

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет будівництва, теплоенергетики та газопостачання
(повне найменування інституту, назва факультету)

Кафедра теплоенергетики
(повна назва кафедри)

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«Високоєфективна система енергозабезпечення на основі когенераційно-теплонасосних установок»

Виконав: студент 2 курсу групи ТЕ-22мз
спеціальності 144 - теплоенергетика
(шифр і назва спеціальності)

Софієв В.С.

(прізвище та ініціали студента)

Керівник Остапенко О.П.

(прізвище та ініціали)

« 14 » 06 2024 р.

Опонент Христич О.В.

(прізвище та ініціали)

« 20 » 06 2024 р.

Допущено до захисту
Завідувач кафедри ТЕ

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

« 11 » 06 2024 р.

Вінниця ВНТУ - 2024 рік

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

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

**ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

СОФІЄВУ ВОЛОДИМИРУ СЕРГІЙОВИЧУ

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Високоефективна система енергозабезпечення на основі когенераційно-теплонасосних установок»

керівник роботи Остапенко О.П., к.т.н., доцент,

(прізвище, ініціали, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від 11.03.2024 р. № 81.

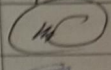
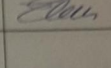
2. Строк подання студентом роботи 10 червня 2024 року.

3. Вихідні дані до роботи: теплова потужність системи опалення 830 кВт, теплова потужність системи гарячого водопостачання 260 кВт; температурний графік мережі 95/70°C; частка втрат мережної води 1,2%; паливо – природний газ з $Q_{н}^p=33,57$ МДж/м³.

4. Зміст текстової частини: аналітичний огляд літературної інформації з ефективності впровадження когенераційних теплонасосних установок; варіантний аналіз проектів застосування когенераційних теплонасосних установок в тепловій схемі котельні; розробка функціональної схема автоматизації котельні; технологія монтажу когенераційно-теплонасосної установки для теплової схеми котельні; охорона праці, економічна частина

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) схема котельні з когенераційно-теплонасосною установкою теплова принципова; математична модель для дослідження показників теплової схеми котельні із встановленням когенераційно-теплонасосної установки; результати дослідження варіантів застосування когенераційно-теплонасосної установки; схема автоматизації котельні функціональна; план розташування обладнання та трубопроводів когенераційно-теплонасосної установки; схема монтажна аксонометрична; календарний план монтажних робіт.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 12 березня 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів МКР	Строк виконання етапів МКР	Примітка
1	Аналітичний огляд літературної інформації з ефективності впровадження когенераційних теплонасосних установок	12.03.2024 – 09.04.2024	
2	Варіантний аналіз проектів застосування когенераційних теплонасосних установок в тепловій схемі котельні	10.04.2024 – 24.04.2024	
3	Розробка функціональної схема автоматизації котельні	25.04.2024 – 05.05.2024	
4	Технологія монтажу когенераційно-теплонасосної установки для теплової схеми котельні	06.05.2024 – 16.05.2024	
5	Охорона праці	17.05.2024 – 22.05.2024	
6	Економічна частина	23.05.2024 – 01.06.2024	
7	Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу	02.06.2024 – 04.06.2024	
8	Попередній захист. Перевірка на плагіат	05.06.2024 – 17.06.2024	
9	Захист МКР	18.06.2024 – 21.06.2024	

Студент

Керівник роботи

Софієв В.С.

(прізвище та ініціали)

Остапенко О.П.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

УДК 621.577

Софієв В.С. Високоєфективна система енергозабезпечення на основі когенераційно-теплонасосних установок. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 144 – Теплоенергетика, освітня програма - Теплоенергетика. Вінниця: ВНТУ, 2024. 79 с. На укр. мові. Бібліогр.: 43 назв; рис.: 10; табл. 14.

В даній магістерській кваліфікаційній роботі розглянуті питання підвищення енергоефективності і зменшення витрати палива на опалювальній котельні шляхом встановлення когенераційної теплонасосної установки.

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

Графічна частина складається з 8 аркушів.

Ключові слова: теплонасосна установка, когенераційна установка, опалювальна котельня, витрата палива, енергоефективність

ABSTRACT

Sofiyev V. Highly efficient energy supply system based on co-generation heat pump installations. Master's qualification thesis on specialty 144 - Heat and power engineering, educational program - Heat and power engineering. Vinnytsia: VNTU, 2024. 79 p. In Ukrainian speech Bibliography: 43 titles; Fig.: 10; table 14.

In this master's qualification work, the issue of increasing energy efficiency and reducing fuel consumption in a heating boiler room by installing a cogeneration heat pump unit is considered.

In the work, an analysis of literary information on the current state and energy and environmental efficiency of the implementation of cogeneration heat pump installations was carried out, a mathematical model was developed and research was carried out on the effectiveness of options for the implementation of a cogeneration heat pump installation in the thermal circuit of a heating boiler house. The functional scheme of the automation of the heating boiler house was developed, the technology of installation of the cogeneration heat pump installation in the thermal scheme of the boiler house was developed, the estimate and economic indicators of the introduction of the cogeneration heat pump installation in the boiler house were developed, and labor protection measures were developed.

The graphic part consists of 8 sheets.

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

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНОЇ ІНФОРМАЦІЇ З ЕФЕКТИВНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ КОГЕНЕРАЦІЙНИХ ТЕПЛОНАСОСНИХ УСТАНОВОК.....	7
1.1 Перспективи розвитку теплонасосної техніки.....	7
1.2 Особливості впровадження теплонасосних установок	11
1.3 Висновки до розділу 1	14
2 ВАРІАНТНИЙ АНАЛІЗ ПРОЕКТІВ ЗАСТОСУВАННЯ КОГЕНЕРАЦІЙНИХ ТЕПЛОНАСОСНИХ УСТАНОВОК В ТЕПЛОВІЙ СХЕМІ КОТЕЛЬНІ	15
2.1 Розробка математичної моделі теплової схеми з встановленням когенераційно-теплонасосної установки	15
2.2 Результати розрахунку теплової схеми котельні.....	23
2.3 Результати числових експериментів для визначення ефективності застосування КТНУ в тепловій схемі з використанням теплоти ґрунтових вод.....	24
2.4 Сумісний аналіз та узагальнення результатів дослідження	25
2.5 Вибір когенераційно-теплонасосного устаткування	28
2.6 Висновки до розділу 2	28
3 РОЗРОБКА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМА АВТОМАТИЗАЦІЇ КОТЕЛЬНІ.....	29
3.1 Опис технологічного процесу.....	29
3.2 Характеристика технологічного обладнання	30
3.3 Обґрунтування регульованих величин та каналів регулюючого впливу	30
3.4 Вибір та обґрунтування засобів автоматизації	33
3.5 Висновки до розділу 3	37
4 ТЕХНОЛОГІЯ МОНТАЖУ КОГЕНЕРАЦІЙНО-ТЕПЛОНАСОСНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ КОТЕЛЬНІ.....	38
4.1 Розрахунок трубопроводів для опалювального контуру	38
4.2 Підбір насосного обладнання	39
4.3 Аналіз об'єкта, який підлягає монтажу.....	40
4.4 Комплектування основних, допоміжних матеріалів і виробів, складання комплектувальних відомостей.....	41
4.5 Визначення об'ємів робіт з монтажу теплонасосної установки	45
4.6 Вибір транспортних засобів та електроінструменту для монтажних робіт.....	46
4.7 Витрати паливних та енергетичних ресурсів для роботи допоміжного обладнання	48

	3
4.8 Визначення складу бригад для монтажу ТНУ	49
4.9 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	50
4.9.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта	51
4.9.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії.....	56
4.9.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях. Оцінка безпеки перебування людей в будівлі в умовах дії радіації.....	61
4.10 Висновок до розділу 4.....	64
5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	65
5.1 Визначення капітальних вкладень на влаштування обладнання.....	65
5.2 Показники комерційної ефективності проекту.....	69
5.3 Оцінювання економічної ефективності інноваційного проекту.....	70
5.4 Термін окупності інвестицій	71
5.5 Висновки до розділу 5	72
ВИСНОВКИ.....	73
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	75
ДОДАТОК А Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень	80
ДОДАТОК Б Технічне завдання	81
ДОДАТОК В Графічна частина	87

ВСТУП

Актуальність теми. Впровадження теплонасосних установок в Україні є дозволяє досягти комплексу ефектів, а саме:

- підвищення енергоефективності вироблення теплоти на опалення та гаряче водопостачання завдяки високому коефіцієнту перетворення енергії;
- покращення екологічної ситуації, оскільки застосування теплових насосів супроводжується економією умовного палива та дозволяє зменшити викиди в місці генерації теплоти;
- використання відновлюваних джерел енергії, наприклад, ґрунтові води, повітря, ґрунт, а також вторинних енергоресурсів зменшує залежність від імпорту викопних видів палива;
- теплонасосне устаткування включене в список енергоефективного обладнання, що забезпечується державною підтримкою, субсидіюванням, кредитуванням;
- теплонасосні та когенераційні технології є найбільш прогресивним рішенням в сфері теплопостачання.

Враховуючи вищенаведене вважаємо, що тема роботи є актуальною.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дана магістерська кваліфікаційна робота запланована та виконана у відповідності до держбюджетної науково-дослідної кафедральної теми 82 КЗ «Теплообмін та гідродинаміка полікомпонентних, поліфазних потоків і середовищ в елементах тепло- і біотехнологічного устаткування; аналіз та синтез комбінованих теплосенергетичних установок, тепло- і біотехнологічних систем та устаткування».

Метою роботи є збільшення енергоефективності та скорочення витрати палива в схемі опалювальної котельні, що здійснюється шляхом застосування когенераційно-теплонасосної установки.

Для забезпечення досягнення цієї мети розв'язані такі **завдання**:

- аналітичний огляд літературної інформації по енергетичній, економічній та екологічній ефективності когенераційно-теплонасосних установок;
- розробка математичної моделі для аналізу проектів застосування когенераційно-теплонасосних установок в тепловій схемі опалювальної котельні;
- розробка функціональної схеми автоматизації опалювальної котельні;
- розробка технології монтажу когенераційно-теплонасосної установки для теплової схеми опалювальної котельні;
- розробка заходів з охорони праці;
- розробка економічних показників впровадження когенераційно-теплонасосної установки на опалювальній котельні.

Об'єкт дослідження

Об'єктом дослідження є когенераційна теплонасосна установка в тепловій схемі опалювальної котельні.

Предмет дослідження

Предметом дослідження є збільшення енергоефективності та скорочення витрати палива на опалювальній котельні шляхом встановлення когенераційної теплонасосної установки.

Методи дослідження

В даній магістерській роботі використовуються методи математичного моделювання та методи термодинамічного аналізу теплоенергетичних систем.

Новизна отриманих результатів

Набули подальшого розвитку методи зменшення витрати палива та підвищення енергоефективності для опалювальних котелень шляхом встановлення ко-

генераційно-теплонасосних установок з різними типами низькотемпературних джерел теплоти.

Апробація роботи

Ключові матеріали роботи були представлені та обговорені на Міжнародній науково-практичній конференції «Перспективні напрямки розвитку науки» (Рівне, 2024).

Публікації результатів магістерської кваліфікаційної роботи. Результати роботи опубліковані у тезах доповіді науково-технічної конференції [1].

Структура та обсяг роботи

Дана магістерська кваліфікаційна робота містить вступ, п'ять розділів, загальні висновки, список використаної літератури та технічне завдання. Об'єм роботи 72 сторінки. Містить ілюстрації, графічні залежності, креслення.

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНОЇ ІНФОРМАЦІЇ З ЕФЕКТИВНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ КОГЕНЕРАЦІЙНИХ ТЕПЛОНАСОСНИХ УСТАНОВОК

1.1 Перспективи розвитку теплонасосної техніки

У поєднанні з великими накопичувачами тепла, електричними котлами та ТЕЦ теплові насоси допомагають зменшити загальну потребу в електроенергії для опалення та охолодження за рахунок інтеграції неелектричних джерел тепла. На тлі зростаючої електрифікації економіки ЄС вони сприятимуть звільненню потужностей для інших секторів, таких як мобільність і промисловість. Зменшення пікового попиту скоротить потреби в нових інвестиціях у мережі та пікові виробничі потужності [2 – 4].

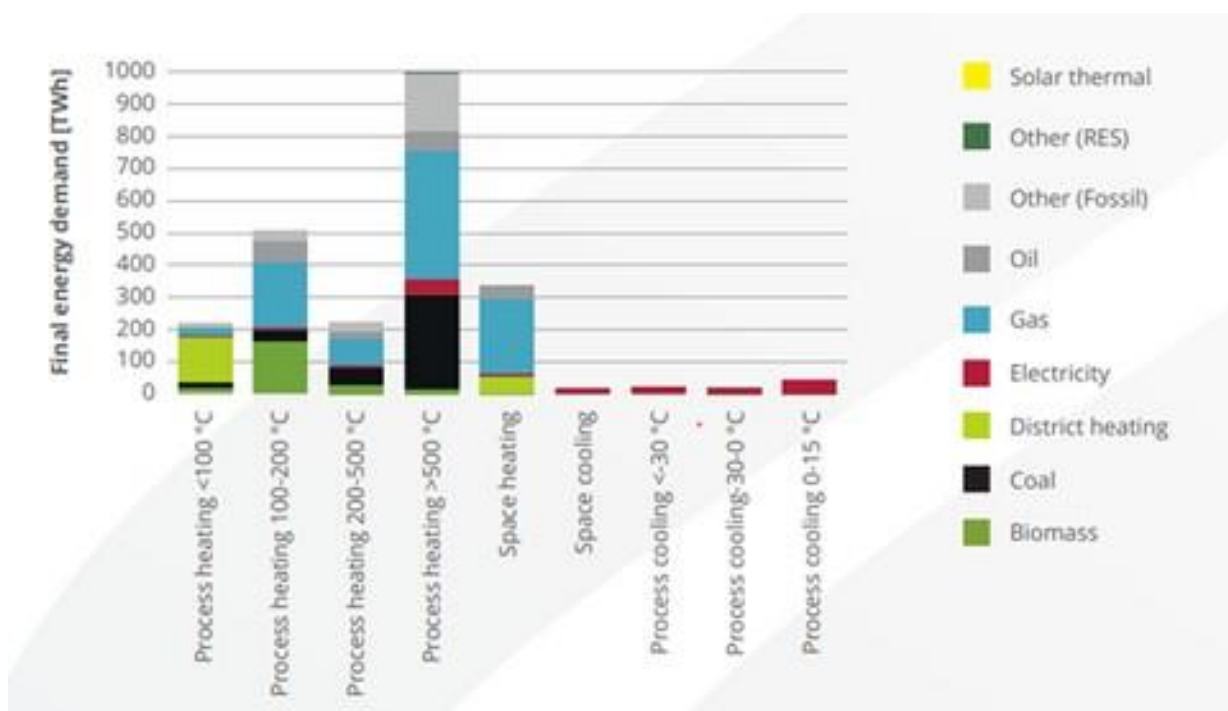
У поєднанні з накопиченням тепла в міському масштабі великі теплові насоси можуть поглинати надлишок електроенергії з відновлюваних джерел (для прямого або відкладеного використання) і модулювати виробництво, щоб забезпечити балансування мережі (завдяки швидкому нарощуванню/зниженню виробництва), а також забезпечувати щотижневий і навіть сезонна гнучкість.

Великі теплові насоси також дозволяють декарбонізувати низько- та середньотемпературні промислові процеси, з багатообіцяючими постійними розробками для розширення діапазону доступних температур. Деякі установки в поєднанні з сонячними колекторами вже забезпечують температурний діапазон від 120° до 160°, що відповідає понад 1000 ТВт·год поточної потреби в енергії (див. нижче).

Впровадження великих теплових насосів у системах централізованого опалення з потужністю, адаптованою до міських потреб, забезпечить високу продуктивність установок під цілодобовим моніторингом професіоналів.

З точки зору впливу на навколишнє середовище, оператори дотримуються суворих вимог, які забезпечують безпечний моніторинг та керування холодоаген-

тами, що використовуються у великих установках, які не застосовуються до невеликих індивідуальних установок.



ликих індивідуальних установок.

Рисунок 1.1 – Потенційне використання теплових насосів у промисловості за температурними діапазонами (Європейська тепла дорожня карта, 2019)

Великі теплові насоси, які використовуються в системах ЦТ, не є новинкою. У Швеції теплові насоси в поєднанні з централізованим опаленням були встановлені в 1980-90-х роках, щоб забезпечити стаке тепло та збалансувати мережу.

Проект ІЕА НТРЗ оцінив загальну встановлену потужність 1563 МВт·год для великих теплових насосів у системах централізованого теплопостачання в Європі (з проектами, розгорнутими між 1981 і 2016 роками).

Недавнє опитування членів Euroheat & Power виявило 2,5 ГВт (2021) встановленої потужності великих теплових насосів у системах ЦТ, як показано на малюнку 2. Це становить приблизно 1% від загальної встановленої потужності ЦТ у Європі.

Кілька ринкових звітів і проектів ЄС передбачають вирішальну роль великих теплових насосів у перспективі зростаючого та мінливого сектора централізо-

ваного опалення та охолодження. Це буде важливим для декарбонізації європейських ринків тепла відповідно до цілей Зеленої угоди [5 - 7]

Проект Heat Roadmap Europe 5 оцінює потенційну 50% ринкової частки централізованого опалення до 2050 року в Європі, приблизно 25-30% встановленої потужності базується на великих електричних теплових насосах.¹ Якби ці великі теплові насоси працювали із загальною потужністю навантаження, половина року їхня частка досягне 38% від загального виробництва ЦТ. Сценарій HRE 2050 стосується лише великих електричних компресорних теплових насосів із вихідною температурою 80–100 °C. Використання низькотемпературних джерел надлишкового тепла (5-40 °C), що вимагало б модернізації теплових насосів, не аналізувалося в дослідженні, оскільки це вимагало б більш детального картографування доступних джерел на місцевому рівні. Крім того, потенціал, оцінений HRE, не враховує будь-які очікувані технологічні вдосконалення та посилення цифровізації, які створять новий потенціал.

Шляхи переходу до DHC 2050 (Euroheat & Power, червень 2022 р.) висвітлюють національні шляхи декарбонізації теплового сектора. Різноманітні шляхи продемонстрували ключову роль, відведену централізованому тепlopостачання в декарбонізації ринку тепла. Очікується, що великі теплові насоси відіграватимуть помітну роль на всіх ринках. Наприклад, у Німеччині галузь прогнозує, що до 2050 року потужність теплових насосів може становити 29%; в Австрії теплові насоси в поєднанні з геотермальною енергією складатимуть 19,8% суміші централізованого тепlopостачання до 2040-50 рр.

Проект ReUseHeat оцінив потенціал міських джерел тепла в Європі. Ці джерела, які, як правило, є низькотемпературними, охоплюють відпрацьоване тепло з широкого спектру секторів, таких як центри обробки даних, підприємства з виробництва харчових продуктів, магазини роздрібно́ї торгівлі продуктами харчування, станції метро, будинки житлового сектора, будинки сфери обслуговування та очисні споруди; їм потрібен тепловий насос, щоб температура на виході відповідала вимогам житлового сектора та сфери послуг. Проект визначив як наявні, так і доступні потенціали (розуміти як відповідний ресурс і потенціал використання),

які централізоване теплопостачання може використовувати. З потенціалом використання за замовчуванням для охоплення джерел у радіусі 2 кілометрів від існуючих зон централізованого теплопостачання проект оцінює понад 1,4 ЕДж на рік надлишкового тепла, що кваліфікується як «доступний обсяг», який можна постачати на ринок тепла, що становить понад 10% загального ринку тепла (ЄС 27+Великобританія).

Заплановані інвестиції у великі мережі ЦТП підтверджують динамізм ринку. Найбільші європейські мережі мають інвестиційні проекти, які передбачають збільшення понад 80% існуючої потужності до 2030 року. Рисунок 5 нижче базується на запланованих інвестиціях для кількох великих мереж для оновлення портфеля генерації та задоволення додаткових потреб; це дуже ймовірно недооцінка інвестиційних планів по всій Європі та охоплює виключно великі теплові насоси.⁶ Можна передбачити, що консенсус на європейському рівні щодо прискорення темпів енергетичного переходу (REPowerEU) та залучення міст до пропозиції кращого опалення для громадян залучать значно більші обсяги нових інвестицій.

Цілі, що стосуються енергетичної та кліматичної політики, суттєво стимулюватимуть ринок, тобто пріоритети щодо поступової відмови від імпортованого викопного палива та реалізації цілей Зеленої угоди. У таких умовах заходи, що застосовуються в більш широкому плані до впровадження проектів централізованої енергетики (планування опалення, допомога для розгортання інфраструктури, будівельні стандарти, прискорення процедур отримання дозволів тощо), впливатимуть на розгортання великих теплових насосів. Ринки, на яких було введено заборону на котли на викопному паливі, ймовірно, забезпечать зони швидкого зростання.⁷

Ціни на електроенергію, а також оподаткування електроенергії впливатимуть на майбутні події. Необхідно переглянути оподаткування енергоресурсів, щоб припинити надавати перевагу газовому та масляному опаленню. Зменшення податків на електроенергію, запроваджене на деяких ринках для адаптації надбавки на електроенергію для великих теплових насосів, є корисним заходом.

