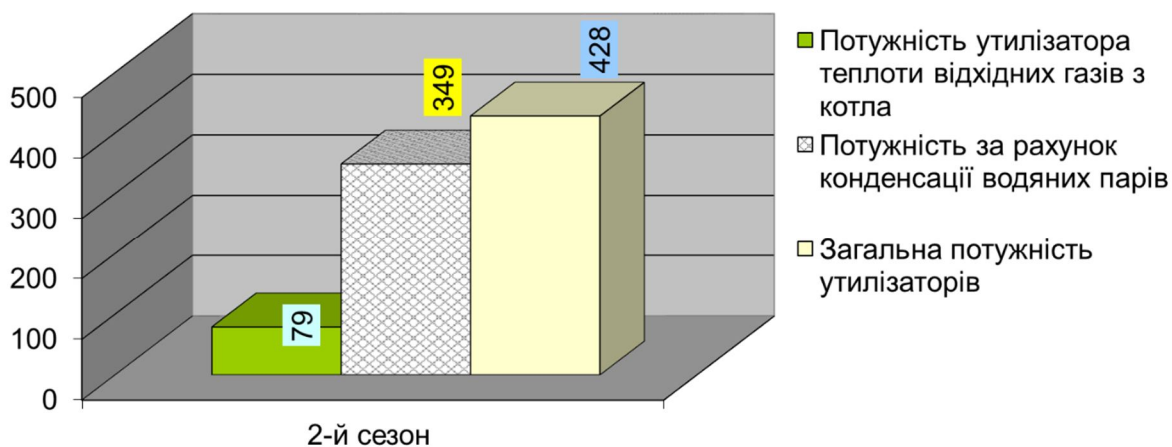


Рис. 2.14 – Показники роботи утилізатора, кВт

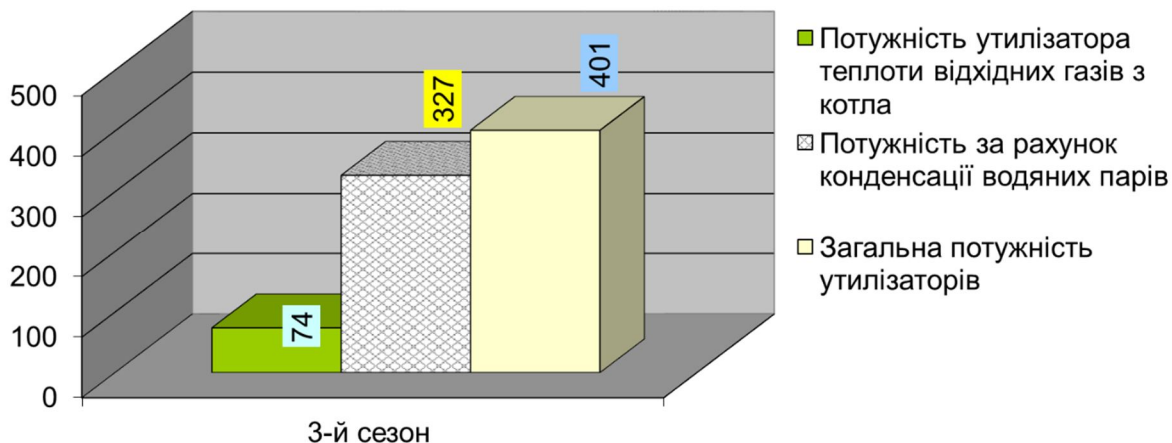


Рис. 2.15 – Показники роботи утилізатора, кВт

Виконаний розрахунок теплонасосної установки для теплової схеми котельні заводу, значення потужностей конденсатора та компресора показані для трьох сезонів на рис. 2.16- 2.18.

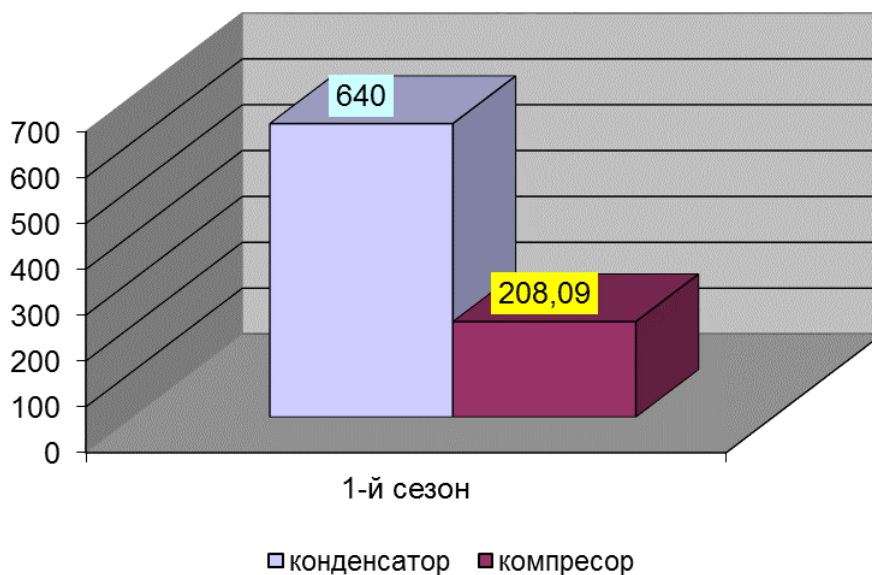


Рис. 2.16 – Показники теплонасосної установки, кВт

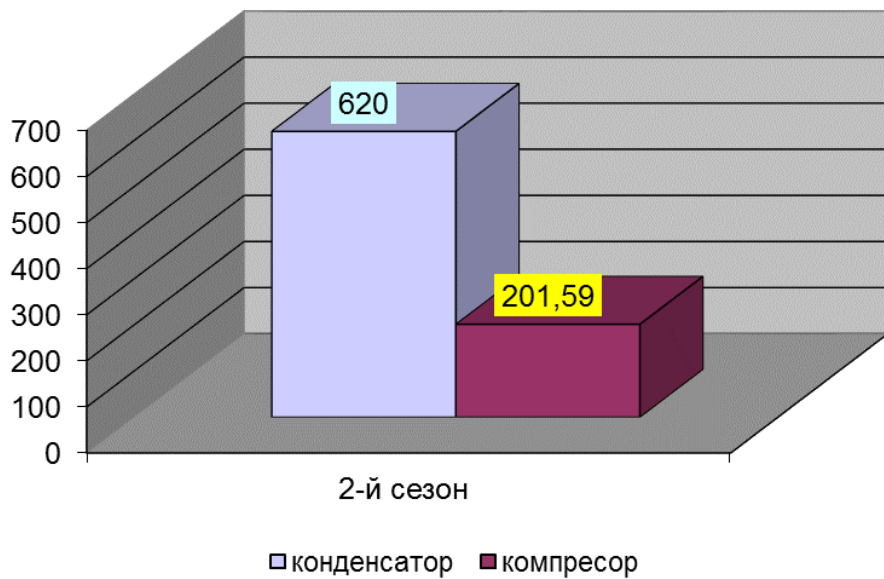


Рис. 2.17 – Показники теплонасосної установки, кВт

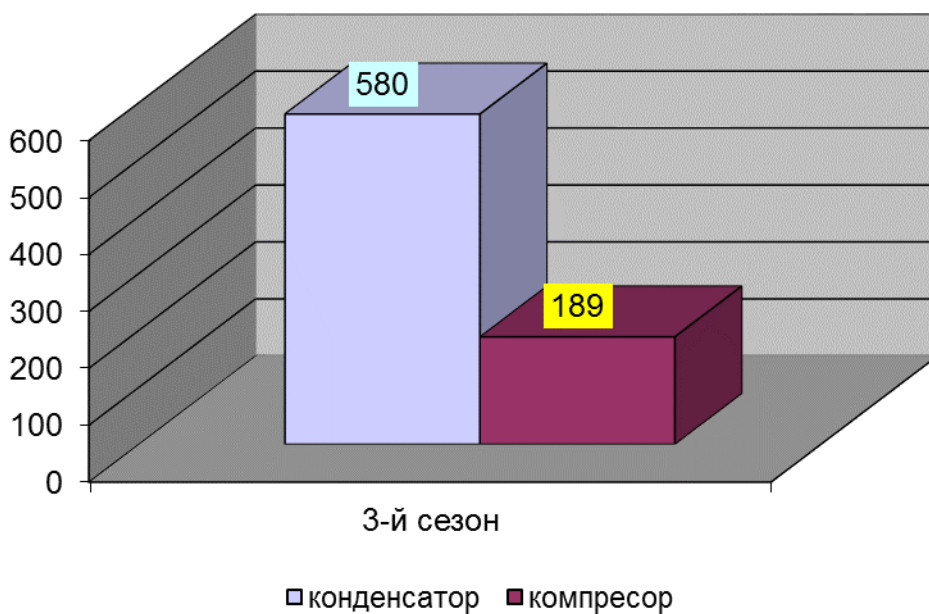


Рис. 2.18 – Показники теплонасосної установки, кВт

Значення потужностей конденсатора, випарника та компресора показані для трьох сезонів на рис. 2.19. Значення електричної та теплової потужностей теплонасосної установки показані для трьох сезонів на рис. 2.20.

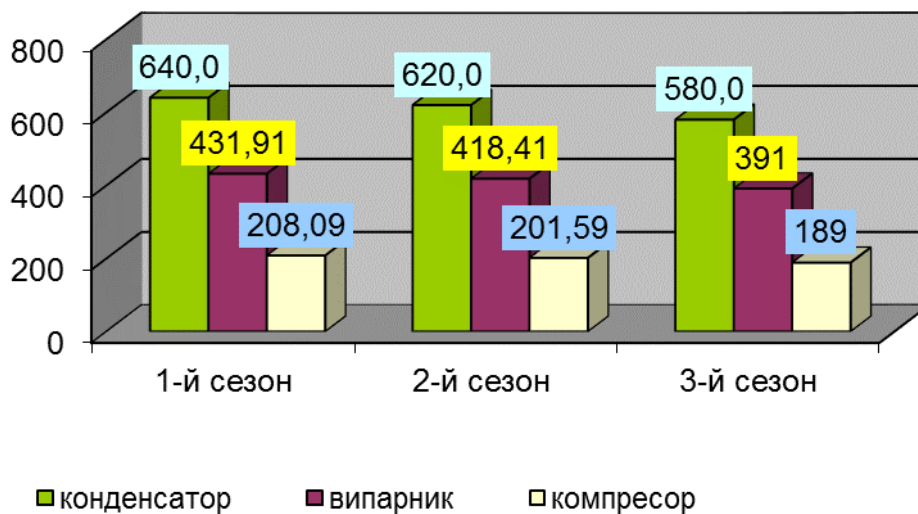


Рис. 2.19 – Показники теплонасосної установки для трьох сезонів, кВт

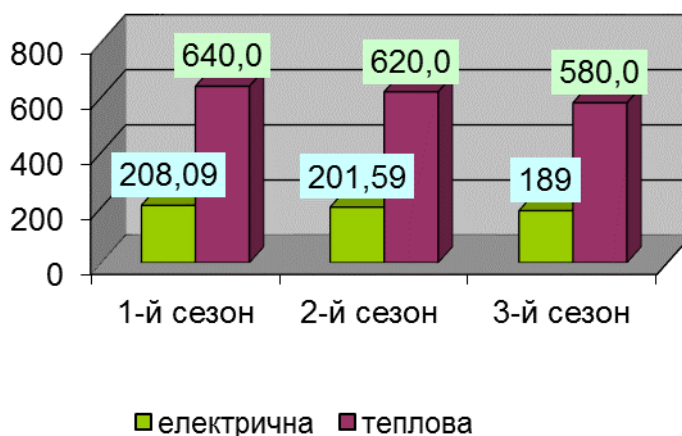


Рис. 2.20 – Показники електричної та теплової потужностей теплонасосної установки, кВт

Результати розрахунку теплонасосної установки та утилізатора теплоти відхідних газів котельні, показані на рис. 2.13 – 2.20, дозволяють оптимізувати вибір необхідних потужностей для встановлення нового обладнання.

Результати розрахунку потужностей конденсатора та двох систем утилізації теплоти газопоршневого двигуна для різних сезонів роботи показані на рис. 2.21 – 2.23.

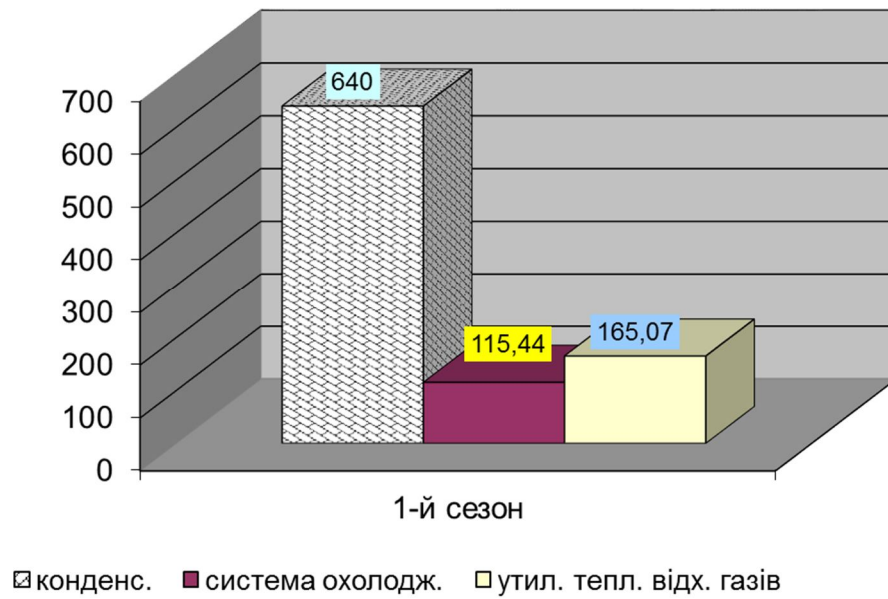


Рис. 2.21 – Потужності конденсатора теплового насосу та утилізаторів газопоршневого двигуна, кВт

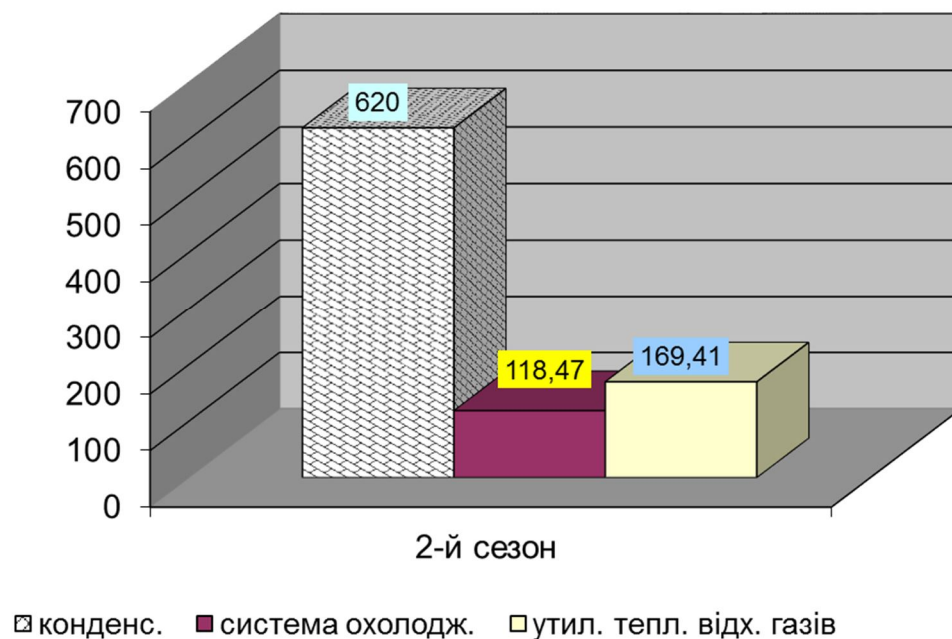


Рис. 2.22 – Потужності конденсатора теплового насосу та утилізаторів газопоршневого двигуна, кВт

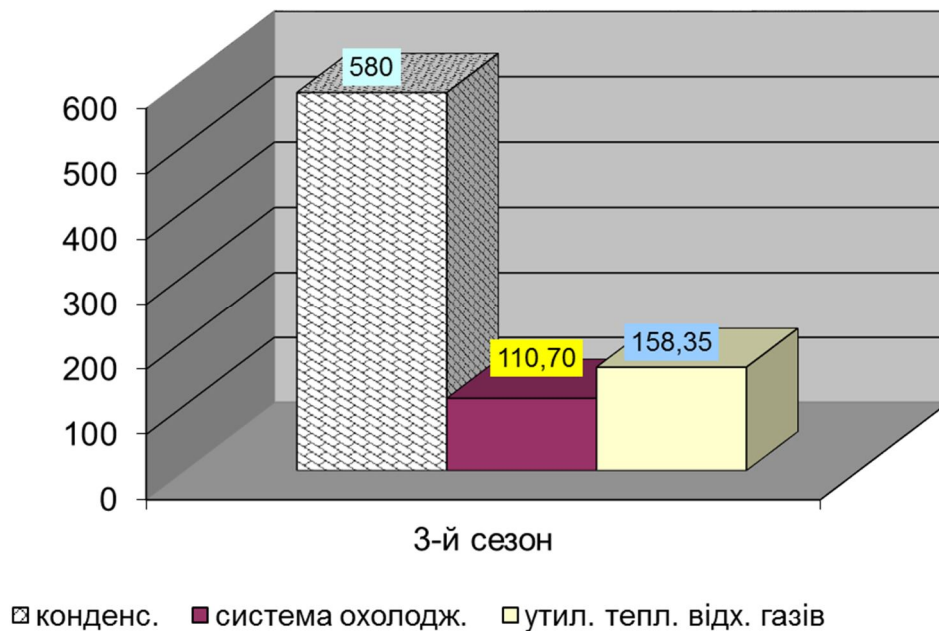


Рис. 2.23 – Потужності конденсатора теплового насосу та утилізаторів газопоршневого двигуна, кВт

Результати розрахунку потужностей конденсатора та утилізаторів теплоти газопоршневого двигуна та його споживаної потужності для різних сезонів роботи показані на рис. 2.24 – 2.26.

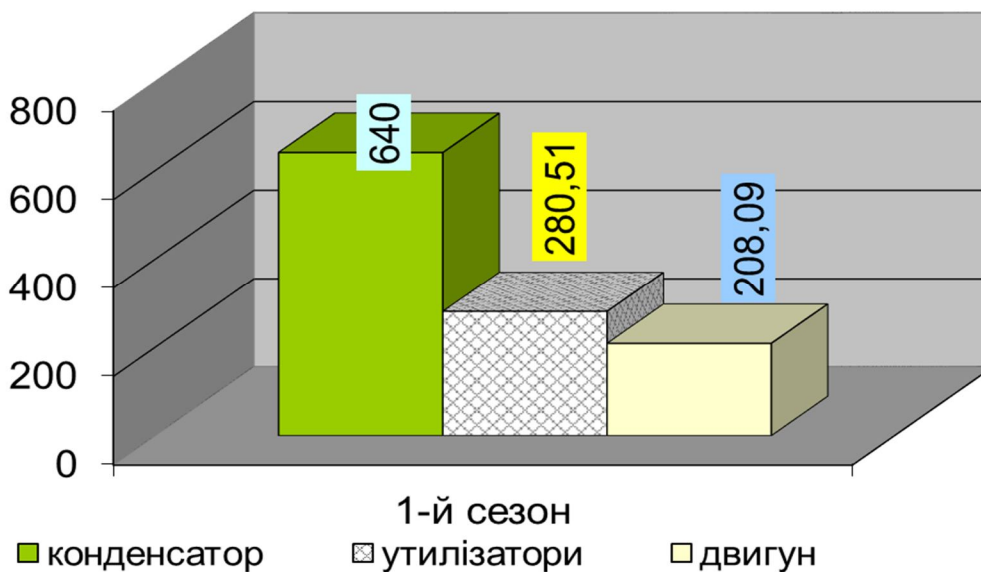


Рис. 2.24 – Потужності елементів ГПД та ТНУ, кВт

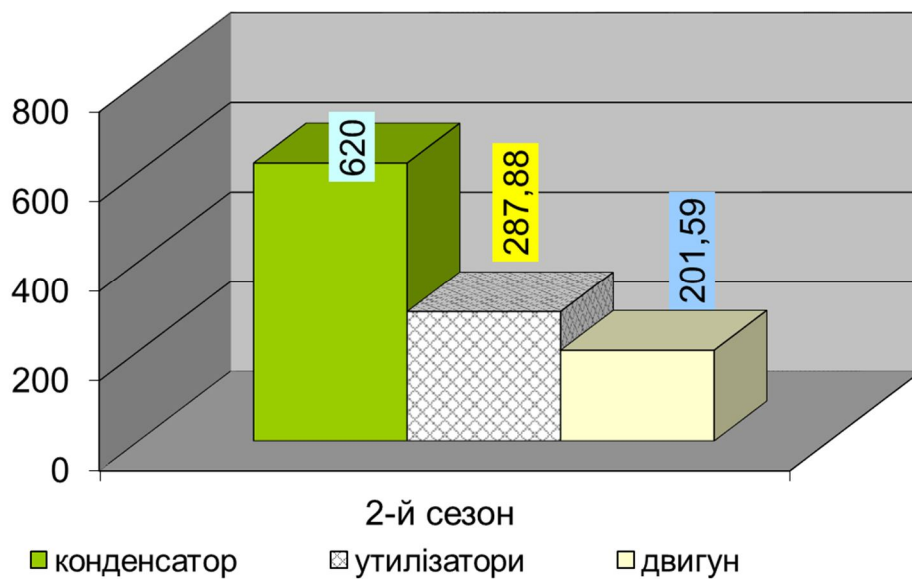


Рис. 2.25 – Потужності елементів ГПД та ТНУ, кВт

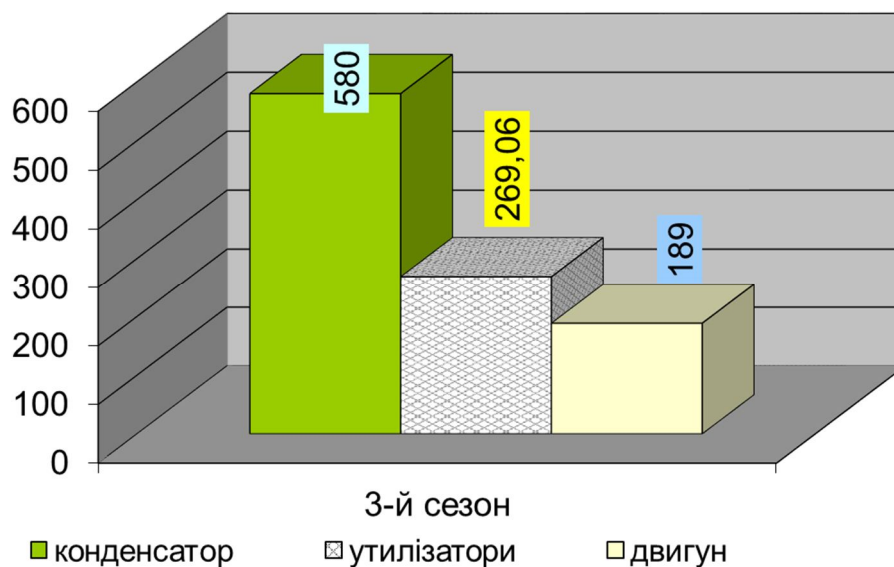


Рис. 2.26 – Потужності елементів ГПД та ТНУ, кВт

Результати розрахунків, показані на рис. 2.21 – 2.26, дозволяють оптимізувати вибір необхідних споживаних та згенерованих потужностей для встановлення нового обладнання.

Показники ефективності роботи теплової схеми парової котельні заводу з теплонасосною установкою показані на рис. 2.27 – 2.30.

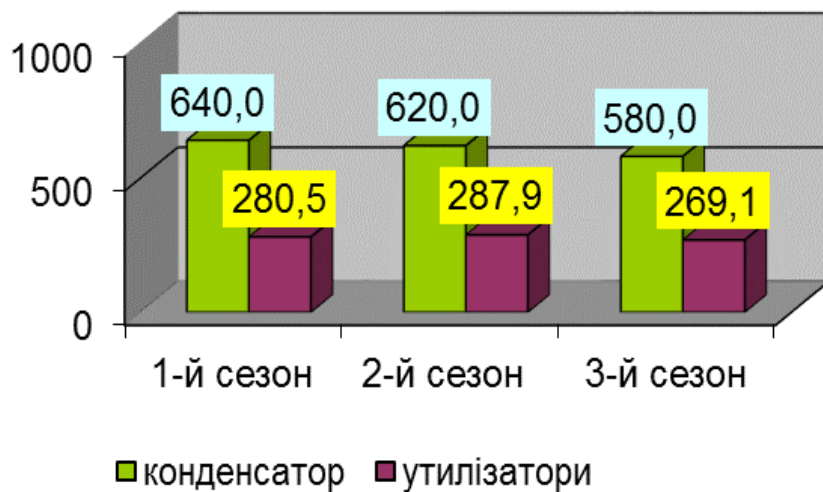


Рис. 2.27 – Показники роботи теплової схеми, кВт

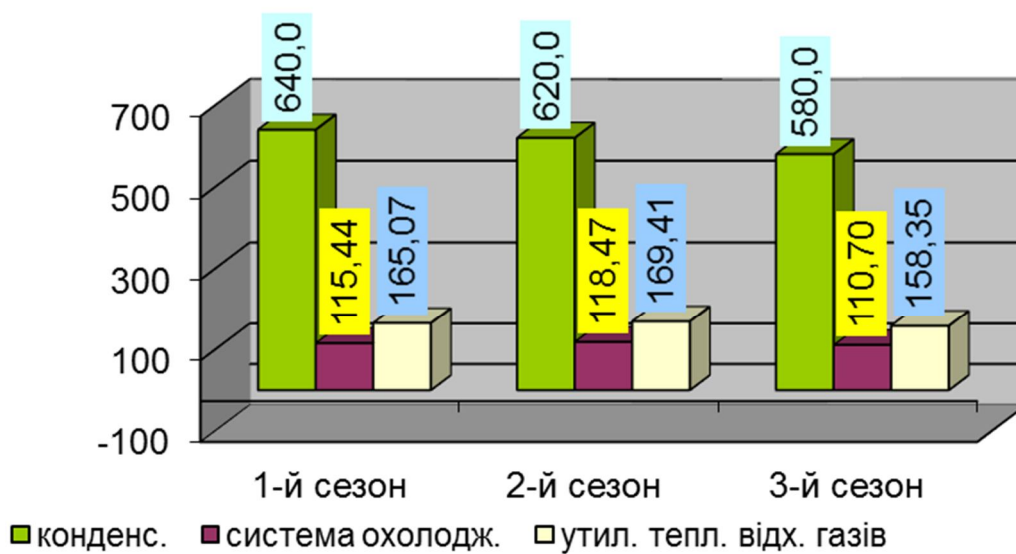


Рис. 2.28 – Показники роботи теплової схеми, кВт

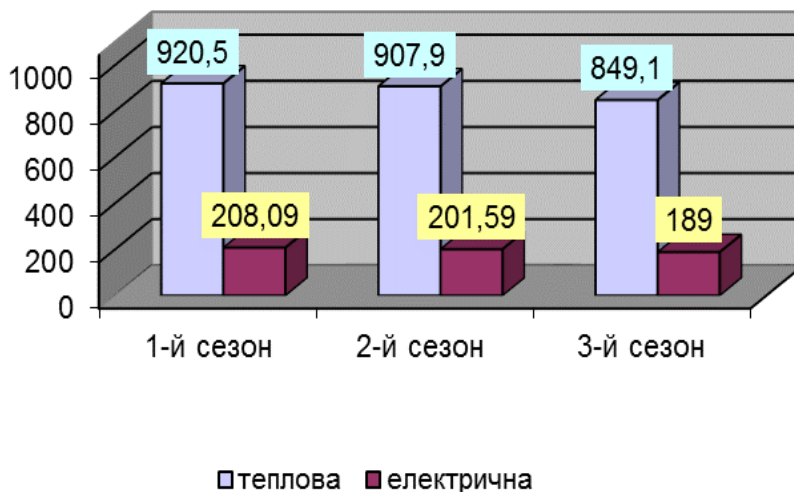


Рис. 2.29 – Показники роботи теплової схеми, кВт

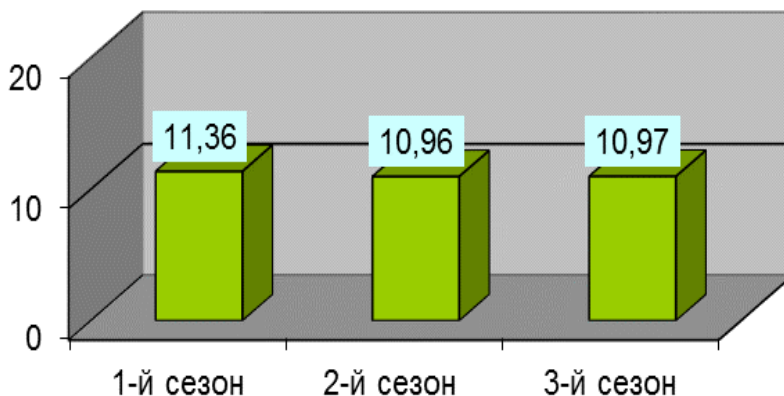


Рис. 2.30 – Показники економії робочого палива теплової схеми з теплонасосною установкою, %

За результатами математичного моделювання та аналізу результатів проведених досліджень, представлених в цьому розділі, визначено низку показників нового обладнання для теплової схеми, що дозволить здійснити обґрунтований вибір типорозмірів обладнання. За результатами моделювання визначено, що застосування когенераційної теплонасосної установки в тепловій схемі досліджуваної котельні забезпечуватиме економію природного газу у діапазоні 10,96...11,36%, що зумовить зменшення експлуатаційних витрат котельні заводу та забезпечить зниження собівартості теплоти.

2.4 Математичне програмне забезпечення розрахунків

Розрахунки циклів теплового насоса для досліджуваної теплової схеми котельні виконувались в програмі SOLKANE SoftWare 8.0 [26]. Ця програма має широкі можливості з моделювання циклів теплових насосів з різними холодоагентами.

Нами оцінено комплекс показників екобезпеки для низки варіантів підвищення енергоефективності теплової схеми котельні. Розрахунки показників екологічної безпеки для варіантів підвищення енергоефективності теплової схеми котельні виконані в програмі «EPA Simplified GHG Emissions Calculator (SGEC)» [27]. Результати проведених досліджень з використанням цієї програми опубліковані у наших наукових публікаціях [1 -2].

2.5 Вибір теплонасосного й когенераційного устаткування для теплової схеми

За результатами проведених досліджень та результатів, представлених в цьому розділі, оцінено енергетичні та екологічні переваги застосування когенераційних теплонасосних установок для підвищення ефективності енерговикористання у тепловій схемі промислово-опалювальної котельні заводу. Впровадження теплової схеми котельні когенераційної теплонасосної установки з газовим двигуном на природному газі забезпечить поліпшення техніко-економічних та екологічних показників котельні заводу. В результаті був обраний варіант модернізації теплової схеми промислово-опалювальної котельні заводу з утилізацією в когенераційній теплонасосній установці теплоти вторинних енергоресурсів працюючої котельні.

За результатами виконаних досліджень, аналізу та узагальнення результатів, можна здійснити вибір наступного обладнання.

Із [28] вибираємо два теплових насоси фірми OCHSNER марки IWWS 340ER2 з розрахунковою тепловою продуктивністю 337,4 кВт кожен.

Вибираємо два газопоршневих двигуна-генератора марки GeneracSG160 з номінальною електричною потужністю електрогенератора у 160 кВт [29].

Вибираємо утилізаційне обладнання КТАН-утилізатор марки КТАН-0,1УГ [30].

2.6 Висновки до розділу 2

В даному розділі виконаний аналіз проваджених проектів з використання промислових теплових насосів у Європі на основі даних, представлених асоціацією ЕНРА, для дослідження показників варіантів теплової схеми парової котельні Вінницького заводу фруктових концентратів та вин із встановленням теплонасосної установки розроблено математичну модель. Виконана оцінка показників енергетичної ефективності трьох варіантів застосування когенераційних теплонасосних установок в тепловій схемі котельні заводу. За результатами математичного моделювання та аналізу результатів проведених досліджень, представлених в цьому розділі, визначено низку показників нового обладнання для теплової схеми, що дозволить здійснити обґрунтований вибір типорозмірів обладнання. За результатами моделювання визначено, що застосування когенераційної теплонасосної установки в тепловій схемі досліджуваної котельні забезпечуватиме економію природного газу у діапазоні 10,96...11,36%, що зумовить зменшення експлуатаційних витрат котельні заводу та забезпечить зниження собівартості теплоти, тому даний варіант був обраний до впровадження.

За результатами виконаних досліджень, аналізу та узагальнення результатів, здійснили вибір наступного обладнання: двох теплових насосів фірми OCHSNER марки IWWS 340ER2 з розрахунковою тепловою продуктивністю 337,4 кВт кожен, двох газопоршневих двигунів-генераторів марки GeneracSG160 з номінальною електричною потужністю електрогенератора у 160 кВт, КТАН-утилізатор марки КТАН-0,1УГ.

3 ТЕХНОЛОГІЯ МОНТАЖУ ОБЛАДНАННЯ КОГЕНЕРАЦІЙНИХ ТЕПЛОНАСОСНИХ УСТАНОВОК

В МКР розроблена технологія монтажу когенераційних теплонасосних установок на базі котельні. З попередніх розрахунків на котельні були обрані до встановлення:

- два теплових насосу фірми OCHSNER марки IWWS 340ER2 з розрахунковою тепловою продуктивністю 337,4 кВт кожен;
- два газопоршневі двигуна-генератори марки GeneracSG160 з номінальною електричною потужністю електрогенератора у 160 кВт кожен.

Принципова схема встановлення водо-водяного теплового насоса з проміжним контуром показана на рис. 3.1. Оскільки водні джерела містять осадкові речовини, необхідно між випарником та водяним джерелом встановлювати проміжний циркуляційний контур.

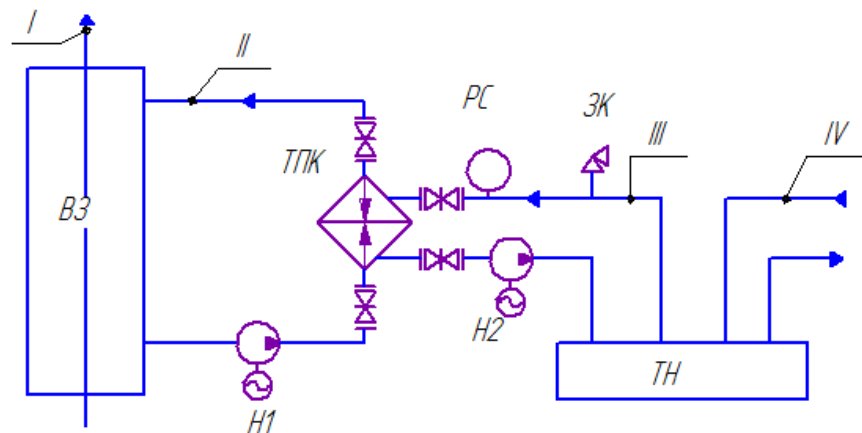


Рисунок 3.1 – Принципова схема встановлення водо-водяного теплового насоса з проміжним контуром: ВЗ – проточний водозбірник; ТПК – теплообмінний апарат первинного контуру; Н₁, Н₂ – насоси для водяного джерела та проміжного контуру; РС – розширювальна посудина; ЗК – запобіжний клапан; I – лінія природної циркуляції водяного потоку, що утилізується; II – циркуляційний контур водяного потоку через ТПК; III – проміжний контур чистої та демінералізованої води; IV – вторинний контур (споживача теплового навантаження)

В МКР виконані необхідні технічні розрахунки з розробки технології монтажу вищезазначеного нового обладнання в тепловій схемі котельні з використанням інформаційних джерел [31 - 42], результати представлені в додатку В.

Розрахунок трубопроводів.

В тепловій схемі для трубопроводів використаємо сталеві труби.

Діаметр трубопроводу в контурі від утилізатора димових газів до пластинчастого теплообмінника

$$d_{\text{ут.дг.}} = \sqrt{\frac{4 \cdot G_{\text{ут.дг.}}}{\pi \cdot \omega \cdot \rho_{\text{в}}}}, \quad (3.1)$$

де ω – швидкість теплоносія в трубопроводі, приймаємо $\omega=2$ м/с;

ρ – густина теплоносія в трубопроводі, кг/м^3 .

$$d_{\text{ут.дг.}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,42}{3,14 \cdot 2 \cdot 999,8}} = 0,016 \text{ (м)}.$$

Приймаємо трубопровід стандартного діаметру $d = 26 \times 3$ мм ($d_y = 20$ мм).

Діаметр трубопроводу в контурі від теплообмінника до утилізатора відхідних газів

$$d_{\text{то.ут.}} = \sqrt{\frac{4 \cdot G_{\text{то.ут.}}}{\pi \cdot \omega \cdot \rho_{\text{в}}}}, \quad (3.2)$$

$$d_{\text{то.ут.}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,42}{3,14 \cdot 2 \cdot 999,8}} = 0,016 \text{ (м)}.$$

Приймаємо трубопровід стандартного діаметру $d = 26 \times 3$ мм ($d_y = 20$ мм).

Діаметр труб в контурі від випарника до теплообмінника

$$d_{\text{вип.то.}} = \sqrt{\frac{4 \cdot G_{\text{вип.}}}{\pi \cdot \omega \cdot \rho_{\text{в}}}}, \quad (3.3)$$

$$d_{\text{вип.то.}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,6}{3,14 \cdot 2 \cdot 999,8}} = 0,04 \text{ (м)}.$$

Приймаємо трубопровід стандартного діаметру $d = 48 \times 4 \text{ мм}$ ($d_y = 40 \text{ мм}$).

Діаметр труб в контурі від теплообмінника до випарника

$$d_{\text{то.вип.}} = \sqrt{\frac{4 \cdot G_{\text{то.}}}{\pi \cdot \omega \cdot \rho_{\text{в}}}}, \quad (3.4)$$

$$d_{\text{то.вип.}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,6}{3,14 \cdot 2 \cdot 999,8}} = 0,04 \text{ (м)}.$$

Приймаємо трубопровід стандартного діаметру $d = 48 \times 4 \text{ мм}$ ($d_y = 40 \text{ мм}$).

Діаметр трубопроводу в контурі від теплової мережі до конденсатора

$$d_{\text{мв}} = \sqrt{\frac{4 \cdot G_{\text{мв}}}{\pi \cdot \omega \cdot \rho_{\text{в}}}}, \quad (3.5)$$

$$d_{\text{мв}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,89}{3,14 \cdot 2 \cdot 999,8}} = 0,035 \text{ (м)}.$$

Приймаємо трубопровід стандартного діаметру $d = 48 \times 4 \text{ мм}$ ($d_y = 40 \text{ мм}$).

Діаметр трубопроводу в контурі від конденсатора до споживача

$$d_k = \sqrt{\frac{4 \cdot G_k}{\pi \cdot \omega \cdot \rho_B}}, \quad (3.6)$$

$$d_k = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,89}{3,14 \cdot 2 \cdot 999,8}} = 0,035 \text{ (м)}.$$

Приймаємо трубопровід стандартного діаметру $d = 48 \times 4$ мм ($d_y = 40$ мм).

Висновки

В розділі МКР виконаний розрахунок діаметрів трубопроводів для підведення і відведення теплоносіїв до когенераційної теплонасосної установки, було підібрано насоси для перекачування теплоносіїв.

Виконано компоновку обладнання, розроблено схеми прокладення трубопроводів, враховані рекомендації по виконанню робіт, визначена трудоемкість монтажних робіт. Розраховано необхідну кількість виробів та матеріалів для монтажу проектованої системи, оцінено потребу в допоміжних матеріалах, виконаний підбір і машин, механізмів та пристосувань для виконання монтажних робіт. Визначено, що загальна маса вантажів становить 18699 кг, а загальна маса теплонасосних установок, що планується встановлювати в котельні, становить 9000 кг.

Розроблені: календарний графік монтажу когенераційної теплонасосної установки, а також графіки руху робітників, машин та механізмів. Розрахункова тривалість монтажних робіт відповідно до календарного плану монтажу складає 49,76 дні.

4 АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ ПАРОВОЇ КОТЕЛЬНОЇ

В МКР розроблено систему автоматичного регулювання (САР) парової промислово-опалювальної котельні заводу з використанням літературних джерел [43 - 52], технічні розрахунки та характеристика САР наведені в додатку Г.

Зазначена парова котельня використовується для забезпечення технологічних потреб виробництва, для опалення цехів і адміністративного корпусу заводу.

Основними факторами, що впливають на даний технологічний процес, є:

- витрата робочого палива – у разі її зміни відбувається зміна співвідношення складу спалюваної горючої суміші, змінюється тиск димових газів та температура у парогенераторі;

- витрата повітря – у разі її зміни відбувається зміна співвідношення складу спалюваної суміші, а також змінюється тиск димових газів у парогенераторі;

- розрідження – його зміна спричиняє зміну витрати димових газів з котла;

- тиск повітря;

- атмосферний тиск – при зміні цього тиску відбудеться зміна тисків палива і повітря.

Об'єктом керування є паровий котел. Основними технологічними параметрами і факторами, що впливають на роботу парового котла є наступні.

Вихідні величини:

- тиск газів в топці котла;
- температура пари на виході котла.

Вхідні величини:

- витрата робочого палива;
- витрата повітря;
- витрата димових газів.

Збудуючі величини, які можна регулювати:

- витрата палива;
- тиск повітря.

Збурюючі величини, які не можна регулювати:

- абсолютний тиск.

Стабілізувати, тобто усунути всі збурення не можна, тому витрата палива, витрата повітря і розрідження є взаємопов'язаними параметрами. Усунути можна тільки одне збурення – витрату води/пари через котел. Витрата пари стабілізується за допомогою підживлення водою із мережі. Крім того, температура пари повинна змінюватися в залежності від потреб споживача. Аналізуючи ці збурення, можна дійти висновку, що економічно доцільним буде використання в якості регулюючого впливу зміни подачі палива.

Отже, в парогенераторі є наступні САР:

- САР потужності котла;
- САР співвідношення «паливо-повітря»;
- САР рівня води в барабані котла;
- САР тиску в деаераторі;
- САР живлення системи.

Висновки

В МКР проведено розробку функціональної схеми автоматизації парової котельні. Розроблені САР потужності парового котла, САР співвідношення палива і повітря, САР рівня води в барабані, САР тиску в деаераторі, САР підживлення. Розроблено технологічні захисти при: загазованості котельні, при відключенні електроенергії, при погасанні факела пальника, при зміні тиску повітря. Розроблена функціональна схема автоматики котельні на форматі АЗ. Підібрані регулятори та вимірювальні пристрої, що будуть здійснювати процеси регулювання в схемі. Виконано розрахунок клапану подачі підживлювальної води.

5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

В даному розділі необхідно оцінити економічну ефективність інвестицій у влаштування нового обладнання.

Для розрахунку кошторсної вартості влаштування обладнання дотримувалися вимог Кошторсних норм України „Настанова з визначення вартості будівництва” від 02.05.2022 і використовували кошторисну програму “АВК” із специфікацією обладнання.

Для визначення кошторсної вартості влаштування обладнання розробляємо локальний кошторсний документ за допомогою програмного комплексу АВК (табл.Д.1 у Додатку Д) на основі: ресурсних елементних кошторсних норм на будівельні роботи (РЕКН); кошторсних цін на матеріали, вироби та конструкції загально виробничі витрати розраховані відповідно до усереднених показників додатка 18 до Настанови з визначення вартості будівництва.

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 загально виробничих витрат.

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

Загально виробничі 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.

Загальні витрати інноваційного проекту представлені в таблиці 5.1, розраховуються у відсотках від кошторсної вартості будівельно-монтажних робіт (значення приймається з локального кошторису таблиці Д.1).

Таблиця 5.1 – 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	58,38
Вивчення інформаційних джерел, патентний пошук	0,2	1	11,68
Техніко-економічне обґрунтування	1,5	3	87,58
Проектування	2,5	4	145,96
Експертиза інноваційного рішення	1	1	58,38
Витрати на придбання патентів, ліцензій, ноу-хау, технологій	2	2	116,77
Виготовлення нового виробу	100	6	5838,35
Витрати на пусконаладжувальні роботи, комплексне освоєння проектних потужностей і досягнення техніко-економічних показників	3	1	175,15
Витрати на підготовку кадрів	5	2	291,92
Всього		21	6784,16

Показники комерційної ефективності проекту (таблиця 5.2).

Таблиця 5.2 – Показники комерційної ефективності проекту, тис. грн.

№	Показники	Рік						
		-1	0	1	2	3	4	5
1	Потік реальних грошей	- 478,74	- 6436,42	3341,68	3396,36	3399,62	3400,87	3422,29
2	Сальдо реальних грошей	- 478,74	-5967,4	3341,68	3354,13	3357,39	3362,76	3388,30
3	Сальдо накопичених реальних грошей за п.2	- 478,74	- 6446,14	- 3104,46	249,67	3607,06	6969,81	10358,11
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	- 555,34	- 6436,42	2880,76	2524,05	2177,99	1878,27	1629,40
6	Інтегральний економічний ефект(накопичена чиста вартість) за п.5 ((t)+(t-1))	- 555,34	- 6991,76	- 4111,00	- 1586,96	591,04	2469,31	4098,70

З таблиці 5.2 видно додатне сальдо накопичених реальних грошей на третьому році реалізації проекту.

Оцінювання економічної ефективності інноваційного проекту

Чистими грошовими надходженнями визначаються за формулою:

$$NV = \sum_{t=0}^{T_p} NCF_t = \sum_{t=0}^{T_p} R_t - Z_t - N_t - K_t, \quad (5.1)$$

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.

$$NV = 10045,65 \text{ тис. грн.}$$

Чиста поточна вартість

$$NPV = \sum_{t=0}^{T_p} NCF_t \cdot \eta_t = \sum_{t=0}^{T_p} (R_t - Z_t - N_t - K_t) \cdot \eta_t, \quad (5.2)$$

де $\eta_t = 0,16$. коефіцієнт дисконтування.

$$NPV = 4098,7 \text{ тис. грн.}$$

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.

Термін окупності інвестицій

Термін окупності

$$\sum_{t=0}^{T_p} (P_t - B_t) \cdot \eta_t = \sum_{t=0}^{T_p} K_t \cdot \eta_t \quad (5.3)$$

Розрахунок терміну окупності кумулятивним методом

Кумулятивний метод передбачає знаходження періоду окупності за формулою:

$$T = t + \frac{COF_t}{CIF_{t+1}}, \quad (5.4)$$

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 5.3.

Таблиця 5.3 – Розрахунок простого терміну окупності кумулятивним методом, тис. грн.

Показник	Номер кроку розрахункового періоду						
	-1	0	1	2	3	4	5
Потік реальних грошей	- 478,7446	-6436,42	3341,68	3396,36	3399,62	3400,87	3422,29
Кумулятивна	- 478,7446	-6915,16	-3573,48	-177,12	3222,50	6623,36	10045,65

Як видно з таблиці 5.3 за показником залишку інвестиційних витрат, строк окупності даного проекту знаходиться між 1 та 2 роком (перехід від від'ємного до додатного залишку). Відповідно, за формулою (5.4) термін окупності буде дорівнювати:

$$T=2+177,12/3399,62=2,05 \text{ років.}$$

Висновки

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

- Кошторисна вартість $K_v = 5838,349$ тис. грн.
- Кошторисна заробітна плата ЗП = 117,845 тис. грн.
- Кошторисна трудомісткість $T = 1,725$ тис. люд –год
- Вартість матеріалів –5655,198 тис. грн.

Розраховали основні показники ефективності інвестицій в інноваційний проект:

- Чисті грошові надходження – 10045,65 тис. грн.;
- Чиста поточна вартість –4098,7 тис. грн.;
- Термін окупності, розрахований кумулятивним методом та методом усереднених параметрів – 2,05 роки.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

У цьому розділі магістерської роботи розробляються заходи з охорони праці та цивільного захисту в процесі експлуатації котельні. Під час виконання робіт персонал попадає під вплив різноманітних небезпечних і шкідливих виробничих факторів. Котельня має у своєму складі велику кількість обладнання з різною виробничою потужністю, умовами експлуатації, та характером середовища, в якому встановлене дане обладнання. Аварії машин і механізмів, які використовуються в котельні, а також невиконання правил по їх безпечній експлуатації може призвести до серйозної загрози життю та здоров'ю технологічного персоналу через небезпеку професійних захворювань і травмвань під час роботи.

На оперативно-ремонтний персонал, який здійснює експлуатацію обладнання котельні, впливають такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори: фізичні, хімічні та трудового процесу [53, 54].

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

Хімічні фактори: речовини хімічного походження, аерозолі переважно фіброгенної дії (сажа, пил), оксид вуглецю тощо.

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

Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту.

Технічні рішення з безпечної організації робочих місць.

Живлення обладнання котельні та системи освітлення здійснюється від чотириохпровідної трифазної мережі 380 x 220В (фазна напруга (фаза – "0") – 220В, а міжфазна лінійна (фаза – фаза) – 380В). Категорія умов по небезпеці електротравматизму є умовами з підвищеною небезпекою, тому що підлога у робочому приміщенні котельні є струмопровідною.

Для управління та обслуговування котлів, трубопроводів і допоміжного устаткування (живильних насосів, установок золовидалення тощо) роботодавець зобов'язаний призначити операторів, що мають посвідчення на право обслуговування котлів даного типу. До обслуговування котлів можуть бути допущені особи, не молодші за 18 років, які пройшли медичний огляд, навчання та атестацію в установленому порядку відповідно до Типового положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці НПАОП 0.00-4.12-05 (з0231-05).

Улаштування приміщень та горищних перекриттів над котлами не допускається. При встановленні котлів всередині виробничих приміщень, місце встановлення відокремлюється перегородками на всю висоту котла, але не нижче 2 м, з улаштуванням дверей. Місце розташування та напрямки відчинення дверей визначаються проектною організацією. Перегородки виконуються з незапалювальних матеріалів.

На кожному поверсі приміщення котельної має бути зроблено не менше двох виходів, розміщених в протилежних боках приміщення. Допускається один вихід, якщо площа поверху є меншою 200 м та має бути другий евакуаційний вихід на зовнішні стаціонарні сходи, а в одноповерхових котельних - при довжині приміщення по фронту котлів не більше 22 м.

Ширина проходів між котлами, між котлом і стіною приміщення повинна бути не менше 2 м, ширина проходу між окремими виступаючими частинами котлів та виступаючими частинами споруди, сходами, робочими майданчиками та іншими виступаючими конструкціями – не менше 0,7 м.

Для парових котлів паропроductивністю 2 тони/год і вище і водогрійних теплопродуктивністю 2,26 МВт (2 Гкал/год) і вище, працюючих на твердому паливі, подання палива в котельню і в топку котла має бути механізоване, а для котельних із загальним виходом шлаку і золи котлів у кількості 250 кг/год і більше (незалежно від продуктивності котлів) має бути механізоване вилучення шлаку і золи.

Власник котла повинен забезпечити тримання котлів у справному стані, а також безпечні умови їх роботи, організувавши обслуговування, ремонт і нагляд відповідно до вимог Правил.

Призначення відповідальної особи необхідно оформляти наказом по підприємству із записом номера і дати наказу в паспорт котла (водопідігрівача) На період відсутності відповідальної особи (відпустки, відрядження тощо) виконання його обов'язків має бути покладено згідно з наказом на іншого інженерно-технічного працівника, який пройшов перевірку знань Правил.

Відповідальний за справний стан і безпечну експлуатацію повинен забезпечити: тримання котлів у справному стані; проведення своєчасного планово-запобіжного ремонту котлів і підготовку їх до технічного опосвідчення; своєчасне усунення виявлених несправностей; обслуговування котлів навченим та атестованим персоналом; обслуговуючий персонал виробничими інструкціями, а також періодичну перевірку знань цих інструкцій; виконання обслуговуючим персоналом виробничих інструкцій.

Загальні вимога безпеки до виробничого обладнання встановлені згідно з ГОСТ 12.2.003-74, в якому визначені вимоги до основних елементів конструкції, органів управління і засобів захисту, які входять в конструкцію виробничого обладнання любого виду і призначення.