Плавне розгортання нових проектів також залежатиме від здатності виробників подолати останні виклики, які вплинули на виробництво (підвищення цін на матеріали, брак критичних компонентів і кваліфікованої робочої сили). Нещодавні повідомлення про нові інвестиції від ключових провідних компаній у секторі теплових насосів є обнадійливими ознаками довіри до майбутнього розвитку ринку.

На рівні Європейського Союзу, національному рівні окремих держав та регіональному рівнях будуть необхідні відповідні заходи та стимули для скорочення витрат на впровадження великих когенераційно-теплонасосних установок і очікується підтримка розширення та модернізації наявної основної інфраструктури мереж тепlopостачання та охолодження.

1.2 Особливості впровадження теплонасосних установок

Проект SAKO Brno використовує надлишок тепла як від охолодження генератора, так і від масляної системи від парової турбіни, розташованої на об'єкті EfW. У рекуперації тепла використовується тепловий насос, заснований на принципі абсорбції з LiBr/водою, тоді як рушійна енергія отримується від вилучення 11 бар. Потім тепло з обох потоків подається в існуючу мережу централізованого тепlopостачання з температурою 80-87°C. Компанія SAKO Brno розробила концептуальний проект для підвищення загального ККД електростанції прибіл. 1,2%.

Ключові факти та цифри: Проект під керівництвом SAKO Брно: Джерело: тепловий насос живиться парою від існуючої турбіни. Потужність: номінальна потужність теплового насоса до 4,5 МВт, що забезпечує температуру до 87°C [8].

Виробництво 29 ТДж (теплова оптимізація) або 2,4 ГВт-год (електрична оптимізація). Забезпечує одночасне охолодження та нагрівання в рамках одного процесу

Берлінський проект Qwark3 поєднує опалення, електроенергію та охолодження за допомогою теплових насосів. Він почне працювати наприкінці 2022 року. Цей проект є частиною схеми повної декарбонізації тепlopостачання в Бер-

ліні за допомогою електроенергії з відновлюваних джерел у поєднанні з електричними котлами та накопичувачем тепла, відпрацьованим теплом і ТЕЦ.

Ключові цифри. Проект під керівництвом Vattenfall

Холодильний завод на Потсдамській площі з 1997 року забезпечує охолодженням і опаленням близько 12 000 офісів, 1000 житлових одиниць і численних культурних об'єктів. Раніше невикористане відпрацьоване тепло відводилося в навколишнє повітря через градирні. Він виробляє 55 ГВт-год тепла на рік.

Джерело: встановлення теплового насоса потужністю 8 МВт, який використовує відпрацьоване тепло, що утворюється в холодильному центрі, і підвищує його до відповідної температури 85-120°C. Теплові насоси живляться від відновлюваної електроенергії та забезпечуватимуть місто повністю декарбонізованим теплом.

Потужність: він забезпечуватиме гарячою водою приблизно 30 000 домогосподарств Берліна влітку та опаленням і гарячою водою 3 000 домогосподарств взимку

Встановлення теплових насосів в Австрії зростає, що викликано необхідністю відмовитися від викопного палива та енергетичною кризою після війни в Україні. Наприклад, лише у 2021 році у високотемпературному/промисловому секторі було встановлено 56 великих теплових насосів.

Зараз у Відні будують найпотужніший у Європі великий тепловий насос. Очікується, що вже в середині 2023 року ця велика установка потужністю 55 МВт забезпечить теплом до 56 000 домогосподарств у Відні. Повне повномасштабне розширення потужністю 110 МВт заплановане до 2027 року.

Схема централізованого теплопостачання забезпечує екологічне опалення в Аркюей та Жантії у Франції та замінює індивідуальні газові котли. Відновлювана частка цієї мережі опалення та охолодження в середньому становить 60%. Цей проект очолює Engie і розпочав роботу в 2021 році.

Ключові цифри. Джерело: глибока геотермальна (1800 м) Встановлена потужність: 50 МВт. Теплопостачання: 61 ГВт*год

Потужність теплового насоса: 15 МВт з підживлюючими котлами потужністю 18 МВт і 6 децентралізованими резервними котлами.

Уникнення викидів CO₂/рік: 15 тис. тонн 120 Енергопідстанції
18 км мережевої інфраструктури.

Результати впровадження теплонасосної техніки представлені на рис. 1.1 та 1.2.

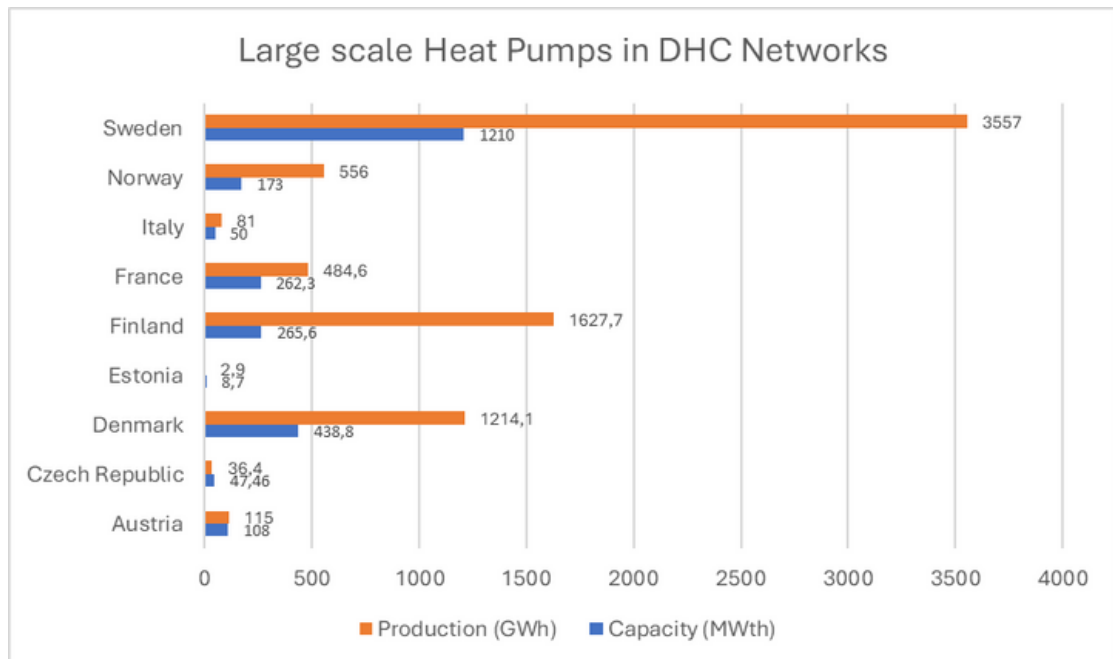


Рисунок 1.2 – Великі теплові насоси в системі централізованого опалення – поточний стан (дані за 2021 рік)

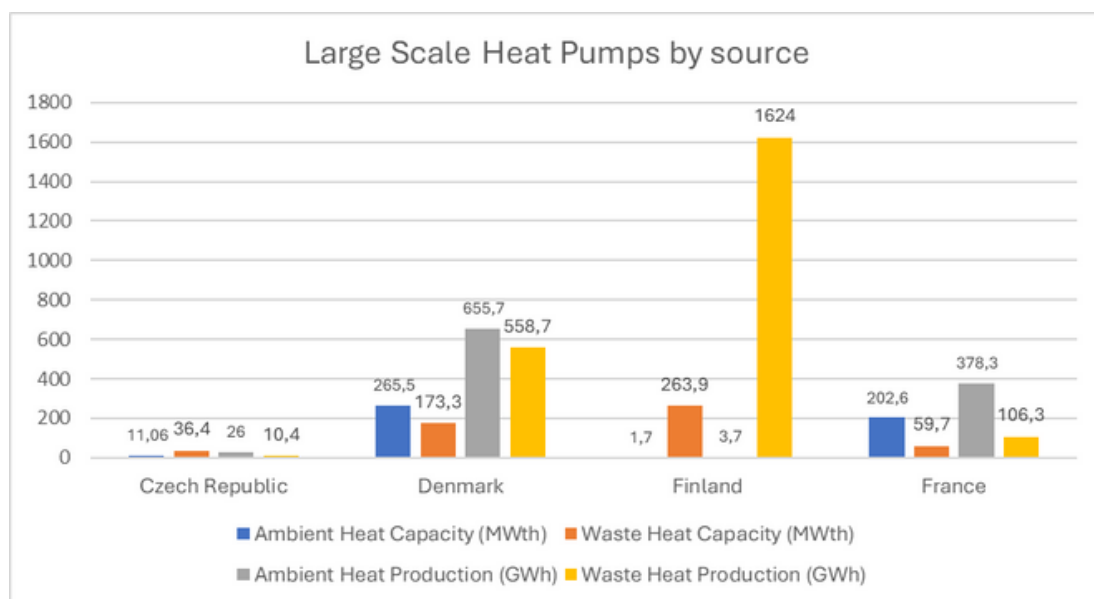


Рисунок 1.3 – Розподіл між теплотою навколишнього середовища і вторинним теплом для теплових насосів на ринках, для яких доступна інформація (2021 р.)

1.3 Висновки до розділу 1

В даному розділі МКР виконано аналітичний огляд літературної інформації щодо особливостей впровадження когенераційно-теплонасосних установок, перспектив їх розвитку та вдосконалення для використання в системах централізованого теплопостачання. Це дозволило сформулювати мету та завдання даної магістерської кваліфікаційної роботи.

Мета – збільшення енергоефективності та скорочення витрати палива в схемі опалювальної котельні, що здійснюється шляхом застосування когенераційно-теплонасосної установки.

Завдання :

- аналітичний огляд літературної інформації по енергетичній, економічній та екологічній ефективності когенераційно-теплонасосних установок;
- розробка математичної моделі для аналізу проектів застосування когенераційно-теплонасосних установок в тепловій схемі опалювальної котельні;
- розробка функціональної схеми автоматизації опалювальної котельні;
- розробка технології монтажу когенераційно-теплонасосної установки для теплової схеми опалювальної котельні;
- розробка заходів з охорони праці;
- розробка економічних показників впровадження когенераційно-теплонасосної установки на опалювальній котельні.

2 ВАРІАНТНИЙ АНАЛІЗ ПРОЕКТІВ ЗАСТОСУВАННЯ КОГЕНЕРАЦІЙНИХ ТЕПЛОНАСОСНИХ УСТАНОВОК В ТЕПЛОВІЙ СХЕМІ КОТЕЛЬНОЇ

2.1 Розробка математичної моделі теплової схеми з встановленням когенераційно-теплонасосної установки

Для дослідження показників модернізованої теплової схеми опалювальної котельні із встановленням когенераційно-теплонасосної установки розроблена математична модель.

Розроблена модель складається з 38 лінійних та нелінійних алгебраїчних рівнянь, розроблена математична модель може бути класифікована як нелінійна, одночасно вона є детермінованою, за характером побудови – структурна, за характеристиками параметрів – дискретна, має зосереджені кількісні параметри. За розмірність – одновимірний, за характером модельованих процесів статичною.

За призначенням дана модель є описовою, за математичним описом вона класифікується як алгебраїчна і розв’язується аналітичним методом [9 - 11].

Розроблена в даній роботі математична модель для дослідження показників котельні реалізована в середовищі Microsoft Office Excel.

Математичний опис даної математичної моделі складається з рівнянь балансових рівнянь теплових та енергетичних вузлів, кінетичних рівнянь для визначення термодинамічних параметрів оборотних холодильних циклів та циклів теплових машин. Ключові рівняння та умови, що використані в математичному описі моделі наведені в [12-13].

Функцію початкових даних для виконання досліджень виконують:

- термодинамічні та теплофізичні параметри хладагентів;
- температура низькопотенційного джерела теплоти та споживачів теплової енергії;
- значення ККД котлів, компресорів, насосів, вентиляторів, димососів;
- необхідна потужність, що має бути забезпечена споживачем опалення та га-

рячого водопостачання;

- теплота згорання палива;
- частка втрат мережної води та частка власних потреб котельні.

Під час створення даної математичної моделі закладені такі допущення та спрощення:

- використані осереднені значення недогріву та перегріву робочого тіла в холодильному циклі;
- використані осереднені значення ККД та втрат в компресорному та теплообмінному обладнанні;
- виконуються розрахунки тільки теоретичних циклів теплонасосних та когенераційних установок.

Математичний опис моделі наведений нижче.

Потужність опалювального споживача

$$Q_{оп} = G_{мв1} (h_{под} - h_{зв}) . \quad (2.1)$$

Потужність відпущена на гаряче водопостачання

$$Q_{гвп} = G_{мв2} (h_{под} - h_{зв}) . \quad (2.2)$$

Загальна витрата теплоносія

$$G_{мв} = G_{мв1} + G_{мв2} . \quad (2.3)$$

Витрата підживлювальної води

$$G_{підж} = \alpha_{підж} \cdot G_{мв} . \quad (2.4)$$

Температура води перед лінією рециркуляції

$$t_{перед\ рец} = \frac{(G_{тм} - G_{пж}) \cdot t_{зв} + (G_{пж} + G_{д}) \cdot t_{пж} + G_{гр} \cdot t_{зв}}{G_{перед\ рец}} . \quad (2.5)$$

Витрата води в лінії рециркуляції водогрійних котлів

$$G_{\text{рец}} = G_{\text{перед рец}} \frac{t'_{\text{кот}} - t_{\text{перед рец}}}{t''_{\text{кот}} - t'_{\text{кот}}} . \quad (2.6)$$

Витрата зворотної води перед лінією рециркуляції

$$G_{\text{перед рец}} = G_{\text{тм}} + G_{\text{д}} + G_{\text{гр}} . \quad (2.7)$$

Ентальпію додаткової води після нагрівання в ПСВ

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

Витрата зворотної води на мережних насосах

$$G_{\text{мн}} = G_{\text{перед рец}} + G_{\text{рец}} . \quad (2.9)$$

Витрата зворотної води перед котлами

$$G_{\text{к}} = G_{\text{мн}} - G_{\text{пер}} . \quad (2.10)$$

Витрата сирої води на продувку

$$G_{\text{св}} = G_{\text{дв}} \cdot \alpha_{\text{хво}} . \quad (2.11)$$

Теплова потужність котельні (парогенераторів) брутто

$$Q_{\text{кот}} = G_{\text{к}} \cdot c_{\text{в}} \cdot (t''_{\text{к}} - t'_{\text{к}}) . \quad (2.12)$$

Теплова потужність котельні нетто

$$Q_K^H = Q_{\text{бp}} - D \cdot q_{\text{вп}} \cdot (h_{\text{вх}} - h_{\text{вих}}) . \quad (2.13)$$

Витрата умовного палива на газові котли

$$B_y = \frac{Q_{\text{пг}}}{Q_{\text{ну}}^p \cdot \eta_K} . \quad (2.14)$$

Розрахункове значення витрати газового палива на котли

$$B_p = \frac{Q_{\text{пг}}}{Q_H^p \cdot \eta_K} . \quad (2.15)$$

Еквівалентна витрата умовного палива для вироблення електроенергії на власні потреби опалювальної котельні

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

Сумарна витрата умовного палива в опалювальній котельні з врахуванням власних електричних потреб

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

Питома витрата умовного палива на вироблення одиниці теплової енергії

$$b_y = \frac{B_{\text{заг}}}{Q_K^{\text{бp}}} . \quad (2.18)$$

Коефіцієнт корисної дії котельні брутто

$$\eta_k = \frac{Q_{\text{бп}}^k}{Q_{\text{нп}}^p \cdot B_y} \quad . \quad (2.19)$$

Середньотермодинамічна температура відведення теплоти опалювальної котельні

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

Сумарна загальна ексергія відпущеної теплоти опалювальної котельні

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

Ексергетичний ККД опалювальної котельні з врахуванням теплоти палива

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

Температура кипіння хладону з врахуванням недогріву

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

Температура робочого тіла на вході в компресор

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

Ентальпія хладону на вході в компресор

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

Питома потужність переохолодника хладагента

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

Адіабатний енергетичний теплоперепад в компресорі теплового насосу

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

Робочий енергетичний теплоперепад в компресорі теплового насосу

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

Ентальпія точки хладону на виході з переохолодника

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

Питома теплота, що може бути відводена з конденсатора теплового насоса

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

Питома теплота, яка підводиться у випарник теплового насоса

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

Витрата холодоагента в контурі теплового насоса

$$G_{\text{ха}} = Q_{\text{тн}} / q_{\text{к}} \times \eta_{\text{то}} \quad (2.32)$$

Коефіцієнт перетворення теплового насоса

$$\varphi = Q_{\text{тн}} / N_{\text{км}} \quad (2.33)$$

Потужність компресора теплового насоса

$$G_{\text{ха}} = Q_{\text{тн}} / q_{\text{к}} \times \eta_{\text{то}} \quad (2.34)$$

Потужність випарника теплового насоса

$$G_{\text{ха}} = Q_{\text{тн}} / q_{\text{к}} \times \eta_{\text{то}} \quad (2.35)$$

Витрата низькотемпературного теплоносія у випарнику теплового насоса

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

Ефективний ККД двигуна внутрішнього згорання

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

Повний ККД двигуна внутрішнього згорання і електрогенератора, який відпускає електричну енергію

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

Питома витрата умовного палива на двигун внутрішнього згорання

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

Теоретична маса повітря, що необхідна для спалювання 1 м^3 газового палива

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

Питома масова витрата суміші повітря і газового палива

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

Витрата умовного палива на двигун внутрішнього згорання

$$B_y^d = b_y^d \cdot N_{\text{двз}} / 3600 \quad (2.42)$$

Витрата робочого палива на двигун внутрішнього згорання

$$B_p^d = B_y^d \cdot Q_{\text{пн}}^p / Q_{\text{пн}}^p \quad (2.43)$$

Витрата відхідних газів після двигуна внутрішнього згорання

$$G_{\text{вг}} = B_p^d \cdot M_{\text{сум}} \quad (2.44)$$

Потужність утилізатора відхідних газів двигуна внутрішнього згорання

$$Q_{\text{ут}} = G_{\text{вг}} \cdot C_p \cdot (t_d - t_{\text{ут}}) \cdot \eta_{\text{то}} \quad (2.45)$$

Потужність елементів системи охолодження двигуна внутрішнього згорання

$$Q_{\text{ох}} = 0,2 \cdot B_p^d \cdot Q_{\text{пн}}^p \cdot \eta_{\text{то}} \quad (2.46)$$

Загальна потужність теплоутилізаційного устаткування двигуна внутріш-

нього згорання

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

Масова витрата води через утилізатор теплоти відхідних газів

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

Загальна потужність когенераційно-теплонасосної установки

$$\Sigma Q = Q_{thy} + Q_{dvz} \quad (2.49)$$

2.2 Результати розрахунку теплової схеми котельні

В результаті виконання числових експериментів отримані наступні показники роботи котельні:

- теплова потужність опалювальної котельні брутто 1,192 МВт;
- теплова потужність опалювальної котельні нетто 1,171 МВт;
- витрата умовного палива на газові котли 0,0454 кг/с;
- витрата газового палива на котли 0,03914 м³/с;
- еквівалентна витрата умовного палива на власні потреби котельні 0,000233 кг/с;
- загальна витрата умовного палива в котельні 0,0456 кг/с;
- питома витрата умовного палива 38,05 кг/ГДж;
- ККД котельні брутто 0,894;
- середньотермодинамічна температура процесу відведення теплоти котельні 412,5 К;
- загальна сумарна ексергія відпущеної теплоти котельної 0,397 МВт;
- ексергетичний ККД котельні 0,244.

2.3 Результати числових експериментів для визначення ефективності застосування КТНУ в тепловій схемі з використанням теплоти ґрунтових вод

Далі наведені результати числових експериментів, проведених з використанням математичної моделі, наведеної вище для варіанту когенераційно-теплонасосної установки в трьох сезонах з використанням теплоти ґрунтових вод:

- теплова потужність теплонасосної установки 52,2 кВт у всіх трьох режимах;
- витрата хладону 0,21, 0,25, 0,26 кг/с;
- коефіцієнт перетворення 2,16, 2,54, 2,79;
- потужність компресора 24,8 , 19,7 , 18,9 кВт;
- потужність випарника 28,7, 33,5, 35,3 кВт;
- витрата води у випарнику 1,401, 1,61, 1,68 кг/с;
- витрата води в конденсаторі 0,635 у трьох режимах.

Крім того, виконане дослідження показників двигуна внутрішнього згорання та теплоутилізаторів. Отримані такі результати експериментів:

- ефективний коефіцієнт корисної дії двигуна внутрішнього згорання 0,348;
- повний ККД двигуна внутрішнього згорання і електрогенератора 0,329;
- питома витрата умовного палива на двигун 0,394 кг/с;
- теоретична масова витрата повітря для спалювання 1м³ палива 11,2 кг/м³;
- питома масова витрата суміші повітря і палива 24,5 кг/м³;
- витрата умовного палива на двигун внутрішнього згорання 0,0025, 0,0021, 0,0019 кг/с;
- витрата робочого палива на двигун внутрішнього згорання 0,0023, 0,0019, 0,0017 м³/с;
- витрата відхідних газів після двигуна внутрішнього згорання 0,053, 0,043, 0,041 кг/с;

- потужність утилізатора відхідних газів двигуна 20, 16, 15 кВт;
- потужність системи охолодження двигуна 14, 9,9, 9 кВт;
- загальна потужність теплоутилізаційного устаткування 33, 28, 27 кВт;
- масова витрата води через утилізатор 0,13, 0,11, 0,10 кг/с;
- Загальна потужність когенераційно-теплонасосної установки 86,3, 81,7, 80,9 кВт.