Електробезпека

Вимоги поширюються на електроустановки, що розміщуються в пожежонебезпечних зонах всередині і зовні приміщень. До експлуатації в пожежонебезпечних зонах допускається електрообладнання, що відповідає

вимогам з урахуванням показників пожежовибухонебезпеки матеріалів (рідин, пилу, волокон).

Електрообладнання з частинами, що іскрять під час нормальної роботи або нагріваються понад небезпечні температури (тобто є імовірними джерелами займання) рекомендується встановлювати поза межами пожежонебезпечних зон. Для забезпечення ступеня захисту оболонок електрообладнання від проникнення пилу на рівні IP54, кришки, інші з'ємні частини оболонки і місця вводу кабелів слід ущільнювати за допомогою еластичних (гумових) прокладок, ущільнювальних кілець, сальників тощо.

Відкриті частини електричних машин, які нормально іскрять (наприклад, контактні кільця), слід розташовувати на відстані не менше 1 м від місць розміщення горючих матеріалів, або відокремлювати від них екраном з негорючого матеріалу. Переносні електричні ручні машини (електрифікований інструмент), які застосовуються в пожежонебезпечних зонах, повинні мати ступінь захисту оболонок не менше IP44.

Електроустановки в пожежонебезпечних зонах будь-яких класів в разі необхідності повинні мати апарати, що відключають частково або повністю технологічне і сантехнічне устаткування у випадках аварій і пожеж. Обсяг відключення визначається технологами і сантехніками проектною організацією і спеціалістами служб охорони праці, з урахуванням особливостей технологічного процесу.

При використанні електронагрівальних приладів їх робочі частини, які нагріваються, слід захищати від контакту з горючими речовинами, а самі прилади встановлювати на поверхні із негорючих матеріалів і відділяти від горючих речовин екранами.

В пожежонебезпечних зонах всіх класів рекомендується використовувати силові і освітлювальні розподільчі пункти, що мають ступінь захисту оболонок IP54.

Електрообладнання вантажопідіймальних механізмів (кранів, талей тощо), котрі перебувають в пожежонебезпечних зонах і зв'язані з технологічним процесом, повинне мати ступінь захисту оболонок згідно з таблицями 7.4.1, 7.4.2 ПВЕ (як для пересувних механізмів).

В пожежонебезпечних зонах слід використовувати світильники, що мають ступінь захисту не менший, ніж IP44. Світильники з лампами розжарювання не повинні мати відбивачів і розсіювачів з горючих матеріалів. В разі встановлення світильників, що не мають штепсельних роз'ємів, на металевих кронштейнах (стійках), заземлення кронштейна слід забезпечувати жорстким кріпленням до нього заземленого металевого корпусу. В свою чергу, заземлення корпусу світильника слід виконати за допомогою перемички між заземлювальним і нульовим затискачами всередині ввідного пристрою світильника.

Складські приміщення з пожежонебезпечними зонами будь-якого класу, які замикаються, повинні мати апарати для відключення іззовні силових і освітлювальних мереж незалежно від наявності апаратів для відключення всередині приміщень. В пожежонебезпечних зонах будь-якого класу складських приміщень забороняється застосування електронагрівальних приладів.

В пожежонебезпечних зонах всіх класів крім захисту від струмів КЗ провідники освітлювальних мереж слід захищати від перевантажень. Крім того, від перевантажень слід захищати силові мережі, які прокладаються в пожежонебезпечних зонах складських приміщень, і в інших випадках, якщо перевантаження може виникнути за умовами технологічного процесу. В пожежонебезпечних зонах будь-якого класу кабелі і проводи повинні мати покриття і оболонку з матеріалів, що не розповсюджують горіння.

Електропривід насосів, вентиляторів, іншого обладнання повинний бути виконаний відповідно до Правил устрою електричних установок.

В установках напругою до 1 кВ огороження роблять суцільними. Безпечні відстані між огороженнями і не ізолюваними струмоведучими частинами регламентується ПУЕ і в установках до 1 кВ із суцільними огороженнями – 5 см. Висота розміщення не огорожених струмоведучих частин залежить від значення

напруги і рівня підготовки людей, що працюють з електроустановками. Струмоведачі частини напругою до 1 кВ у місцях, де працюють люди, висота розміщення повинна бути не менше 3,5 м. Постійний контроль за ізоляцією, тому що протягом часу відбувається старіння ізоляції, що може привести до пробію і створити небезпеку при дотику людини до ізольованих проводів. Використовують наступні кольори для маркування ізоляції: чорна - для силових ланцюгів; червона - для ланцюгів керування.

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

Технічні рішення щодо запобігання електротравмам [55, 56]:

1) Для запобігання електротравм від контакту з нормально-струмопровідними елементами електроустановки, 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.

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 1000 В): 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.

Металеві труби та гнучкі металеві рукави повинні бути заземлені. Заземлення повинно відповідати вимогам ДНАОП 0.00-1.21-98 "Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів"[57]. Для підключення переносної електроапаратури застосовують гнучкі проводи в надійній ізоляції.

Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

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.

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) [58]. Параметри мікроклімату в виробничому приміщенні наведено в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Нормування параметрів мікроклімату

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

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату на робочому місці технологічного персоналу передбачається [59]:

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

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 [58] наведено в таблиці 6.2.

Для забезпечення складу повітря робочої зони передбачено [59]: провітрювання приміщення; цілісність вікон для перешкодження попадання пилу в приміщення під час роботи лінії; встановлення пиловловлюючих засобів.

Таблиця 6.2 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин для повітря атмосфери, в робочій зоні

Назва речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Сажа	0,15	0,05	3
Вуглецю окис	3	1	4
Бензол	1,5	0,8	2
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4

Виробниче освітлення

Природне освітлення. В залежності від джерела світла промислове освітлення поділяється на: – природне освітлення – освітленість приміщень світлом неба (прямого або відбитого), яке проникає через світлові пройми в зовнішніх огорожених конструкціях. По своєму спектральному складу воно є найбільш сприятливим. Природне освітлення характеризується коефіцієнтом природної освітленості КПО (e_n). КПО – відношення природного освітлення, яке створюється в деякій точці заданої площини всередині приміщення світлом неба, до значення зовнішньої горизонтальної освітленості.

Основною величиною для розрахунку і нормування природного освітлення є коефіцієнт природної освітленості (КПО). Прийняте роздільне нормування КЕО для бічного і верхнього освітлення. Ті місця, що освітлюється тільки бічним світлом, нормується мінімальне значення КЕО в межах робочої зони, що повинно бути забезпечене в точках, найбільше віддалених від вікна.

Штучне освітлення. Штучне освітлення використовується двох систем: загальне або комбіноване. Загальне освітлення – освітлення, при якому світильники розміщуються у верхній зоні приміщення рівномірно або пристосувальне до розташування обладнання. Комбіноване освітлення - додаткове освітлення, при якому до загального освітлення додається ще й місцеве. Місьцеве освітлення -

освітлення, яке створюється світильниками, які концентрують світловий потік безпосередньо на робочих місцях.

Характеристика зорових робіт – середньої точності. Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 [60] розряд зорової роботи IV, підрозряд «г».

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 4,5 метра.

Таблиця 6.3 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

Х-ка зорової роботи	Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Під-розряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Х-ка фону	Штучне при системі комбінованого освітлення		Природне Ен пр	Сумісне Е сум
						всього	у т. ч. від загального		
Середньої точності	Від 0,5 до 1,0 включно	IV	г	середній великий великий	світлий світлий середній	-	200	4	2,4

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.

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

Виробничий шум

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» [61] (таблиця 6.4).

Таблиця 6.4 – 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

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.

Виробничі вібрації

Вібрацією називають механічні коливання пружних тіл або систем, коли відбувається переміщення центра їх ваги в просторі відносно статичного стану. Загальна вібрація передається на тіло через опорні поверхні людини, що стоїть чи сидить (підшви ніг або сідниці) [62]. Норми вібрації наведені в таблиці 6.5.

Таблиця 6.5 – Допустимі рівні вібрації на постійних місцях

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

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

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

Психофізіологічні фактори

Психофізіологічні фактори визначаються відповідно до Гігієнічної класифікації праці [62]. Робота оперативно-ремонтного персоналу під час експлуатації котельні потребує великих фізичних зусиль за важкістю та напруженістю праці.

Фізичні навантаження.

Робоча поза: Періодичне перебування в незручній та/або фіксованій позі до 50% часу зміни; перебування у вимушеній позі (навпочіпки, на колінах і т. ін.) від 10% до 25% часу зміни; знаходження в позі стоячи від 60% до 80% часу зміни.

Сумарна маса вантажів, що переміщуються протягом кожної години зміни: з робочої поверхні (чоловіки): до 1500

Нахили корпусу (вимушені, більше 30), кількість за зміну: 101 –300

Переміщення у просторі (переходи, обумовлені технологічним процесом протягом зміни), км

По горизонталі: до 12

По вертикалі: до 8

Інтелектуальні навантаження: Рішення складних завдань з вибором за відомим алгоритмом (робота за серією інструкцій)

Зміст роботи: Сприймання сигналів з наступним порівнянням фактичних значень параметрів з їх номінальним значеннями. Заключна оцінка фактичних значень параметрів, Обробка, перевірка і контроль за виконанням завдання, Робота в умовах дефіциту часу

Сенсорні навантаження:

Тривалість зосередженого спостереження (в % від часу зміни) 51 -75

Щільність сигналів (світлових, звукових) та повідомлень в середньому за годину роботи 176–300

Навантаження на слуховий аналізатор (при виробничій необхідності сприйняття мови чи диференційованих сигналів) Розбірливість слів та сигналів від 70% до 50%

Навантаження на голосовий апарат (сумарна кількість годин, що наговорюються протягом тижня) 20-25

Емоційне навантаження:

Ступінь відповідальності за результат своєї діяльності. Значущість помилки – Несе відповідальність за функціональну якість основної роботи (завдань). Вимагає виправлень за рахунок додаткових зусиль всього колективу (групи, бригади та ін.)

Монотонність навантажень:

Кількість елементів (прийомів), необхідних для реалізації простого завдання або в операціях, які повторюються багаторазово 5-2

Тривалість виконання простих виробничих завдань чи операцій, що повторюються (сек.) 24-2

Монотонність виробничої обстановки (час пасивного спостереження за технологічним процесом в % від часу зміни) 91-95

Режим праці

Фактична тривалість робочого дня (год.) 8

Змінність роботи Однозмінна робота

Наявність регламентованих перерв та їх тривалість Перерви регламентовані тривалості 1 год.

Безпека в надзвичайних ситуаціях

Розрахунок режимів радіаційного захисту працівників об'єкта господарювання

Дія іонізуючих випромінювань на людей

Організм людини, рослинний і тваринний світ постійно зазнають дії іонізуючого випромінювання, яке складається з природної (космічне випромінювання, випромінювання радіоактивних газів з верхніх шарів земної кори) і штучної (рентгенівські апарати, телевізійні прилади, радіоізотопи, атомоходи, атомні електростанції, ядерні випробування) радіоактивності.

Усі джерела радіоактивного випромінювання становлять так званий природний радіаційний фон, під яким розуміють дозу іонізуючого випромінювання, що складається з космічного випромінювання, випромінювання природних радіонуклідів, які знаходяться у верхніх шарах Землі, приземній атмосфері, продуктах харчування, воді та організмі людини.

Радіоактивні речовини потрапляють у повітря, ґрунти, ріки, озера, моря, океани, а звідти поглинаються рослинами, рибами, тваринами і молюсками. Через листя і коріння радіоактивні речовини потрапляють у рослини, а потім в організм тварин і з продуктами рослинного та тваринного походження, з водою - в організм людини. При вивченні дії випромінювання на організм людини встановлено такі особливості:

- навіть незначна кількість поглиненої енергії випромінювання спричинює глибокі біологічні зміни в організмі;
- наявність прихованого (інкубаційного) періоду дії іонізуючого випромінювання;
- випромінювання має генетичний ефект;
- органи живого організму мають різну чутливість до випромінювання;
- окремі організми неоднаково реагують на опромінювання;

- опромінювання залежить від частоти, одноразове опромінювання у великій дозі спричинює більш глибокі зміни.

Радіоактивні речовини потрапляють в організм людини при вдиханні зараженого повітря, із зараженою їжею чи водою, крізь шкіру, відкриті рани. Проникненню радіоактивних забруднень крізь шкіру і рани можна запобігти, дотримуючись певних заходів захисту.

Основним джерелом опромінювання людини є радіоактивні речовини, які потрапляють з їжею. Ступінь небезпеки забруднення радіонуклідами залежить від частоти вживання забруднених радіоактивними речовинами продуктів, а також від швидкості виведення їх з організму. Якщо радіонукліди, які потрапили в організм, однотипні з елементами, що споживає людина з їжею (натрій, калій, хлор, кальцій, залізо, марганець, йод та ін.), то вони швидко виводяться з організму разом з ними.

Деякі речовини харчових продуктів (пектинові, барвники) утворюють нерозчинні сполуки зі стронцієм, кобальтом, свинцем, кальцієм та іншими важкими металами, які не перетравлюються і виводяться з організму. Отже, ці речовини виконують радіозахисну функцію. Тому пектин, а також пектиномісткі продукти (чорна смородина, агрус, полуниці та ін.), використовують у спеціальному харчуванні для виведення радіоактивних елементів з організму.

Первинним процесом дії радіоактивних речовин в організмі людини є іонізація. Збуджена при цьому енергія іонізуючого опромінювання передається на різні речовини організму людини. У разі дії на прості речовини (гази, метали та ін.) будь-яких змін фізико-хімічної природи у них не спостерігається. При дії на складні речовини, молекули яких складаються з багатьох різних атомів, вони розпадаються (дисоціація). Це так звана пряма дія на прості або складні речовини організму людини. Більш суттєву роль відіграє механізм непрямой дії іонізуючого випромінювання, під яким треба розуміти радіаційно-хімічні зміни у певній розчинній речовині, зумовлені продуктами радіолізу (розпаду) води.

Розрахунок режимів радіаційного захисту

Під режимом роботи в виробничому приміщенні в умовах радіоактивного забруднення розуміють порядок і умови роботи, переміщення і відпочинку персоналу з використанням засобів захисту, що зменшує ураження людей і скорочує вимушену зупинку виробництва.

Можлива доза опромінення працівників об'єкта в заданих умовах при роботі у режимі 2 зміни по 12 год. складає

$$D_m = \frac{1,33 \cdot p_{1\max} \cdot (\sqrt[4]{t_k^3} - \sqrt[4]{t_n^3})}{K_{\text{пос}}} = \frac{1,33 \cdot 0,7 \cdot (\sqrt[4]{13^3} - 1)}{6,5} = 0,84 \text{ (мР)}, \quad (6.1)$$

де $t_n=1$ год. – час початку роботи після радіоактивного забруднення;

$t_k=1+12=13$ год. – час завершення роботи першої робочої зміни після радіоактивного забруднення;

$p_{1.\max}=0,7$ мР/год. – рівень радіації через одну годину після радіоактивного забруднення;

$K_{\text{пос}}=6,5$ – коефіцієнт послаблення радіації виробничим приміщенням.

Визначимо граничне значення рівня радіації, при якому можлива робота в звичайному режимі

$$p_{\text{гр}} = \frac{D_{\text{доп}} \times K_{\text{пос}}}{1,33 \cdot (\sqrt[4]{t_k^3} - \sqrt[4]{t_n^3})} = \frac{0,5 \cdot 6,5}{1,33 \cdot (\sqrt[4]{13^3} - \sqrt[4]{1^3})} = 0,41 \text{ (мР/год)}. \quad (6.2)$$

Згідно проведеного розрахунку можлива доза опромінення персоналу $D_m > D_{\text{доп}} (0,84 > 0,5)$ та рівень радіоактивного забруднення $p_{1\max} > p_{\text{гр}} (0,7 > 0,41)$ перевищують допустимі норми, тому робота в режимі 2 зміни по 12 год.

неможлива. Для продовження виробничої діяльності підприємства в таких умовах необхідно введення в дію режимів радіаційного захисту.

Для кожної зі скорочених змін необхідно визначити час початку робочої зміни ($t_{п}$), час кінця робочої зміни ($t_{к}$), тривалість роботи зміни ($t_{р}$) та можливу дозу опромінення зміни ($D_{м}$).

Час початку роботи першої зміни визначається за коефіцієнтом α :

$$\alpha = \frac{D_{\text{доп}} \times K_{\text{пос}}}{1,33 \cdot p_{1\text{max}}} = \frac{0,5 \cdot 6,5}{1,33 \cdot 0,7} = 3,5. \quad (6.3)$$

Згідно довідникових даних час початку роботи першої скороченої зміни $t_{п1} = 1$ год.

Для 1-ї скороченої зміни: час початку роботи $t_{п1} = 1$ (год).

Час закінчення роботи

$$t_{к1} = \left(\frac{D_{\text{доп}} \times K_{\text{пос}} + 1,33 \cdot p_{1\text{max}} \cdot \sqrt[4]{t_{п1}^3}}{1,33 \cdot p_{1\text{max}}} \right)^{\frac{4}{3}} = \left(\frac{0,5 \cdot 6,5 + 1,33 \cdot 0,7 \cdot \sqrt[4]{1^3}}{1,33 \cdot 0,7} \right)^{\frac{4}{3}} = 7,37 \approx 7 \text{ (год)}. \quad (6.4)$$

Тривалість роботи $t_{р1} = t_{к1} - t_{п1} = 7 - 1 = 6$ (год).

Можлива доза опромінення

$$D_{м1} = \frac{1,33 \cdot p_{1\text{max}} \cdot (\sqrt[4]{t_{к1}^3} - \sqrt[4]{t_{п1}^3})}{K_{\text{посл}}} = \frac{1,33 \cdot 0,7 \cdot (\sqrt[4]{7^3} - \sqrt[4]{1^3})}{6,5} = 0,486 \text{ (мР)}. \quad (6.5)$$

Для 2-ї зміни: час початку роботи $t_{п2} = t_{п1} + t_{р1} = 1 + 6 = 7$ (год).

Час закінчення роботи

$$t_{к2} = \left(\frac{D_{\text{доп}} \times K_{\text{пос}} + 1,33 \cdot p_{1\text{max}} \cdot \sqrt[4]{t_{п2}^3}}{1,33 \cdot p_{1\text{max}}} \right)^{\frac{4}{3}} = \left(\frac{0,5 \cdot 6,5 + 1,33 \cdot 0,7 \cdot \sqrt[4]{7^3}}{1,33 \cdot 0,7} \right)^{\frac{4}{3}} = 15,34 \approx 15 \text{ (год)}.$$

Тривалість роботи $t_{p2} = t_{k2} - t_{п2} = 15 - 7 = 8$ (год).

Можлива доза опромінення

$$D_{m2} = \frac{1,33 \cdot p_{1\max} \cdot \left(\sqrt[4]{t_{k2}^3} - \sqrt[4]{t_{п2}^3} \right)}{K_{\text{посл}}} = \frac{1,33 \cdot 0,7 \cdot \left(\sqrt[4]{15^3} - \sqrt[4]{7^3} \right)}{6,5} = 0,49 \text{ (мР)}. \quad (6.6)$$

Для 3-ї зміни: час початку роботи $t_{п3} = t_{п2} + t_{p2} = 7 + 8 = 15$ (год).

Час закінчення роботи

$$t_{k3} = \left(\frac{D_{\text{доп}} \times K_{\text{посл}} + 1,33 \cdot p_{1\max} \cdot \sqrt[4]{t_{п3}^3}}{1,33 \cdot p_{1\max}} \right)^{\frac{4}{3}} = \left(\frac{0,5 \cdot 6,5 + 1,33 \cdot 0,7 \cdot \sqrt[4]{15^3}}{1,33 \cdot 0,7} \right)^{\frac{4}{3}} = 24,6 \approx 24,5 \text{ (год)}.$$

Тривалість роботи $t_{p3} = t_{k3} - t_{п3} = 24,5 - 15 = 9,5$ (год).

Можлива доза опромінення

$$D_{m3} = \frac{1,33 \cdot p_{1\max} \cdot \left(\sqrt[4]{t_{k3}^3} - \sqrt[4]{t_{п3}^3} \right)}{K_{\text{посл}}} = \frac{1,33 \cdot 0,7 \cdot \left(\sqrt[4]{24,5^3} - \sqrt[4]{15^3} \right)}{6,5} = 0,496 \text{ (мР)}. \quad (6.7)$$

Для 4-ї зміни: $t_{п4} = t_{п3} + t_{p3} = 15 + 9,5 = 24,5$ (год).

Час закінчення роботи зміни

$$t_{k4} = \left(\frac{D_{\text{доп}} \times K_{\text{посл}} + 1,33 \cdot p_{1\max} \cdot \sqrt[4]{t_{п4}^3}}{1,33 \cdot p_{1\max}} \right)^{\frac{4}{3}} = \left(\frac{0,5 \cdot 6,5 + 1,33 \cdot 0,7 \cdot \sqrt[4]{24,5^3}}{1,33 \cdot 0,7} \right)^{\frac{4}{3}} = 35,05 \approx 35 \text{ (год)}.$$

Тривалість роботи зміни $t_{p4} = t_{k4} - t_{п4} = 35 - 24,5 = 10,5$ (год).

Можлива доза опромінення зміни

$$D_{m4} = \frac{1,33 \cdot p_{1\max} \cdot \left(\sqrt[4]{t_{k4}^3} - \sqrt[4]{t_{п4}^3} \right)}{K_{\text{посл}}} = \frac{1,33 \cdot 0,7 \cdot \left(\sqrt[4]{35^3} - \sqrt[4]{24,5^3} \right)}{6,5} = 0,5 \text{ (мР)}. \quad (6.8)$$

Для 5-ї зміни: $t_{п5} = t_{п4} + t_{р4} = 24,5 + 10,5 = 35$ (год).

Час закінчення роботи зміни

$$t_{к5} = \left(\frac{D_{\text{доп}} \times K_{\text{пос}} + 1,33 \cdot p_{1\text{max}} \cdot \sqrt[4]{t_{п5}^3}}{1,33 \cdot p_{1\text{max}}} \right)^{\frac{4}{3}} = \left(\frac{0,5 \cdot 6,5 + 1,33 \cdot 0,7 \cdot \sqrt[4]{35^3}}{1,33 \cdot 0,7} \right)^{\frac{4}{3}} = 46,3 \approx 46 \text{ (год)}.$$

Тривалість роботи зміни $t_{р5} = t_{к5} - t_{п5} = 46 - 35 = 11$ (год).

Можлива доза опромінення зміни

$$D_{м5} = \frac{1,33 \cdot p_{1\text{max}} \cdot \left(\sqrt[4]{t_{к5}^3} - \sqrt[4]{t_{п5}^3} \right)}{K_{\text{посл}}} = \frac{1,33 \cdot 0,7 \cdot \left(\sqrt[4]{46^3} - \sqrt[4]{35^3} \right)}{6,5} = 0,49 \text{ (мР)}. \quad (6.9)$$

Для 6-ї зміни: $t_{п6} = t_{п5} + t_{р5} = 35 + 11 = 46$ (год).

Час закінчення роботи зміни

$$t_{к6} = \left(\frac{D_{\text{доп}} \times K_{\text{пос}} + 1,33 \cdot p_{1\text{max}} \cdot \sqrt[4]{t_{п6}^3}}{1,33 \cdot p_{1\text{max}}} \right)^{\frac{4}{3}} = \left(\frac{0,5 \cdot 6,5 + 1,33 \cdot 0,7 \cdot \sqrt[4]{46^3}}{1,33 \cdot 0,7} \right)^{\frac{4}{3}} = 57,95 \approx 58 \text{ (год)}.$$

Тривалість роботи зміни $t_{р6} = t_{к6} - t_{п6} = 58 - 46 = 12$ (год).

Можлива доза опромінення зміни

$$D_{м6} = \frac{1,33 \cdot p_{1\text{max}} \cdot \left(\sqrt[4]{t_{к6}^3} - \sqrt[4]{t_{п6}^3} \right)}{K_{\text{посл}}} = \frac{1,33 \cdot 0,7 \cdot \left(\sqrt[4]{58^3} - \sqrt[4]{46^3} \right)}{6,5} = 0,506 \text{ (мР)}. \quad (6.10)$$

За результатами проведеного розрахунку роботу підприємства в дві зміни по 12 год. можна буде розпочинати через 35 год. після радіоактивного забруднення.

Для захисту працівників об'єкта господарювання в таких умовах роботи також необхідно вжити додаткові заходи, що передбачені на випадок виникнення надзвичайних ситуацій пов'язаних із радіаційним забрудненням.

Висновки

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

ВИСНОВКИ

В магістерській кваліфікаційній роботі розглядаються проблеми підвищення ефективності енерговикористання в тепловій схемі Вінницького заводу фруктових концентратів та вин, що досягається шляхом застосування когенераційної теплонасосної установки.

В роботі проаналізовано об'єкт дослідження – парову промислово-опалювальну котельню Вінницького заводу фруктових концентратів та вин. Виконано аналітичний огляд літературної інформації з підвищення ефективності енерговикористання в технологічних процесах, оцінено технічні можливості застосування промислових теплових насосів, враховано європейський досвід їх впровадження. Це дозволило визначити мету та завдання магістерської кваліфікаційної роботи.

В розділі 2 виконаний аналіз проваджених проектів з використання промислових теплових насосів у Європі на основі даних, представлених асоціацією ЕНРА, для дослідження показників варіантів теплової схеми парової котельні Вінницького заводу фруктових концентратів та вин із встановленням теплонасосної установки розроблено математичну модель. Виконана оцінка показників енергетичної ефективності трьох варіантів застосування когенераційних теплонасосних установок в тепловій схемі котельні заводу. За результатами математичного моделювання та аналізу результатів проведених досліджень, представлених в цьому розділі, визначено низку показників нового обладнання для теплової схеми, що дозволить здійснити обґрунтований вибір типорозмірів обладнання. За результатами моделювання визначено, що застосування когенераційної теплонасосної установки в тепловій схемі досліджуваної котельні забезпечуватиме економію природного газу у діапазоні 10,96...11,36%, що зумовить зменшення експлуатаційних витрат котельні заводу та забезпечить зниження собівартості теплоти, тому даний варіант був обраний до впровадження.

За результатами виконаних досліджень, аналізу та узагальнення результатів, здійснили вибір наступного обладнання: двох теплових насосів фірми OCHSNER марки IWS 340ER2 з розрахунковою тепловою продуктивністю 337,4 кВт кожен, двох газопоршневих двигунів-генераторів марки GeneracSG160 з номінальною електричною потужністю електрогенератора у 160 кВт, КТАН-утилізатор марки КТАН-0,1УГ.