Результати моделювання теплової схеми котельні з когенераційно-теплонасосною установкою для трьох варіантів:

- теплова потужність котельні 1,08, 1,09, 1,10 МВт;
- витрата газового палива на котел $0,033 \text{ м}^3/\text{с}$ в трьох варіантах;
- витрата робочого палива на двигун внутрішнього згорання 0,0021, 0,0018, $0,0016 \text{ м}^3/\text{с}$;
- загальна витрата робочого палива на котельню з когенераційно-теплонасосною установкою 0,0351, 0,0348, $0,0346 \text{ м}^3/\text{с}$;
- економія потужності за рахунок модернізації 7,91, 7,36, 7,12%.

Аналогічно виконані дослідження ефективності встановлення когенераційно-теплонасосної установки з використанням теплоти відібраної від мимових газів котлів за допомогою КТАН.

2.4 Сумісний аналіз та узагальнення результатів дослідження

Далі наведено результати аналізу та узагальнення числових досліджень ефективності розглянутих варіантів застосування когенераційно-теплонасосних установок в тепловій схемі опалювальної котельні. Результати визначення основних показників ефективності для варіантів теплових схем з когенераційними теплонасосними установками наведені на рис. 2.1 – 2.4.

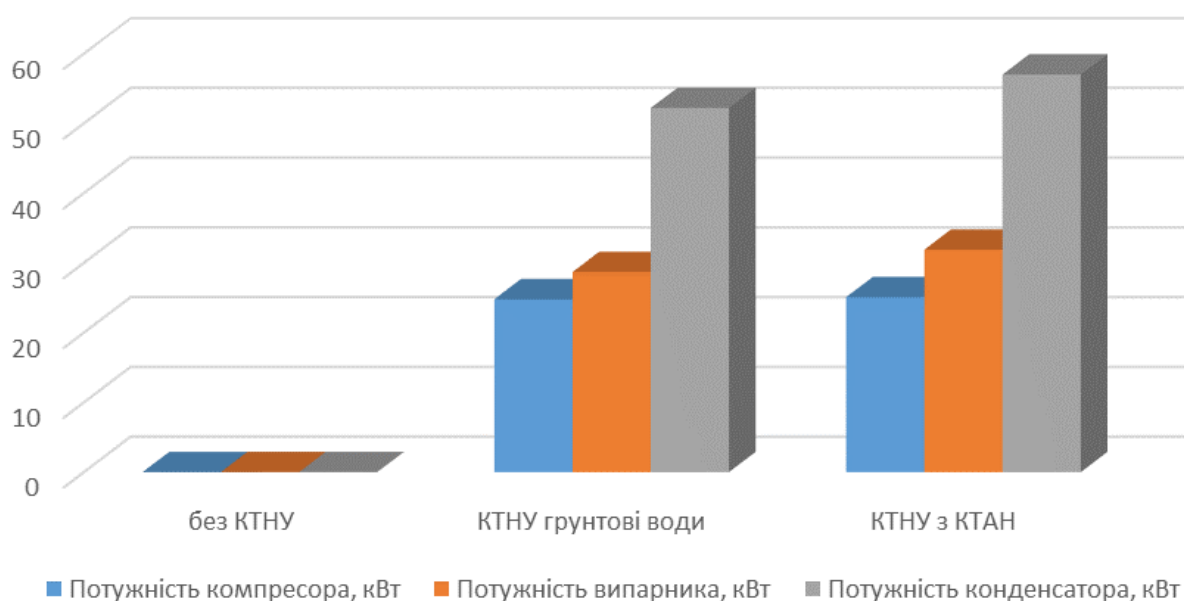


Рисунок 2.1 - Значення теплової потужності випарника, конденсатора та компресора ТНУ для різних джерел низькотемпературної теплоти

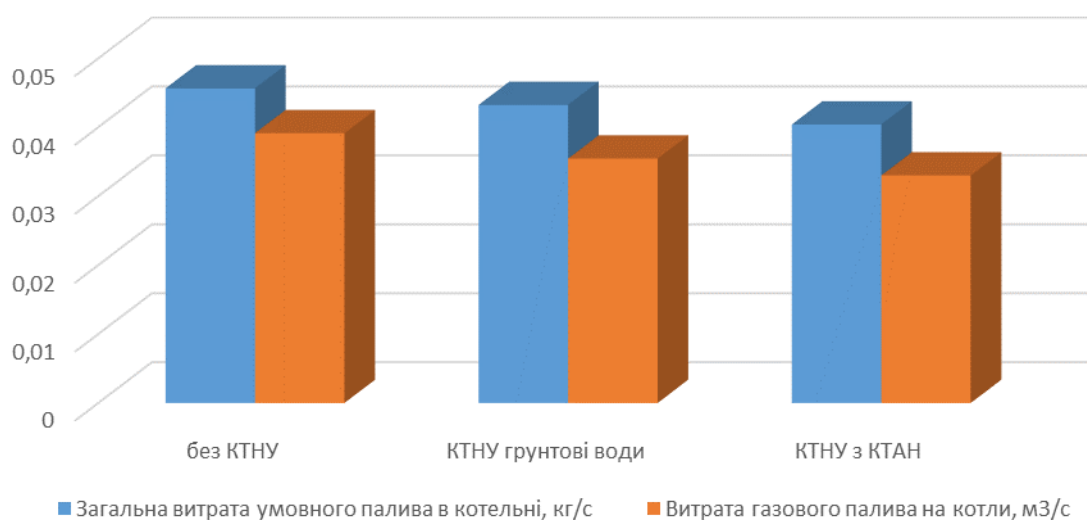


Рисунок 2.2 - Значення загальної витрати умовного палива на котельню з КТНУ та витрата газового палива на котли для різних джерел низькотемпературної теплоти

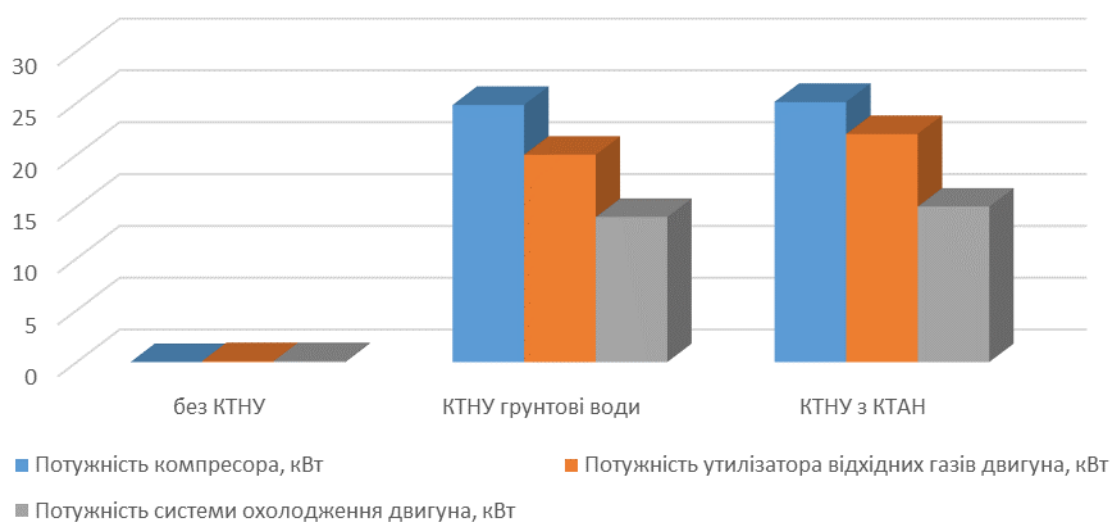


Рисунок 2.3 - Значення потужності двигуна внутрішнього згорання, утилізатора теплоти відхідних газів та системи охолодження двигуна для різних джерел низькотемпературної теплоти

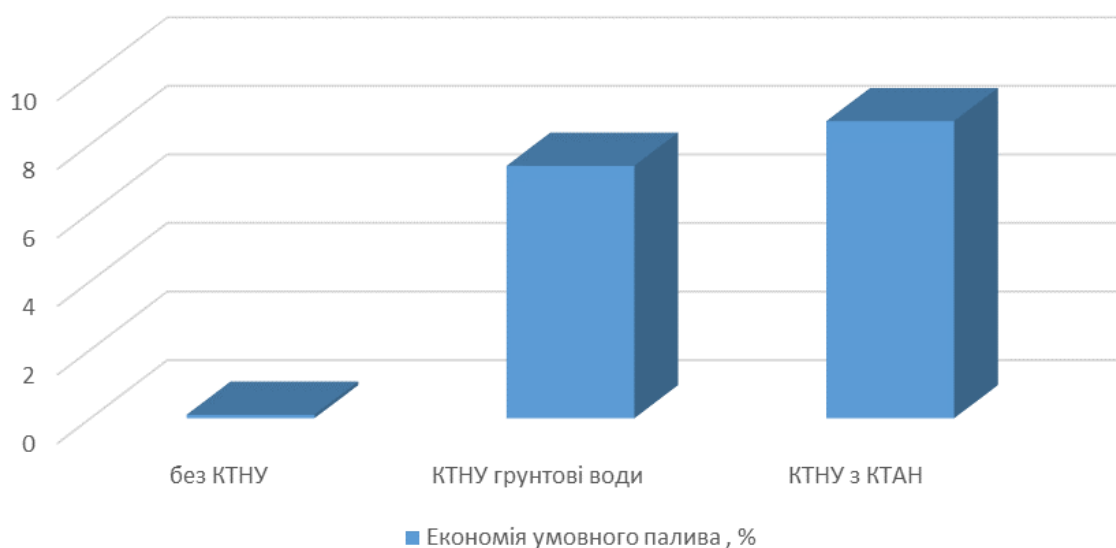


Рисунок 2.4 - Значення економії умовного палива за рахунок встановлення когенераційно-теплонасосної установки з різними джерелами низькотемпературної теплоти

Як видно з рис. 2.1 – 2.4, найбільш ефективним за технічними показниками є варіант із застосуванням когенераційної теплонасосної установки в тепловій схемі опалювальної котельні з використанням теплоти, утилізованої з відхідних газів котлів, для якого економія робочого палива в котельні складає 8,3...8,8% в залежності від її режиму роботи.

2.5 Вибір когенераційно-теплонасосного устаткування

За результатами виконаних числових досліджень, аналізу та узагальнення отриманих даних можна прийняти такі технічні рішення.

Газовий поршневий двигун-генератор марки Generac SG 060 з номінальною електричною потужністю електрогенератора 60 кВт [14].

Згідно [15] обираємо парокомпресійну теплонасосну установку марки НТ-110 з розрахунковою тепловою продуктивністю 150...230 кВт.

2.6 Висновки до розділу 2

В даному розділі МКР наведена розроблена математична модель для дослідження показників ефективності варіантів застосування когенераційно-теплонасосних установок в тепловій схемі опалювальної котельні.

Проаналізована енергетична ефективність двох варіантів застосування когенераційно-теплонасосних установок в даній тепловій схемі опалювальної котельні.

Крім того, опублікований порівняльний аналіз значень ефективності двох варіантів застосування КТНУ в тепловій схемі опалювальної котельні. Обґрунтовано вибір раціонального варіанту застосування когенераційно-теплонасосної установки в тепловій схемі опалювальної котельні причому із використанням теплоти ґрунтових вод та теплоти, відібраної у відхідних газах в контактному утилізаторі. Останній варіант виявлений більш раціональним, для цього варіанту річна економія умовного палива становить 8,3...8,8% з врахуванням режиму роботи, отже, даний варіант технічного рішення був обраний до впровадження.

За результатами експериментів виявлено, що найбільш раціональним є варіант встановлення теплонасосної установки марки НТ-110 та газопоршневого двигун-генератора марки Generac SG 060.

3 РОЗРОБКА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМА АВТОМАТИЗАЦІЇ КОТЕЛЬНІ

3.1 Опис технологічного процесу

Дана водогрійна котельня працює для забезпечення потреб тепlopостачання та гарячого водопостачання. Теплова схема котельні показана на рис. 3.1.

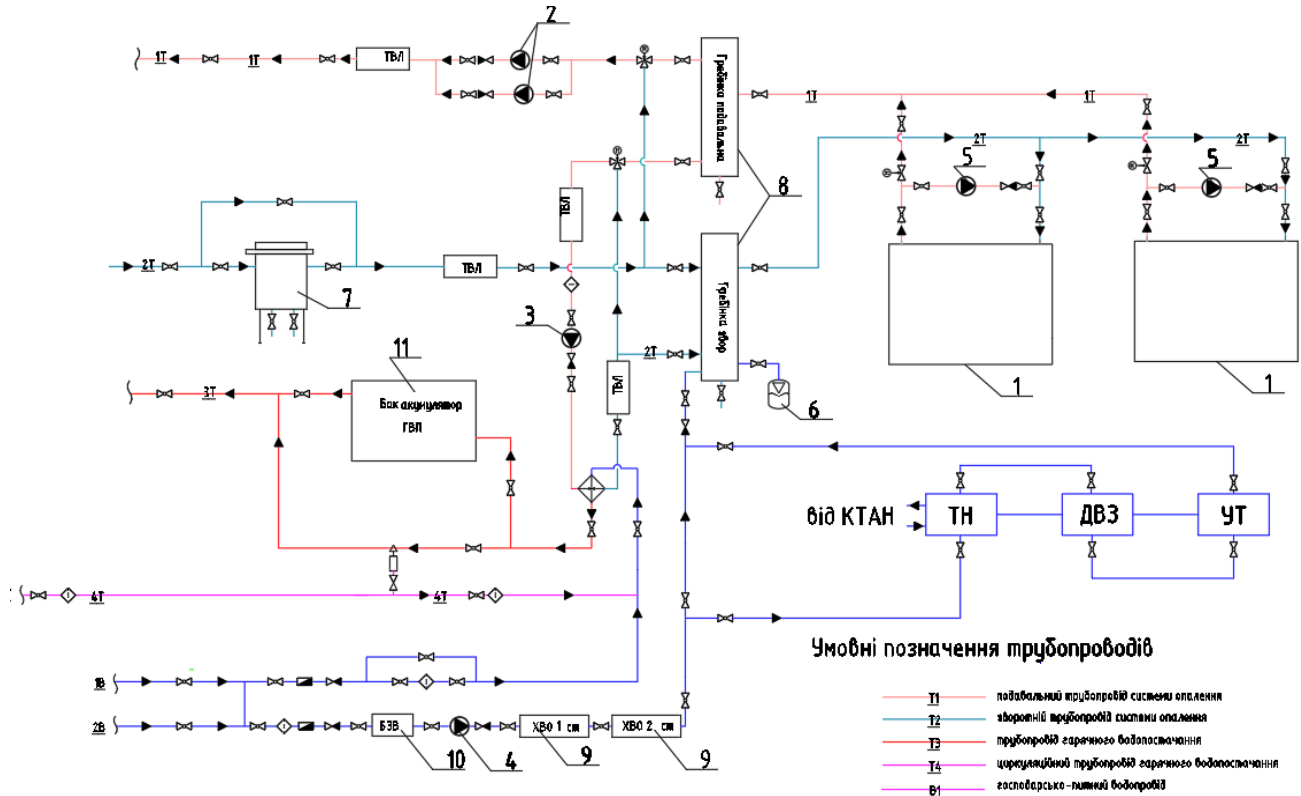


Рисунок 3.1 – Принципова теплова схема водогрійної котельні

1 – котел газовий; 2 – мережні насоси; 3 – насос підготовки гарячої води; 4 – насос холодної води; 5 – рециркуляційні насоси; 6 – мембранний розширювальний бак; 7 – фільтр зворотного трубопроводу; 8 – розподільні гребінки; 9 – хіміководоочистка; 10 – бак запасу води; 11 – бак-акумулятор гарячої води

В котельні встановленні два водогрійні котли, розширювальні баки, мережні насоси, насоси підживлення, система хіміководоочищення, баки запасу хімічної води. Мережна вода підігрівається сталевими котлами, що можуть працювати на природному газі, з такими показниками: температура води після котла $t_{к''} = 90^{\circ}\text{C}$, температура води в прямому трубопроводі котельні $t_{пр} = 50^{\circ}\text{C}$, температура води в зворотному трубопроводі котельні $t_{зв} = 30^{\circ}\text{C}$. Мережна вода двома насоса-

ми мережної води подається в гребінку прямої мережної води звідки розподіляється на систему опалення. Вода після систем опалення поступає в розподільну гребінку зворотної мережі і звідти зворотна мережева вода поступає в котли. Характеристики мережних насосів: насос фірми «GRUNDFOS» з частотним регулюванням TPE 40-90/2 A-F-A-GQQE з подачею 8,97 м³/год, напором 7,34 м вод. ст і споживана потужність 370 Вт.

Підживлення мережної води здійснюється водою яка поступає в бак запасу сирі води, і звідти за допомогою насосу підживлення системи в гребінку зворотної мережної води.

3.2 Характеристика технологічного обладнання

Триходовий водогрійний котел середньої потужності для газоподібного палива.

Це газовий атмосферний котел з теплообмінником та інжекційним пальником. Допустима температура котлової води – 95 °С, допустимий надлишковий робочий тиск 16 бар – типовий котел для застосування у системах централізованого теплопостачання громадських, промислових і торговельних будівель.

3.3 Обґрунтування регульованих величин та каналів регулюючого впливу

3.3.1 Система автоматичного регулювання водогрійного котла

Для даної опалювальної котельні головним параметром регулювання є температура води на виході з котла та на вході в водогрійний котел [16]. Температура котлової води на виході регулюється шляхом зміни витрати палива, що підводиться в топку. Відбувається регулювання співвідношення витрат повітря і палива, регулювання тиску котлової води на вході, контролюється також тиск газу. Тиск газу може регулюватись шляхом зміни його витрати, регулювальний орган розташований на трубопроводі подавання газу. Співвідношення повітря-паливо може регулюватись частотним регулятором шляхом зміни витрати повітря [17-19].

Керування контуром котлів здійснюється за допомогою контролера Vitotronic 200.

Vitotronic 200 - це пристрій цифрового програмного погодозалежного керування окремого котла .

Контролери Vitotronic використовується спеціалізованою компанією для виконання технічного обслуговування, налаштування та діагностики з Vitosoft 300.

Контролери Vitotronic 200 окремі для кожного з двох котлів поєднані з контролером каскадного регулювання котлами та тепловою схемою TECH St-i-3.

На рисунку 3.2 наведені схема керування котлом за допомогою Vitotronic 200.

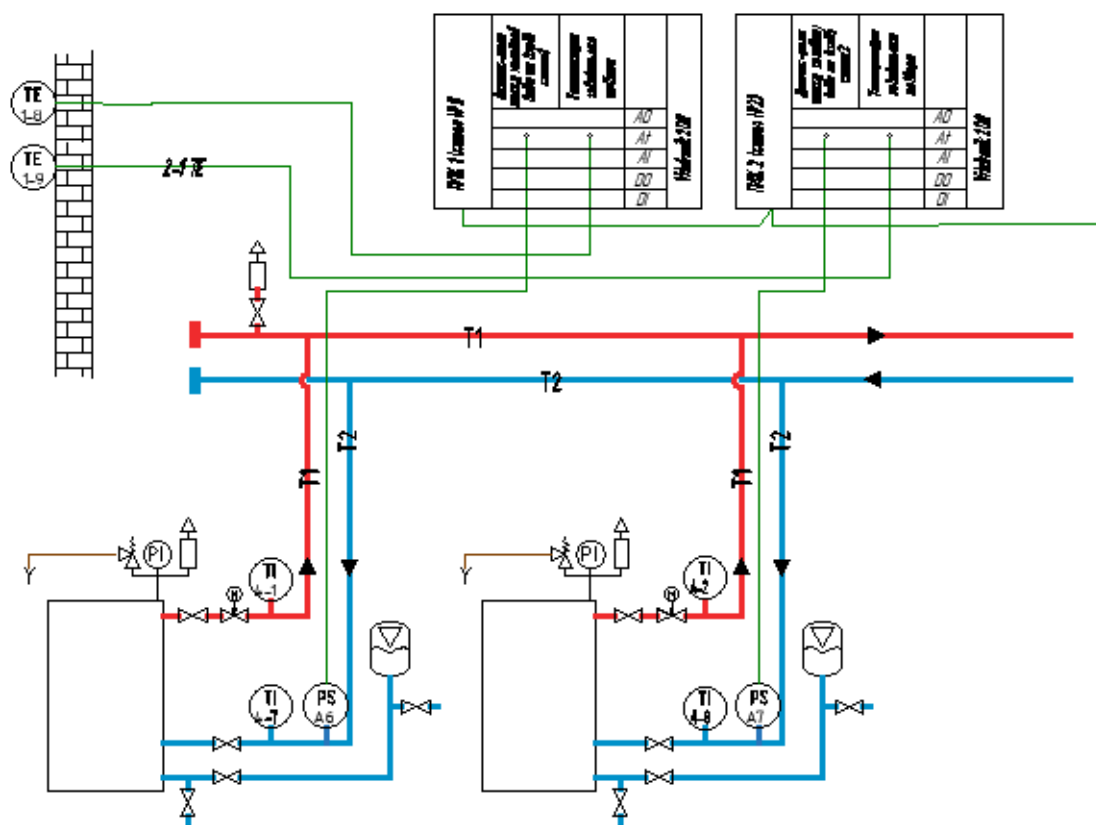


Рисунок 3.2 – Регулювання контура котла контролером Vitotronic 200

3.3.2 Регулювання системи тепlopостачання

Керування роботою теплової схеми котельні здійснюється за допомогою

контролера TECH St-i-3.