В МКР виконаний розрахунок діаметрів трубопроводів для підведення і відведення теплоносіїв до когенераційної теплонасосної установки, було підібрано насоси для перекачування теплоносіїв. Виконано компоновку обладнання, розроблено схеми прокладення трубопроводів, враховані рекомендації по виконанню робіт, визначена трудоемкість монтажних робіт.

Розраховано необхідну кількість виробів та матеріалів для монтажу проектованої системи, оцінено потребу в допоміжних матеріалах, виконаний підбір і машин, механізмів та пристосувань для виконання монтажних робіт. Визначено, що загальна маса вантажів становить 18699 кг, а загальна маса теплонасосних установок, що планується встановлювати в котельні, становить 9000 кг.

Розроблені: календарний графік монтажу когенераційної теплонасосної установки, а також графіки руху робітників, машин та механізмів. Розрахункова тривалість монтажних робіт відповідно до календарного плану монтажу складає 49,76 дні.

В МКР проведено розробку функціональної схеми автоматизації парової котельні. Розроблені САР потужності парового котла, САР співвідношення палива і повітря, САР рівня води в барабані, САР тиску в деаераторі, САР підживлення. Розроблено технологічні захисти при: загазованості котельні, при відключенні електроенергії, при погасанні факела пальника, при зміні тиску повітря.

Розроблена функціональна схема автоматики котельні. Підібрані регулятори та вимірювальні пристрої, що будуть здійснювати процеси регулювання в схемі. Виконано розрахунок клапану подачі підживлювальної води.

Виконана оцінка економічних показників впровадження когенераційної теплонасоної установки на котельні Вінницького заводу фруктових концентратів та вин. Складено локальний кошторис. Визначена кошторисна вартість 5838,349 тис. грн., кошторисна заробітна плата 117,845 тис. грн., кошторисна трудомісткість 0,771,725 8 тис. люд. –год, вартість матеріалів – 5655,198 тис. грн.

Розрахували основні показники ефективності інвестицій в інноваційний проект, а саме чисті грошові надходження – 10045,65 тис. грн., чиста поточна вартість – 4098,7 тис. грн.; термін окупності, розрахований кумулятивним методом та методом усереднених параметрів – 2,05 роки.

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

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Остапенко О. П., Верховський М. М. Ефективність застосування теплонасосної установки в тепловій схемі котельні заводу фруктових концентратів та вин // Актуальні проблеми сучасної енергетики: Матеріали Шостої Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції студентів, аспірантів і молодих вчених (19 – 21 травня 2021 р., Херсон). – Херсон: ПП «Резнік», 2021. – С. 80-81.
2. Остапенко О. П., Верховський М. М. Аналіз екологічних показників використання традиційних та альтернативних видів палива для різних технологій генерування теплової енергії в котельні // Наукове видання матеріалів Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих науковців «МОЛОДЬ В НАУЦІ: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2023). URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2023/schedConf/presentations>. (Дата звертання 05.12.22).
3. European Heat Pump Market. URL: <https://www.rehva.eu/rehva-journal/chapter/european-heat-pumpmarket>. (Дата звертання 05.12.22).
4. План Європейської комісії REPowerEU: стратегія в галузі теплових насосів. URL: <https://www.heatpump.com.ua/novini-i-publikatsii/novini-industrii/prodazhi-teplovikh-nasosiv-v-vropi-v-2021-rotsi-dosyagli-2-milyoniv.htm> (Дата звертання 05.12.22).
5. Промислові теплові насоси. URL: <https://www.euroclimat-service.ua/blog/promyshlennyj-teplovoj-nasos/> (Дата звертання 05.12.22).
6. Europe's booming demand for heat pumps exposes bottlenecks. URL: <https://www.euractiv.com/section/energy-environment/news/europes-booming-demand-for-heat-pumps-exposes-bottlenecks/> (Дата звертання 05.12.22).

7. Nellissen, P.; Wolf, S.: Heat pumps in non-domestic applications in Europe: Potential for an energy revolution. Presentation given at the 8th EHPA European Heat Pump Forum, 29.5.2015, Brussels, Belgium.
8. Wolf, S.; Blesl, M.: Model-based quantification of the contribution of industrial heat pumps to the European climate change mitigation strategy. In: 2016: Proceedings of the ECEEE Industrial Efficiency Conference 2016. Berlin, 12.-14.09.2016. Stockholm, 2016
9. Басок Б. І., Дубовський С. В. Укрупнена оцінка теплової потужності та обсягів виробництва відновлюваної енергії тепловими насосами в Україні. URL: www.unhpa.com.ua (Дата звертання 05.12.22).
10. Heat pumps gain traction as renewable energy grows URL: <https://www.scientificamerican.com/article/heat-pumps-gain-traction-as-renewable-energy-grows/> (Дата звертання 05.12.22).
11. Advances in heat pump systems: A review. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S030626191000228X> (Дата звертання 05.12.22).
12. Теплові насоси в Україні. URL: <https://heatpump.vent.if.ua> (Дата звертання 05.12.22).
13. European Heat Pump Market. URL: <https://www.rehva.eu/rehva-journal/chapter/european-heat-pump-market>. (Дата звертання 05.12.22).
14. The European Heat Pump Association (EHPA) <https://www.ehpa.org/about-heat-pumps/> (Дата звертання 05.12.22).
15. Large scale heat pumps in Europe: 16 examples of realized and successful projects. URL: https://waermepumpe-izw.de/wp-content/uploads/2020/05/171018-EHPA-Large_heat_pumps_in_Europe_Vol_1.pdf (Дата звертання 05.12.22).
16. Попырин Л.С. Математическое моделирование и оптимизация теплоэнергетических установок. Москва : Энергия, 1978. 416 с.
17. Радченко С.Г. Математичне моделювання і оптимізація технологічних систем. Київ : Вища шк., 2001. 315 с.

18. 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 XXIX Міжнародної науково-практичної інтернет - конференції «Весняні наукові читання – 2019». URL: https://shron3.chtyvo.org.ua/Zbirnyk_statei/Vesniani_naukovi_chytannia_-_2019.pdf?PHPSESSID=ikq0mkffuti8p82ti5h35353e7. (Дата звертання 05.12.22).
19. 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.
20. Ostapenko Olga. Study of energy-economic efficiency of energy supply systems with cogeneration heat pump installations, using the heat of the industrial and natural sources, in industry and municipal heat power branch of Ukraine // Social and Legal Aspects of the Development of Civil Society Institutions: Collective Monograph. Part I. Warsaw: Institute of European Integration, Bmt Eridia Sp. z o. o., 2019, 536 p. P. 292 – 308.
21. Ostapenko O. P. Scientific basis of evaluation energy efficiency of heat pump plants: monograph. Saarbrücken, LAP LAMBERT Academic Publishing, 2016. – 62 p.
22. Ostapenko Olga. Analysis of energy, ecological and economic efficiency of steam compressor heat pump installations, as compared with alternative sources of heat supply, with accounting the concept of sustainable development // Sustainable Development Under the Conditions of European Integration: Collective monograph / [editorial board Darko Bele, Lidija Weis, Nevenka Maher]. Part

- П. – Ljubljana: VŠPV, Visoka šola za poslovne vede = Ljubljana School of Business, 2019, 458 p. P. 312 – 329.
23. Ткаченко С. Й., Остапенко О. П. Парокомпресійні теплонасосні установки в системах теплопостачання: монографія. Вінниця : УНІВЕРСУМ – Вінниця. 2009. 176 с.
24. Остапенко О. П. Холодильна техніка та холодильна технологія. Теплові насоси : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2015. 123 с.
25. Остапенко О. П., Бакум О. В., Ющишина А. В. Енергетичний, екологічний та економічний аспекти ефективності теплонасосних станцій на природних та промислових джерелах теплоти. Наукові праці ВНТУ. 2013. № 3. URL: <http://praci.vntu.edu.ua/article/viewFile/3040/4626>. (Дата звертання 05.12.22).
26. SOLKANE SoftWare 8.0. URL: <https://solkane-refrigerants.software.informer.com/8.0/> (Дата звертання 05.12.22).
27. EPA Simplified GHG Emissions Calculator (SGEC). URL: <https://www.epa.gov/statelocalenergy/local-greenhouse-gas-inventory-tool> (Дата звертання 05.12.22).
28. Промислові теплові насоси. URL: <https://www.geoteplo.com.ua/ua/katalog/catalogochsnere/heating/119-industrie.html> (Дата звертання 05.12.22).
29. Газопоршневі двигуни. URL : <http://220volt.com.ua/generatory/generac> (Дата звертання 05.12.22).
30. Контактний утилізатор КТАН-0,1УГ. – URL: <http://goct.info/Data1/41/41822/index.htm>. (Дата звертання 05.12.22).
31. Сайт «Автомобільний світ України». URL: http://www.autosvit.com.ua/Iveco_techtruck_21.html. (Дата звертання 05.12.22).
32. Каталог кранів КС на спеціальному шасі. URL: <http://www.techstory.ru>. (Дата звертання 05.12.22).
33. Каталог зварювальних апаратів KIND. URL: <http://domsvarki.lg.ua>. (Дата звертання 05.12.22).

- 34.Каталог будівельних машин і інструментів. URL: <http://powertools.co.nz>.
(Дата звертання 05.12.22).
- 35.Сайт фірми k-flex. URL: <http://www.k-flex.ua/index.php?hl=ru>. (Дата звертання 05.12.22).
- 36.ДБН Д.2.4-15-2000. Збірник 15. Внутрішні сантехнічні роботи. – К.: Держстандарт України, 2000. – 106 с.
- 37.ДБН Д.2.3-7-99. Збірник 7. Компресорні установки, насоси і вентилятори. – К.: Держстандарт України, 2000. – 47 с.
- 38.ДБН Д.2.3-6-99. Збірник 6. Теплосилове обладнання. – К.: Держстандарт України, 2000. – 165 с.
- 39.ДБН Д.2.2-18-99. Збірник 18. Опалення – внутрішнє пристосування. – К.: Держстандарт України, 1999. – 28 с.
- 40.ДБН Д.2.2-16-99. Збірник 16. Внутрішні трубопроводи. – К.: Держстандарт України, 1999. – 48 с.
- 41.ДБН Д.2.3-12-99. Збірник 12. Технологічні трубопроводи. – К.: Держстандарт України, 2000. – 200 с.
- 42.ДБН Д.2.2-26-1999. Збірник 26. Теплоізоляційні роботи. – К.: Держстандарт України, 2000. – 51 с.
- 43.Куценко О. С. Синтез автоматизованих систем управління теплоенергетичними установками. – Харків: НТУ «ХП», 2006. 55 с.
- 44.Котельні: ДБН В.2.5-77:2014. [Чинні від 01.01.2015] – К.: Мінрегіон України, 2015. – 65 с.
- 45.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.
- 46.Siemens: продукція компанії. URL : <http://t-life.com.ua/catalog/inset/23>. (Дата звертання 05.12.22).
- 47.Вибір та розрахунок регулюючого органу. URL : <http://www.twirpx.com/file/370227/>. (Дата звертання 05.12.22).

48. Правила виконання робочої документації автоматизації технологічних процесів: ДСТУ Б.А.2.4-3-95. – [Чинний від 1995 -04-06 № 65]. – К.: Держкоммістобудування України, 1995. – 42 с.
49. Барало О.В., Самойленко П.Г. Автоматизація технологічних процесів і системи автоматичного керування: Навчальний посібник. – К.: Аграрна освіта, 2010. – 557 с.
50. Гончаренко Б.М., Осадчий С.І., Віхрова Л.Г., Каліч В.М., Дідик О.К. Автоматизація виробничих процесів. – Кіровоград: Видавець – Лисенко В.Ф., 2016. – 352 с.
51. Ладанюк А. П., Архангельська К. С., Власенко Л. О. Теорія автоматичного керування технологічними об'єктами: Навч. посіб. / – К.: НУХТ, 2014. – 274 с.
52. Синеглазов В.М., Сергеев І.Ю. Автоматизація технологічних процесів: Навчальний посібник. – К.: НАУ, 2010. – 506 с.
53. ДСНіП «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». Наказ МОЗ № 248 від 08.04.2014. [Чинний від 2014-05-30]. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=58073. (Дата звертання 05.12.22).
54. ДСТУ-Н Б А 3.2-1: 2007. Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використання в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва. [Чинний від 2007-12-01]. URL: <https://profidom.com.ua/a-3/a-3-2/824-dstu-n-b-a-3-2-12007-nastanova-shhodo-viznachenna-nebezpechnih-i-shkidlivih-faktoriv->. (Дата звертання 05.12.22).
55. ДБН А.3.2-2-2009. ССБП. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. [Чинний від 2009-01-27]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2009. 116 с.

- 56.ДСТУ Б В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. [Чинний від 2017-04-01]. Вид. офіц. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 109 с.
- 57.НПАОП 40.1-1.32-01. (ДНАОП 0.00-1.32-01). Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. [Чинний від 2002-01-01]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01#Text>. (Дата звертання 05.12.22).
- 58.ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Постанова МОЗ № 42 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>. (Дата звертання 05.12.22).
- 59.ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2013. 149 с.
60. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. [Чинний від 2019-03-01]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2018. 133 с.
- 61.ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. Постанова МОЗ № 37 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>. (Дата звертання 05.12.22).
- 62.ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. Постанова МОЗ № 39 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99>. (Дата звертання 05.12.22).

Додатки

Додаток А
(обов'язковий)

106

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: «Підвищення ефективності енерговикористання в тепловій схемі котельні Вінницького заводу фруктових концентратів та вин»

Тип роботи: магістерська кваліфікаційна робота
(БДР, МКР)

Підрозділ кафедра теплоенергетики, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Unicheck

Оригінальність 95.84 Схожість 4.16

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

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

Особа, відповідальна за перевірку

(підпис)

Співак О.Ю.
(прізвище, ініціали)

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

Автор роботи

(підпис)

Верховський М. М.
(прізвище, ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Остапенко О.П.
(прізвище, ініціали)

Додаток Б
(обов'язковий)

107

ЗАТВЕРДЖЕНО
В. о. завідувача кафедри ТЕ
Дмитро Степанов
2022 р.



ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ
до магістерської кваліфікаційної роботи


«ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕНЕРГОВИКОРИСТАННЯ
В ТЕПЛОВІЙ СХЕМІ КОТЕЛЬНОЇ ВІННИЦЬКОГО ЗАВОДУ
ФРУКТОВИХ КОНЦЕНТРАТІВ ТА ВИН»

за спеціальністю

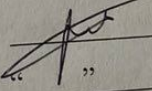
144 – теплоенергетика

08-11.МКР.001.00.00.000 ТЗ

Керівник магістерської
кваліфікаційної роботи

 к. т. н. доц. Остапенко О. П.
“ ” 25.09. 2022 р.

Розробив студент гр. ТЕ–21м

 Верховський М. М.
“ ” 25.09. 2022 р.

Вінниця 2022

1 Найменування і область використання продукції

Когенераційна теплонасосна установка (КТНУ) в тепловій схемі призначена для забезпечення потреб технології, опалення та гарячого водопостачання споживачів.

Застосування КТНУ забезпечує зменшення питомої витрати палива та дозволяє здійснити реконструкцію енергетики і розв'язати екологічні проблеми найбільш дешевим для економіки країни способом.

2 Основа для виконання робіт

Основою для виконання робіт є індивідуальне завдання на магістерську кваліфікаційну роботу, вихідні дані з підприємства, наказ ректора ВНТУ про затвердження теми МКР №203 від 14.09.2022 р.

3 Мета та призначення розробки

Метою проектування є підвищення ефективності енерговикористання в тепловій схемі котельні Вінницького заводу фруктових концентратів та вин з використанням теплонасосних технологій, обґрунтування енергоефективних, екологічно безпечних та економічно обґрунтованих режимів роботи котельні з використанням нового обладнання, оцінка обсягів економії паливно-енергетичних ресурсів, підвищення екологічної безпеки та оцінка економії коштів від запропонованої модернізації в тепловій схемі котельні.

Аналіз і визначення показників роботи діючої теплової схеми котельні. Розробка варіантів застосування та вибір джерел теплоти для когенераційної теплонасосної установки, які включають в себе: аналіз можливих проектних рішень; визначення на підставі багатоваріантного аналізу оптимального варіанту застосування когенераційної теплонасосної установки; вибір основного і допоміжного обладнання когенераційної теплонасосної установки.

4 Джерела розробки

Основою для розробки є індивідуальне завдання на магістерську кваліфікаційну роботу, дані багатьох літературних джерел та інші технічні матеріали про ефективність застосування когенераційних теплонасосних установок на підприємствах муніципальної енергетики.

4.1 Ткаченко С. Й. Парокомпресійні теплонасосні установки в системах теплопостачання. Монографія / С. Й. Ткаченко, О. П. Остапенко. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця. – 2009. – 176 с.

4.2 Остапенко О. П. Енергетична ефективність систем енергозабезпечення на основі комбінованих когенераційно-теплонасосних установок і пікових джерел теплоти [Електронний ресурс] / О. П. Остапенко // Наукові праці ВНТУ. – 2016. – № 1. – Режим доступу до журн.: <http://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/462/460>. (Дата звертання 27.09.22).

4.3 Остапенко О. П. Показники енергоекономічної ефективності систем енергозабезпечення на основі когенераційно-теплонасосних установок та пікових джерел теплоти [Електронний ресурс] / О. П. Остапенко, В. М. Портнов, А. Д. Волошин // Електронне наукове видання матеріалів XLVI науково-технічної конференції Вінницького національного технічного університету (22 – 24 березня 2017 р., Вінниця). – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2017/paper/view/2875/2248>. (Дата звертання 27.09.22).

4.4 Остапенко О. П. Наукові основи з оцінювання систем енергозабезпечення на основі когенераційно-теплонасосних установок / О. П. Остапенко // Актуальні проблеми енергетики та екології: матеріали XVI Всеукраїнської науково-технічної конференції (5 – 7 жовтня 2016 р., м. Одеса). – Херсон : ФОРМ Грін Д. С., 2016. – С. 15 – 17.

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

4.6 Ostapenko O. P. Scientific basis of evaluation energy efficiency of heat pump plants: monograph / O. P. Ostapenko. – Saarbrücken, LAP LAMBERT Academic Publishing, 2016. – 62 p.

4.7 Остапенко О. П. Комплексна оцінка енергетичної ефективності парокompресійних теплонасосних станцій з когенераційним приводом [Електронний ресурс] / О. П. Остапенко // Наукові праці ВНТУ. – 2015. – № 3. – Режим доступу до журн.: <http://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/2/2>. (Дата звертання 27.09.22).

4.8 Остапенко О. П. Енергетична ефективність теплонасосних станцій з різними джерелами теплоти за умови змінних режимів роботи [Електронний ресурс] / О. П. Остапенко, О. В. Шевченко, О. В. Бакум // Наукові праці ВНТУ. – 2013. – № 4. – Режим доступу до журн.: <http://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/381/379>. (Дата звертання 27.09.22).

4.9 Остапенко О. П. Енергоекотологічна ефективність теплонасосних станцій на природних та промислових джерелах теплоти за умови змінних режимів роботи [Електронний ресурс] / О. П. Остапенко, І. О. Валігура, А. Д. Коваленко // Наукові праці ВНТУ. – 2013. – № 2. – Режим доступу до журн.: <http://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/363/361>. (Дата звертання 27.09.22).

4.10 Остапенко О. П. Енергетична, екологічна та економічна ефективність парокompресійних теплонасосних установок у порівнянні з альтернативними джерелами теплопостачання [Електронний ресурс] / О. П. Остапенко, О. М. Слободянюк // Наукові праці ВНТУ. – 2014. – № 2. – Режим доступу до журн.: <http://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/399/397>. (Дата звертання 27.09.22).

4.11 Остапенко О. П. Енергетичний, екологічний та економічний аспекти ефективності теплонасосних станцій на природних та промислових джерелах теплоти [Електронний ресурс] / О. П. Остапенко, О. В. Бакум, А. В. Ющишина // Наукові праці ВНТУ. – 2013. – № 3. – Режим доступу до журн.:

<http://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/371/369>. (Дата звертання 27.09.22).

4.12 Остапенко О. П. Енергоефективність систем енергозабезпечення з когенераційно-теплонасосними установками та піковими джерелами теплоти в системах теплопостачання [Електронний ресурс] / О. П. Остапенко // Наукові праці ВНТУ. – 2016. – № 2. – Режим доступу до журн.: <http://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/472/470>. (Дата звертання 27.09.22).

4.13 Остапенко О. П. Області енергоефективної роботи систем енергозабезпечення з когенераційно-теплонасосними установками та піковими джерелами теплоти [Електронний ресурс] / О. П. Остапенко // Наукові праці ВНТУ. – 2016. – № 3. – Режим доступу до журн.: <http://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/479/478>. (Дата звертання 27.09.22).

4.14 Остапенко О. П. Області енергоефективної роботи систем енергозабезпечення з когенераційно-теплонасосними установками та піковими джерелами теплоти в системах теплопостачання [Електронний ресурс] / О. П. Остапенко // Наукові праці ВНТУ. – 2016. – № 4. – Режим доступу до журн.: <https://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/487/486>. (Дата звертання 27.09.22).

4.15 Остапенко О. П. Області високої енергоефективності систем енергозабезпечення з когенераційно-теплонасосними установками малої потужності та паливними котлами в системах теплопостачання [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 звертання 27.09.22).

5 Технічні вимоги

Вихідні дані до роботи: параметри пари: на виході з котлів $P_0 = 1,0$ МПа, $t_0 = 200^\circ\text{C}$; до споживачів $P_{\text{сп}2} = 0,4$ МПа, $t_{\text{сп}2} = 140^\circ\text{C}$. Витрата пари на технологічні споживачі в перший сезон $D_{\text{сп}} = 1,1$ кг/с. Витрата пари на споживачі в другий сезон: $D_{\text{сп}} = 1,0$ кг/с, $D_{\text{оп}} = 0,0165$ кг/с, $D_{\text{гв}} = 0,004$ кг/с. Витрата пари на технологічні споживачі: в третій сезон $D_{\text{сп}} = 0,88$ кг/с. Температура зворотного конденсату: $t_{\text{ксп}} = 60^\circ\text{C}$, $t_{\text{кгв}} = 60^\circ\text{C}$, $t_{\text{коп}} = 80^\circ\text{C}$. Температура живильної води: $t_{\text{жв}} = 102^\circ\text{C}$. Зворотній конденсат повертається в кількості 70% від технологічного споживача і 100% від гарячого водоспоживання та опалення.

6 Економічні показники

Створення об'єкту повинно вестись з малими витратами праці та з мінімальними затратами виробництва. Слід проаналізувати декілька варіантів застосування когенераційної теплонасосної установки і вибрати оптимальний на підставі техніко-економічних розрахунків, здійснити економічне обґрунтування доцільності застосування когенераційної теплонасосної установки за оптимальним варіантом, визначивши річні витрати палива, визначити економію палива. Проаналізувати техніко-економічні показники роботи когенераційної теплонасосної установки в тепловій схемі котельні та визначити термін окупності капіталовкладень на будівництво установки.

7 Стадії та етапи розробки

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів МКР	Строк виконання етапів МКР	Примітка
1	Аналітичний літературний огляд	25.09.2022 – 05.10.2022	
2	Варіантний аналіз проектів з підвищення ефективності енерговикористання в тепловій схемі котельні	06.10.2022 – 18.10.2022	
3	Технологія монтажу обладнання когенераційних теплонасосних установок	19.10.2022 – 02.11.2022	
4	Автоматизація теплової схеми парової котельні ..	03.11.2022 – 19.11.2022	
5	Економічна частина	20.11.2022 – 29.11.2022	
6	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.	30.11.2022 – 07.12.2022	
7	Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу	30.11.2022 – 07.12.2022	

Дата видачі завдання 27.09.2022 р.

Крайні терміни виконання 08.12.2021 р.

8 Порядок контролю та прийняття

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

9 Корегування технічного завдання допускається з дозволу керівника МКР.

Додаток В
(довідковий)

МОНТАЖ ОБЛАДНАННЯ КОГЕНЕРАЦІЙНОЇ ТЕПЛОНАСОСНОЇ УСТАНОВКИ

Вибір приміщення для розміщення теплового насосу.

Теплові насоси можна встановити у складних умовах і в тісних приміщеннях. Обраний варіант встановлення теплонасосного обладнання в окремому приміщенні, на місці складського приміщення. Приміщення має розміри, що дозволяють здійснювати належний огляд обладнання та забезпечують достатню кількість повітря для безпечної роботи ТНУ.

Приміщення обладнане зливною системою, системою вентиляції приміщення.

Утилізатор теплоти відхідних газів розміщуємо в приміщенні котельні.

Для цього обладнання достатньо мінімальних розмірів приміщення. Утилізатор теплоти димових газів розміщуємо безпосередньо поряд з газовими трактами від котлів. Таке розміщення обладнання дозволить зменшити витрати на трубопроводи, а також дозволить проводити обстеження обладнання.

Документація, необхідна для монтажу КТНУ.

Стадія "Робоча документація" (РД) розробляється для виконання будівельно-монтажних робіт.

В склад РД для будівництва повинні входити:

- робочі креслення, які розробляються у відповідності до вимог нормативних документів
- паспорт оздоблювальних робіт;
- кошторисна документація;
- специфікація обладнання, виробів та матеріалів;
- опитувальні листи і габаритні креслення на відповідні види обладнання та виробів;
- вихідні вимоги по розробці конструкторської документації на

обладнання індивідуального виготовлення.

Об'єм і деталізація робочих креслень повинна бути доведена до мінімально необхідних об'ємів.

При проектуванні об'єктів з особливо складними конструкціями і методами проведення робіт в складі робочої документації розробляються робочі креслення на спеціальні допоміжні споруди та прибудови по додатковому завданню замовника.

Вихідні дані для закордонного обладнання та креслення на обладнання індивідуального виготовлення видаються замовником проектувальнику до початку розробки робочої документації.

Для об'єктів промислового призначення в склад вихідних даних повинні входити також дані про потреби в енергоресурсах, обслуговуючих майданчиках та охороні обладнання.

Робочі креслення, кошторисна документація, специфікація обладнання, виробів та матеріалів, креслення металічних конструкцій, трубопроводів, повітропроводів, а також проектна документація на будівництво об'єктів передаються замовнику в чотирьох екземплярах.