Контролери TECH St-i-3 містять два сухих контакти для керування двома джерелами теплоти у нашому випадку двома котлами Viessmann Vitocrossal 300. Контролер керує роботою котлів, тільки вмикаючи або вимикаючи прилади через сухий контакт.

Схема регулювання показана на рисунку 3.3 [17].

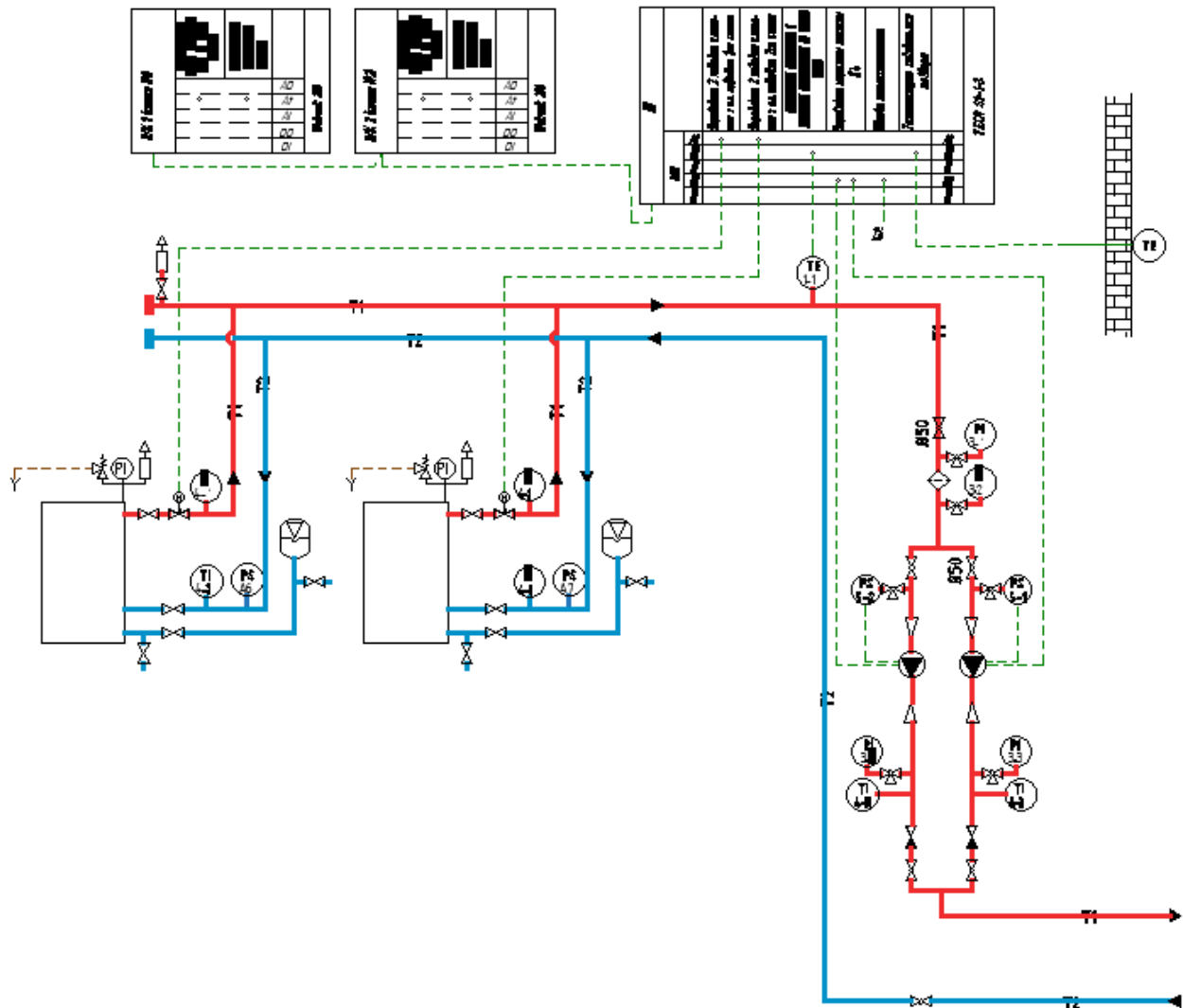


Рисунок 3.3 – Регулювання системи теплопостачання

Для керування роботою двох котлів у каскаді TECH St-i-3 має три основних режими роботи:

- робота згідно заданої температури – контролер стежить за заданою температурою в гідравлічній стрілці, і якщо на протязі вказаного часу затримки котел №1 не встигає догріти теплоносії до заданої температури,

вмикається котел №2;

- необхідність у нагріванні – контролер слідкує за усіма ввімкнутими контурами і за температурою у гідравлічній стрілці, і якщо температура в гідравлічній стрілці нижче ніж у контурі з найвищими заданими температурними значеннями, контролер увімкне наступний котел через вказаний час затримки;
- погодозалежний режим – кожен котел вмикається за визначеної заданої температури.

Робота котла №1 у режимі роботи згідно заданої температури.

Після встановлення необхідних для контролера параметрів, контролер порівнює температуру в контурах систем опалення та гарячого водопостачання з температурою на котлах. Якщо температура на заданому датчику нижча або рівна заданій температурі в контурах опалення – контролер замикає сухий контакт, вмикаючи тим самим котел №1. При досягненні температури на виході з котла №1 вище температури в контурах опалення, сухий контакт вимикається. Котел вимкнено. Якщо контур із найвищою заданою температурою досяг температурного рівня, то контролер не бере його до уваги.

Робота котла №2 у режимі роботи згідно заданої температури. Котел буде вмикатися контролером через вказаний час затримки у випадку, якщо не вистачає потужності котла №1, або він вийшов з ладу.

3.4 Вибір та обґрунтування засобів автоматизації

Контролери

Насоси та інші електроприймачі котельні захищаються автоматами захисту відповідних номіналів.

Прокладка ланцюгів живлення, контролю та керування виконується кабелем, що не підтримує горіння в пластиковому коробі по приміщенню котельні та в гофрованій трубі, що відповідає вимогам норм пожежної безпеки.

Металеві корпуси технологічного обладнання, трубопроводи та повітропроводи всіх призначень повинні бути приєднані до головної заземлюючої шини.

Керуючим елементом системи управління є щит керування котельні ЩК-ГК1-3. Для контролю параметрів роботи автономної газової котельні застосовується обладнання на базі пультів «Сигнал 1 ДН» (збір даних) та пульту «Сигнал 56» для їх передачі на ЦДЛ.

Пульт контролю роботи автономної газової котельні «Сигнал 1 ДН» призначений для контролю 13-ти параметрів газової котельні, 3-х параметрів роботи самого пульта. Пульт має вбудований безперебійний блок живлення, що забезпечує напругою безпосередньо сам пульт, датчик загазованості (газосигналізатор) котельні та нормально відкритий відсікаючий аварійний газовий клапан не залежно від наявності електроенергії в мережі.

Пульт керування і зв'язку «Сигнал 56» призначений для передавання даних з використанням технології GPRS стандарту GSM. Пристрій може працювати для режими роботи – як засіб зв'язку об'єкта (ЗЗО), так і засіб зв'язку диспетчера (ЗЗД). Вибір режиму роботи визначається під час програмування пристрою.

«Сигнал 56» забезпечує:

- передавання аварійної (за випадком на об'єкті) інформації про стан датчиків, підключених до пульта збору інформації;
- отримання даних про об'єкт за запитом диспетчера;
- передавання даних з боку диспетчера на об'єкт;
- достовірне передавання інформації між об'єктами;
- програмування параметрів за допомогою шаблона SIM-карти.

Датчики тиску і температури.

Датчик температури Danfoss MBT 3250 має наступні характеристики:

- довжина вставки 100 мм;
- діаметр захисної трубки 8 мм;
- діапазон температур -50...+200 °C;
- матеріал з'єднання – нержавіюча сталь;
- опір елемента датчика 1000 Ом.

Датчик температури зовнішнього повітря Danfoss ESMT має наступні характеристики:

- ступінь захисту IP54;
- діапазон температур $-50 \dots +50$ °C;
- робочий елемент Pt 1000 ($1000 \text{ Ом}/0^\circ\text{C}$);
- стала часу – менше 15 хв.

Датчик-реле тиску Danfoss KPI-35 є електромеханічним реле тиску. Датчик призначений для регулювання тиску води, повітря і неагресивних до латуні середовищ і комутації електричних ланцюгів в системах безпеки та автоматизації.

Основні характеристики Danfoss KPI 35 G $\frac{1}{4}$:

- приєднання G $\frac{1}{4}$;
- діапазон налаштувань, - 0,2-8 бар;
- диференціал тиску - 0,40 - 1,50 бар;
- робочі носії - вода, інші нейтральні рідини;
- матеріали, які контактують із рухомим середовищем: силфон - жесть покрита бронзою; коннектор - латунь.

Термометри.

Для вимірювання температури обрано термометри біметалеві радіальні ТБК-63/100 . Технічні характеристики:

- діаметр корпусу 63 мм;
- матеріал корпусу – сталь;
- різьба штуцера $\frac{1}{2}$ ”\$
- клас точності 1,5;
- довжина штуцера 100 мм;
- діапазон вимірювання $0 \dots 100$ °C;
- ступінь захисту IP40;
- матеріал механізму – латунь.

Манометри.

Для вимірювання тиску застосовуємо манометри Pedrollo MR-6 з характеристиками:

- шкала 0...6 бар;
- з'єднання – ¼” радіальне;
- діаметр 63 мм;
- клас точності 1,5.

Лічильники теплової енергії.

Для вимірювання кількості відпущеної теплової енергії використовується ультразвуковий витратомір ULTRAFLOW 54 з обчислювачем теплоти. Вимірює витрату енергії об'ємом 1,5... 100 м³/год. У процесі роботи такого механізму застосовується технологія мікропроцесорів та ультразвуковий метод. Конструкція даного апарату містить численні обчислювальні та вимірювальні елементи, зосереджені з урахуванням плати. Це забезпечує апарат такими характеристиками, як надійність, компактність розмірів та зручність у застосуванні. Прилад має максимальну точність і надійність.

Обсяг витрати обчислюється способом визначення різниці між сигналами (ультразвуковими), які надсилаються в різних напрямках. Стабільність виміру довготривала і відрізняється відмінною точністю. Сигнали надсилаються двома датчиками (ультразвуковими) як за напрямом руху потоку, так і у зворотному напрямку. При отриманні даних різниці часу визначається швидкість потоку та витрата. Першим досягає іншого датчика сигнал, який рухається у напрямку потоку, що рухається. Помилки при вимірі виключені.

Характеристики приладу:

- температура вимірюваного середовища 15...130 °C;
- розрахунковий тиск PN16;
- напруга живлення 3,6±0,1 В;
- максимальна довжина кабелю 10 м.

Реле тиску

На лінії підживлення мережі від системи холодного водопостачання встановлюємо реле тиску РМ5/G, що вмикає і вимикає насос. Основною функцією реле тиску є управління насосом, а також пуск і зупинка насоса в залежності від розумних налаштувань максимального і мінімального тиску. Конструкція реле тиску

PM/5 G влаштована таким чином, що є можливість регулювання нижнього і верхнього порогів спрацювання за допомогою регулювальних гвинтів.

Основні технічні характеристики: робоче середовище - прісна вода; діапазон настройки тиску - 1-5 bar; $I_{\max} = 16\text{A}$; температура середовища - max 40 °C; напруга – 220 В; приєднання $R_p = 1/4"$; вага - 0, 2 кг.

На лінії газопостачання котла встановлено реле низького тиску газу DG30 KROM SCHROEDER з характеристиками:

- діапазон регулювання 8-30 мбар;
- діапазон спрацювання 1-2 мбар;
- максимальний робочий тиск 600 мбар;
- з'єднання $R_p 1/8"$.

На лінії газопостачання котла встановлено реле високого тиску газу DG30 KROM SCHROEDER з характеристиками:

- діапазон регулювання 100 – 500 мбар;
- діапазон спрацювання 0,5 – 500 мбар;
- максимальний робочий тиск 600 мбар;
- маса 0,33 кг.

3.5 Висновки до розділу 3

В даній магістерській роботі були визначені характеристики об'єкту автоматизації та технологічного обладнання, що застосовуються в процесі, обґрунтовано вибір величин, які регулюються і каналів внесення регулюючих впливів, контроль та сигналізація, засоби автоматизації.

Розроблена функціональна схема автоматизації водогрійної котельні. Розроблена система автоматичного контролю і регулювання, а також керування котлом і котельнею.

4 ТЕХНОЛОГІЯ МОНТАЖУ КОГЕНЕРАЦІЙНО-ТЕПЛОНАСОСНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ КОТЕЛЬНОЇ

4.1 Розрахунок трубопроводів для опалювального контуру

В тепловій схемі для прокладання трубопроводів використовуємо сталеві труби.

Діаметри трубопроводів у монтажній схемі теплонасосної установки

$$d_{\text{ут.дг.}} = \sqrt{\frac{4 \cdot G_{\text{ут.дг.}}}{\pi \cdot \omega \cdot \rho_{\text{в}}}}, \quad (4.1)$$

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

ρ – густина теплоносія в трубопроводі, кг/м³.

В контурі утилізатора димових газів розрахунковий діаметр склав $d_{\text{ут.дг.}} = 0,017$ м, тому стандартний діаметр обираємо $d = 26 \times 3$ мм.

Діаметр трубопроводу в контурі від теплообмінника до утилізатора відхідних газів

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

Прийнятий стандартний діаметр $d = 26 \times 3$ мм.

У контурі від випарника до теплообмінника

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

Прийнятий стандартний діаметр $d = 48 \times 4$ мм.

У контурі від теплообмінника до випарника

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

Прийнятий стандартний діаметр $d = 48 \times 4$ мм.

Трубопровід в контурі від теплової мережі до конденсатора має діаметр

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

Прийнятий стандартний діаметр $d = 48 \times 4$ мм.

Трубопровід в контурі від конденсатора до споживача має діаметр

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

Прийнятий стандартний діаметр $d = 48 \times 4$ мм.

4.2 Підбір насосного обладнання

Для циркуляції в тепловій мережі обираємо мережні насоси за масовою максимальною витратою мережної води.

Витрата в контурі мережа–конденсатор

$$V_{\text{мн}} = \frac{(1,1 \dots 1,2) \cdot G_{\text{мв}} \cdot 3600}{\rho_{\text{мв}}}, \quad (4.2)$$

де ρ – густина мережної води, кг/м³;

$G_{\text{мв}}$ – витрата мережної води , кг/с.

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

Вибираємо два насоси марки 1,5КМ–8/19. Насос циркуляційний розрахований на максимальну витрату – 11 м³/ год., максимальний напір – 0,174 МПа, та потужністю електродвигуна 1,5 кВт [21].

Витрата в контурі теплообмінник-випарник за формулою (4.2)

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

Вибираємо два насоси марки 1,5КМ–8/19. Насос циркуляційний розрахований на максимальну витрату – 11 м³/ год., максимальний напір – 0,174 МПа, та потужністю електродвигуна 1,5 кВт [21].

4.3 Аналіз об'єкта, який підлягає монтажу

В даній магістерській роботі розробляється технологія монтажу когенераційної теплонасосної установки на базі котельні.

З попередніх розрахунків на котельні обрано встановлювати два теплових насоси марки НТ-110. Низькопотенційним джерелом теплоти для даного теплового насоса може бути будь-яка проточна вода з температурою від +5 до + 40 °С. Для НТ-110 моноблочного виконання наведено технічні характеристики в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Технічні характеристики теплових насосів

Тип теплового насосу	Мінімальна тепловиробничість, кВт	Максимальна тепловиробничість, кВт	Розміри (довжина× ширина×висота), м	Загальна маса, кг
НТ-110	150	230	3,9×2,1×1,495	4500

4.4 Комплектування основних, допоміжних матеріалів і виробів, складання комплектувальних відомостей

За відомостями із монтажною схемою теплонасосної установки складено відомість основних та допоміжних виробів та матеріалів, що наведена у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Відомість витрат основних матеріалів

№ п.п	Найменування матеріалу	Одиниці вимірювання	Кількість	Маса одиниці, кг	Маса, кг
1	2	3	4	5	6
Основні матеріали і вироби					
1	Труби сталеві безшовні водо- газопровідні чорні Ø 20 мм [22]	м	50	1,5	75
2	Труби сталеві безшовні водо- газопровідні чорні Ø 40 мм [22]	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 [20]	м ³	5,6	20	112

Продовження табл. 4.2

1	2	3	4	5	6
5	Зворотній клапан Ø 20 мм	шт	7	5	35
6	Кронштейни	шт	168	0,4	67,2
7	Тепловий насос марки НТ-110	шт	2	4500	9000
8	Газопоршневий двигун-генератор Generac SG060-380	шт	2	878	1756
9	КТАН-утилізатор КТАН-0,25УГ	шт	1	682	682
10	Циркуляційний насос 1,5КМ–8/19 [23]	шт	4	25	100
Потреба у допоміжних матеріалах					
11	Ацетилен розчинений техніч- ний, марка А	т	0,00013		10,4
12	Кисень технічний газоподібний	м ³	14,47		236,46
13	Білило цинкове МА-011-1	т	0,00012		9,6
14	Дріт зварний легований, 4 мм	т	0,00057		25,1
15	Електроди, d = 5 мм, марка Э42А	т	0,00214		120,14
16	Оліфа натуральна	кг	0,06		4,8
17	Вузли укрупнені монтажні, діа- метр 20 мм	м	100		50
18	Вузли укрупнені монтажні, діа- метр 40 мм	м	100		30
19	Вода	м ³	2,2		74,8

Продовження табл. 4.2

1	2	3	4	5	6
20	Очіс льняний	т	0,00006		4,8
21	Болти з гайками та шайбами, діаметр 16 мм	т	0,00237		21,58
22	Прокладки паронітові (марка ПМБ, $\delta = 2$ мм, $d = 50$ мм)	1000 шт	0,004		0,044
23	Фланці сталеві $\varnothing 40$ мм	шт	2	0,3	11,1
24	Арматура фланцева $\varnothing 40$ мм	шт	1	0,1	2,2
25	Стрічка стальна упаковальна, м'яка, 0,7х(20-50) мм	т	0,0229		839
26	Сталь листова оцинкована, тов- щина 0,8 мм	кг	2,8		224
27	Листи з алюмінію, марка АД1Н, $\delta = 1$ мм	кг	0,3		24
28	Напівциліндри із мінеральної вати $\varnothing 40$ мм	м ³	2,11		83,5
29	Болти, гайки та шайби, $d = 12$ мм	т	0,0011		7,7
30	Рейки залізничні зі сталі марки НБ-61, тип Р43	м	16,72	44,65	746,55
31	Шпали непросочені, I тип, дов- жина 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

Продовження табл. 4.2

1	2	3	4	5	6
34	Паливо дизельне із малосірчистотої нафти	т	0,03		60
35	Електроди, d= 4 мм, марка Е350А	т	0,01125		17,65
36	Прокат широко стрічковий, товщина 10-12 мм, сталь Ст3сп	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 основного, допоміжного обладнання та монтажного інструменту становить

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

4.5 Визначення об'ємів робіт з монтажу теплонасосної установки

Об'єм робіт [21-29]:

1. Доставка обладнання із схеми ТНУ до місця монтажу. Одиниці вимірювання - тони. Загальна маса обладнання ТНУ складає 18699,76 кг (18,699 т). Приймаємо об'єм $V=18,699$.
2. Транспортування допоміжного обладнання. Загальна маса допоміжного обладнання складає 6705,16 кг. Одиниці вимірювання - тони. Отже, $V = 6,71$.
3. Розмітка місць прокладання комунікацій обв'язки ТНУ. Одиниці вимірювання 100 м. Довжина трубопроводу обв'язки ТНУ складає $L=80$ м. Приймаємо $V = 0,8$.
4. Монтаж теплових насосів, марка НТ-110. Одиниці вимірювання - штуки. Отже, приймаємо $V=2$.
5. Монтаж газопоршневих двигунів-генераторів марки Generac SG060-380. Одиниці вимірювання - тони. Маса двигунів –генераторів складає 1756 кг. Отже, приймаємо $V=1,756$.
6. Монтаж КТАН-утилізатора марки КТАН-0,25УГ. Одиниці вимірювання – тони . Маса утилізатора складає 682 кг. Отже, приймаємо $V=0,682$ т.
7. Прокладання трубопроводів водогазопровідних Ду 20. Одиниці вимірювання 100 м. Довжина труб з діаметром 20 мм складає 50 м, отже, приймаємо $V=0,5$.
8. Прокладання трубопроводів водогазопровідних Ду40 . Одиниці вимірювання 100 м. Довжина труб Ду40 із монтажної схеми 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. Зворотних клапанів 7 шт у монтажній схемі. Отже, об'єм становить $V=0,07$.