В.1 Розрахунок і підбір допоміжного обладнання

Підбір насосного обладнання

Мережні насоси забезпечують циркуляцію теплоносія в тепловій мережі. Їх подача визначається за максимальною масовою витратою мережної води.

Витрата в контурі мережа–конденсатор

$$V_{\text{МН}} = \frac{(1,1 \dots 1,2) \cdot G_{\text{МВ}} \cdot 3600}{\rho_{\text{МВ}}}, \quad (\text{В.1})$$

де ρ – густина мережної води на вході в мережний насос, кг/м³;
 $G_{\text{МВ}}$ – витрата мережної води, кг/с;

$$V_{\text{МН}} = \frac{1,1 \cdot 1,89 \cdot 3600}{992,2} = 7,6 \text{ (м}^3\text{/год.)}$$

Насос циркуляційний розрахований на максимальну витрату – 11 м³/ год., максимальний напір – 0,174 МПа, та потужністю електродвигуна 1,5 кВт.

Витрата в контурі теплообмінник-випарник за формулою (В.1)

$$V_{\text{МН}} = \frac{1,1 \cdot 2,6 \cdot 3600}{992,2} = 10,4 \text{ (м}^3\text{/год.)}$$

Насос циркуляційний розрахований на максимальну витрату – 11 м³/ год., максимальний напір – 0,174 МПа, та потужністю електродвигуна 1,5 кВт.

В.2 Розрахунок та комплектування основних та допоміжних матеріалів та виробів, складання відомостей

Розрахунок та комплектування основних та допоміжних матеріалів та виробів показано у таблиці В.1.

Таблиця В.1 – Відомість витрат матеріалів

№ п.п	Найменування матеріалу	Одиниці вимірювання	Кількість	Маса одиниці, кг	Маса, кг
1	2	3	4	5	6
Потреба в основних матеріалах					
1	Труби сталеві безшовні водо-газопровідні чорні Ø 20 мм	м	50	1,5	75
2	Труби сталеві безшовні водо-газопровідні чорні Ø 40 мм	м	30	3,33	99,9
3	Вентилі запірні Ø 40 мм	шт	15	4,5	67,5
4	Ізоляційний матеріал для ізоляції труб марки k-flex	м ³	5,6	20	112
5	Зворотній клапан Ø 20 мм	шт	7	5	35
6	Кронштейни	шт	168	0,4	67,2
7	Тепловий насос марки	шт	2	4500	9000
8	Газопоршневий двигун-генератор Generac	шт	2	878	1756
9	КТАН-утилізатор КТАН-0,1УГ	шт	1	682	682
10	Циркуляційний насос 1,5КМ–8/19	шт	4	25	100
Потреба у допоміжних матеріалах					
11	Ацетилен розчинений технічний, марка А	т	0,00013		10,4
12	Кисень технічний газоподібний	м ³	14,47		236,46

Продовження табл. В.1

1	2	3	4	5	6
13	Білило цинкове МА-011-1	т	0,00012		9,6
14	Дріт зварний легований, 4 мм	т	0,00057		25,1
15	Електроди, діаметр 5 мм, марка Э42А	т	0,00214		120,14
16	Оліфа натуральна	кг	0,06		4,8
17	Вузли укрупнені монтажні, діаметр 20 мм	м	100		50
18	Вузли укрупнені монтажні, діаметр 40 мм	м	100		30
19	Вода	м ³	2,2		74,8
20	Очіс льняний	т	0,00006		4,8
21	Болти з гайками та шайбами, діаметр 16 мм	т	0,00237		21,58
22	Прокладка із пароніту, марка ПМБ, товщина 2 мм, діаметр 50 мм	1000 шт	0,004		0,044
23	Фланці сталеві Ø 40 мм	шт	2	0,3	11,1
24	Арматура фланцева Ø 40 мм	шт	1	0,1	2,2
25	Стрічка сталеві упаковальна, м'яка, 0,7х(20-50) мм	т	0,0229		839
26	Сталь листові оцинковані, товщина 0,8 мм	кг	2,8		224
27	Листи алюмінієві, марка АД1Н, товщина 1 мм	кг	0,3		24
28	Напівциліндри із мінеральної вати Ø 40 мм	м ³	2,11		83,5
29	Болти з гайками та шайбами, діаметр 12 мм	т	0,0011		7,7
30	Рейки залізничні, тип Р43, зі сталі марки НБ-61	м	16,72	44,65	746,55

Продовження табл. В.1

1	2	3	4	5	6
31	Шпали непросочені, I тип, довжина 2,75 м	шт	10	50	500
32	Скоби будівельні	кг	5,4		8,4
33	Масло дизельне моторне М-10ДМ	т	0,022		44
34	Паливо дизельне із малосірчистої нафти	т	0,03		60
35	Електроди, діаметр 4 мм, марка 350А	т	0,01125		17,65
36	Прокат широко стрічковий, товщина 10-12 мм, сталь СтЗсп	т	0,21		420
37	Шпали просочені	шт	17,4	80	2784
38	Рейси залізничні, тип Р43 із сталі НБ-61	м	0,28	70	39,2
39	Вода технічна	т	0,12		240
40	Пропан-бутанова суміш	т	0,00327		3,31
41	Сталеві прокладки	т	0,003		3
42	Електроди, діаметр 5 мм, Э42А	т	0,00039		1,56
43	Прокладка гумова	кг	0,07		0,28
44	Фланці плоскі приварні Ø 40 мм	шт	1		2
45	Розчин готовий кладочний, М50	м ³	0,014		56

Загальна маса всіх вантажів визначається як сума мас основного і допоміжного обланання та всі пристроїв і інструментів .

Загальна маса становить:

$$\Sigma M_{\text{заг.}} = \Sigma M_{\text{осн.обл}} + \Sigma M_{\text{доп.обл}} = 11994,6 + 6705,16 = 18699,76 \text{ (кг)}. \quad (\text{В.2})$$

В.3 Визначення складу і об'єму робіт

Склад робіт:

1. Доставка деталей до місця монтажу.
2. Розмітка місць прокладання трубопроводу.
3. Транспортування допоміжного обладнання.
4. Монтаж двох теплових насосів.
5. Монтаж двох газопоршневих двигунів-генераторів марки Generac.
6. Монтаж КТАН-утилізатора марки КТАН-0,1УГ.
7. Прокладання водогазопровідних трубопроводів діаметром 20 мм.
8. Прокладання водогазопровідних трубопроводів діаметром 40 мм.
9. Встановлення запірно-регулюючої арматури \varnothing 40 мм.
10. Встановлення зворотного клапана \varnothing 20 мм.
11. Випробування трубопроводів.
12. Ізоляція трубопроводів діаметром 20 мм.
13. Ізоляція трубопроводів діаметром 40 мм.
14. Монтаж циркуляційних насосів марки 1,5КМ-8/19.
15. Кінцева перевірка системи і здача в експлуатацію.

Об'єм робіт:

1. Доставка деталей до місця монтажу. Одиниці вимірювання в тонах. Загальна вага усіх деталей 18699,76 кг (18,699 т). Приймаємо об'єм $V=18,699$ т.

2. Транспортування допоміжного обладнання. Загальна маса допоміжного обладнання складає 6705,16 кг. Одиниці вимірювання в тоннах. Отже, $V = 6,71$ т.

3. Розмітка місць прокладання трубопроводу. Одиниці вимірювання 100 м. Довжина всієї мережі трубопроводу складає $L=80$ м. Приймаємо $V = 0,8$ м.

4. Монтаж теплового насосу. Одиниці вимірювання в штуках. Отже, приймаємо $V=2$ шт.

5. Монтаж газопоршневих двигунів-генераторів марки Generac. Одиниці вимірювання в тоннах. Отже, приймаємо $V=1,756$ т.

6. Монтаж КТАН-утилізатора марки КТАН-0,1УГ. Одиниці вимірювання в тоннах. Отже, приймаємо $V=0,682$ т.

7. Прокладання водогазопровідних трубопроводів діаметром 20 мм. Одиниці вимірювання 100 м. Довжина труб з діаметром 20 мм складає 50 м, отже, приймаємо $V=0,5$ м.

8. Прокладання водогазопровідних трубопроводів діаметром 40 мм. Одиниці вимірювання 100 м. Довжина труб з діаметром 40 мм складає 30 м, отже, приймаємо $V=0,3$.

9. Встановлення запірно-регулюючої арматури \varnothing 40 мм. Одиниці вимірювання 100 шт. Кількість 15 шт. Отже, об'єм становить $V=0,15$.

10. Встановлення зворотнього клапана \varnothing 20 мм. Одиниці вимірювання 100 шт. Кількість 7 шт. Отже, об'єм становить $V=0,07$.

11. Випробування трубопроводів. Одиниці вимірювання 100 м. Об'єм приймається як загальна довжина зворотних та подавальних трубопроводів і становить $V=0,8$ м.

12. Ізоляція трубопроводів діаметром 20 мм. Одиниця виміру 10 м. Загальна довжина трубопроводів, які ізолюють 50 м. $V = 5$ м.

13. Ізоляція трубопроводів діаметром 40 мм. Одиниця виміру 10 м. Загальна довжина трубопроводів, які ізолюють 30 м. $V = 3$ м.

14. Монтаж циркуляційних насосів марки 1,5КМ–8/19. Одиниці вимірювання в штуках. Отже, приймаємо $V=4$ шт.

15. Кінцева перевірка системи і здача в експлуатацію. Одиниці вимірювання в метрах. Загальна довжина зворотних та подавальних трубопроводів становить: 80 м. Отже, $V= 80$ м.

В.3.1 Вибір і обґрунтування методів виконання робіт, типів машин, механізмів, пристосувань і конструкцій

Трубопроводами називаються пристрої, які використовуються для транспортування рідких, газоподібних і сипучих речовин. Трубопроводи складаються з щільно з'єднаних між собою прямих ділянок труб, деталей, запірно-регулюючої арматури, контрольно-вимірювальних приладів, засобів автоматики, опор і підвісок, кріплення, прокладок і ущільнень, а також матеріалів, застосовуваних для теплової і антикорозійної ізоляції.

До технологічних трубопроводах відносяться всі трубопроводи промислових підприємств, за якими транспортуються: сировина, напівфабрикати та готові продукти; пар, вода, паливо, реагенти; відходи виробництва та ін.

Технологічні трубопроводи працюють у складних умовах. У процесі роботи окремі частини трубопроводу знаходяться під тиском продукту, що транспортується, яке може бути від 0,01 до 2500 кгс/см² і вище, під впливом температур в межах від -170 до +700 °С і більше, під постійним навантаженням від маси труб і деталей, навантажень теплового подовження, вібраційних, вітрових та тиску ґрунту.

Крім того, в елементах трубопроводу можуть виникати періодичні навантаження від нерівномірного нагріву, заземлення рухомих опор і надмірного тертя в них.

Складність виготовлення та монтажу технологічних трубопроводів визначається:

- характером і ступенем агресивності продуктів, що транспортуються (вода, нафта, пар, газ, спирти, кислоти, луги та ін.);
- конфігурацією обв'язки апаратів та обладнання, великою кількістю роз'ємних та нероз'ємних з'єднань, трубопроводів, компенсаторів, контрольно-вимірювальних приладів, засобів автоматики і опорних конструкцій;
- розташуванням трубопроводів у траншеях, каналах, лотках, на стійках, естакадах, етажерках, на технологічному обладнанні, а також на різних висотах і часто в умовах, незручних для виробництва робіт.

За територіальною ознакою технологічні трубопроводи поділяють на

внутрішньоцехові, що з'єднують окремі апарати і машини в межах однієї технологічної установки або цеху і розміщені всередині будинку або на відкритому майданчику, міжцехові, що з'єднують окремі технологічні установки і цехи.

Успішне і якісне виконання монтажних робіт залежить від своєчасної підготовки виробництва. При монтажі трубопроводів необхідно суворо дотримуватися технічних умов і правил провадження робіт, деталей і вузлів трубопроводів, арматури та інших матеріалів.

В.3.2 Прокладання надземних трубопроводів

Надземні трубопроводи монтують укрупненими блоками або секціями.

Монтаж міжцехових трубопроводів окремими трубами допускається тільки в тих випадках, коли при установці додаткових ліній на діючих естакадах, розширенні або реконструкції промислових об'єктів.

По виду укрупнення блоки можуть бути з будівельних конструкцій, трубопровідні та комбіновані.

Вибір виду блоку і ступеня його укрупнення визначається в залежності від конструктивних рішень естакад, кількості та розташування трубопроводів, їх діаметрів, наявності вантажопідйомних механізмів і транспортних засобів, а також місцевих умов виконання робіт.

Зазвичай монтаж проводять трубопровідними і комбінованими блоками.

Укрупнювальну збірку блоків проводять на складальних майданчиках стаціонарних або мобільних, які розташовують у зоні дії монтажного крана.

Майданчики для збирання трубопровідних блоків довжиною до 60 м, прокладаються по металевій фермовій естакаді. Трубопровідні блоки збирають в такій послідовності: вантажать, транспортують і розвантажують арматуру, деталі, вузли та секції; встановлюють стелажі або стенди, підготовляють кромки секцій під зварювання; стропують секції, піднімають і укладають секції на стелажі; збирають і зварюють стики, контролюють якість зварних з'єднань; розмічають місця встановлення опор і закріплюють опори; контролюють якість, маркують і приймають блоки. В окремих випадках забарвлюють блоки і теплоізоляцію із захисним покриттям (якщо це передбачено проектом).

Комбіновані блоки металевих фермових естакад збирають наступним чином: вантажать, транспортують і розвантажують укрупнені елементи будівельних конструкцій і трубопроводів; збирають трубопровідні блоки; розкладають і фіксують нижні балки; встановлюють ферми і верхні стійки, кріплять «ялинки»; укладають і тимчасово закріплюють трубопровідні блоки, що розміщуються усередині контуру поперечного перерізу; встановлюють верхні балки, напівбалки і зв'язку верхнього поясу; укладають і тимчасово закріплюють температурні блоки, що розміщуються поза контуром поперечного перерізу, влаштовують інвентарні навісні риштування; підготовляють блоки до транспортування, встановлюють елементи жорсткості, маркують і приймають блоки.

До монтажних робіт з прокладання надземних міжцехових трубопроводів на окремо стоячих опорах або естакадах приступають тільки після отримання від будівельної організації актів про повну відповідність опорних конструкцій проекту

та технічним умовам, а також перевірки фактичного виконання цих робіт представниками монтажних організацій.

Необхідно перевірити готовність будівельних конструкцій стійок естакад і прогонових будов (для трубопровідних блоків) під монтаж і скласти виконавчу схему, що враховує відхилення відміток і положення в плані опорних конструкцій естакади.

При прокладці трубопроводів, розташованих всередині контуру поперечного перерізу естакади, трубопровідні блоки в залежності від типів естакад можна монтувати декількома методами:

- шляхи попереднього укладання блоків всередину контуру поперечного перерізу естакади до установки конструкцій верхнього ярусу (для збірних залізобетонних двоярусних естакад балкового типу);
- заведенням трубопровідних блоків у відкритий торець естакади (для всіх типів естакад);
- заведенням блоків всередину контуру через спеціально передбачений для цього отвір в площині верхнього пояса естакади (для металевих естакад фермового типу).

Монтаж конструкцій прогонових будов естакади починають від нерухокої (анкерної) стійки і ведуть в обидва боки від неї.

На двоярусних естакадах траверси і зв'язку по верхньому поясу встановлюють після монтажу трубопроводів на нижньому поясі естакади та укладання на ньому трубопроводів, що підвішуються до верхнього поясу, якщо це допускається конструкцією естакади.

Додаткові лінії трубопроводів на діючих естакадах зазвичай прокладають окремими трубами. Труби піднімають краном і з допомогою трактора або лебідок і відвідних блоків протягують всередину естакади.

Монтаж міжцехових трубопроводів блоками та секціями дозволяє механізувати 80-85% заготівельних, складально-зварювальних, ізоляційних і монтажних робіт і значно підвищити якість і продуктивність праці.

В.4 Підбір машин, механізмів, пристосувань

Труби, деталі, конструкції та обладнання для монтажу теплонасосної установки завозяться централізовано автомашиною «Iveco EuroTrakker MP 190 E 38 H». Оскільки загальна вага усіх деталей становить 18,699 т, то доставка деталей та обладнання до місця монтажу проводиться за два рази. Технічні характеристики автомашини наведені в табл. 6.3.

Для встановлення обладнання використовуємо Автокран УРАЛ КС-6572 технічна характеристика якого наведена в табл. В.2.

Для зварювання стиків трубопроводу використовується зварювальний напівавтомат інверторного типу KIND MIG-300. Його характеристики вказані в таблиці В.3.

Таблиця В.2 – Технічна характеристика автокрана УРАЛ КС-6572

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Вантажопідйомність	т	6,3
Виліт стріли	м	3,5
Коля коліс: передніх задніх	м	2,5 1,95
Маса	т	13,6

Таблиця В.3 – Технічні характеристики Iveco EuroTrakker MP 190 E 38 H

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Довжина платформи	м	6,8
Вантажопідйомність	кг	10000
Габарити: Довжина Ширина Висота	мм	9350 2489 3195
Маса	кг	19000

Таблиця В.4 – Технічні характеристики зварювального напівавтомату інверторного типу KIND MIG-300

Величина	Одиниця виміру	Значення
Номінальна напруга мережі	В	380
Номінальний зварювальний струм	А	250
Діаметр зварювальної проволочи	мм	0,8-1,4
Споживана потужність	кВт	6,4
Діаметр касети з проволокою	мм	300
Маса	кг	25

Для влаштування кріплень трубопроводів та кронштейнів використовують перфоратор BOSH-GBH 2-18 RE з такими технічними характеристиками:

- енергія удару – 1,7 Дж;
- число ударів при номінал. числі обертів – 3,960 1/хв ;
- потужність – 550 Вт;
- вага – 3,9 кг.

Трубні заготовки комплектуються по гілкам. Труби подавальних та зворотних магістралей зв'язують в пакети, які мають відповідне маркування, що не допускає помилок між ділянками.

В зв'язку з тим, що ми отримаємо фасонні частини трубопроводів в готовому вигляді, то ми маємо потребу тільки в монтажних інструментах, які наведені в табл. В.6.

Таблиця В.6 – Набір інструментів та пристосувань для монтажників системи трубопроводів

Найменування	ГОСТ, марка	Кількість, шт.	Загальна маса, кг
1	2	3	4
Ключ гайковий двохсторонній М17х19мм, М19х22 мм	ГОСТ2839-80	6	0,9
Плоскогубці комбіновані	ГОСТ 5547-75	6	1,6
Викрутки	ГОСТ 5423 - 79	6	0,31
Молоток слюсарний	ГОСТ 2310-77	6	1,8
Зубило слюсарне довжиною 200 мм	ГОСТ 7211-72	6	2,1
Молоток гумовий		6	1,9
Стрічка вимірювальна, 20 м	ГОСТ 7502 - 61	6	0,12
Рівень металевий	ГОСТ 7948-80	2	0,22
Висок	ГОСТ 7948-80	2	0,2
Ящик переносний для інструменту		12	3,2
Всього:			11,75

Витрати допоміжних матеріалів зводимо в таблицю В.7.

Загальна маса всіх інструментів і пристосувань складає

$$\Sigma M_{\text{інст.}} = 25 + 6,5 + 3,9 + 11,75 + 6,05 = 53,2 \text{ (кг)}. \quad (\text{В.3})$$

Таблиця В.7 – Витрати допоміжних матеріалів на монтаж теплотехнічної частини

Допоміжні матеріали	Одиниця виміру	Витрати матеріалів		
		Шифр	Вага	Об'єм
Прокладки гумові	кг	111-1746	5,45	-
Прокладка з пароніта, ПМБТ,	шт/кг		15/0,04	-
$\Sigma = 6,05$				

В.5 Витрати на паливні та енергетичні ресурси

Витрати електроенергії на роботи електроприладів визначаються за формулою

$$E = P \cdot \tau \cdot k, \quad (\text{В.4})$$

де P – потужність приладу чи механізму, кВт;
 τ – термін роботи приладу, год;
 k – коефіцієнт, що враховує періодичність дії електричного обладнання.

Витрати електроенергії на роботу зварювального напівавтомату типу KIND MIG-300

$$k = 0,1, \tau = 3 \text{ год}, p = 1,6 \text{ (кВт)};$$

$$E_1 = 1,6 \cdot 3 \cdot 0,1 = 0,48 \text{ (кВт}\cdot\text{год)}.$$

Витрати електроенергії на роботу перфоратора BOSH-GBH 2-18 RE

$$k = 0,1, \tau = 16 \text{ год}, p = 0,55 \text{ (кВт)};$$

$$E_2 = 0,35 \cdot 16 \cdot 0,1 = 0,88 \text{ (кВт}\cdot\text{год)}.$$

Витрата пального для доставки матеріалів та виробів:

- відстань 30 (км);
- кількість ходок $n = 2$;
- витрата пального $Q = 18$ (л/100 км).

Необхідна кількість пального для доставки труб визначається за формулою

$$Q_{\text{п}} = Q \cdot 2 \cdot n \cdot l = 0,18 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 30 = 21,6 \text{ (л)}. \quad (\text{В.5})$$

В.6 Визначення трудомісткості виконання монтажних робіт

Трудомісткість монтажних робіт

$$Q = \frac{V \cdot H_{\text{ч}}}{B} \text{ [люд/дні]}, \quad (\text{В.6})$$

де V – об'єм робіт;
 $H_{\text{ч}}$ – норма часу на одиницю виміру, люд/год;
 B – кількість годин в зміні, год.

Тривалість монтажних робіт

$$T = \frac{Q}{n} \text{ [дні]}, \quad (\text{B.7})$$

де Q – трудомісткість монтажних робіт, люд/дні
n – кількість робітників, люд.

Результати розрахунку наведені в таблиці В.8.

Таблиця В.8 – Визначення трудомісткості виконання монтажних робіт

№ 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	18,699	3	7,01	1,75	4	робітник Зр.-3 1 водій

Продовження табл. В.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	Транспортування допоміжного обладнання	т	6,705	3	2,51	1,26	2	робітник 4р.-1, 2р.-1
3	Розмітка місць прокладання трубопроводів	100 м	0,8	1,3	0,13	0,033	4	Монтажн. 5р.-2, 3р.-2
4	Монтаж теплового насосу	шт	2	352,8	88,2	22,05	4	Монтаж- ники 3р.-2, 7р.-2
5	Монтаж двигуна-генератора Genegac	т	0,878	239,69	26,31	2,6	10	Монтаж- ники 3р.-4, 4р.-4, 7р.-2
6	Монтаж КТАН-утилізатора	т	0,682	246,4	21,01	7	3	Монтаж- ники 5р.-1, 4р.-1, 3р.-1
7	Прокладання водогазопровідних трубопроводів діаметром 20 мм	100м	0,5	48,71	3,04	1,01	3	ел.зв. 6р.-1, 5р.-1, сл.-сантехнік 4 р.-1

Продовження табл. В.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9
8	Прокладання водогазопровідних трубопроводів діаметром 40 мм	100м	0,3	48,71	1,83	0,61	3	ел.зв. 6р.-1, 5р.-1, сл.-сантехнік 4 р.-1
9	Встановлення запірної арматури Ø 40 мм	шт	15	36,15	4,52	1,51	3	Монтажники 5р.-1, 4р.-1, 3р.-1
10	Встановлення зворотнього клапана Ø 20 мм	шт	7	16,87	2,11	0,7	3	Монтажники 5р.-1, 4р.-1, 3р.-1
11	Випробування трубопроводів	100 м	0,8	8,22	0,822	0,27	3	Монтажники. 4р.-1, 3р.-2
12	Ізоляція трубопроводів діаметром 20 мм	100 м	0,5	48,79	6,09	3,05	2	Слюсар 4, 2 розряд
13	Ізоляція трубопроводів діаметром 40 мм	100 м	0,3	29,27	3,65	1,83	2	Слюсар 4, 2 розряд
14	Монтаж циркуляційного насоса	шт	4	21,32	10,66	2,67	4	Монтажники 3р.-2, 4р.-2

Продовження табл. В.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9
15	Кінцева перевірка системи і здача в експлуатацію	100 м	0,8	2,4	0,24	0,12	2	Слюсар-сантехнік 3,5

В.7 Визначення складу бригад і підбір монтажних інструментів

Склад бригад та середній розряд робітників для виконання монтажних робіт визначається згідно нормативних документів.

Доставка деталей до місць монтажу та їх складування. Троє робітників, один водій.

Транспортування допоміжного обладнання. Два робітника 4, 2 розряду.

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

Монтаж теплового насосу. Чотири монтажника 7, 3 розряду.

Монтаж двигуна-генератора Generac. Десять монтажників 3, 4, 7 розрядів.

Монтаж КТАН-утилізатора. Три монтажника 5, 4, 3 розряду.

Прокладання водогазопровідних трубопроводів діаметром 20 мм. Двоє електрозварників 6, 5 розряду, один слюсар-сантехнік 4 розряду.

Прокладання водогазопровідних трубопроводів діаметром 40 мм. Двоє електрозварників 6, 5 розряду, один слюсар-сантехнік 4 розряду.

Встановлення запірної арматури \varnothing 40 мм. Три монтажника 5, 4, 3 розряду.

Встановлення зворотнього клапана \varnothing 20 мм. Три монтажника 5, 4, 3 розряду.

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

Ізоляція трубопроводів діаметром 20 мм. Два слюсара 4, 2 розряду.

Ізоляція трубопроводів діаметром 40 мм. Два слюсара 4, 2 розряду.

Монтаж циркуляційного насоса 1,5КМ–8/19. Чотири монтажника 4, 3 розряду.

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

В.8 Організація робочих місць та побутових приміщень

До початку монтажно-збірних робіт встановлюється готовність будівлі до монтажу трубопроводів, приладів та обладнання.

Приймання об'єктів під монтаж відбувається актом встановленої форми, який підписує представник генпідрядника, який виконує будівельні роботи (майстер або виконроб).

Перед тим як розпочати монтажні роботи на об'єкті, виконати наступні роботи, які фіксуються актом:

- пробити отвори в стінах і в перекриттях підготувати борозди і канали для прокладки трубопроводів;
- оштукатурити інші ділянки стін в місцях окладки трубопроводів;
- підготувати монтажні пройми для переміщення крупно габаритного обладнання, що підлягає монтажу;
- нанести на стінах фарбою відмітки чистої підлоги;
- підвести електросилові лінії для підключення механізмів і інструментів;
- забезпечити освітленість роботи місць доступ до них робітників і можливість доставки матеріалів і виробів монтажного обладнання;
- виділити місце для складування матеріалів і обладнання.