11. Гідравлічні випробування трубопроводів схеми. Одиниці вимірювання 100 м. Об'єм приймається як загальна довжина зворотних та подавальних трубопроводів і становить $V=0,8$.
12. Ізоляція трубопроводів діаметром 20 мм. Одиниці вимірювання – 10 м. Ізолюванню підлягає 50 м трубопроводів даного типорозміру. $V = 5$.
13. Ізоляція трубопроводів діаметром 40 мм. Одиниці вимірювання – 10 м. Ізолюванню підлягає 30 м трубопроводів даного типорозміру. $V = 3$.
14. Монтаж циркуляційних насосів марки 1,5КМ–8/19. Одиниці вимірювання – штуки . У схемі обв'язки ТНУ встановлено чотири насоси. Отже, приймаємо $V=4$.
15. Кінцева перевірка системи, здача в експлуатацію. Одиниці вимірювання – 100 м. Монтажна схема містить 80 м труб всіх типорозмірів. Отже, $V= 0,8$.

4.6 Вибір транспортних засобів та електроінструменту для монтажних робіт

Доставлення теплонасосних установок обладнання, труб та інших матеріалів і виробів здійснюється вантажною автомашиною FOTON AUMARK BJ 1108 GVW 10 т (табл. 4.3) за два рази, зважаючи на загальну масу усього обладнання і матеріалів 18,699 т. У таблиці 4.3. наведено технічні характеристики автомобіля. Таблиця 4.3 – Технічні характеристики FOTON AUMARK BJ 1108 GVW 10 т [30]

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Колісна база	м	4,5
Вантажопідйомність	кг	10000
Габарити: Довжина Ширина Висота	мм	7870 2298 2335
Паливо		дизельне
Витрат пального	л/100 км	18
Власна вага	кг	3370

Переміщення теплових насосів та допоміжного здійснюється за допомогою автокрана Palfinger Sany SPC 180 [31] з технічними характеристиками (див. табл. 4.4).

Таблиця 4.4 – Технічні характеристики Palfinger Sany SPC 180

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Вантажопідйомність	т	18
Максимальний виліт стріли	м	26
Мінімальний виліт стріли	м	3
Максимальна висота підйому	м	31
Габаритні розміри:		
Довжина	мм	10937
Ширина		2500
Висота		3690
Витрата палива	л/100 км	25
Споряджена маса шасі	кг	5370

Зварювальні роботи у монтажній схемі теплонасосної установки здійснюються за допомогою зварювального інвертора Kende IN-350 Profi [32] з технічними характеристиками вказаними в табл. 4.5.

Таблиця 4.5 – Характеристики зварювального інвертора Kende IN-350 Profi

Величина	Одиниця виміру	Значення
Номінальна напруга мережі	В	220/380
Максимальний зварювальний струм	А	350
Діаметр зварювальної проволочки	мм	0,8-1,4
Максимальна споживана потужність	кВт	11
Діаметр електрода	мм	1,6 – 5,0
Маса	кг	8,5

Кріплення трубопроводів та кронштейнів влаштовують за допомогою перфоратора бочкового Rebiner RBH-2350 з такими технічними характеристиками [33]:

- енергія удару – 6 Дж;
- число ударів при номінал. числі обертів – 0 – 880 об/хв ;
- потужність – 2350 Вт;
- вага – 8,5 кг.

Маса допоміжних матеріалів, а саме гумових прокладок (5,45 кг) та паронітових прокладок (15 шт) складає 6,05 кг.

Отже маса інструментів для монтажу складає

$$\Sigma M_{\text{інст.}} = 8,5 + 8,5 + 11,75 + 6,05 = 34,8 \text{ (кг)}.$$

4.7 Витрати паливних та енергетичних ресурсів для роботи допоміжного обладнання

Витрати електричної енергії на роботи інструментів

$$E = P \cdot \tau \cdot k, \quad (4.3)$$

де P – потужність електроінструменту, кВт;

τ – час роботи інструменту, год;

k – коефіцієнт, який враховує періодичність дії.

1) Витрати електричної енергії на роботу зварювального інвертора Kende IN-350 Profi

$$k = 0,1, \tau = 3 \text{ год}, p = 11 \text{ (кВт)};$$

$$E_1 = 11 \cdot 3 \cdot 0,1 = 3,3 \text{ (кВт} \cdot \text{год)}.$$

2) Витрати електроенергії на роботу перфоратора бочкового Rebiner RBH-2350

$$k = 0,1, \tau = 16 \text{ год}, p = 2,35 \text{ (кВт)};$$

$$E_2 = 2,35 \cdot 16 \cdot 0,1 = 3,76 \text{ (кВт} \cdot \text{год)}.$$

Загальна витрат електроенергії для роботи електроінструменту складає 7,06 кВт·год.

Визначимо витрата пального для роботи транспортних засобів, що переміщуються на відстань 60 км за дві ходки (n) і мають витрату пального $Q = 18$ л/100 км для автомобіля і $Q = 25$ л/100 км для автокрана.

Необхідна кількість пального для роботи транспортних засобів

$$Q_{\text{п}} = Q \cdot 2 \cdot n \cdot l = 0,18 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 50 + 0,25 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 50 = 61 \text{ (л)}. \quad (4.4)$$

Трудомісткість та тривалість робіт з монтажу теплонасосної установки показано у графічній частині на календарному плані.

4.8 Визначення складу бригад для монтажу ТНУ

Склад монтажних ланок та кваліфікацію робітників для виконання монтажних робіт вибрано згідно нормативних документів.

Доставка обладнання із схеми ТНУ до місця монтажу. Троє робітників, один водій.

Транспортування допоміжного обладнання. Два робітника 4, 2 розряду.

Розмітка місць прокладання комунікацій обв'язки ТНУ. Монтажники 5 розряду і 3 розряду – чотири людини.

Монтаж теплових насосів, марка НТ-110. Монтажники 7, 3 розряду – чотири людини.

Монтаж двигунів-генераторів Generac SG060-380. Десять монтажників 3, 4, 7 розрядів.

Монтаж КТАН-утилізатора марки КТАН-0,25УГ. Монтажник 5, 4, 3 розряду – три людини.

Прокладання трубопроводів водогазопровідних Ду 20. Електрозварник 6, 5 розряду – 2 людини; слюсар-сантехнік 4 розряду – одна людина.

Прокладання трубопроводів водогазопровідних Ду 40. Електрозварник 6, 5 розряду – дві людини, слюсар-сантехнік 4 розряду – одна людина.

Встановлення запірної арматури $\varnothing$ 40 мм. Монтажник 5, 4, 3 розряду – три людини.

Встановлення зворотнього клапана $\varnothing$ 20 мм. Монтажник 5, 4, 3 розряду – три людини.

Гідравлічні випробування трубопроводів схеми Монтажник 5, 4, 3 розряду – шість людей.

Ізоляція трубопроводів діаметром 20 мм. Слюсар 4, 2 розряду – дві людини.

Ізоляція трубопроводів діаметром 40 мм. Слюсар 4, 2 розряду – дві людини.

Монтаж циркуляційного насоса 1,5КМ–8/19. Монтажника 4, 3 розряду – чотири людини.

Кінцева перевірка системи, здача в експлуатацію. Слюсар-сантехнік 5 розряду – чотири людини.

4.9 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

У цьому розділі магістерської роботи розглянуто питання охорони праці та цивільного захисту, що стосуються реалізації заходів з підвищення енергоефективності теплопостачання лікувального закладу. Аварії на будівельних майданчиках, а також невиконання правил по безпечній експлуатації будівельної техніки призводять до серйозної загрози життю та здоров'ю людей через небезпеку падінь з висоти, поранень, опіку, уражень електричним струмом тощо. Отже, на будівельно-монтажний персонал, що здійснює модернізацію системи теплопостачання лікарні, впливають такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори [34, 35].

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, переважно аерозолі фіброгенної дії (нетоксичний будівельний і металевий пил).

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

4.9.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта

Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

Під час монтажу інженерних систем будинків чи споруд монтажники повинні отримуватися правил охорони праці в будівництві [36].

Під час виконання опоряджувальних робіт (штукатурних, малярних, облицювальних, скляних), робіт з улаштування теплоізолювальних фасадних систем відповідно до вимог правил охорони праці в будівництві [36], потрібно передбачати заходи із запобігання впливу на працівників перерахованих вище небезпечних і шкідливих виробничих факторів та дотримуватися вимог [36], ДСТУ Б А.3. 2-7, НАПБ А.01.001, ДБН В.2.6-33, ДСТУ Б В.2.6-34, ДСТУ Б В.2.6-35, ДСТУ Б В.2.6-36. Фасадні системи за конструктивним рішенням і класифікацією повинні відповідати вимогам ДСТУ Б В.2.6-34.

Суміші та мастики під час виконання опоряджувальних робіт необхідно готувати, як правило, централізовано. Приготування їх, а також розчинової суміші за ДСТУ Б В.2.6-36 на будівельному майданчику необхідно здійснювати у примі-

щеннях, обладнаних припливно-витяжною вентиляцією для запобігання перевищенню гранично-допустимих концентрацій шкідливих речовин у повітрі робочої зони.

Не дозволяється застосовувати лакофарбові матеріали та розчинники невідомого складу, а також речовини й матеріали, на яких нема показників пожежної і токсичної небезпеки.

Робочі місця для виконання опоряджувальних робіт, улаштування фасадних систем на висоті повинні бути обладнані засобами підмоцнування і сходами-драбинами для піднімання на них.

Засоби підмоцнування, що застосовуються під час штукатурних, малярних робіт, улаштування фасадних систем у місцях, під якими виконуються інші роботи чи є прохід, повинні бути з настилами без зазорів.

Внутрішні штукатурні роботи, а також монтаж збірних карнизів і ліпних елементів внутрішніх приміщень необхідно виконувати тільки з помостів або пересувних столиків, встановлених на підлогу, або на суцільні настили. Зовнішні штукатурні роботи необхідно виконувати з інвентарних вертикальних або підвісних риштовань. Під час виконання робіт на внутрішніх сходових клітках необхідно застосовувати спеціальні помости (столики) з різною довжиною опорних підпорок, які устанавлюються на сходинки. Робочий настил повинен бути горизонтальним та мати парапетні огорожі.

Під час роботи зі шкідливими та пожежовибухонебезпечними матеріалами, що утворюють вибухонебезпечну пару, приміщення необхідно постійно провітрювати, а також протягом 1 год після закінчення роботи, застосовуючи природну або штучну вентиляцію.

Робота з використанням вогню в цих приміщеннях заборонена.

Місця, над якими виконуються скляні чи облицювальні роботи, повинні бути огорожені. Заборонено скління або облицювальні роботи на кількох ярусах по одній вертикалі одночасно.

У разі застосування повітрянагрівачів (електричних або таких, що працюють на рідкому паливі) для просушування приміщень будинків і споруд необхідно

дотримуватися вимог ДБН В.1.1-7. Заборонено обігрівати та сушити приміщення жаровнями та іншими пристроями, що виділяють у приміщення продукти згоряння палива.

Під час виконання робіт із розчинами, що містять хімічні добавки, необхідно використовувати засоби індивідуального захисту (гумові рукавички, захисні мазі, окуляри) відповідно до інструкції заводу-виробника, зважаючи на склад речовин, що використовуються. Під час сухого очищення поверхонь та інших роботах, пов'язаних із виділенням пилу і газів, а також під час механізованого шпаклювання і фарбування необхідно користуватися респіраторами із захисними окулярами. Під час очищення поверхонь за допомогою кислоти чи каустичної соди необхідно працювати у захисних окулярах, гумових рукавичках і кислотостійкому фартухі з нагрудником. Під час нанесення розчину на стельову чи вертикальну поверхню необхідно користуватися захисними окулярами.

Забороняється перебування людей на елементах конструкцій і обладнання під час їх піднімання та переміщення.

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

Під час монтажу обладнання повинні бути вжиті заходи із запобігання самовільному чи випадковому його вмиканню. Під час монтажу обладнання з використанням домкратів необхідно вжиття заходів, що запобігають перекосу чи перекиданню домкратів.

Під час переміщення конструкцій чи обладнання відстань від них і до частин змонтованого обладнання, конструкцій, що виступають, повинна бути по горизонталі не менше ніж 1,0 м, а по вертикалі – не менше ніж 0,5 м. Під час перерви у роботі залишати підняті елементи конструкцій і обладнання у піднятому стані заборонено.

Електробезпека

Живлення будівельного обладнання та системи освітлення здійснюється трифазною чотирьохпровідною мережею із заземленою нейтраллю напругою 380/220 В. Відповідно з ГОСТ ПБЕ [37, 38] умови праці за ступенем небезпеки ураження працівників електричним струмом є умовами з підвищеною небезпекою, тому що підлога у приміщеннях, що будуються, є струмопровідною.

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

Будівельно-монтажний персонал під час використання електрифікованого інструменту повинен дотримуватися таких правил з охорони праці [37, 38]. Електрифікований інструмент за умовами безпеки поділяється на такі класи:

I – електроінструмент, у якого всі деталі, що перебувають під напругою, ізольовані і штепсельна вилка має заземлювальний контакт. У електроінструмента класу I всі деталі, що перебувають під напругою, можуть бути з основною, а окремі деталі – з подвійною або посиленою ізоляцією; II – електроінструмент, у якого всі деталі, що перебувають під напругою, мають подвійну або посилену ізоляцію, Цей електроінструмент не має пристроїв для заземлення. Номінальна напруга для електроінструмента класів I і II має бути не більше 220 В для електроінструмента постійного струму; 380 В – для електроінструмента змінного струму; III – електроінструмент на номінальну напругу не вище 42 В, у якого ні внутрішні, ні

зовнішні кола не перебувають під іншою напругою. Електроінструмент класу III призначений для живлення від безпечної наднизької напруги.

Кабель в місці введення до електроінструмента класу I слід захищати від стирань і перегинів еластичною трубкою з ізоляційного матеріалу. Трубку слід закріплювати в корпусних деталях електроінструмента, вона повинна виступати з них на довжину не менше п'яти діаметрів кабелю. Закріплення трубки на кабелі поза інструментом забороняється.

Для приєднання однофазного електроінструмента шланговий кабель повинен мати три жили: дві – для живлення, одну – для заземлення. Для приєднання трифазного електроінструмента застосовується чотирижильний кабель, одна жила якого слугує для заземлення. Ці вимоги стосуються тільки електроінструмента із таким корпусом, який слід заземлювати.

Заземлення корпусу електроінструмента слід здійснювати спеціальною жилою живильного кабелю, яка не може одночасно бути провідником робочого струму. Використовувати з цією метою нульовий робочий провід забороняється. Штепсельна вилка повинна мати відповідну кількість робочих і один заземлювальний контакт. Конструкція вилки повинна забезпечувати випереджальне замикання заземлювального контакту під час ввімкнення та більш запізнене розмикання його під час вимикання. Конструкція штепсельних вилок електроінструмента класу III повинна унеможливлувати з'єднання їх з розетками на напругу понад 42 В.

Забороняється видавати для роботи електроінструмент, який не відповідає хоча б одній із перелічених вимог або електроінструмент з протермінованою датою періодичної чергової перевірки.

У приміщеннях без підвищеної небезпеки ураження працівників електричним струмом достатньо застосувати діелектричні рукавиці, а в приміщеннях зі струмопровідними підлогами – також і діелектричні калоші або килими. Електроінструментом класів II і III дозволяється працювати без застосування індивідуальних засобів захисту в приміщеннях без підвищеної небезпеки ураження працівників електричним струмом.

Обов'язкова установка захисного заземлення та захисного відключення.

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

4.9.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

Мікроклімат

Основними нормативними документами, що регламентують параметри мікроклімату виробничих приміщень, є ДСН 3.3.6.042-99 [39]. Мікроклімат цеху характеризується наступними чинниками: температурою повітря, відотною вологістю повітря, швидкістю руху повітря, інтенсивністю теплового випромінювання. Допустимі норми температури, відотної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень наведені в таблиці 4.6. Робота з монтажу системи опалення та її обладнання відноситься до категорії Пб по важкості праці.

Таблиця 4.6 – Допустимі норми параметрів повітря на непостійних робочих місцях

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

Склад повітря робочої зони

Забруднення повітря робочої зони регламентується гранично допустимими концентраціями (ГДК) в мг/м³ [39].

Під час монтажу системи опалення виділяється пил нетоксичний. При роботі системи вентиляції, провітрюванні у приміщенні може попадати пил та інші шкідливі речовини, які виділяються при технологічних процесах в цеху і знаходяться повітрі навколишнього середовища. Їх ГДК відповідно до [39] наведено в таблиці 4.7

Для забезпечення допустимих показників мікроклімату та складу повітря робочої зони відповідно до ДБН проектом передбачені наступні рішення [40]: застосування пиловідсмоктуючих агрегатів з рукавними фільтрами, які встановлені безпосередньо на ділянках біля обладнання із яких очищене повітря поступає у виробниче приміщення; необхідно здійснювати контроль за ГДК шкідливих речовин у приміщенні; застосовувати природну вентиляцію: організовану та неорганізовану.

Таблиця 4.7 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин для повітря атмосфери в робочій зоні монтажника

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

Виробниче освітлення

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

Для забезпечення найбільш сприятливих умов зорової праці нормують мінімальну освітленість на найбільш темній ділянці робочої поверхні. Рівень аварійного освітлення складає 15% освітленості основної роботи. Приміщення забезпечене природним освітленням в денний проміжок часу, але вечері постає проблема в штучному освітленні.

Характеристика зорових робіт – середньої точності. Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 [41] розряд зорової роботи IV, підрозряд «г». Нормовані значення освітленості наведені в таблиці 4.8.

Таблиця 4.8 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

Характер зорової роботи	Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Характеристика фону	Штучне при системі комбінованого освітлення		Природне, $E_{нпр}$	Сумісне, $E_{сум}$
						всього	у т. ч. від загального		
Середньої точності	Від 0,5 до 1,0 включно	IV	г	середній	світлий	-	200	1,5	0,9

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.

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

Виробничий шум

Під час монтажу системи опалення на будівництві джерелом шуму є будівельне обладнання, машини, механізми та переносний електроінструмент – механічний шум. Шум – це хаотична сукупність різних за силою і частотою звуків, що заважають сприйняттю корисних сигналів і негативно впливають на людину.

При санітарно-гігієнічному нормуванні шуму використовують два методи: нормування за гранично допустимим спектром шуму; нормування рівня звуку за шкалою А шумоміра. За характером спектру шум – широкосмуговий з безперервний спектром шириною більше октави; за тональною характеристикою – постійний; за походженням – гідродинамічний.

Допустимі рівні звукового тиску, рівні звуку і еквівалентні рівні звуку на робочих місцях приймаються за вимогами ДСН 32.23-85 [42] і наведені в таблиці 4.9.

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

Таблиця 4.9 – Допустимі рівні звукового тиску

Робоче місце	Рівні звукового тиску в октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц									Рівні звуково-го тиску, ДБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
На постійних робочих місцях у виробничих приміщеннях та на території підприємства	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Виробничі вібрації

Вібрацією називають механічні коливання пружних тіл або систем, коли відбувається переміщення центра їх ваги в просторі відносно статичного стану. Загальна вібрація передається на тіло через опорні поверхні людини, що стоїть чи сидить (підшви ніг або сидниці). Допустимі рівні загальної вібрації на робочих місцях приймаються за вимогами ДСН 32.23-85 [43] і наведені в таблиці 4.10.

Таблиця 4.10 – Допустимі рівні вібрації на постійних місцях

Вид вібрації	Октавні смуги з середньгеометричними частотами, Гц									
	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000
Загальна вібрація на постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях	<u>1,3</u>	<u>0,45</u>	<u>0,22</u>	<u>0,2</u>	<u>0,2</u>	<u>0,2</u>	-	-	-	-
	108	99	93	92	92	92				

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.

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

Фактори трудового процесу

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

Фізичні навантаження.

Робоча поза: Вільна зручна поза, можливість зміни пози (сидячи, стоячи) за бажанням працівника. Знаходження в позі стоячи до 40% часу зміни. Сумарна маса вантажів, що переміщуються протягом кожної години зміни: з робочої поверхні (чоловіки): до 250. Нахили корпусу (вимушені, більше 30), кількість за зміну: до 50. Переміщення у просторі (переходи, обумовлені технологічним процесом протягом зміни), км. По горизонталі: до 4.

Інтелектуальні навантаження:

Відсутня необхідність прийняття рішення. Зміст роботи: Сприймання сигналів, але без потреби в корекції дій, Обробка та виконання завдання, Робота за індивідуальним планом.

Сенсорні навантаження:

Тривалість зосередженого спостереження (в % від часу зміни) до 25. Щільність сигналів (світлових, звукових) та повідомлень в середньому за годину роботи до 75. Кількість виробничих об'єктів одночасного спостереження до 5. Навантаження на зоровий аналізатор (Спостереження за екранами відеотерміналів (годин на зміну) до 2. Навантаження на слуховий аналізатор (при виробничій необ-

хідності сприйняття мови чи диференційованих сигналів) Розбірливість слів та сигналів від 100% до 90%. Навантаження на голосовий апарат (сумарна кількість годин, що наговорюються протягом тижня) до 16.

Емоційне навантаження:

Ступінь відповідальності за результат своєї діяльності. Значущість помилки – Несе відповідальність за виконання окремих елементів завдання. Вимагає додаткових зусиль в роботі з боку працівника. Ступінь ризику для власного життя – Виключений. Ступінь відповідальності за безпеку інших осіб – Виключений.

Монотонність навантажень:

Кількість елементів (прийомів), необхідних для реалізації простого завдання або в операціях, які повторюються багаторазово – більше 10. Тривалість виконання простих виробничих завдань чи операцій, що повторюються (сек.) більше 100. Монотонність виробничої обстановки (час пасивного спостереження за технологічним процесом в % від часу зміни) менше 75.

Режим праці:

Фактична тривалість робочого дня (год.) 6–7. Змінність роботи Однозмінна робота (без нічної зміни). Наявність регламентованих перерв та їх тривалість Перерви регламентовані, достатньої тривалості 7% і більше часу зміни.

4.9.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях. Оцінка безпеки перебування людей в будівлі в умовах дії радіації

Оцінка обстановки в надзвичайній ситуації є важливим елементом у комплексі захисних заходів населення та об'єктів господарювання. Вона є обов'язковим елементом роботи командно-начальницького складу формувань та штабу цивільного захисту і проводиться з метою своєчасного прийняття необхідних заходів захисту і обґрунтованих рішень, медичних та інших заходів по наданню допомоги ураженим і при необхідності евакуації населення та матеріальних цінностей.

Серед уражаючих факторів ядерної аварії та вибуху особливе місце займає радіоактивне забруднення. При цьому на великих площах може створюватися забруднення, яке буде небезпечним для населення протягом тривалого часу.

За цих умов необхідно організувати захист населення на основі даних про рівні радіації, характер, район і масштаби радіоактивного забруднення місцевості.

Для визначення впливу радіоактивного забруднення місцевості на населення та особовий склад формувань ЦО під час проведення рятувальних та інших невідкладних робіт виявляють і оцінюють радіаційну обстановку.

Радіаційна обстановка - це масштаб і ступінь радіоактивного забруднення місцевості, що впливає на людей, які перебувають у забруднених зонах та роботу об'єктів народного господарства.

Оцінка радіаційної обстановки полягає у визначенні:

- розмірів границь зон зараження;
- рівнів радіації;
- доз опромінення людей;
- впливу опромінення на людей та матеріальні цінності.

Радіаційна обстановка може визначатися на основі теоретичних розрахунків або за даними радіаційної розвідки.

Теоретичне прогнозування радіаційної обстановки проводиться з огляду на наслідки можливих аварій на ядерно небезпечних об'єктах на основі встановлених закономірностей залежності масштабів і характеру радіоактивного забруднення місцевості від виду об'єкта, можливої потужності ядерного вибуху чи викиду радіоактивних речовин за певних метеорологічних умов. Завчасно проведені розрахунки дозволяють створити карти можливого ураження населення та оптимізувати сили і засоби для ліквідації вірогідних наслідків.

Методом прогнозування можна встановити напрямок і швидкість руху радіоактивної хмари, час її підходу до будь-якої точки місцевості, час випадання радіоактивних речовин, визначити розміри зон радіоактивного забруднення і найбільш імовірне їх розміщення на місцевості.

Найчастіше при приблизній оцінці обстановки користуються поняттям середнього вітру. Середнім вітром називається вітер, який за швидкістю і напрямком для всіх шарів атмосфери від поверхні землі до висоти підйому радіоактивних речовин є середнім. Напрямок середнього вітру вказується азимутом у градусах.

При точних розрахунках необхідно враховувати напрямок руху всіх атмосферних потоків від поверхні Землі і до висоти підйому радіоактивних речовин.

Процес поширення радіоактивних речовин у атмосфері може мати дуже складний характер, тому з метою уточнення радіаційної обстановки проводять радіаційну розвідку на місцевості, що полягає у визначенні рівнів радіації у точках з відомими координатами з обов'язковою фіксацією часу вимірювання.

Своєчасна оцінка та моніторинг радіаційної обстановки дозволяє своєчасно вжити комплекс заходів для захисту населення і провести підготовку до проведення рятувальних та аварійних робіт.

За результатами прогнозування радіаційної обстановки здійснюють оцінку можливих наслідків впливу радіоактивного забруднення на людей та довкілля, тобто визначають:

- ♦ необхідний комплекс рятувальних та аварійних робіт;
- ♦ можливі дози опромінення людей, які знаходилися на забрудненій території;
- ♦ необхідність захисних, евакуаційних, лікувальних та інших заходів для населення, що постраждало;
- ♦ допустимий час роботи рятувальних формувань у конкретних точках забрудненої території;
- ♦ ступінь зараження споруд, техніки, устаткування, ґрунту;
- ♦ ступінь зараження та придатність продуктів харчування і води;
- ♦ необхідність введення спеціального режиму роботи підприємств.

Типові режими радіаційного захисту розроблені з урахуванням зони радіоактивного забруднення місцевості, еталонного рівня радіації, коефіцієнтів ослаблення житлових, виробничих приміщень і протирадіаційних укриттів. Дотриман-

ня режимів забезпечує протирадіаційний захист населення та працівників, основна їх мета – не допустити опромінення людей понад встановлені допустимі дози.

4.10 Висновок до розділу 4

В магістерській роботі виконано розрахунок та підбір діаметрів трубопроводів монтажною схеми теплонасосної установки. Також, у результаті розрахунку було підібрано насоси марки 1,5KM–8/19 для перекачування теплоносіїв від ТНУ.

Розроблена монтажна схема, компонування обладнання, схеми прокладення комунікацій обв'язки ТНУ, складено компонувальні відомості з основними та допоміжними матеріалами, визначено трудоемкість робіт з монтажу ТНУ. Обрані необхідні транспортні засоби та електроінструмент для виконання монтажних робіт.

Так, загальна маса всіх вантажів становить $\Sigma M_{\text{заг}} = 18699$ (кг), а загальна маса теплонасосних установок, що встановлюються на котельню, становить $M_{\text{ТНУ}} = 9000$ кг.

Витрата електроенергії для роботи електроінструменту складає 7,06 кВт·год, а дизельного пального для роботи транспортних засобів – 61 л.

Розроблено календарний графік монтажу ТНУ з КТАН-утилізатором та двигунами-генераторами, визначено графік руху робітників та графік руху машин та механізмів. Згідно із календарним планом монтажу теплонасосної установки тривалість монтажних робіт складає 49,76 днів.

Розроблено заходи з охорони праці та дій в надзвичайних ситуаціях. А саме проаналізовані технічні рішення з безпечної експлуатації котельні, технічні рішення з виробничої гігієни та виробничої санітарії. Виконана оцінка впливу на здоров'я людини в умовах перебування під дією радіації.

5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Визначення капітальних вкладень на влаштування обладнання

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

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

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

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

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

Таблиця 5.1 - Локальний кошторис на будівельні роботи № 1

Основа:
креслення (специфікації) №

Кошторисна вартість	589,564	тис. грн.
Кошторисна трудомісткість	0,997	тис.люд.-год.
Кошторисна заробітна плата	172,56	тис. грн.
Середній розряд робіт	4,2	розряд

Складений в поточних цінах станом на "1 грудня" 2024 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 за- робітної плати			в тому числі за- робітної плати	тих, що обслуговують машини на одиницю	всього
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	M6-407-1	Монтаж газопоршневого двигуна-генератора Generac SG 060	т	1,253	<u>59473,12</u> 24736,34	<u>95654,32</u> 42698,05	56731	38921	<u>12431</u> 5482	<u>738,2</u> 91,45	<u>957,23</u> 121,4
2	C1630-1425 варіант 1	Газогенератор	шт	1	<u>520469,3</u> -	-	450055	-	-	-	-
3	E18-13-5	Установлення насосів мережних GPD 32-85/180	шт	1	<u>5897,32</u> 2897,41	<u>341,45</u> 179,56	4068	1024	<u>171</u> 50	<u>87,98</u> 3,1245	<u>87,98</u> 3,08
Разом прямі витрати по кошторису							589564	68721	<u>12602</u> 5532		<u>1044,21</u> 124,48
Разом будівельні роботи, грн.							497365				
в тому числі:											
вартість матеріалів, виробів та конструкцій, грн.							487120				
всього заробітна плата, грн.							68721				
Загальновиробничі витрати, грн.							12486				
трудомісткість в загальновиробничих витратах, люд.год.							92,84				
заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн.							2579				

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		Всього будівельні роботи, грн.					589564				

		Всього по кошторису					589564				
		Кошторисна трудомісткість, люд.год.					821				
		Кошторисна заробітна плата, грн.					71235				

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

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

Загальні витрати інноваційного проекту представлені в таблиці 5.2, розраховуються у відсотках від кошторисної вартості будівельно-монтажних робіт (значення приймається з локального кошторису таблиці 5.1).

Таблиця 5.2 – Перелік інноваційних витрат

Орієнтовна робота	Питома вага вартості роботи, %	Термін виконання роботи, міс.	Загальна вартість виконання роботи, тис. грн.
Формування інноваційної ідеї проекту	1	1	5,89
Вивчення інформаційних джерел, патентний пошук	0,2	1	1,18
Техніко-економічне обґрунтування	1,5	3	8,84
Проектування	2,5	4	14,76
Експертиза інноваційного рішення	1	1	5,89
Витрати на придбання патентів, ліцензій, ноу-хау, технологій	2	2	11,78
Виготовлення нового виробу	100	6	589
Витрати на пусконаладжувальні роботи, комплексне освоєння проектних потужностей і досягнення техніко-економічних показників	3	1	17,67
Витрати на підготовку кадрів	5	2	29,45
Всього		21	684,4

5.2 Показники комерційної ефективності проекту

Показники наведені в табл. 5.3

Таблиця 5.3 – Показники комерційної ефективності проекту, тис. грн.

№	Показники	Рік						
		-1	0	1	2	3	4	5
1	Потік реальних грошей	-44,6	-731,3	123,0	287,5	453,1	622,2	815,2
2	Сальдо реальних грошей	-44,6	-215,4	123,0	219,11	241	580,3	777,8
3	Сальдо накопичених реальних грошей за п.2	-44,58	-260,0	-169,9	104,1	510,7	1091	1868
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	-51,7	-731,3	106,06	213,6	290,3	343,6	388,1
6	Інтегральний економічний ефект(накопичена чиста вартість) за п .5 ((t)+(t-1))	-51,7	-783,0	-565,8	-463,3	-173,0	170,5	558,7

З таблиці 5.3 видно додатне сальдо накопичених реальних грошей на четвертому році реалізації проекту.

5.3 Оцінювання економічної ефективності інноваційного проекту

Чистими грошовими надходженнями визначаються за формулою:

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

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.

$NV = 1386,48$ тис. грн.

Чиста поточна вартість

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

де η_t - коефіцієнт дисконтування.

$NPV = 558,7$ 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.

5.4 Термін окупності інвестицій

Термін окупності

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

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 5.4.

Таблиця 5.4 – Розрахунок простого терміну окупності кумулятивним методом, тис. грн.

Показник	Номер кроку розрахункового періоду						
	-1	0	1	2	3	4	5
Потік реальних грошей	-44,5	-731,3	123,0	287,1	452,1	621,5	815,1
Кумулятивна	-44,6	-775,5	-652,7	-365,2	87,7	709,9	1525

Як видно з таблиці 5.4 за показником залишку інвестиційних витрат, строк окупності даного проекту знаходиться між 2 та 3 роком (перехід від від'ємного до додатного залишку). Відповідно, за формулою (5.4) термін окупності буде дорівнювати

$$T = 2 + 365,1 / 452,1 = 2,8 \text{ років.}$$

5.5 Висновки до розділу 5

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

- Кошторисна вартість $K_v = 589,564$ тис. грн.
- Кошторисна заробітна плата ЗП = 71235 тис. грн.
- Кошторисна трудомісткість $T = 0,821$ тис. люд –год
- Вартість матеріалів – 487,12 тис. грн.

Розраховали основні показники ефективності інвестицій в інноваційний проект:

- Чисті грошові надходження – 1525 тис. грн.;
- Чиста поточна вартість – 815,1 тис. грн.;

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

ВИСНОВКИ

В магістерській кваліфікаційній роботі розглядаються проблеми підвищення енергоефективності та зменшення витрати палива опалювальної котельні шляхом встановлення когенераційно-теплонасосної установки.

В роботі виконано аналітичний огляд літературної інформації щодо перспектив, особливостей впровадження та оцінки енергоекологоекономічної ефективності когенераційно-теплонасосних установок в системах централізованого теплопостачання. Це дало можливість сформулювати як мету так і завдання магістерської кваліфікаційної роботи.

В МКР виконана розробка математичної моделі показників ефективності варіантів застосування когенераційно-теплонасосних установок в тепловій схемі опалювальної котельні. За допомогою розробленої математичної моделі проаналізована енергетична ефективність двох варіантів застосування когенераційно-теплонасосних установок в даній тепловій схемі котельні. Виконаний порівняльний аналіз показників ефективності двох варіантів застосування КТНУ в тепловій схемі опалювальної котельні, обґрунтовано вибір раціонального варіанту застосування когенераційної ТНУ в тепловій схемі котельні із використанням теплоти утилізованої з відхідних газів газових котлів, для цього варіанту річна економія умовного палива в опалювальній котельні становить в діапазоні від 8,3 до 8,8% у відповідності з режимом її роботи, отже саме цей варіант був обраний до подальшого впровадження.

Для найбільш раціонального варіанту було підібрано основне обладнання, а саме газопоршневий двигун-генератор марки Generac SG 060 та теплонасосна установка марки НТ-110.

В роботі розроблені схеми автоматичного регулювання водогрійної котельні, температури мережної води перед та за котлами, температури холодної води, тиску в насосних лініях, лінії підживлення. Розроблена функціональна схема автоматизації основного обладнання опалювальної котельні, складена специфікація на засоби автоматизації.

В МКР розроблено технологію монтажу обладнання когенераційно-теплонасосної установки на опалювальній котельні. Виконано компоновку обладнання, розроблено схеми прокладання трубопроводів, складені комплектувальні відомості для монтажу когенераційно-теплонасосної установки із допоміжним обладнанням, визначена трудоемкість монтажних робіт. Виконано підбір необхідних транспортних засобів та електроінструменту для виконання монтажних робіт. Для роботи електроінструменту необхідно 7,06 кВт·год електроенергії, а дизельного пального для роботи транспортних засобів – 61 л. Розроблено графік монтажу ТНУ з КТАН-утилізатором та двигунами-генераторами, визначено графік руху робітників та графік руху машин та механізмів. Згідно із календарним планом монтажу теплонасосної установки тривалість монтажних робіт складає 49,76 днів.

В розділі «Охорона праці» розглянуто основні виробничі фактори та ключові технічні рішення з безпечної експлуатації обладнання. Проаналізовані показники мікроклімату в робочих приміщеннях, вібрації, психофізіологічні фактори. Виконана оцінка впливу на здоров'я людини в умовах перебування під дією радіації

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

Розрахували основні показники ефективності інвестицій в інноваційний проект, а саме чисті грошові надходження – 1386 тис. грн., чиста поточна вартість – 507 тис. грн.; термін окупності, розрахований кумулятивним методом та методом усереднених параметрів – 4,8 роки.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Остапенко О.П., Кохан В.О. Оцінка викидів шкідливих речовин в атмосферу для альтернативних технологій генерування теплоти в промислово-опалювальних котельнях //Збірник тез доповідей міжнародної наук.-техн. конф. «Перспективні напрямки розвитку науки, освіти та суспільства: теорія і практика», м. Рівне, 2024. С.60-61.

2. Large heat pumps in district heating & cooling systems. [Електронний ресурс]. URL : <https://build-up.ec.europa.eu/sites/default/files/content/v18-technology-report-large-heat-pumps-in-district-heating-and-cooling-systems.pdf>. (дата звернення 10.06.2024)

3. Data centres and energy – from global headlines to local headaches? URL: <https://www.iea.org/commentaries/data-centres-and-energy-from-global-headlines-to-local-headaches> (дата звернення 10.06.2024)

4. IEA Technology Collaboration Programme on Heat Pump Technologies, Annex 47: Heat Pumps in District Heating and Cooling systems, Final report, October 2019.

5. Comprehensive assessment of the potential for efficient heating and cooling for Germany. URL: <https://energy.ec.europa.eu/system/files/2022-05/DE%20CA%202020%20en.pdf> (дата звернення 10.06.2024)

6. Heat Roadmap Europe: large-scale electric heat pumps in DH systems by Andrei David, Brian Vad Mathiesen, Helge Averfalk, Sven Werner and Henrik Lund (2017).

7. Working for fossil freedom URL: <https://group.vattenfall.com/de/globalassets/corporate/who-we-are/sustainability/vattenfall-annual-and-sustainability-report-2023.pdf> (дата звернення 10.06.2024)

8. The Future of Heat Pumps URL : <https://iea.blob.core.windows.net/assets/01324438-d634-4d49-95d8-3d08aaab00d5/TheFutureofHeatPumps.pdf> (дата звернення 10.06.2024)

9. Математичне моделювання теплових процесів в енергетиці та проми-

словості. Навчальний посібник. Частина 1. уклад.: Д.В. Риндюк Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 69 с.

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

11. Остапенко О. П. Енергетичні переваги застосування парокompресійних теплових насосів з електричним та когенераційним приводами [Електронний ресурс]. Наукові праці ВНТУ. 2015. № 1. URL : <http://praci.vntu.edu.ua/article/view/3976/5776>. (дата звернення 10.06.2024)

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

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

14. Газопоршневі двигуни [Електронний ресурс]. – URL : <http://220volt.com.ua/generatory/generac> (дата звернення 10.06.2024)

15. Теплові насоси ЗАТ «Тритон ЛТД» [Електронний ресурс]. – URL : <https://heaton.ua/catalog/teplovye-nasosy/> (дата звернення 10.06.2024).

16. Анастасенко С.М. Бугрім Л.І. Білюк І.С., Гаврилов С.О. Жигуліна В.В. Семенов М.М., Шостак О.В. Основи автоматизації об'єктів теплоенергетики : навч. посіб. для студентів спеціальності 144 "Теплоенергетика". Миколаїв: НУК, Львів, «Новий Світ-2000», 2020. 111 с.

17. Куценко О. С. Синтез автоматизованих систем управління теплоенергетичними установками / О. С. Куценко, С. В. Конохов. – Харків: НТУ «ХПІ», 2006.

18. Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых котлов с давлением пара не более 0,07 МПа (0,7 кгс/см²), водогрейных котлов и водоподогревателей с температурой нагрева воды не выше 115°С: НПА ОП 0.00-1.26-96. – [Чинний від 1996 -05-11 № 125]. – К.: Держнаглядохоронпраці України, 1996. – 58 с.

19. Котельні : ДБН В.2.5-75:2014. – [Чинний від 2015-01-01]. – К. : Мінрегіон України, 2014. 61 с.
20. Сайт фірми k-flex. URL: <http://www.k-flex.ua/index.php?hl=ru>. (дата звернення 10.06.2024)
21. DAB (Італія) - насоси та насосні станції. URL: <http://www.promnasos.com.ua/ua/> (дата звернення 10.06.2024)
22. ДБН Д.2.4-15-2000. Збірник 15. Внутрішні сантехнічні роботи. – К.: Держстандарт України, 2000. – 106 с.
23. ДБН Д.2.3-7-99. Збірник 7. Компресорні установки, насоси і вентилятори. – К.: Держстандарт України, 2000. – 47 с.
24. ДБН Д.2.3-6-99. Збірник 6. Теплосилове обладнання. – К.: Держстандарт України, 2000. – 165 с.
25. ДБН Д.2.2-18-99. Збірник 18. Опалення – внутрішнє пристосування. – К.: Держстандарт України, 1999. – 28 с.
26. ДБН Д.2.2-16-99. Збірник 16. Внутрішні трубопроводи. – К.: Держстандарт України, 1999. – 48 с.
27. ДБН Д.2.3-12-99. Збірник 12. Технологічні трубопроводи. – К.: Держстандарт України, 2000. – 200 с.
28. ДБН Д.2.2-26-1999. Збірник 26. Теплоізоляційні роботи. – К.: Держстандарт України, 2000. – 51 с.
29. НПАОП 40.1-1.21-98 (ДНАОП 0.00-1.21-98) Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів (рос)
30. FOTON AUMARK BJ 1108 GVW 10 т. URL: <https://avtek.ua/ua/p-bortovoj-avtomobil-na-sassi-foton-aumark-bj-1108-gvw-10-t-kolesnaa-baza-4500-mm> (дата звернення 10.06.1024 р.).
31. Автокран Palfinger Sany SPC 180. URL: <https://kievspecteh.com/avtokrani-palfinger/avtokran-palfinger-sany-spc-180> (дата звернення 10.06.1024 р.).
32. Зварювальний інвертор Kende IN-350 Profi (220/380V). URL: <https://optoweek.com.ua/uk/zvaryvalnyi-invertor-kende-in-350-profi-220-380v> (да-

та звернення 10.06.1024 р.).

33. Перфоратор бочковий Rebiner RBH-2350. URL: <https://rebiner.ua/uk/rbh-2350.html> (дата звернення 10.06.1024 р.).

34. 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 звернення 10.06.1024 р.).

35. ДСТУ-Н Б А 3.2-1: 2007. Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використання в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва. [Чинний від 2007-12-01]. URL: <https://profidom.com.ua/a-3/a-3-2/824-dstu-n-b-a-3-2-12007-nastanova-shhodo-viznachenna-nebezpechnih-i-shkidlivih-faktoriv-> (дата звернення 10.06.1024 р.).

36. 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.

37. 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.

38. НПАОП 40.1-1.32-01. (ДНАОП 0.00-1.32-01). Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. [Чинний від 2002-01-01]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01#Text>. (дата звернення 10.06.1024 р.).

39. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Постанова МОЗ № 42 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>. (дата звернення 10.06.1024 р.).

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

41. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. [Чинний від

2019-03-01]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2018. 133 с.

42. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. Постанова МОЗ № 37 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>. (дата звернення 10.06.1024 р.).

43. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. Постанова МОЗ № 39 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99>. (дата звернення 10.06.1024 р.).

Додаток А

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Високоєфективна система енергозабезпечення на основі
когенераційно-теплонасосних установок

Тип роботи: магістерська кваліфікаційна робота
(БДР, МКР)

Підрозділ кафедра теплоенергетики, ФБЦЕІ
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Unicheck

Оригінальність 93.06% Схожість 6.94%

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.

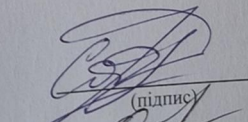
Особа, відповідальна за перевірку _____
(підпис)

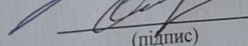
Співак О.Ю.
(прізвище, ініціали)

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

Автор роботи

Керівник роботи

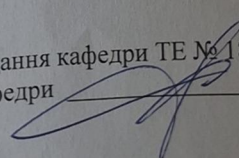

(підпис)


(підпис)

Софієв В.С.
(прізвище, ініціали)

Остапенко О.П.
(прізвище, ініціали)

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

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

ДОДАТОК Б
(обов'язковий)

ПОГОДЖЕНО

«____» _____ 2024 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри теплоенергетики

доц., к.т.н. Д.В. Степанов

«12» 03 2024 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ
на магістерську кваліфікаційну роботу
тема:

«Високоєфективна система енергозабезпечення на основі когенераційно-теплонасосних установок»

08-15.МКР.005.00.00.000 ТЗ

Керівник к.т.н., доц.

О. П. Остапенко
(підпис)

Розробив студент гр. ТЕ-22мз

В. С. Софієв
(підпис)

Вінниця 2024

1 Тематика розробки та галузі застосування

Розробка стосується муніципальної теплоенергетики і призначена вирішенню проблеми підвищення енергоефективності та зменшення витрати палива на опалювальну котельню завдяки встановленню когенераційно-теплонасосної установки в тепловій схемі. Підставою для виконання роботи є наказ ректора та виконаний аналіз показників роботи опалювальної котельні.

2 Мета та призначення розробки

Метою є збільшення енергоефективності та скорочення витрати палива в схемі опалювальної котельні, що здійснюється шляхом застосування когенераційно-теплонасосної установки.

3 Джерела розробки

Первинним джерелом для розробки є теплова потужність теплових споживачів, характеристики теплової схеми котельні, параметри виробленої теплоти, а також нормативні дані по розрахунку теплової схеми котельні, наведених в теплоенергетичних літературних джерелах:

1. Ostapenko O. P. Scientific basis of evaluation energy efficiency of heat pump plants: monograph / O. P. Ostapenko. – Saarbrücken, LAP LAMBERT Academic Publishing, 2016. – 64 p.
2. Остапенко О. П. Области високої енергоефективності систем енергозабезпечення з когенераційно-теплонасосними установками малої потужності та паливними котлами в системах тепlopостачання [Електронний ресурс] / О. П. Остапенко // Наукові праці ВНТУ. – 2017. – № 1. – Режим доступу до журн.: <https://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/499/496>. (Дата звернення 10.06.2024).

3. Остапенко О. П. Енергетична ефективність систем енергозабезпечення на основі комбінованих когенераційно-теплонасосних установок [Електронний ресурс] / О. П. Остапенко, В. В. Лещенко, Р. О. Тіхоненко // Наукові праці ВНТУ. – 2015. – № 4. – Режим доступу до журн.: <http://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/454/452>. (дата звернення 10.06.2024)
4. Ткаченко С. Й., Остапенко О. П. Парокомпресійні теплонасосні установки в системах тепlopостачання : монографія. Вінниця: ВНТУ, 2009. - 176 с.

4 Основа для виконання

Робота виконується на основі наказу ректора ВНТУ № 81 від 11.03.2024 р. Основою для розробки є детальний аналіз конструктивних та технологічних особливостей когенераційно-теплонасосних установок, методик їх розрахунку в проектування, рівня їх енергоефективності та можливостей впровадження теплонасосної установки для опалювальної котельні, що дозволить зменшити споживання викопних непоновлюваних енергоресурсів та підвищити енергоефективність, економічність, екологічну чистоту процесів енергопостачання. Виходячи з цих даних потрібно оцінити ефективність застосування когенераційно-теплонасосної установки в тепловій схемі котельні.

5 Технічні вимоги

Запроектована система повинна виконувати такі функції:

- забезпечення промислових споживачів енергією з відповідними параметрами (витрата, тиск та температура);
- забезпечення мінімального енергоспоживання на потреби споживачів
- підвищення економічної ефективності та екологічної чистоти енергопостачання споживача;

– з використанням розробленої математичної моделі виконується оцінка показників ефективності застосування когенераційно-теплонасосної установки в тепловій схемі опалювальної котельні з різними джерелами низькотемпературної теплоти.

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

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

6 Економічні показники

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

7 Заходи з енергозбереження

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

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

8 Вимоги до стандартизації та уніфікації

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

Вимоги з надійності

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

10 Ергономічні вимоги

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

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

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

– слід передбачити шумо – і віброізоляцію обладнання.

11 Експлуатація та ремонтні вимоги.

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

12 Порядок розробки, випробування, приймання обладнання котельні.

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

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

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

13 Стадії і етапи розробки

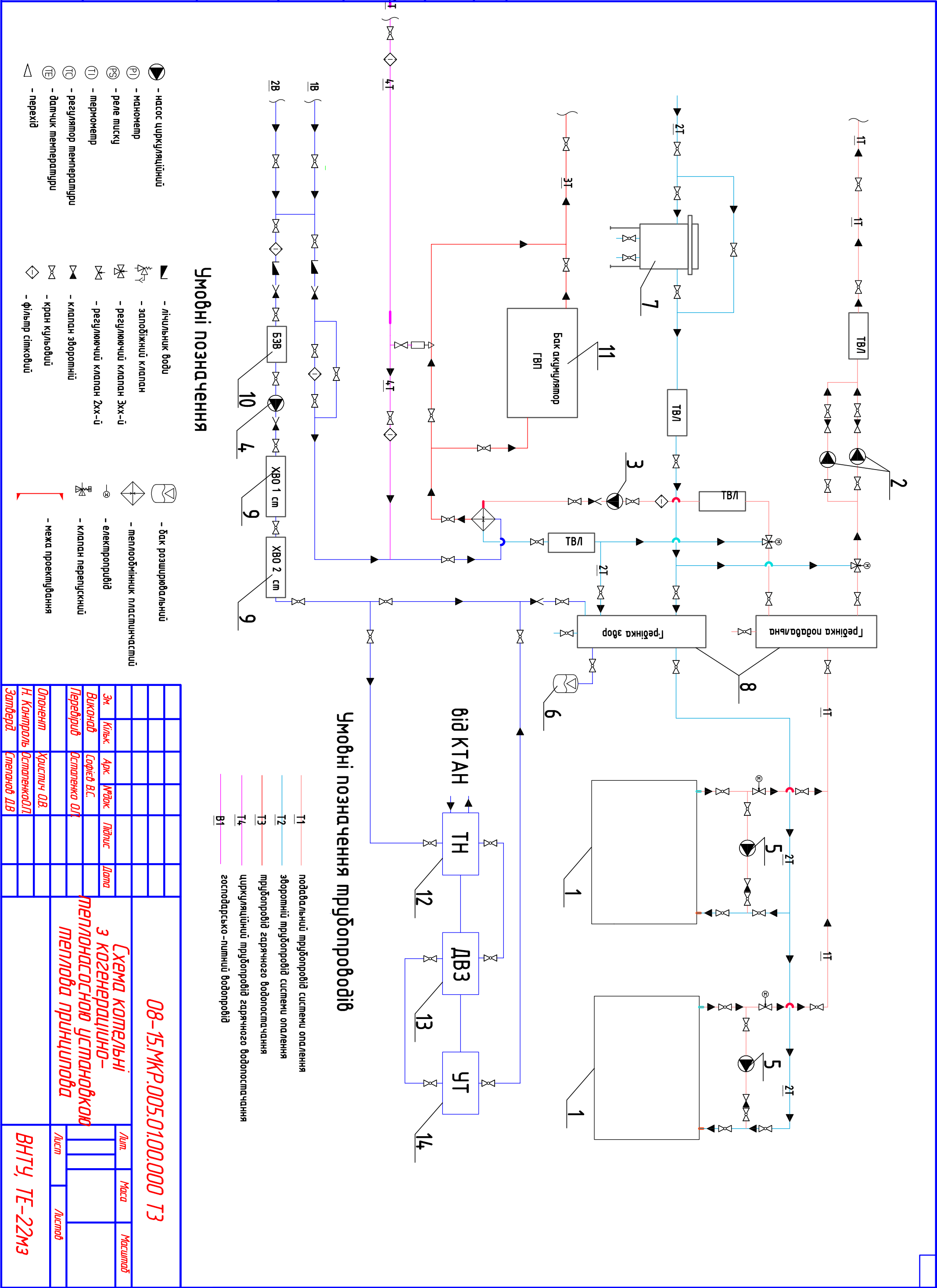
- аналітичний огляд літературної інформації по енергетичній, економічній та екологічній ефективності когенераційно-теплонасосних установок;
- розробка математичної моделі для аналізу проектів застосування когенераційно-теплонасосних установок в тепловій схемі опалювальної котельні;
- розробка функціональної схеми автоматизації опалювальної котельні;
- розробка технології монтажу когенераційно-теплонасосної установки для теплової схеми опалювальної котельні;
- розробка заходів з охорони праці;
- розробка економічних показників впровадження когенераційно-теплонасосної установки на опалювальній котельні.

ДОДАТОК В

ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

**ВИСОКОЕФЕКТИВНА СИСТЕМА ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
НА ОСНОВІ КОГЕНЕРАЦІЙНО-ТЕПЛОНАСОСНИХ УСТАНОВОК**

[illegible]



МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ КОТЕЛЬНОЇ ІЗ ВСТАНОВЛЕННЯМ КОГЕНЕРАЦІЙНО-ТЕПЛОНАСОСНОЇ УСТАНОВКИ

$$Q_{оп} = G_{мв1} (h_{под} - h_{зв}) \quad Q_{гвп} = G_{мв2} (h_{под} - h_{зв}) \quad підж = G_{мв} \times \alpha_{втр}$$

$$G_{мв} = G_{мв1} + G_{мв2} \quad G_{підж} = \alpha_{підж} \cdot G_{мв} \quad h'_{дв} = h'_{хво} + G_{рбп} \cdot (h'_{рбп} - h'_{зл}) / G_{дв}$$

$$t_{перед\ рец} = \frac{(G_{тм} - G_{пж}) \cdot t_{зв} + (G_{пж} + G_{д}) \cdot t_{пж} + G_{гр} \cdot t_{зв}}{G_{перед\ рец}} \quad B_p = \frac{Q_{пг}}{Q_H^p \cdot \eta_k} \quad B_{заг} = B_y + B_y^{вп}$$

$$G_{рец} = G_{перед\ рец} \frac{t'_{кот} - t_{перед\ рец}}{t''_{кот} - t'_{кот}} \quad G_{мн} = G_{перед\ рец} + G_{рец} \quad B_y^{вп} = B_{ем} \cdot N_{вп} / 3,6$$

$$\eta_e = \frac{E_{від}^{кот}}{1,05 \cdot B^{кот} \cdot Q_H^p}, \quad T_{кот}^{ср} = \frac{T_0 + T_{жв}}{2}, \quad E_{від}^{кот} = Q_k^{бр} \cdot (1 - \frac{T_{нз}}{T_{кот}^{ср}}),$$

$$t_{вип} = h''_1 - \Theta_n \quad t_1 = t_{вип} + \Theta_n \quad h_4 = h'_3 = h_3 - q_{по} \quad q_{по} = h'_1 - h_1 \quad H_a = h_{2a} - h'_1$$

$$H_p = H_a / \eta_{oi}^{км} \quad H_a = h_{2a} - h'_1 \quad q_k = h_2 - h_3 \quad q_b = h_1 - h_4 \quad G_{ха} = Q_{тну} / q_k \times \eta_{то}$$

$$\varphi = Q_{тну} / N_{км} \quad G_{ха} = Q_{тну} / q_k \times \eta_{то} \quad \eta_{еф} = 0,123 / b_y \quad \eta_d = \eta_{еф} \cdot \eta_{ем} \quad b_y^d = 0,123 / \eta_d$$

$$M_0 = V_o \cdot \rho \quad M_{сум} = 1 + \alpha \cdot M_0 \quad B_y^d = b_y^d \cdot N_{двз} / 3600 \quad B_p^d = B_y^d \cdot Q_{ну}^p / Q_H^p$$

$$G_{вг} = B_p^d \cdot M_{сум} \quad Q_{ут} = G_{вг} \cdot C_p \times (t_d - t_{yt}) \cdot \eta_{то} \quad Q_{ох} = 0,2 \cdot B_p^d \times Q_H^p \cdot \eta_{то}$$

$$\Sigma Q_{ут} = Q_{ут} + Q_{ох} \quad G_{yt} = Q_{ут} / (t_2 - t_1) \quad \Sigma Q = Q_{тну} + Q_{двз}$$

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ВАРІАНТІВ ЗАСТОСУВАННЯ КОГЕНЕРАЦІЙНО-ТЕПЛОНАСОСНОЇ УСТАНОВКИ

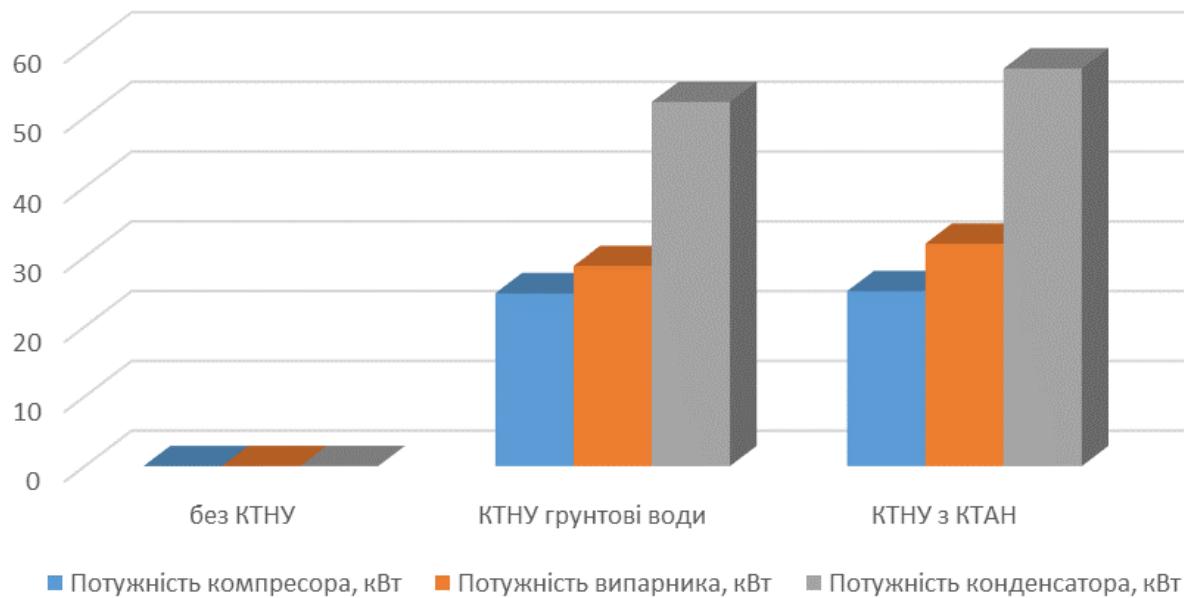


Рисунок 1 - Значення теплової потужності випарника, конденсатора та компресора ТНУ для різних джерел низькотемпературної теплоти

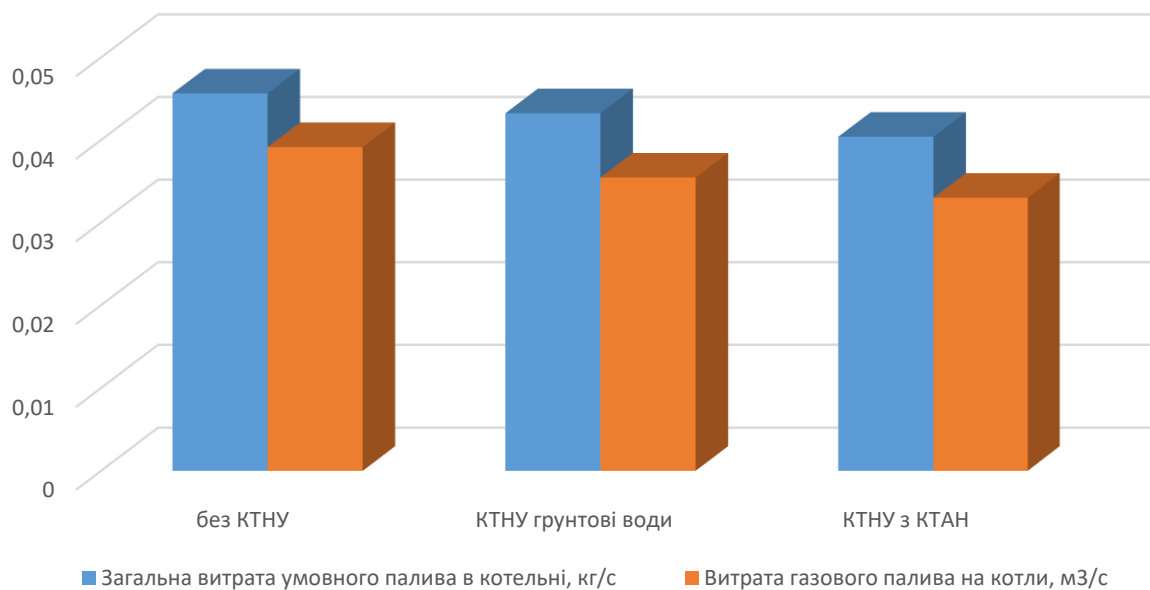


Рисунок 2 - Значення загальної витрати умовного палива на котельню з КТНУ та витрата газового палива на котли для різних джерел низькотемпературної теплоти

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ВАРІАНТІВ ЗАСТОСУВАННЯ КОГЕНЕРАЦІЙНО-ТЕПЛОНАСОСНОЇ УСТАНОВКИ

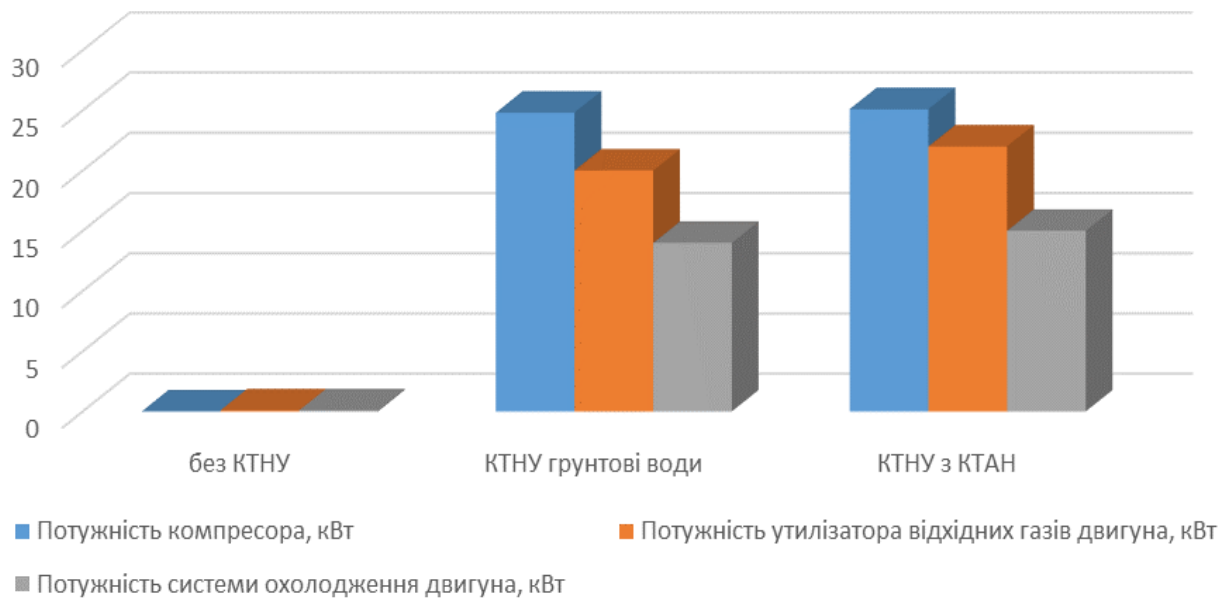


Рисунок 3 - Значення потужності двигуна внутрішнього згорання, утилізатора теплоти відхідних газів та системи охолодження двигуна для різних джерел низькотемпературної теплоти