В.9 Монтажне регулювання і здача системи в експлуатацію

Послідовність технологічних операцій при виконанні монтажних робіт.

Монтаж теплонасосної установки виконати в такій послідовності: розмітити місця установки стояків; розмітити місця установки кріплень. Монтаж трубопроводів виконати в такій послідовності: розмітити вісі магістралей та установити підвіски і кронштейни; прокласти труби, вузли і заготовки по наміченим вісям; зібрати магістралі та приєднати до них монтажні вузли; вивірити та установити задані уклони; закріпити магістралі на опорах та підвісках.

Після виконання всіх монтажних робіт систему піддають випробуванням на справність водорозбірної і запірної арматури, змивних та інших пристроїв обладнання і на герметичність. Випробування на герметичність виконують до закладення трубопроводів у стінах (при прихованій прокладці) і до накладення ізоляції і забарвлення. Випробовують трубопроводи гідравлічним способом відповідно до ГОСТ 3845-82 тиском, що перевищує робоче на 0,5 МПа, але не більше 1 МПа протягом 10 хв.; зниження тиску при цьому допускається не більше ніж на 0,1 МПа.

Випробування системи оформляють актом. Для приймання системи в експлуатацію пред'являють основні документи:

- акти, креслення і документи погоджень на додаткові роботи і зміни, допущені при монтажних роботах;
- акти на приховані роботи;
- акти випробувань окремих елементів (монтажних вузлів, пристроїв, обладнання) з доданням усіх паспортів;
- акти випробувань на герметичність мережі та на ефективність роботи обладнання (насосів, баків, пожежних кранів і т. п.).

Під час приймання перевіряють відповідність монтажу затвердженим проектом і міцність кріплень, наявність ухилів для спорожнення труб, відсутність витоків води в арматурі, з'єднаннях, обладнанні, ефективність включення і виключення, роботу автоматики.

Висновки

Виконаний розрахунок діаметрів трубопроводів для підведення і відведення теплоносіїв до когенераційної теплонасосної установки, було підібрано насоси для перекачування теплоносіїв.

Виконано компоновку обладнання, розроблено схеми прокладення трубопроводів, враховані рекомендації по виконанню робіт, визначена трудоемкість монтажних робіт. Розраховано необхідну кількість виробів та матеріалів для монтажу проекрованої системи, оцінено потребу в допоміжних матеріалах, виконаний підбір і машин, механізмів та пристосувань для виконання монтажних робіт. Визначено, що загальна маса вантажів становить 18699 кг, а загальна маса теплонасосних установок, що планується встановлювати в котельні, становить 9000 кг.

Розроблені: календарний графік монтажу когенераційної теплонасосної установки, а також графіки руху робітників, машин та механізмів. Розрахункова тривалість монтажних робіт відповідно до календарного плану монтажу складає 49,76 дні.

Додаток Г
(довідковий)

АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ ПАРОВОЇ КОТЕЛЬНОЇ З КОГЕНЕРАЦІЙНОЮ ТЕПЛОНАСОСНОЮ УСТАНОВКОЮ

Г.1 Характеристика об'єкту автоматизації

Парова котельня використовується для забезпечення технологічних потреб виробництва та для опалення цехів і адміністративного корпусу. Котельня обладнана одним паровим котлом паровидатністю 12 т/год, який призначений для виробництва насиченої пари. Робочим паливом є природний газ з теплотою згорання палива $Q_p^h = 33 \text{ МДж/м}^3$.

Водопостачання котельні здійснюється від природного джерела. Сира вода надходить в охолоджувач випару, де підігрівається парою з деаератора та йде в хімводоочистку. Вода з хімводопідготовки надходить на охолоджувач живильної води, а потім надходить в деаератор ДСА. Пара від котлів надходить в розподільник, а вже звідти надходить на виробництво, потреби опалення та власні потреби.

Передбачена безперервна і періодична продувка котла для виключення можливості випадання з котлової води накипоутворюючих солей і утворення накипу. Продувочна вода виливається в продувочний колодязь.

Паровий котел генерує пару з параметрами $P_0 = 0,8 \text{ МПа}$, $t_0 = 170 \text{ }^\circ\text{C}$, $h_0 = 2633 \text{ кДж/кг}$. Електропостачання на власні потреби котельні здійснюється з електромережі. Пара надходить в колектор, а тоді з параметрами $P_{\text{пс}} = 0,75 \text{ МПа}$, $t_{\text{пс}} = 169 \text{ }^\circ\text{C}$, $h_{\text{пс}} = 2632 \text{ кДж/кг}$ постачається промисловим споживачам. Зворотній конденсат від технологічних споживачів з температурою $60 \text{ }^\circ\text{C}$ надходить в деаератор атмосферного типу, який заживлений парою з колектора і тиск в якому складає $0,12 \text{ МПа}$.

Насичена пара з деаератора надходить в охолоджувач випару з температурою $t_{\text{охв}} = 104,7 \text{ }^\circ\text{C}$, де конденсується; з охолодника живильної води виходить вода з температурою $t_{\text{ожв}} = 70 \text{ }^\circ\text{C}$. Після хімводоочистки вода має температуру $t_{\text{хво}} = 5 \text{ }^\circ\text{C}$, а після охолодника живильної води підігрівається до температури $t_{\text{ожв}} = 22 \text{ }^\circ\text{C}$, ККД котлів $\eta_k = 0,9$, потужність власних потреб $N_{\text{вп}} = 0,41 \text{ (кВт)}$. Частка безперервної продувки – $0,03$.

Характеристика теплоносіїв, які застосовуються в процесі.

До вхідних продуктів належать – вода, повітря та паливо у вигляді природного газу. Готовий продукт – водяна пара.

Вода – рідина, що не має кольору та запаху. Хімічна формула – H_2O . Вода, що надходить в котел, проходить хімічну очистку і не повинна містити солі, очистка відбувається додаванням хімічних речовин. Основні показники води після очищення, яка надходить в котел: жорсткість не більше 20 мг. екв/кг, солевміст 245 мг / кг, лужність $pH = 7$, вміст вуглекислоти не допускається, вміст O_2 до 30 мг / кг, густина $\rho = 1050$ кг/м³.

Природний газ є сумішшю з певних різновидів газу, які утворюються глибоко в землі після розкладання осадових органічних порід. Це корисна копалина, яка має видобуватися разом з нафтою або в якості самостійної речовини.

У природному стані газ представлений у вигляді окремих скупчень. Їх прийнято називати газовими покладами, які накопичуються в земних надрах, як газові шапки. Природний газ в деяких випадках може перебувати в глибоких шарах землі в стані повного розчинення – це нафта або вода. Стандартні умови для утворення газу – це наявність температурного режиму в двадцять градусів і тиск близько 0,101325 Паскаля. Варто зазначити, що представлена корисна копалина з природного родовища видобувається тільки в газоподібному стані – газогідрати.

Газ переважає рядом переваг перед твердим паливом: відсутність золи, висока теплота згоряння, зручність транспортування і спалювання, можливість автоматизації процесів, високий ККД. Однак, він токсичний і здатний викликати важкі або смертельні отруєння, утворює вибухонебезпечні сполуки з повітрям.

Для організації нормального процесу горіння до пальника в газ надходить під тиском 0,02 МПа, з максимальним загальним витратою 79,2 м³/год.

Повітря є сумішшю газів. На 78% він складається з азоту, на 20,95% з кисню. Також до складу повітря входять аргон, CO_2 , неон, гелій, криптон, водень, H_2O , ксенон, озон, реній. У повітрі міститься невелика кількість водяної пари. Тиск повітря на рівні моря в середньому 1,0333 кг/см. Маса 1 метра кубічного повітря, очищеного від водяної пари і кислоти дорівнює 1,2928 г. При одночасному стисканні і охолодженні повітря можна перетворити в легко рухливу рідина блакитного кольору. Для організації процесу горіння до пальника крім палива повинен надходити повітря, очищений від пилу і вологи.

Для організації процесу горіння до кожного пальника крім палива повинно надходити повітря, очищене від пилу і вологи з параметрами: температурою повітря 30 °С, тиском 2,6 кПа.

Водяна пара – газоподібна речовина без смаку, кольору, запаху. Як і вода складається з двох частин – водню і кисню. По суті водяна пара –це вода в газоподібному стані. Залежно від вмісту в парі водяних крапель вона підрозділяється на насичену (суха і волога) і перегріту.

Г.2 Обґрунтування вибору величин, які регулюються та каналів регулюючого впливу

Вибір величин, які регулюються.

Основні фактори, які впливають на даний технологічний процес:

- витрата палива – при її зміні відбувається зміна співвідношення спалюваної горючої суміші, а також змінюється тиск димових газів та температура у котлі;
- витрата повітря – при її зміні відбувається зміна співвідношення спалюваної суміші, а також змінюється тиск димових газів у котлі;
- розрідження – її зміна спричиняє зміну витрати димових газів;
- тиск повітря;
- витрата палива на виході з котла – при її зміні відбувається зміна витрати палива;
- атмосферний тиск – при зміні тиску відбудеться зміна тисків палива і повітря.

Об'єктом керування є паровий котел. Основними технологічними параметрами і факторами, що впливають на роботу котла є:

Вихідні величини:

- тиск газів в топці котла;
- температура пари на виході котла.

Вхідні величини:

- витрата палива;
- витрата повітря;
- витрата димових газів.

Збурюючі величини, які можна регулювати:

- витрату палива;
- тиск повітря.

Збурюючі величини, які не можна регулювати:

- абсолютний тиск.

Стабілізувати, тобто усунути всі збурення не можна, тому витрата палива, витрата повітря і розрідження взаємопов'язані. Усунути можна тільки одне збурення – витрата води/пари через котел. Витрата пари стабілізується за допомогою підживлення зворотної, водою із мережі. Крім того, температура пари повинна змінюватися в залежності від потужності споживача. Аналізуючи ці збурення, можна прийти до висновку, що економічно доцільним буде використання в якості регулюючого впливу зміну подачі палива.

Отже, в котлі є наступні САР:

- САР потужності котла;
- САР співвідношення паливо-повітря;
- САР рівня води в барабані котла;
- САР тиску в деаераторі;

– САР живлення системи.

САР потужності парового котла.

Сигнал, який поступає з датчика тиску (1-1) надходить на контроллер (1-3), також контроллер отримує корегуючі дані з датчиків витрати пари (1-2) та природного газу (1-4). Контроллер порівнює сигнали та виробляє корегуючий сигнал, який надходить через вбудований в контроллер частотний перетворювач на виконавчий механізм засувки лінії живлення газом котла (1-7).

Регулятор потужності призначений для підтримання енергетичного балансу в котлоагрегаті. Показником балансу є тиск в барабані котла. Автоматичне регулювання будемо здійснювати за триімпульсною схемою (рис. Г.1).

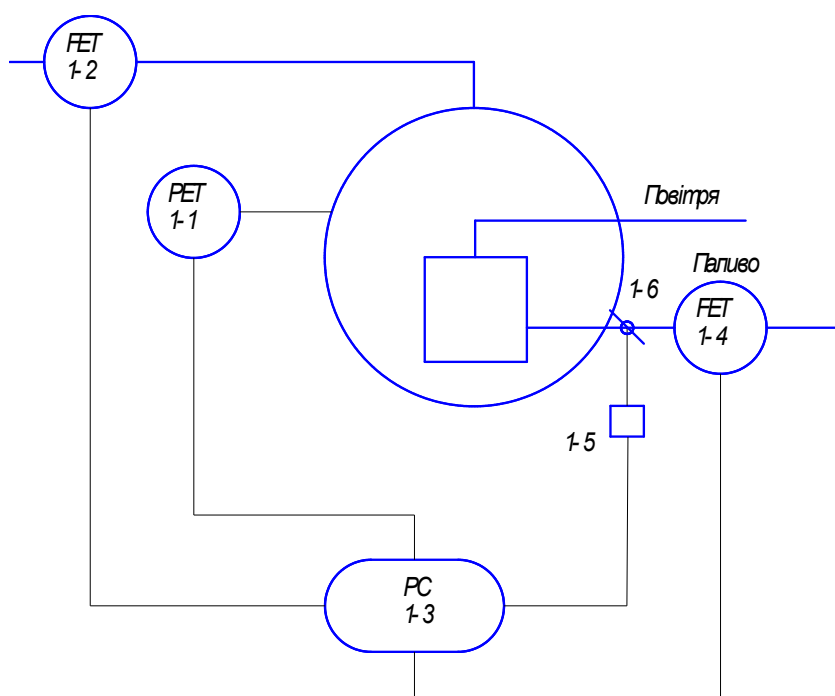


Рисунок Г.1 – Схема регулювання потужності котла

1-1 – датчик тиску Siemens QBE2000-P16, діапазон 0...16 бар;

1-2, 1-4 – витратомір Siemens Mass MS1; 1-3 – програмований мікроконтролер SIEMENS Simatic S7-1200 CPU 1214; 1-6 – електропривід для регулюючого органу Siemens SQK33.00.

Дана схема є досить розповсюдженою і добре себе зарекомендувала за весь час експлуатації. Схема регулювання виконана на компонентах марки SIEMENS, сигнали з яких чітко узгоджуються між собою та забезпечують високу якість автоматизованого керування.

САР співвідношення палива і повітря

Контроллер (2-4), сприймає інформацію від датчика витрати палива (2-1) та повітря (2-2), також сприймає сигнал від датчика концентрації (2-3) та виробляє сигнал для електроприводу вентилятора (2-5).

Схема представлена на рисунку Г.2.

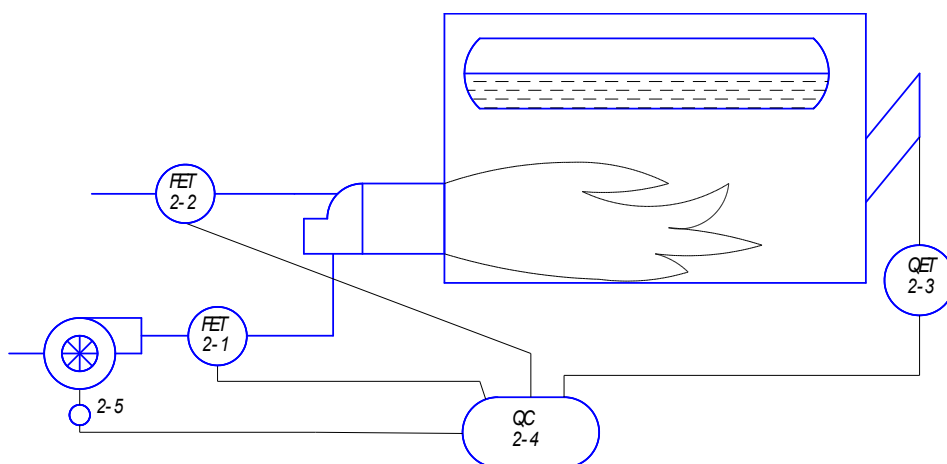


Рисунок Г.2 – Схема регулювання потужності котла
 2-1, 2-2 – витратомір Siemens Mass MS1; 2-3 – датчик концентрації чадного газу Arduino MQ7; 2-4 – програмований мікроконтролер SIEMENS Simatic S7-1200 CPU 1214; 2-5 – виконавчий орган (частотний перетворювач) двигуна вентилятора.

Дана схема забезпечує надійну роботу котла при будь якому зовнішньому чи внутрішньому збуренні.

САР рівня води в барабані.

Автоматичне регулювання (САР) живлення парового котла водою заключається в підтриманні рівня води в барабані котла. Рівень в барабані котла підтримується від нижнього робочого рівня до верхнього, тобто, коли найбільше дзеркало випаровування. Вимоги до регулювання рівня води в барабані парового котла найбільш жорсткі в порівнянні з іншими котловими регуляторами. Це викликано умовами безпеки і надійності роботи котла.

Враховуючи характер причин, що викликають зміну рівня води в барабані котла, найбільш доцільною є триімпульсна схема регулювання. Така схема застосовуються для котлів паропродуктивністю 10 т/год і більше, працюючих в умовах значного коливання продуктивності. При цій схемі регулятор живлення враховує три імпульси: рівня води в барабані, витрати пари і витрати живильної води. Схема регулювання рівня в барабані наведена на рис. Г.3.

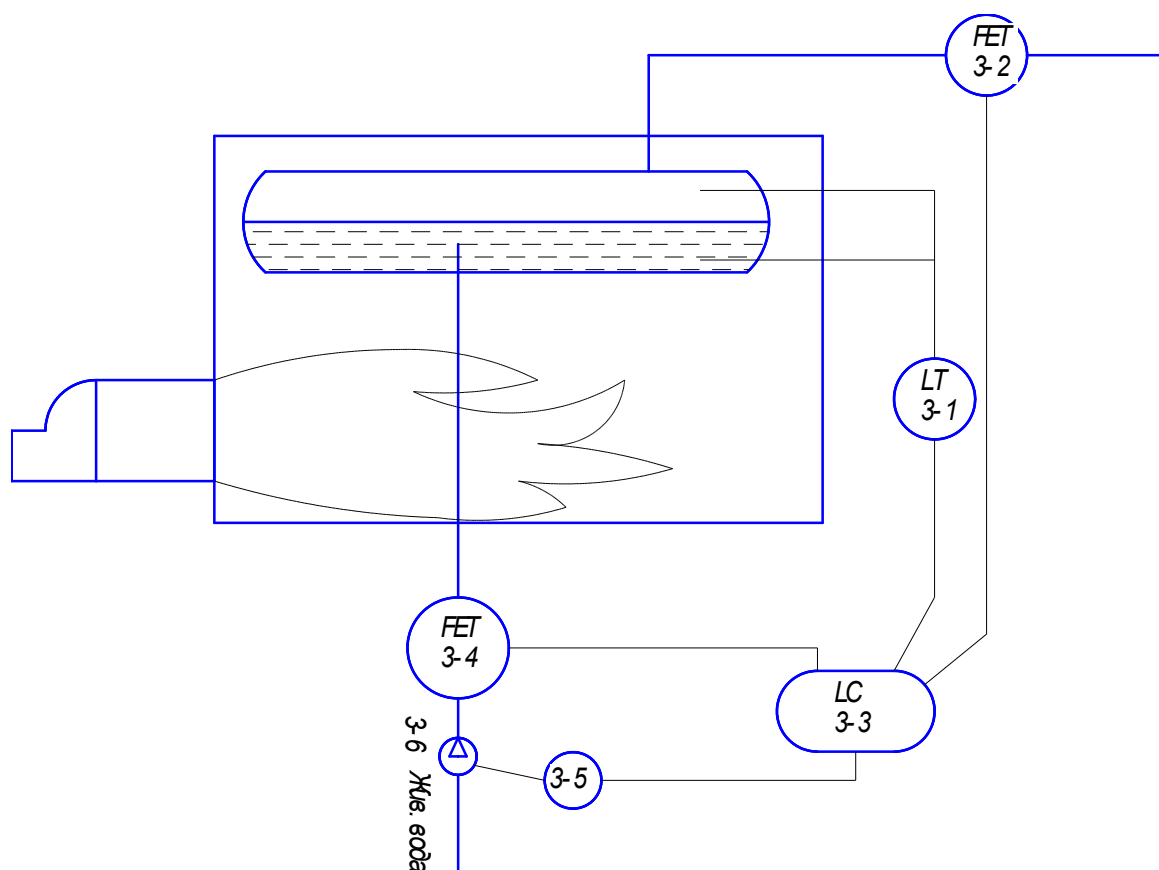


Рисунок Г.3 – Схема регулювання рівня води в барабані

3-2, 3-4 – витратомір Siemens Mass MS1; 3-1 – датчик рівня Siemens Pointek CLS 200; 3-3 – програмований мікроконтролер SIEMENS Simatic S7-1200 CPU 1214; 3-5 – частотний перетворювач Siemens Sinamics V20; 3-6 – насос.

Із датчиків витрати пари (3-2), рівня води в барабані котла (3-1) та витрати живильної води (3-4), сигнали надходять на контроллер (3-3) де порівнюються і виробляється сигнал керування електроприводом насосу (3-6) через частотний перетворювач (3-5).

САР тиску в деаераторі.

Сигнал із датчика тиску в деаераторі (1-1) надходить на регулятор (1-2), який виробляє сигнал впливу на електропривід парової засувки (1-5). Також регулятор (1-2) має ручне керування (1-3). На щит виводиться також світловий ідентифікатор положення засувки подачі пари (1-7).

Регулювання тиску в деаераторі виконується за одноімпульсною схемою. Імпульсом є тиск в деаераторі. Схема регулювання представлена на рис. Г.4.

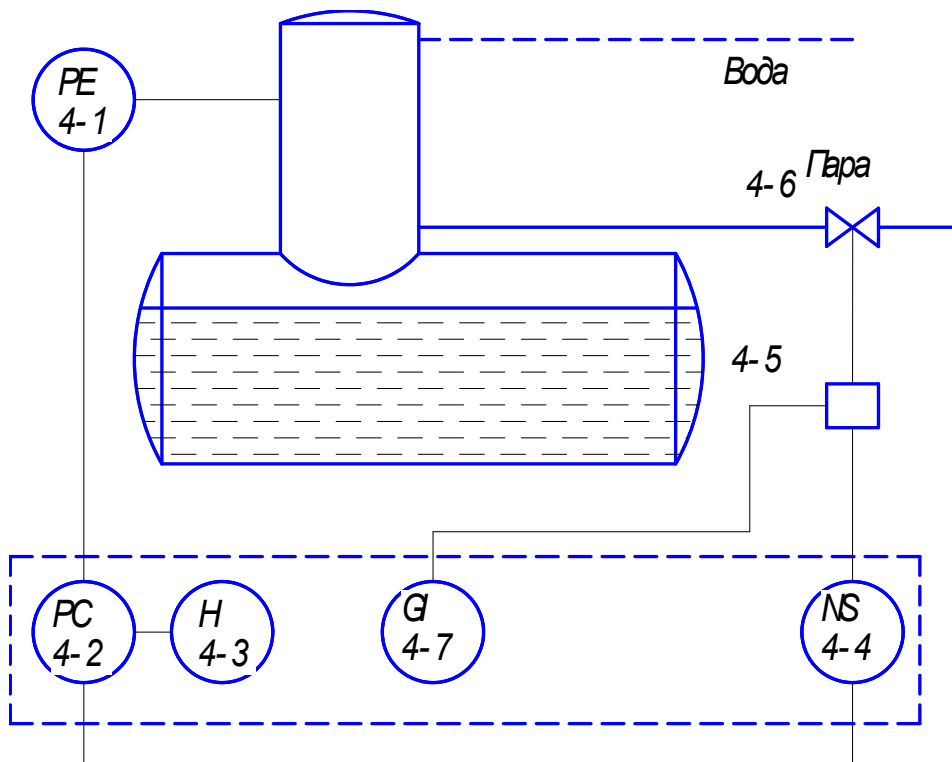


Рисунок Г.4 – Схема регулювання тиску в деаераторі

- 4-1 – датчик тиску Siemens QBE2000-P16, діапазон 0...16 бар;
- 4-2 – програмований мікроконтролер SIEMENS Simatic S7-1200 CPU 1214;
- 4-3 – режим ручного керування; 4-4 – частотний перетворювач (вбудований);
- 4-5 – електропривід для регулюючого органу Siemens SQK33.00;
- 4-6 – регулюючий орган; 4-7 – індикатор положення регулюючого органу.

Дана схема досить розповсюджена через високу надійність і оптимальне число складових елементів системи регулювання.

САР підживлення теплової схеми

В якості регулятора підживлення системи використаємо двоімпульсну схему, впливом в якій буде зміна витрати пари на виході з котла. Корегуючим впливом буде рівень води в деаераторі. Система автоматичного регулювання підживлення представлена на рис. Г.5.

Контролер (5-3) сприймає сигнали від датчика витрати пари (5-1) та датчика рівня води в деаераторі (5-2), далі виробляє керуючий сигнал для електропривода крану (5-4).

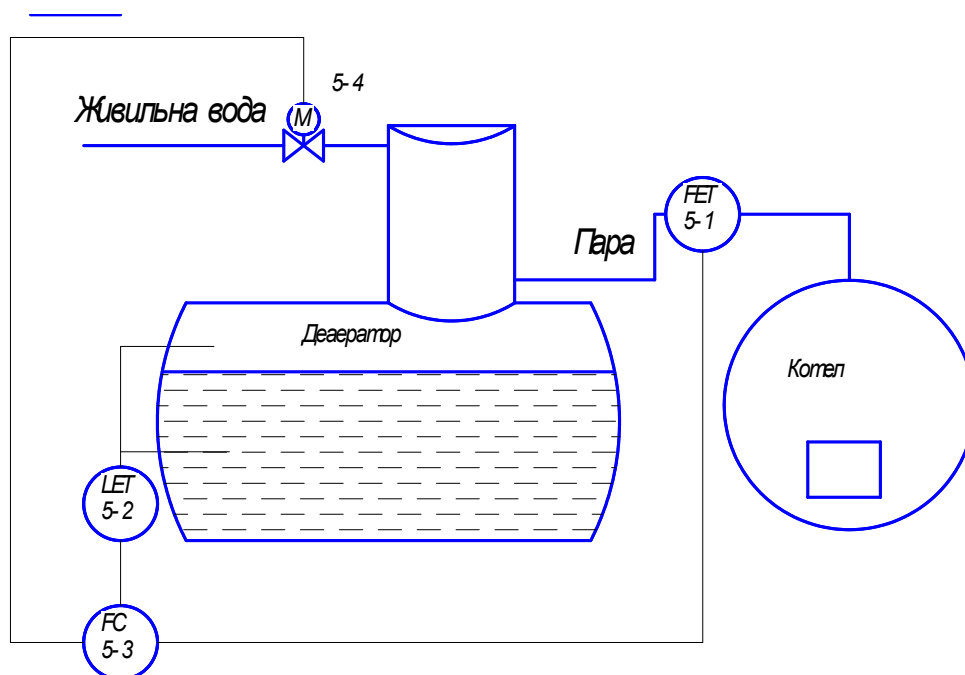


Рисунок Г.5 – Схема САР підживлення

5-1 – витратомір Siemens Mass MS1; 2-2 – датчик рівня Siemens Pointek CLS 200; 5-3 – програмований мікроконтролер SIEMENS Simatic S7-1200 CPU 1214; 2-4 – електропривід для регулюючого органу Siemens SQK33.00.