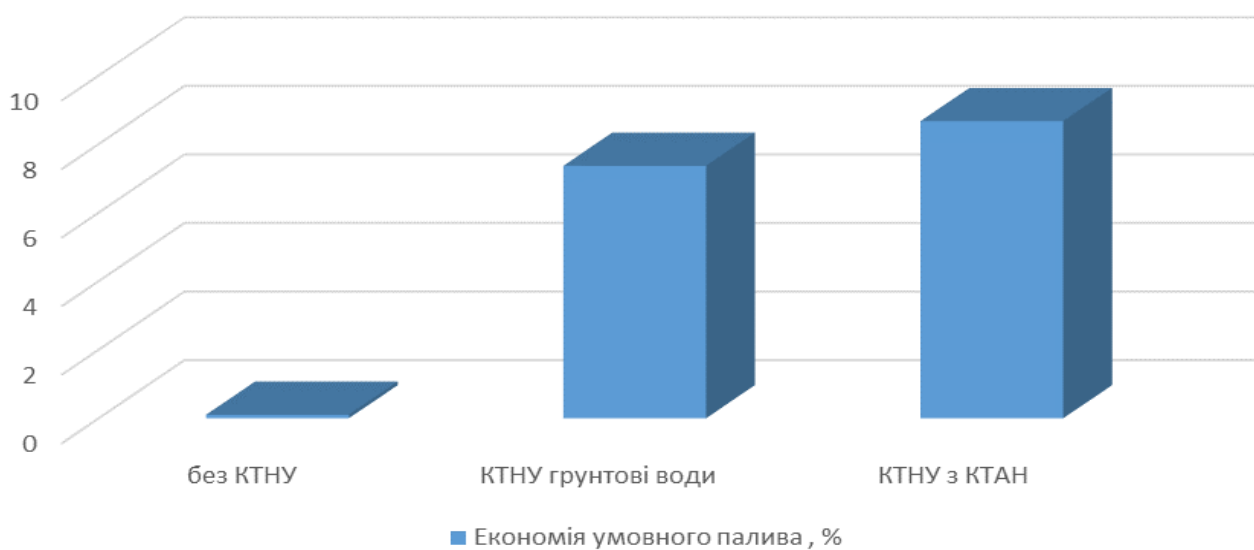
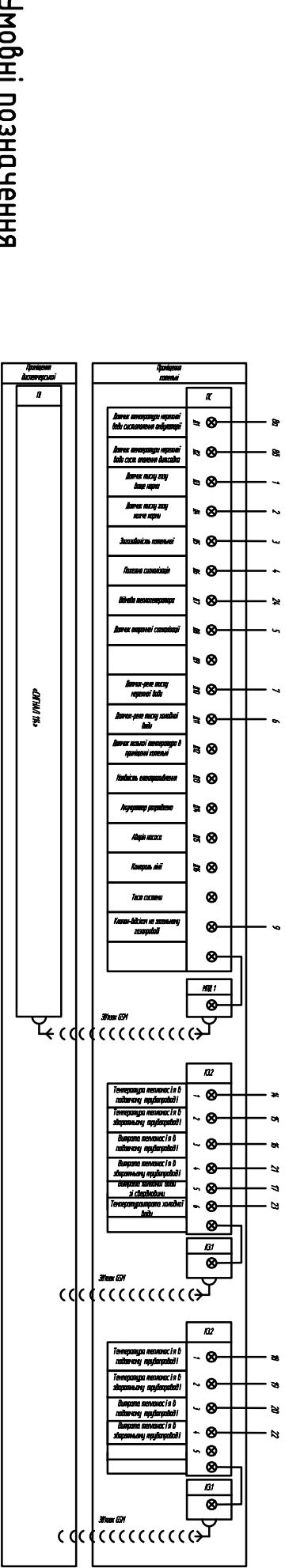
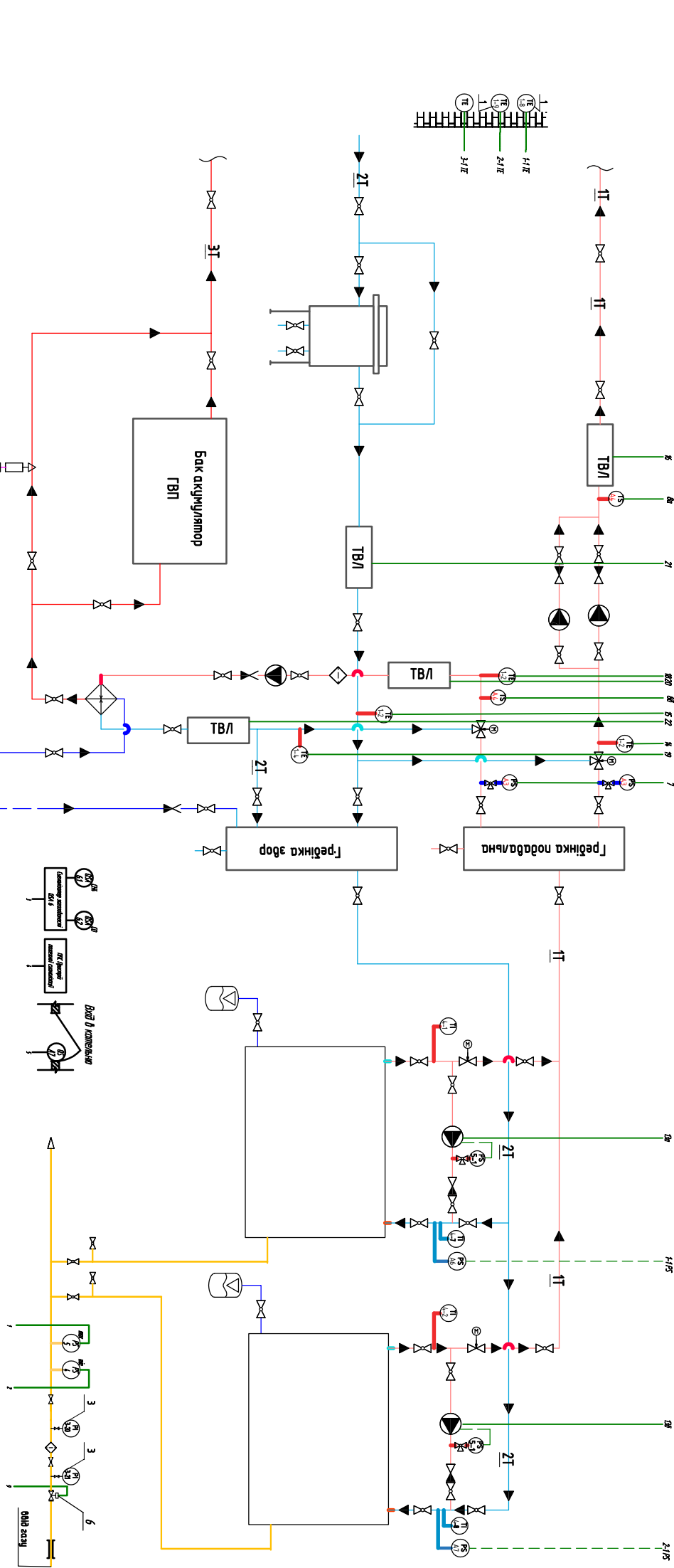


Рисунок 4 - Значення економії умовного палива за рахунок встановлення когенераційно-теплонасосної установки з різними джерелами низькотемпературної теплоти

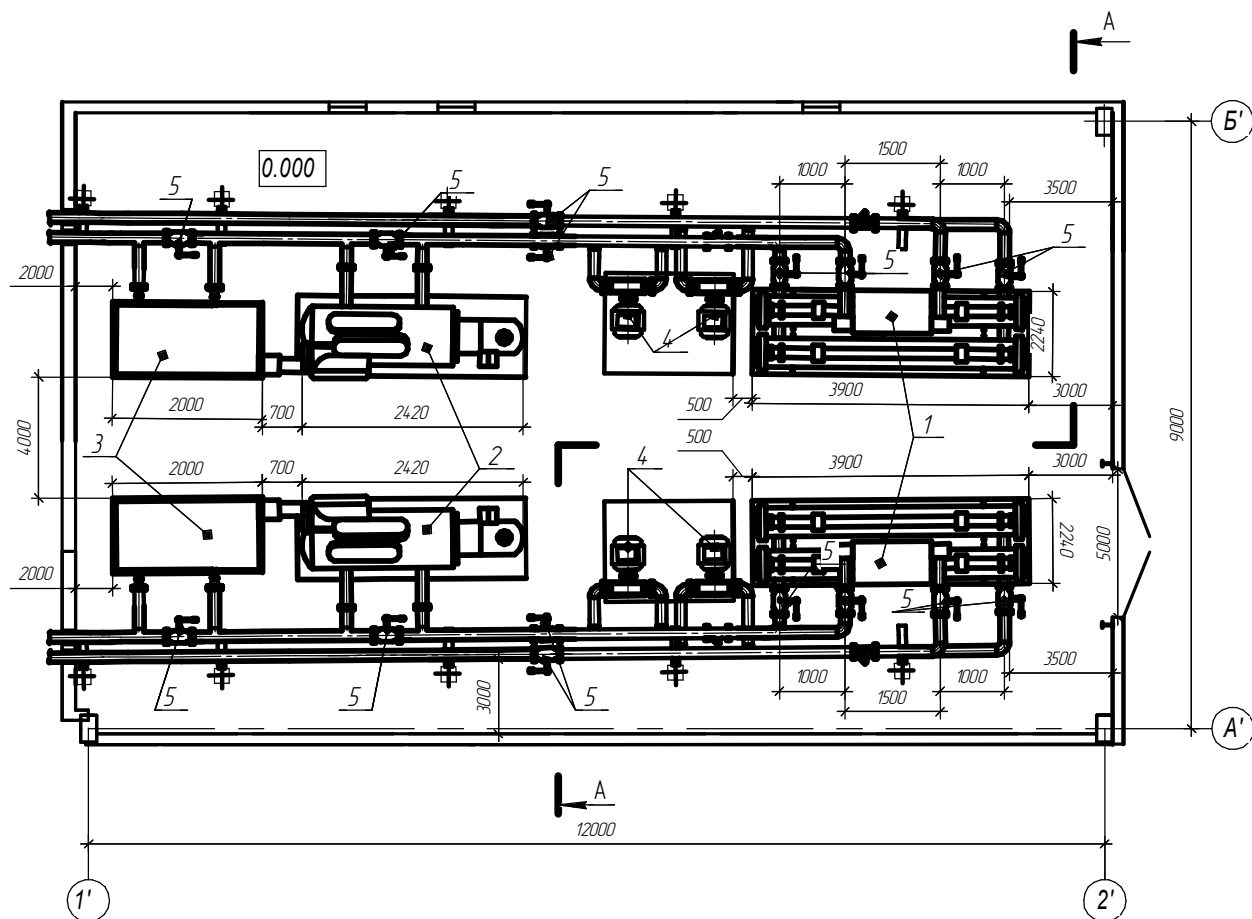
			Согласовано			
Инв. № подл	Подпись и дата	Взам инв №				



Умовні позначення

- - насос циркуляційний
- PI - манометр
- PS - реле тиску
- TI - термометр
- TE - регулятор температури
- TE - датчик температури
- ▽ - перехід
- ▲ - лічильник води
- ▲ - запобіжний клапан
- ▲ - регулюючий клапан Эхх-й
- ▲ - регулюючий клапан Эхх-й
- ▲ - клапан зворотній
- ▲ - клапан кульовий
- ▲ - фільтр сітковий
- ▲ - бак розширювальний
- ▲ - теплообмінник пластинчастий
- ▲ - електрорубиль
- ▲ - клапан перекусний
- ▲ - межа проектування

08-15.МКР.005.05.00.000 А2				Схема автоматизації			
комельні функціональна				Смадия			
				Масса			
				Масштаб			
				Лист			
				Листов			
				см. зр. ТЕ-22мз			

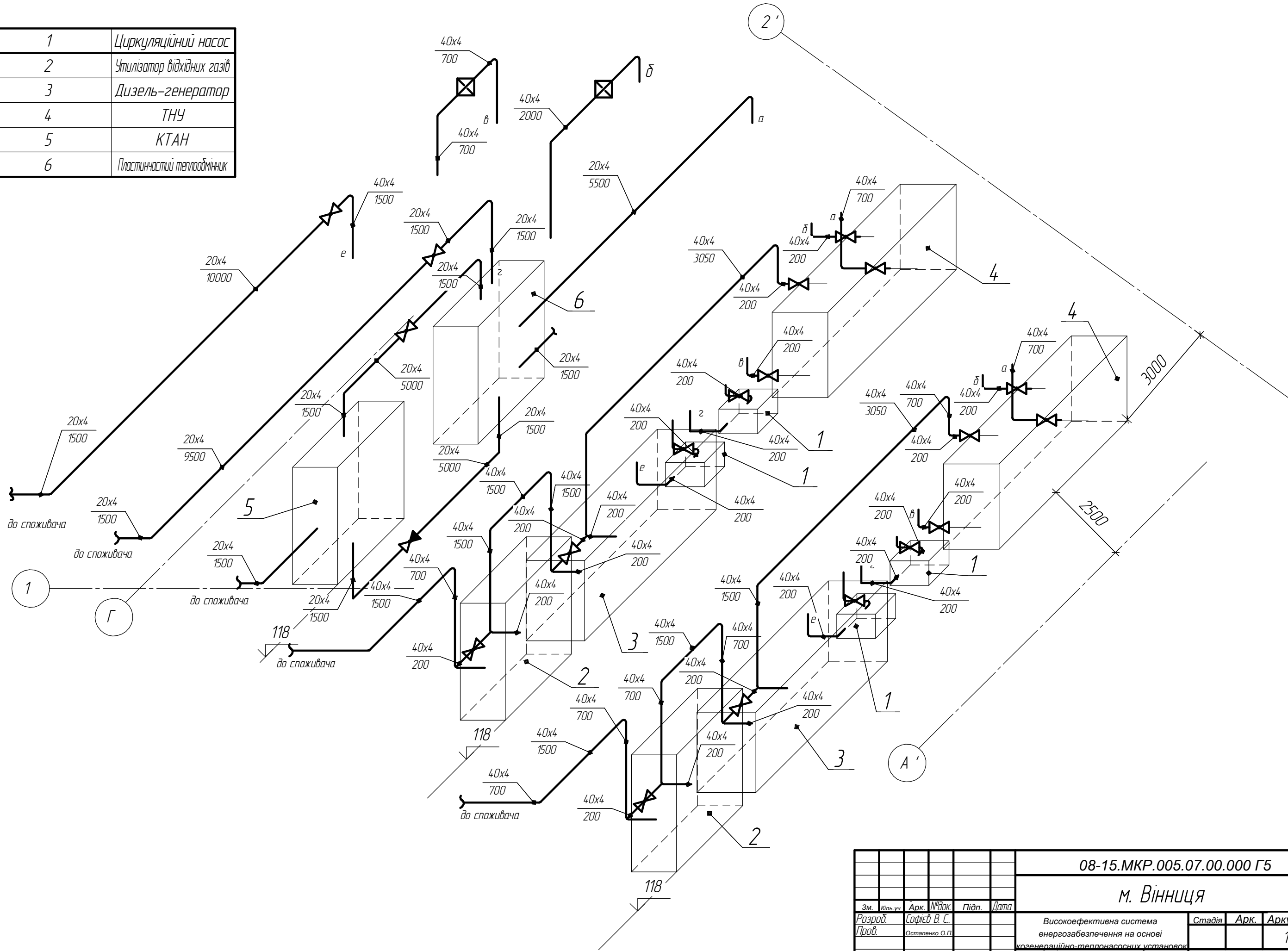


ПЕРЕЛІК ОБЛАДНАННЯ

№ позначення	Найменування	Кількість
1	Тепловий насос НТ-110	2
2	Дизель-генератор	2
3	Утилізатор	2
4	Насос	4
5	Кран шаровий	15

08-15.МКР.005.06.00.000 АР					
м. Вінниця					
Зм.	Кільк.	Арк.	Відок.	Гіа	Дата
Розроб.	Ліфін В.С.				
Проб.	Остапенко О.І.				
Опонець.	Христин О.В.				
Н. Канієв.	Остапенко О.І.				
Затвердив.	Степанов Д.В.				
Високоєфективна система енергозабезпечення на основі когенераційно-теплонасосних установок				Стаття	Аркуш
План розташування обладнання та трубопроводів когенераційно-теплонасосної установки					1
ВНТУ, ст. зр. ТЕ-22мз					

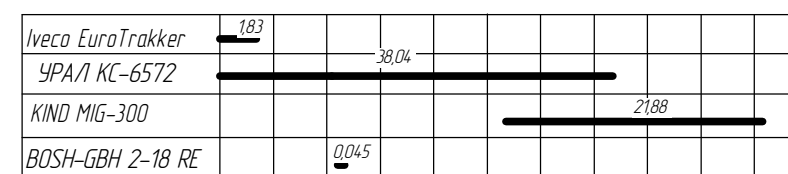
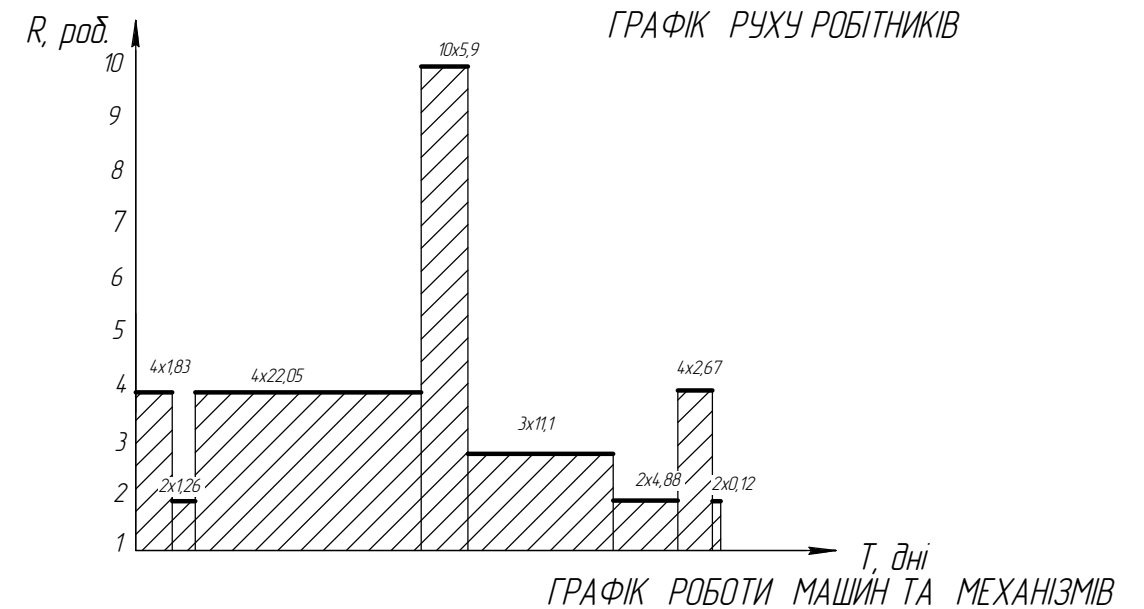
1	Циркуляційний насос
2	Утилізатор відхідних газів
3	Дизель-генератор
4	ТНУ
5	КТАН
6	Пластинастий теплообмінник



08-15.МКР.005.07.00.000 Г5					
м. Вінниця					
Зм.	Кіль.уч.	Арк.	№ док.	підп.	Дата
Розроб.	Софієв В. С.				
Проб.	Остапенко О.П.				
Опонент	Христин О.В.				
Н. Контр.	Остапенко О.П.				
Затвердив	Степанов Д.В.				
Високоєфективна система енергозабезпечення на основі когенераційно-теплонасосних установок				Стадія	Арк.
Схема монтажна аксонометрична					1
ВНТУ, ст. зр. ТЕ-22мз					

Соголасовано					
Інв. № подл.	Подп. і дата	Взам. инв. №			

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН МОНТАЖУ ТЕПЛОВИСНУГО УСТАНОВКИ									2023															
№ п/п	Найменування робіт	Один вим.	Об'єми	Норма часу люд./год	Трудо- мист- кість	Склад бригади	К-сть чоловік	Трива- лість	Вересень				Жовтень				Листопад							
									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-			
									1-5	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	51-55	56-60	61-65			
1	Доставлення деталей до місць монтажу	т	18,699	3	7,01	3 робітники, 1 водій	4	1,75	4x1,75															
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	1,26	2x1,26															
4	Монтаж теплового насосу HT-110	шт	2	352,8	88,2	Монтажники 3р-2, 7р-2	4	22,05		4x22,05														
5	Монтаж двигуна-генератора Generac 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	ел.зб. 6р-1 5р-1, сл.-сантехник 4р-1	3	101						3x101										
8	Прокладання водогазопровідних трубопроводів діаметром 40 мм	100 м	0,3	48,71	1,83	ел.зб. 6р-1 5р-1, сл.-сантехник 4р-2	3	0,61						3x0,61										
9	Встановлення запірної арматури Ø40 мм	шт	15	2,41	4,52	Монтажники 5р-1, 4р-1, 3р-1	3	1,51						3x1,51										
10	Встановлення зворотнього клапана Ø20 мм	шт	7	2,41	2,11	Монтажники 5р-1, 4р-1, 3р-1	3	0,7							3x0,7									
11	Випробування 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 15KM-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-сантехник 3р-1 5р-1	2	0,12										2x0,12						



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

						08-15.МКР.005.08.00.000 КП			
						м. Вінниця			
Изм.	Кол.лч.	Лист	№рек.	Подп.	Дата	Високоефективна система енергозабезпечення на основі когенераційно-теплонасосних установок	Стадія	Аркуш	Аркушів
Розроб		Софієв В. С.							1
Пров.		Остапенко О.П.							
Т. Контр									
Опонент		Христюк О.В.							
Н. Контр		Остапенко О.П.				Календарний план монтажних робіт	ВНТУ, ст. зр. ТЕ-22мз		
Затвердив		Степанов Д.В.							