Вся система організована на датчиках та контролерах марки SIEMENS. Основним процесорним комплексом є SIEMENS Simatic S7-1200 CPU 1214. Система технологічного контролю та сигналізації також виконана за допомогою заданого контролера.

Засоби автоматизації.

Програмований контролер S7-1200 здатний вирішувати логічні завдання, завдання автоматичного регулювання та управління переміщенням, виконувати математичну обробку інформації. Він має широкі функціональні можливості, відрізняється відносно невисокою вартістю і може використовуватися у всіх секторах промислового виробництва, а також в системах автоматизації будівель.

Компактне модульне виконання в поєднанні з високою обчислювальною потужністю дозволяють використовувати S7-1200 для вирішення широкого кола завдань автоматизації. Цей спектр завдань простягається від заміни найпростіших релейно-контактних схем до побудови комплексних розподілених структур автоматизації, які використовують інтенсивний мережевий обмін даними.

S7-1200 може використовуватися в областях, де застосування контролерів раніше вважалося економічно не вигідним і для вирішення завдань автоматизації використовувалися спеціалізовані електронні пристрої.

Витратоміри масові SITRANS F C MASSFLO.

Принцип вимірювання MASSFLO заснований на виникненні фазового зсуву частоти коливань вимірювальної ділянки, в результаті впливу сили Коріоліса, що дозволяє проводити прямі вимірювання масової витрати, щільності, градусів Брикса, а також обчислювати об'ємний витрати рідин або газів. Масові витратоміри знайшли широке застосування в нафтохімічній і харчовій промисловості за рахунок високої точності вимірювань і можливості управління системами дозування. Ці прилади поєднують в собі лабораторну точність і здатність вимірювати промислові витрати. Адаптивна функція дозування забезпечує низьку похибку відпустки необхідної кількості компонента, навіть в умовах мінливого витрати і складу рідини.

Тип вимірюваного середовища - будь-яка рідина або газ з густиною до 2900 кг / м³ і витратою від 0.02 кг / год до 510 000 кг / год.

Частотний перетворювач Siemens Sinamics V20 - 4 кВт (6SL3210-5BE24-0UV0).

Компактний перетворювач частоти SINAMICS V20 це просте і економічно ефективно рішення. Відмінними рисами SINAMICS V20 є просте і швидке введення в експлуатацію, простота управління і висока надійність.

Технічні дані:

Серія: SINAMICS V20

sku: 6SL3210-5BE24-0UV0

Потужність: 4.00 кВт

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

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

Mmax (1 min)%: 150

Струм номінальний: 8.8 А

Струм в перебігу 1 хвилини: 13.2 А

Струм максимальний протягом 2 з: А

Вбудований регулятор: ПД

Скалярний режим управління: є

Векторний режим керування без енкодера: є

Векторний режим керування з енкодером: є

Г.3 Величини, які підлягають контролю та сигналізації

Контролю підлягають всі ті параметри, знання поточних значень яких забезпечує пуск, налагодження та ведення технологічного процесу. До таких параметрів відносять регульовані величини, нерегульовані внутрішні параметри, вхідні і вихідні параметри, при зміні яких в об'єкт можуть надходити впливи, всі параметри, зміна яких може привести до аварії або порушення технологічного процесу.

Контролюють:

- температуру пари 209,8 °С;
- температуру живильної води 104 °С;
- температуру димових газів 200 °С (без економайзера);

- температуру димових газів 120 °С (з економайзером);
- тиск газу 0,08 МПа;
- тиск повітря 0,4 кПа;
- тиск живильної води 1,5 МПа;
- розрідження в топці 0,045 кПа;
- витрату палива max (газу) 540 м³ / год;
- витрату живильної води (max) 7 т / год;
- витрату пара 7 т / год;
- рівень води в барабані котла
- вмісті СО і СН₄ в приміщенні.

Сигналізують:

- розрідження в топці;
- тиск газу;
- тиск повітря;
- рівень в барабані котла
- вміст СО і СН₄ в приміщенні

Відповідно до Правил безпеки систем газорозподілу і газоспоживання передбачається ряд технологічних захистів і блокувань.

Захисти, які спричиняють зупинку котла

- згасання факела в топці;
- відключення димососа;
- відключення дутевого вентилятора;
- пониження тиску газу;
- зниження і підвищення рівня в барабані.
- Захисти, які діють на відключення подачі палива до котла або пальника
- не запалення або згасання факела пальника розпалювальної групи при розпалюванні котла.

- перевищення концентрації СО і СН₄.

Технічні умови для виконання технологічних захистів

Захисти, які діють на зупинку котла:

– згасання факелу. Захист спрацьовує при відповідному сигналі з фотодатчика і спричиняє зупинку котла. Вводиться автоматично при початку розпалювання і виводиться при зупинці котла або спрацьовуванні захисту «Незапалення при розпалюванні»;

– відключення дутевого вентилятора. Захист спрацьовує при відключенні вимикача електродвигуна дутевого вентилятора і спричиняє зупинку котла. Вводиться автоматично при початку розпалювання і виводиться при зупинці котла або спрацьовуванні захисту «Незапалення при розпалюванні»;

– зниження тиску газу. Тиск контролюється регулюючим клапаном на загальному підводі газу до котла. На котлах, що працюють під наддувом, контролюється різниця тисків: газу за регулюючим клапаном на загальному підводі до котла і димових газів в топці;

– підвищення и зниження рівня. Підвищення рівня в барабані котла до 100 мм вище середнього - захист спричиняє також закриття всіх запірних засувки і

регулюючих клапанів на підводі живильної води до котла. Зниження рівня в барабані котла до -75 мм нижче середнього - захист спричиняє закриття всіх запірних засувок і регулюючих клапанів на підводі живильної води до котла.

Г.4 Методика розрахунку регулюючого органу

Швидкість рідини в трубопроводі, м/с

$$W = \frac{4 \cdot F_{\max}}{3600 \cdot \pi \cdot d_{\text{вн}}^2}, \quad (\text{Г.1})$$

де F_{\max} – максимальна витрата рідини, м³ / год ;

$d_{\text{вн}}$ – діаметр трубопроводу, м.

Число Рейнольдса

$$\text{Re} = \frac{W \cdot d_{\text{вн}}}{\nu}. \quad (\text{Г.2})$$

де ν – кінематична вязкість середовища, м²/с;

w – швидкість середовища, м/с.

Коефіцієнт тертя

$$\lambda = \frac{0,303}{(\log \text{Re} - 0,9)^2}. \quad (\text{Г.3})$$

Коефіцієнти опору:

крана $\xi_1 = 3,5$;

зворотного клапана $\xi_2 = 10$;

колiна $\xi_3 = 1,2$;

$$\sum \xi = \xi_1 + \xi_2 + \xi_3. \quad (\text{Г.4})$$

Втрата тиску в трубопроводі на тертя в місцевих опорах, Па

$$\Delta P_{\text{втр}} = \left(\lambda \cdot \frac{L}{d_{\text{вн}}} + \sum \xi \right) \cdot \frac{\rho \cdot W^2}{2}, \quad (\text{Г.5})$$

де λ – коефіцієнт тертя;

L – довжина трубопроводу, м;

$\sum \xi$ – сума коефіцієнтів місцевих опорів;

ρ – густина середовища, що протікає по трубопроводу;

W – швидкість потоку.

Втрати тиску на переміщення рідини в висоту h , Па

$$\Delta P_h = \rho \cdot g \cdot h. \quad (\text{Г.6})$$

Перепад тиску на клапані, Па

$$\Delta P_{p.o} = P_n - (P_k + \Delta P_{втр} + \Delta P_h). \quad (\text{Г.7})$$

Пропускна здатність клапана при максимальному і мінімальному навантаженнях

$$K_{v1} = 0,316 \cdot F_{\max} \cdot \sqrt{\frac{\rho}{\Delta P_{p.o}}}. \quad (\text{Г.8})$$

$$K_{v2} = 0,316 \cdot F_{\min} \cdot \sqrt{\frac{\rho}{\Delta P_{p.o}}}. \quad (\text{Г.9})$$

Умовна пропускну здатність регулюючого органу

$$K_{vy} = K_{v1} \cdot n, \quad (\text{Г.10})$$

де n – коефіцієнт запасу, зазвичай приймається 1,2.

З таблиці обираємо найближчий коефіцієнт умовної пропускну здатності $K_{vy.табл}$

Визначаємо ступінь відкриття клапана при максимальному і мінімальному навантаженнях

$$\eta_1 = \frac{K_{v1}}{K_{vy.табл}} \cdot 100\%; \quad (\text{Г.11})$$

$$\eta_2 = \frac{K_{v2}}{K_{vy.табл}} \cdot 100\%. \quad (\text{Г.12})$$

Г.5 Розрахунок клапану подачі підживлювальної води

Максимальна витрата $F_{\max} = 5,2 \text{ м}^3 / \text{год}$, мінімальна витрата $F_{\min} = 3,3 \text{ м}^3 / \text{год}$. Тиск у лінії $P_{\kappa} = 0,25 \text{ МПа}$. Насос, що подає рідину, розвиває тиск $P_{\text{н}} = 0,3 \text{ МПа}$. Діаметр трубопроводу $d_{\text{вн}} = 100 \text{ мм}$.

Схема виконавчого пристрою показана на рис. Г.6.

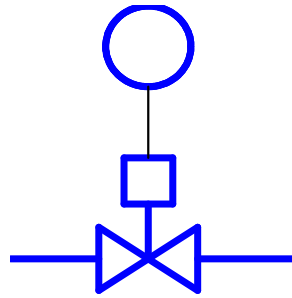


Рисунок Г.6 – Схема виконавчого пристрою

Розрахунок проведено за методикою з підрозділа Г.4.

Швидкість рідини в трубопроводі

$$W = \frac{4 \cdot 5,2}{3600 \cdot 3,14 \cdot 0,1^2} = 0,18 \text{ (м / с)}.$$

Число Рейнольдса

$$Re = \frac{0,18 \cdot 0,05}{0,89 \cdot 10^{-6}} = 18851.$$

Коефіцієнт тертя

$$\lambda = \frac{0,303}{(\log 18851 - 0,9)^2} = 0,03.$$

Коефіцієнти опору

вентиля $\xi_1 = 3,5$;

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

Втрата тиску в трубопроводі на тертя об стінки і місцевих опорах

$$\Delta P_{\text{втр}} = \left(0,03 \cdot \frac{8,4}{50} + 4,5 \right) \cdot \frac{990 \cdot 0,18^2}{2} = 302 \text{ (Па)}.$$

Втрата тиску на переміщення рідини в висоту h

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

Перепад тиску на клапані

$$\Delta P_{\text{р.о}} = 300000 - (250000 + 302 + 29136) = 20588.$$

Пропускна здатність клапана при максимальному і мінімальному навантаженнях:

$$K_{v1} = 0,316 \cdot 5,2 \cdot \sqrt{\frac{990}{20,602}} = 5,8,$$

$$K_{v2} = 0,316 \cdot 3,3 \cdot \sqrt{\frac{990}{20,602}} = 4,1.$$

Умовна пропускну здатність регулюючого органу

$$K_{vy} = 5,8 \cdot 1,2 = 6,96.$$

З таблиці обираємо найближчий коефіцієнт умовної пропускну здатності $K_{vy, \text{табл}} = 10$

Ступінь відкриття клапана при максимальному і мінімальному навантаженнях

$$\eta_1 = \frac{6,96}{10} \cdot 100 = 70(\%);$$

$$\eta_2 = \frac{4,1 \cdot 1,2}{10} \cdot 100 = 49(\%).$$

Отже, для встановлення обираємо нормально відкритий клапан НС 220В/12В з електроприводом Siemens SQK33.00 діаметром умовного проходу 100.

Висновки

Проведено розробку функціональної схеми автоматизації парового парової котельні.

Розроблені системи автоматичного регулювання потужності парового котла, САР співвідношення палива і повітря, САР рівня води в барабані, САР тиску в деаераторі, САР підживлення. Окрім цього було розроблено технологічні захисти при: загазованості котельні, при відключенні електроенергії, при погасанні факела пальника, а також при зміні тиску повітря.

Розроблена функціональна схема автоматики котельні на форматі А3, нанесені відповідні позначення.

Підібрані основні регулятори та вимірювальні пристрої, які будуть здійснювати процеси регулювання в схемі.

Виконано розрахунок клапану подачі підживлювальної води.

Додаток Д
(довідковий)

Таблиця Д.1- Локальний кошторис на будівельні роботи № 1

Основа:
креслення (специфікації) №

Кошторисна вартість 5838,349 тис. грн.
Кошторисна трудомісткість 1,725 тис.люд.-год.
Кошторисна заробітна плата 117,845 тис. грн.
Середній розряд робіт 4,0 розряд

Складений в поточних цінах станом на "12 грудня" 2022 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
										на одиницю	всього
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	M7-232-1	Монтаж теплового насосу OCHNER IWWS 520ER2	комплект	1	<u>21816,64</u> 17487,29	<u>647,77</u> 166,58	21817	17487	<u>648</u> 167	<u>219,8</u> 8,6738	<u>219,8</u> 8,67
2	C130-508 варіант 12	Насос OCHNER IWWS 520ER2	шт	1	<u>576684,97</u> -	<u>-</u> -	576685	-	<u>-</u> -	<u>-</u> -	<u>-</u> -
3	M6-407-10	Монтаж газопоршневого двигуна-генератора Generac 360	т	15,1	<u>4222,17</u> 2635,25	<u>589,05</u> 194,41	63755	39792	<u>8895</u> 2936	<u>33,6</u> 9,2224	<u>507,36</u> 139,26
4	C130-4 варіант 6	Газопоршневий двигун генератора Generac 360	шт	1	<u>2629527,64</u> -	<u>-</u> -	2629528	-	<u>-</u> -	<u>-</u> -	<u>-</u> -
5	M18-152-1	Монтаж котла-утилізатора КТАН-0,1 УГ	шт	1	<u>65734,04</u> 38893,46	<u>11908,58</u> 3676,67	65734	38893	<u>11909</u> 3677	<u>548,8</u> 174,8522	<u>548,8</u> 174,85
6	C1630-1053 варіант 2	КТАН-утилізатор, КТАН - 0,1 УГ	шт	1	<u>2415303,47</u> -	<u>-</u> -	2415303	-	<u>-</u> -	<u>-</u> -	<u>-</u> -
Разом прямі витрати по кошторису							5772822	96172	<u>21452</u> 6780		<u>1275,96</u> 322,78

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		Разом будівельні роботи, грн. в тому числі: вартість матеріалів, виробів та конструкцій, грн. всього заробітна плата, грн. Загальновиробничі витрати, грн. трудоємність в загальновиробничих витратах, люд.год. заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн. Всього будівельні роботи, грн.					5772822 5655198 102952 65527 126,3 14893 5838349				
		----- Всього по кошторису					5838349				
		Кошторисна трудоємність, люд.год. Кошторисна заробітна плата, грн.					1725 117845				

Склав _____
[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Перевірів _____
[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

08-11.МКР.001.01.00.000 ТЗ

Перв. примен.

Справ. №

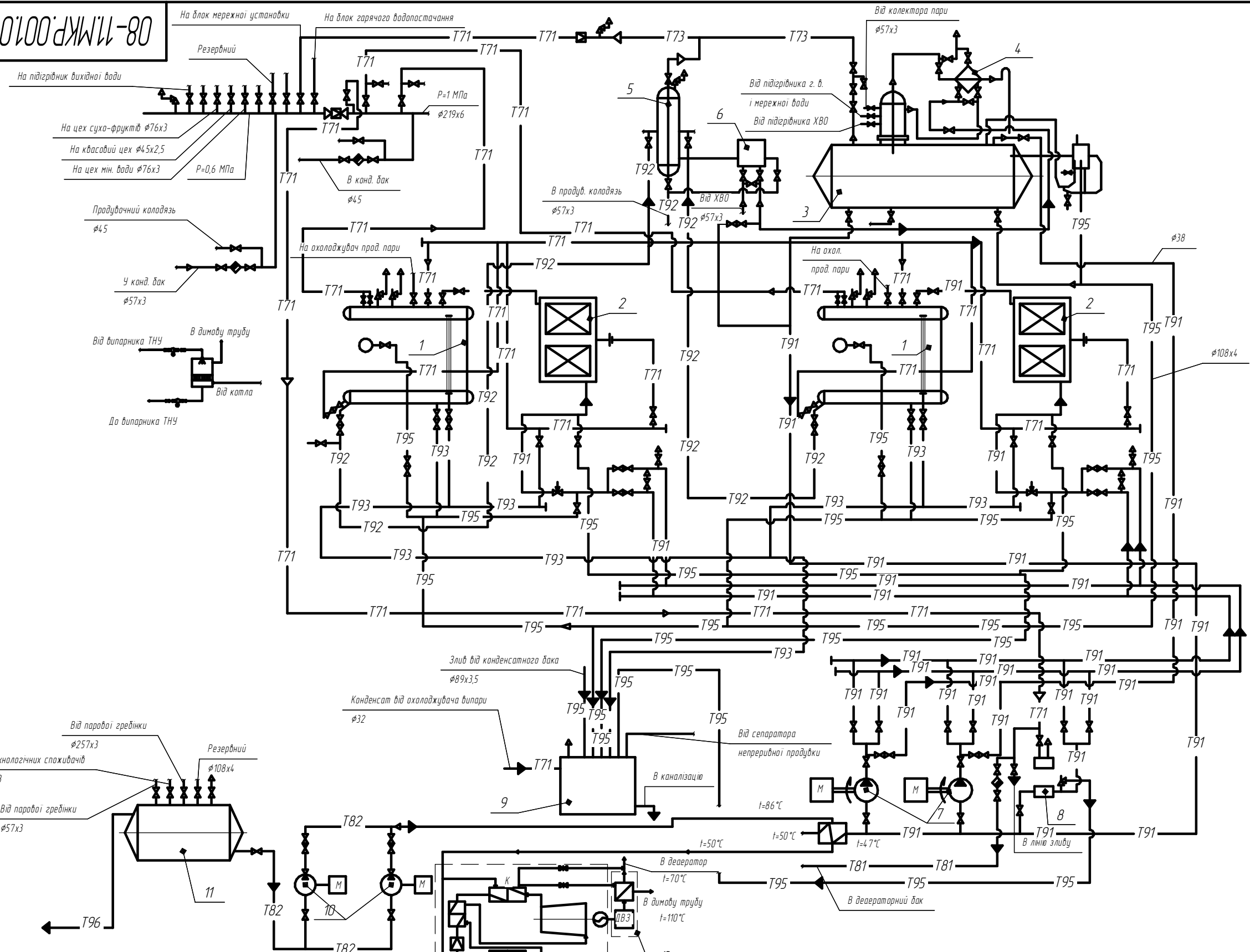
Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

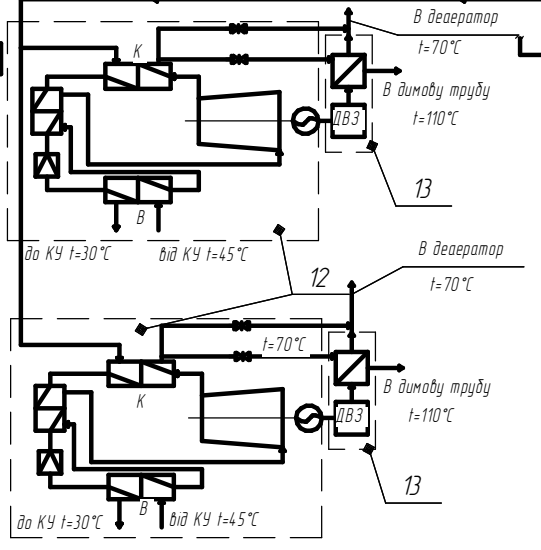
Подп. и дата

Инв. № подл.



Умовні позначення:

- T81 Конденсатопроводи $\phi 25 \times 2$
- T82 Конденсатопроводи $\phi 57 \times 3$
- T93 Трубопроводи періодичної продувки $\phi 76 \times 3$
- T95 Трубопроводи безперервної продувки $\phi 108 \times 4$
- T71 Паропроводи $P=1,0$ МПа $\phi 104 \times 4$
- T72 Паропроводи $P=0,6$ МПа $\phi 273 \times 6$
- T91 Трубопроводи живильної води $\phi 38 \times 2$



Изм	Лист	№ док.ум.	Подп.	Дата
Разраб.	Верховський М. М.			
Пров.	Остапенко О. П.			
Т.контр.	Остапенко О. П.			
Опонент				
Н.контр.	Остапенко О. П.			
Утв.	Степанов Д. В.			

08-11.МКР.001.01.00.000 ТЗ

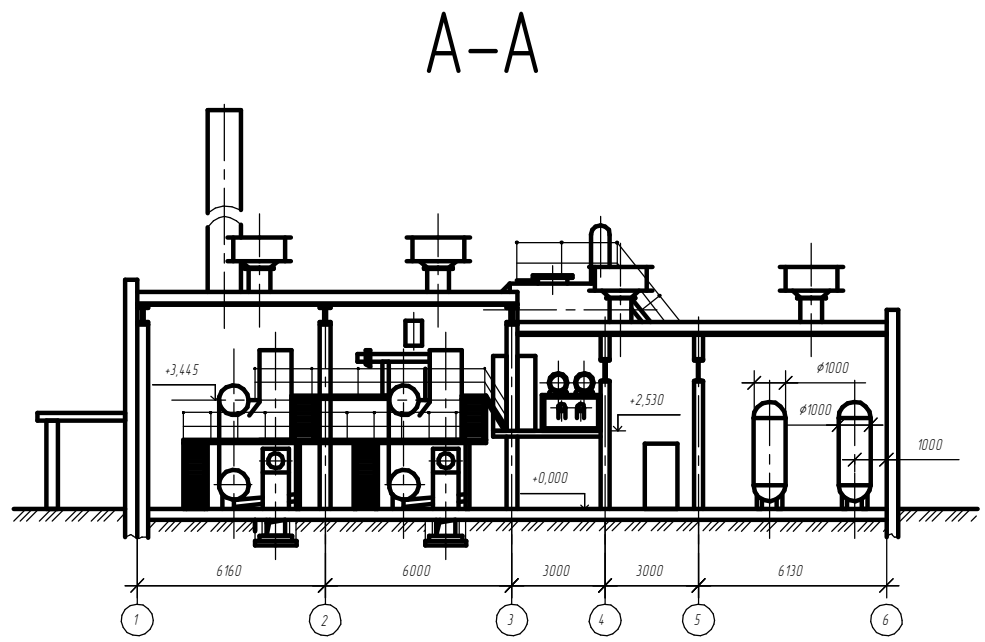
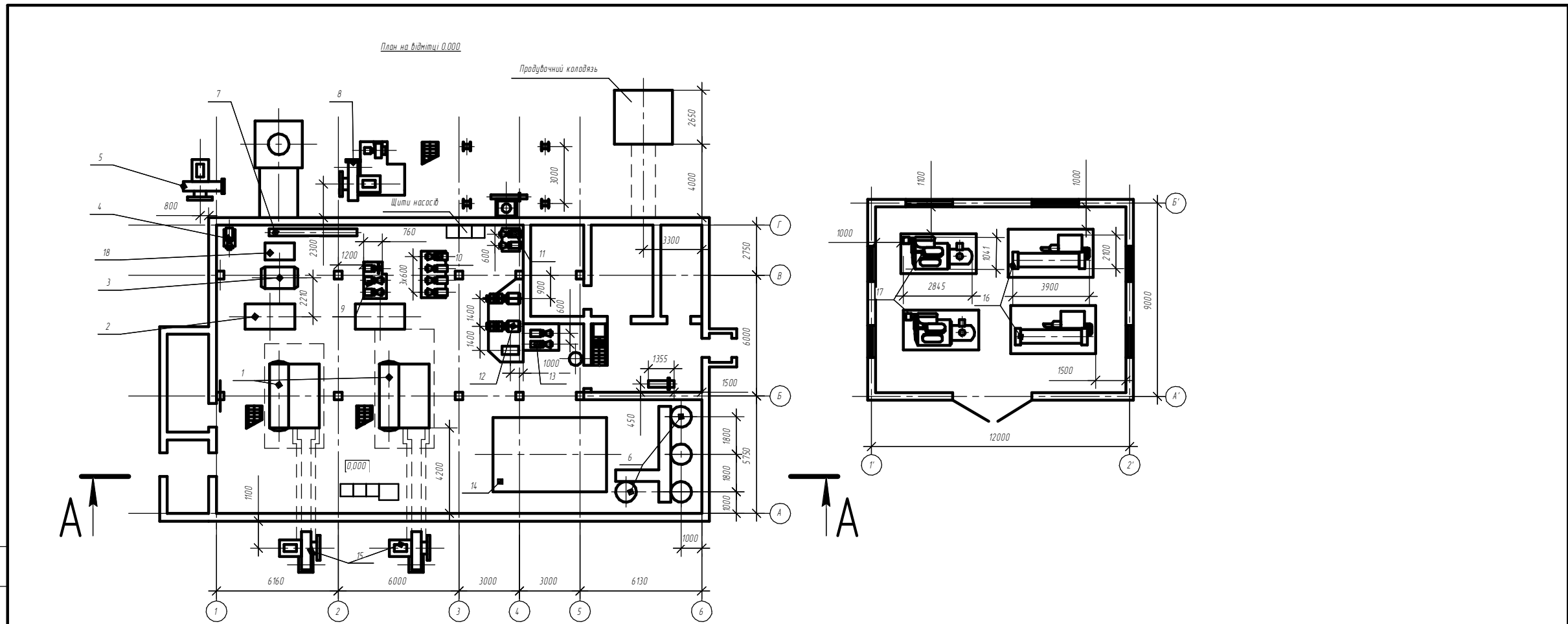
Схема теплова котельні з когенераційною теплонасосною установкою

Лист	Масса	Масштаб
Лист	Листов	1

ВНТУ, см. зр. ТЕ-21м

Копировал

Формат А3

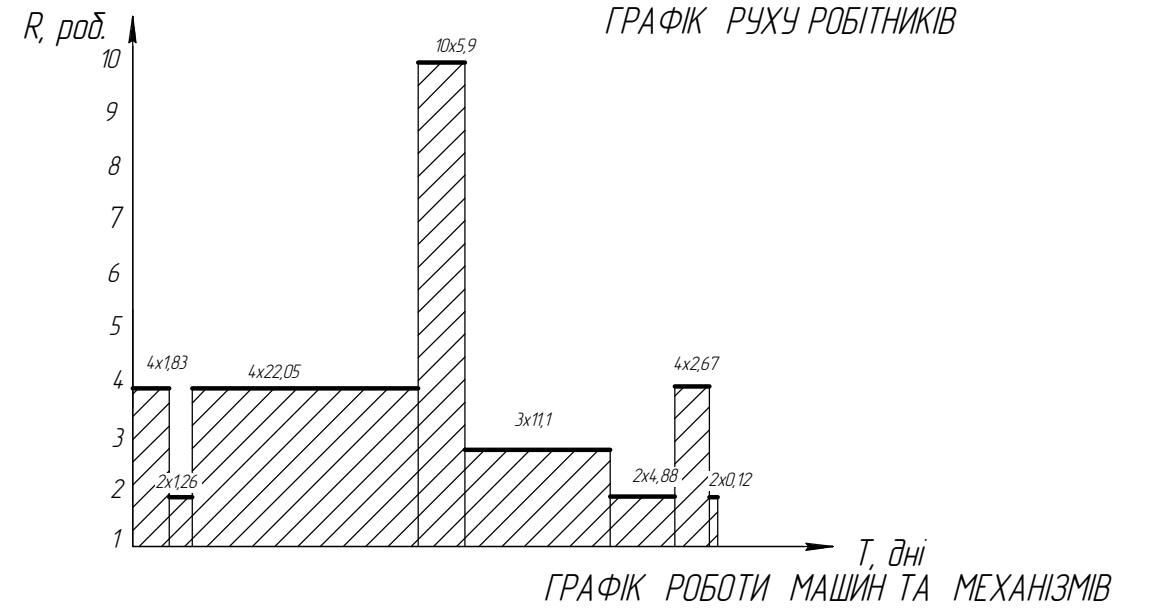


Согласовано	
Взам. шкід. №	
Підп. і дата	
Шкід. № подл.	

					08-11.МКР.001.02.00.000 АР				
					м. Вінниця				
Ізм.	Кол.	Лист	№ док.	Підп.	Дата	Підвищення ефективності енерговикористання в тепловій схемі котельні Вінницького заводу фруктових концентратів та вин	Стадія	Лист	Листов
Розроб.	Верховський М.М.								1
Проб.	Остапенко О.П.								
Т. Контр.	Остапенко О.П.								
ОпONENT									
Н. Контр.	Остапенко О.П.					План котельні з когенераційною теплонасосною установкою	ВНТУ, ст. зр. ТЕ-21М		
Утверд.	Степанов Д.В.								

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН МОНТАЖУ ТЕПЛОНАСОСНОЇ УСТАНОВКИ

№ п/п	Найменування робіт	Одін. вим.	Об'єми	Норма часу люд/год	Трудо-міст-кість	Склад бригади	К-сть чоловік	Трива-лість	2023														
									Березень				Квітень				Травень						
									2-6	9-13	16-20	23-27	2-6	9-13	16-20	23-27	30-3	6-10	13-17	20-24	27-1		
1	Доставлення деталей до місць монтажу	т	18,699	3	7,01	3 робітники 1 ваділ	4	175	4x175														
2	Розмітка місць прокладання трубопроводу	100 м	0,8	1,3	0,13	Монтажник 5 розряд - 2, 3 розряд - 2	4	0,033	4x0,033														
3	Транспортування допоміжного обладнання	т	6,705	3	2,51	Робітник 4р. - 1, 3р. - 1	2	126	2x126														
4	Монтаж теплового насосу NT-110	шт	2	352,8	88,2	Монтажники 3р-2, 7р-2	4	2205		4x22,05													
5	Монтаж двигуна-генератора Genepac SGO60-380	т	1,756	273	59,9	Монтажники 3р-4, 4р-4, 7р-2	10	5,9			10x5,9												
6	Монтаж КТАН-утилізатора	т	0,682	246,4	21,01	Монтажники 3р-1, 4р-1, 5р-1	3	7				3x7											
7	Прокладання водогазопровідних трубопроводів діаметром 20 мм	100 м	0,5	48,71	3,04	вл.зб. 6р-1, 5р-1, сл.-сантехнік 4р-1	3	101					3x101										
8	Прокладання водогазопровідних трубопроводів діаметром 40 мм	100 м	0,3	48,71	1,83	вл.зб. 6р-1, 5р-1, сл.-сантехнік 4р-2	3	0,61					3x0,61										
9	Встановлення запірної арматури φ40 мм	шт	5	2,41	4,52	Монтажники 5р-1, 4р-1, 3р-1	3	1,51					3x1,51										
10	Встановлення зворотнього клапана φ20 мм	шт	7	2,41	2,11	Монтажники 5р-1, 4р-1, 3р-1	3	0,7					3x0,7										
11	Виробування трубопроводів	100 м	0,8	8,22	0,822	Монтажники , 4р-1, 3р-2	3	0,27					3x0,27										
12	Ізоляція трубопроводів діаметром 20 мм	100 м	0,5	97,58	6,09	Слюсар 4,2 розряд	2	3,05					2x3,05										
13	Ізоляція трубопроводів діаметром 40 мм	100 м	0,3	97,58	3,65	Слюсар 4,2 розряд	2	1,83					2x1,83										
14	Монтаж циркуляційного насосу 1,5КМ-8/19	шт	4	21,32	10,66	Монтажники 3р-2, 4р-2	4	2,67					4x2,67										
15	Кінцева перевірка системи і здача в експлуатацію	100 м	0,8	2,4	0,24	Слюсар-сантехнік 3р-1, 5р-1	2	0,12					2x0,12										



ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ГРАФІКУ РУХУ РОБІТНИКІВ

№	Позначення	Формула	Результат	Од.виміру
1	$Q_{зоз.}$	Q_i	211,72	люд/дні
2	$T_{зоз.}$	-	49,76	дні
3	R_{max}	-	10	люд
4	$R_{сер}$	$Q_{зоз.} / T_{зоз.}$	4	люд
5	$T_{вст.}$	-	7,6	дні
6	\pm_1	$R_{сер} / R_{max}$	0,5	-
7	\pm_2	$T_{вст.} / T_{зоз.}$	0,08	-

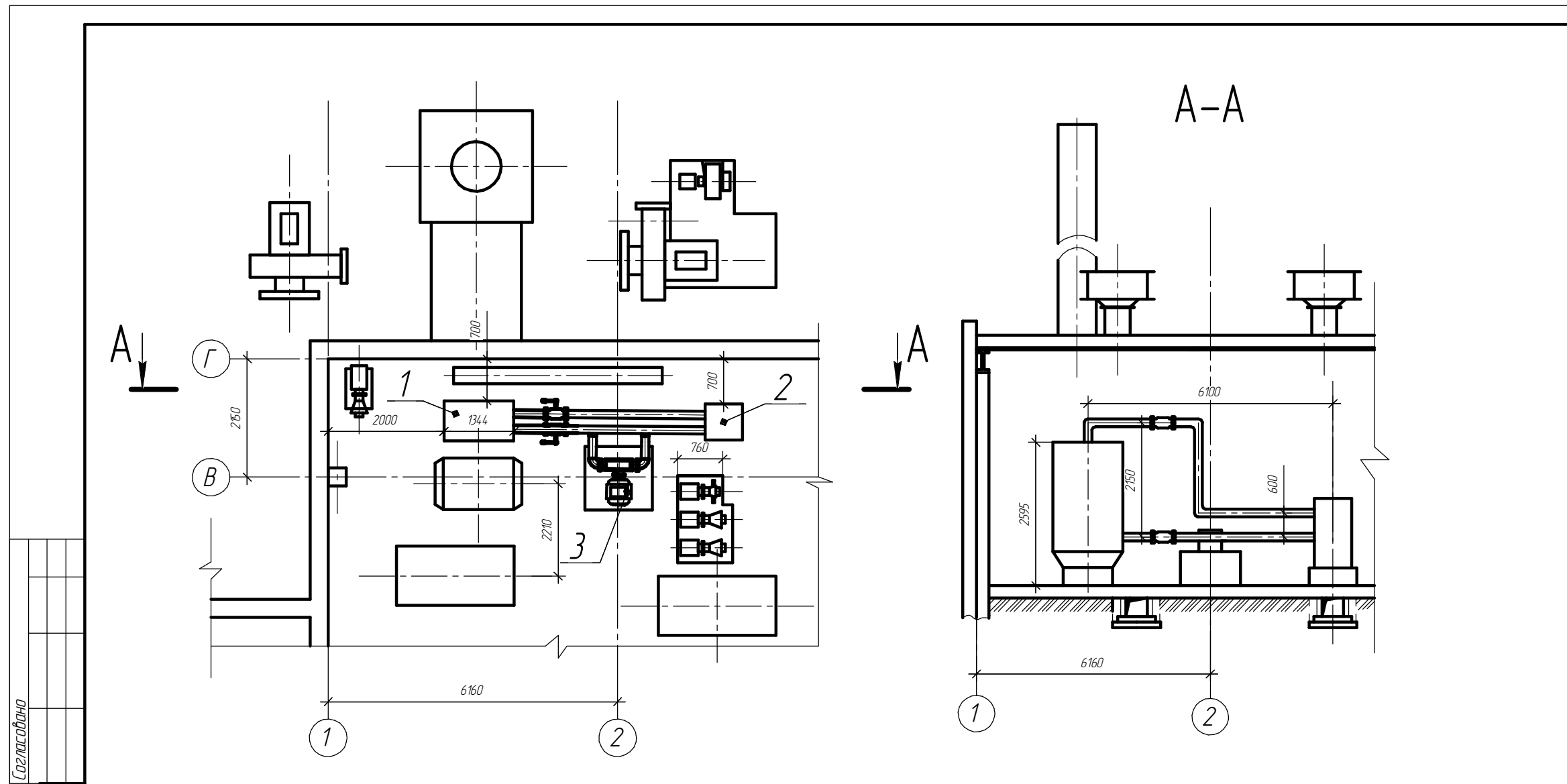
Iveco EuroTrakker	183				
УРАЛ КС-6572		38,04			
KIND MIG-300			2188		
BOSH-GBH 2-18 RE		0,045			

08-11.МКР.001.04.00.000 АР					
м. Вінниця					
Изм.	Коллч.	Лист	№док.	Подп.	Дата
Розроб	Верескш М.М.				
Проб.	Остапенко О.П.				
Т. Контр	Остапенко О.П.				
ОпONENT					
Н. Контр	Остапенко О.П.				
Утв.	Степанов Д.В.				

Підвищення ефективності енерговикористання в тепловій схемі котельні Вінницького заводу фруктових концентратів та вин

Календарний план монтажних робіт ВНТУ, ст. гр. ТЕ-21м

Соголасовано
 Інв. № поділ
 Подп. і дата
 Взам. інв. №



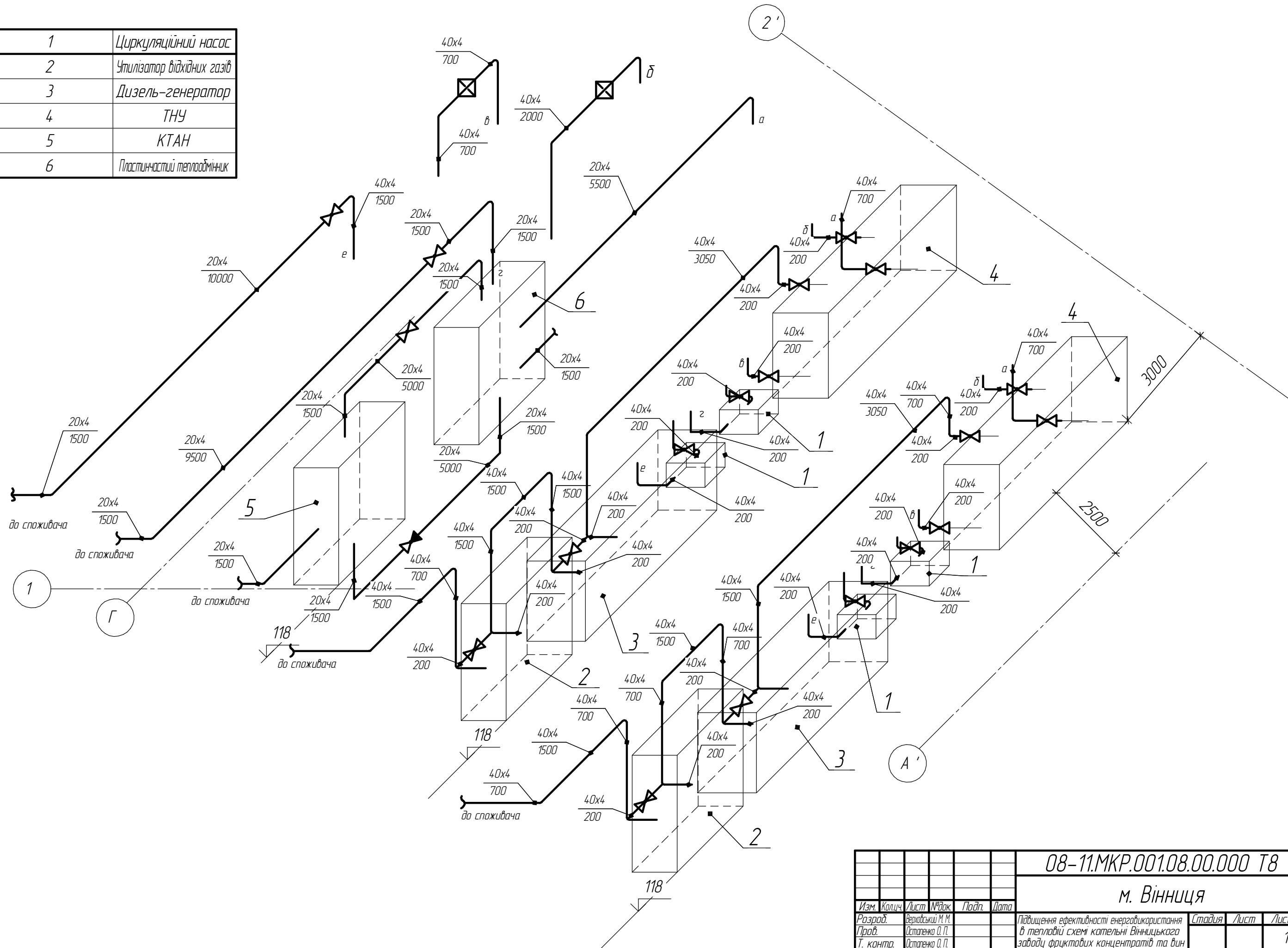
Перелік обладнання

№	Найменування
1	КТАН
2	Теплообмінник
3	Насос

Соголасовано			
Взаєм. інв. №			
Посп. і дата			
Інв. № подл.			

					08-11.МКР.001.06.00.000 АР				
					м. Вінниця				
Ізм.	Коліч.	Лист	№ док.	Підп.	Дата	Підвищення ефективності енерговикористання в тепловій схемі котельні Вінницького заводу фруктових концентратів та вин	Стадія	Лист	Листов
Разроб.									1
Пров.									
Т. контр.									
Рецензент									
Н. Контр.						План розташування обладнання та трубопроводів КТАН-утилізатора	ВНТУ, ст. зр. ТЕ-21М		
Утв.									

1	Циркуляційний насос
2	Утилізатор відхідних газів
3	Дизель-генератор
4	ТНУ
5	КТАН
6	Пластинастий теплообмінник



Соголасовано	
Взам. чин. №	
Повп. и дата	
Инв. № подл.	

				08-11.МКР.001.08.00.000 Т8		
				м. Вінниця		
Изм.	Коллч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Повищення ефективності енерговикористання в тепловій схемі котельні Вінницького заводу фруктових концентратів та вин
Разраб.	Верлюський М.М.					
Проб.	Остапенко О.П.					
Т. контр.	Остапенко О.П.					
Опонент						
Н. Контр.	Остапенко О.П.					Технологія монтажу КТНУ (монтажна схема КТНУ)
Утв.	Степанов Д.В.					ВНТУ, ст. гр. ТЕ-21М

ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ

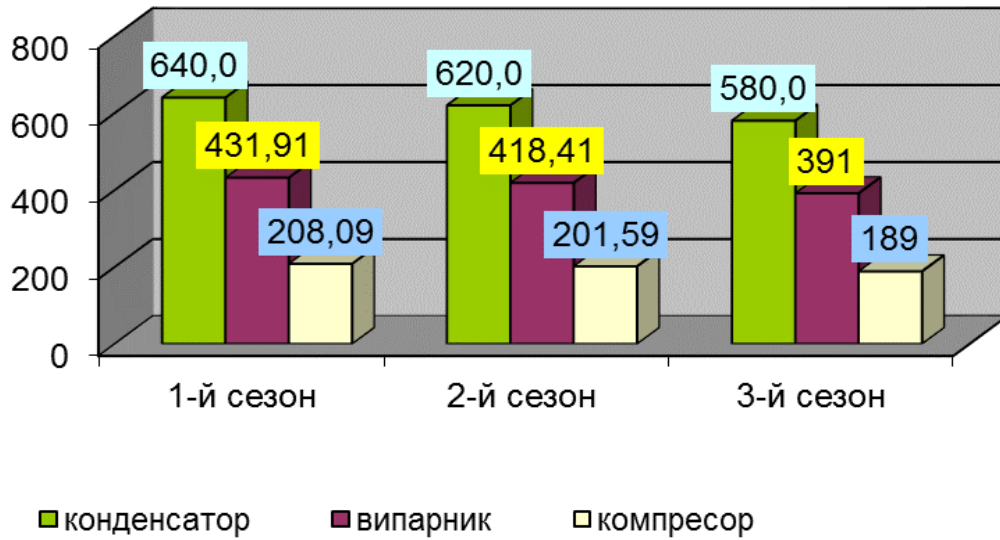
В локальному кошторисі визначено:

- Кошторисна вартість $K_B = 5838,349$ тис. грн.
- Кошторисна заробітна плата ЗП = 117,845 тис. грн.
- Кошторисна трудомісткість $T = 1,725$ тис. люд –год
- Вартість матеріалів –5655,198 тис. грн.

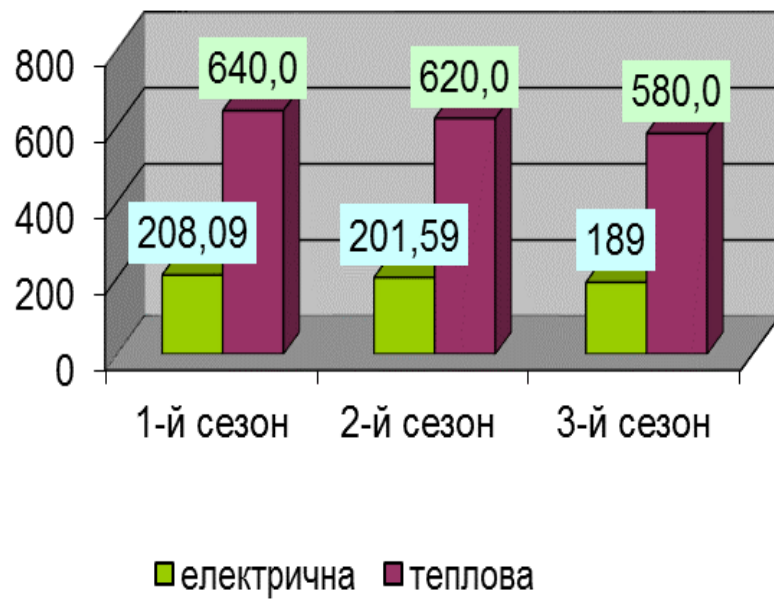
Основні показники ефективності інвестицій в інноваційний проект:

- Чисті грошові надходження – 10045,65 тис. грн.;
- Чиста поточна вартість –4098,7 тис. грн.;
- Термін окупності, розрахований кумулятивним методом та методом усереднених параметрів – 2,05 роки.

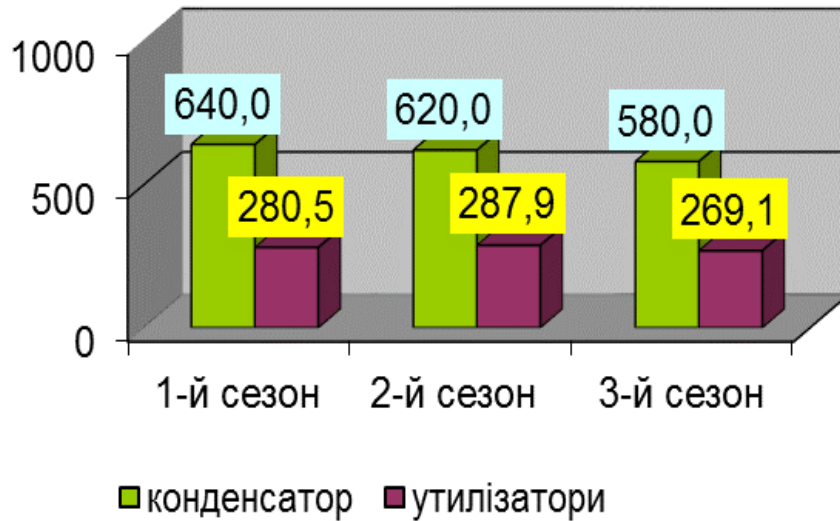
ЗНАЧЕННЯ ПОТУЖНОСТЕЙ КОНДЕНСАТОРА, ВИПАРНИКА ТА КОМПРЕСОРА ДЛЯ ТРЬОХ СЕЗОНІВ, кВт



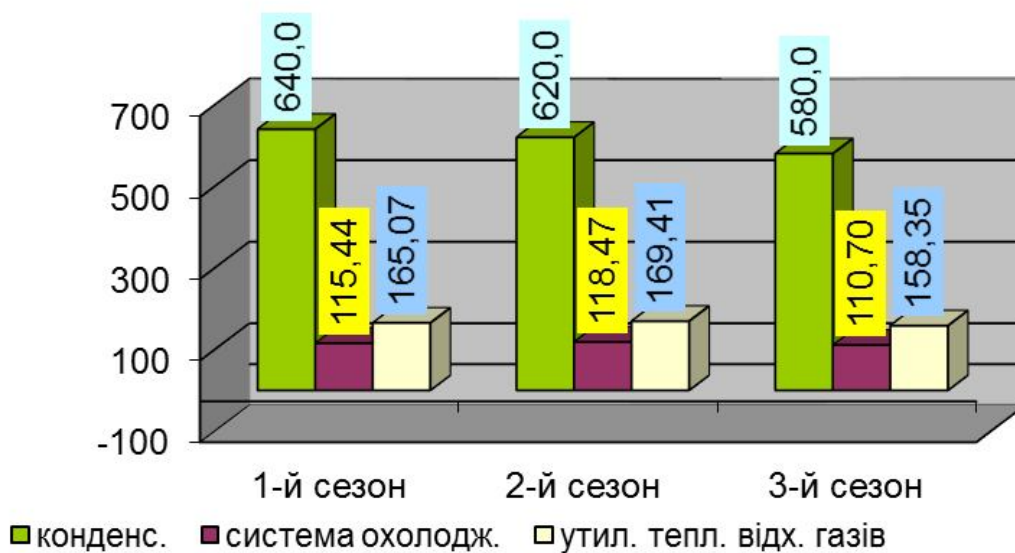
ЗНАЧЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ТА ТЕПЛОВОЇ ПОТУЖНОСТЕЙ ТЕПЛОНАСОСНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ТРЬОХ СЕЗОНІВ, кВт



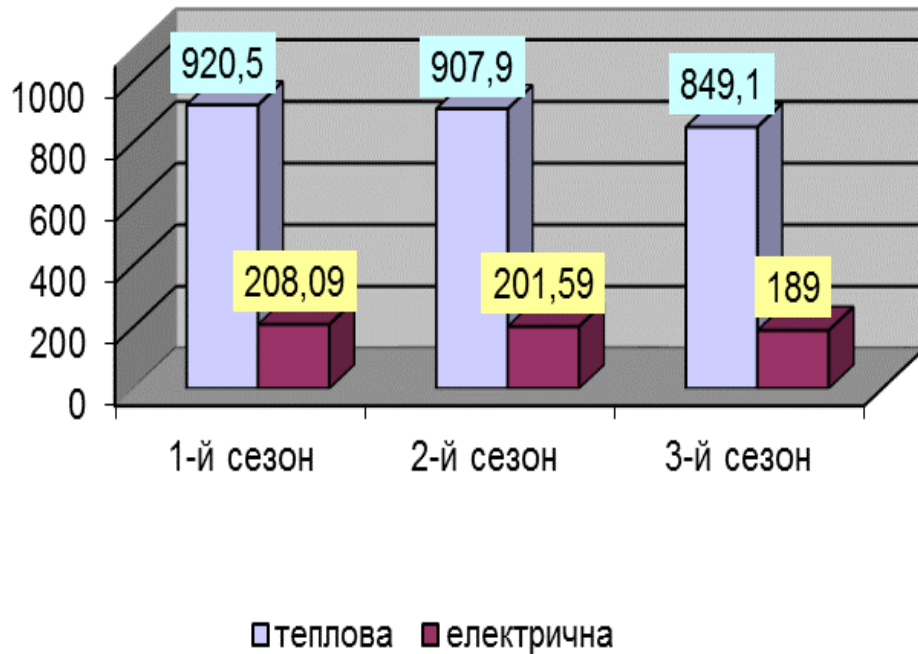
**ЗНАЧЕННЯ ПОТУЖНОСТЕЙ КОНДЕНСАТОРА ТА
УТИЛІЗАТОРІВ ДЛЯ ТРЬОХ СЕЗОНІВ, кВт**



**ЗНАЧЕННЯ ПОТУЖНОСТЕЙ КОНДЕНСАТОРА СИСТЕМИ
ОХОЛОДЖЕННЯ ТА УТИЛІЗАТОРА ТЕПЛОТИ ВІДХІДНИХ ГАЗІВ
ДЛЯ ТРЬОХ СЕЗОНІВ, кВт**



**ЗНАЧЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ТА ТЕПЛОВОЇ ПОТУЖНОСТЕЙ
КОГЕНЕРАЦІЙНОЇ ТЕПЛОНАСОСНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ
ТРЬОХ СЕЗОНІВ, кВт**



**ПОКАЗНИКИ ЕКОНОМІЇ РОБОЧОГО ПАЛИВА ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ З
ТЕПЛОНАСОСНОЮ УСТАНОВКОЮ, %**

