

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)
Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))
Кафедра теплоенергетики
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

БАКАЛАВРСЬКА ДИПЛОМНА РОБОТА

на тему: «Теплонасосна установка в тепловій схемі водогрійної котельні»

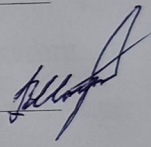
Виконав: студент 2 курсу, групи ТЕ-22мс
спеціальності 144 – Теплоенергетика

Гедз В. І. 
(прізвище та ініціали)

Керівник к.т.н., доц.

Остапенко О. П. 
(прізвище та ініціали)

« 15 » 06 2024 р.

Рецензент к. т. н., доц. Андрухов В. М. 
(прізвище та ініціали)

« 20 » 06 2024 р.

Допущено до захисту
Зав. Кафедри ТЕ

К.т.н., доц. Степанов Д.В.

« 20 » 06 2024 р.

Вінниця ВНТУ - 2024 рік

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії
Кафедра теплоенергетики
Рівень вищої освіти I (бакалаврський)
Галузь знань 14 – електрична інженерія
Спеціальність 144 – Теплоенергетика
Освітньо-професійна програма Теплоенергетика

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТЕ
Дмитро Степанов
“ 12 ” 2024 року

**З А В Д А Н Н Я
НА БАКАЛАВРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Гедзу Владиславу Ігоровичу

1. Тема роботи «Теплонасосна установка в тепловій схемі водогрійної котельні»
керівник роботи к.т.н., доц. Остапенко Ольга Павлівна
затверджені наказом ВНТУ від 11.03.2024 року №80
2. Термін подання студентом роботи 04.06.2024 р.
3. Початкові дані: відпуск теплоти на опалення $Q_{оп}=2$ МВт; відпуск теплоти на ГВП $Q_{ГВП}=1$ МВт; температура прямої мережної води на виході із котельні $t_{МВ}^I=115$ °С; температура зворотної мережної води $t_{МВ}^{II}=70$ °С, паливо – природний газ; теплота згорання палива 34 МДж/м³.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): огляд літературних джерел; багатоваріантний аналіз та техніко-економічне обґрунтування; результати розрахунків теплової схеми котельні з парокомпресійною ТНУ; оцінка енергетичної ефективності теплової схеми котельні з ТНУ; охорона праці
5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): модернізована теплова схема, план модернізованої котельні, техніко-економічні показники

6. Консультанти розділів роботи

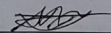
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Кобилянський О. В., зав. каф. БЖДПБ		
Нормо-контроль	Співак О. Ю., к. т. н., доцент каф. ТЕ		

7. Дата видачі завдання 12.03.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва та зміст етапу	Термін виконання		Примітка
		початок	закінчення	
1	Огляд літературних джерел	28.03.24	02.04.24	вск
2	Багатоваріантний аналіз та техніко-економічне обґрунтування	30.03.24	07.04.24	вск
3	Результати розрахунків теплової схеми котельні з парокомпресійною ТНУ	06.04.24	20.05.24	вск
4	Оцінка енергетичної ефективності теплової схеми котельні з ТНУ	13.04.24	29.05.24	вск
5	Охорона праці	27.05.24	09.06.24	вск
6	Перевірка на плагіат	12.06.24	13.06.24	вск
7	Оформлення БДР, підготовка презентації	27.05.24	04.06.24	вск
8	Попередній захист	04.06.24	04.06.24	вск
9	Нормативний контроль	12.06.24	12.06.24	вск
10	Рецензування	13.06.24	13.06.24	вск
11	Подача БДР в електронний архів університету та на випускову кафедру	14.06.24	14.06.24	вск
12	Захист БДР	15.06.24	15.06.24	вск

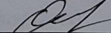
Студент


(підпис)

Гедз В. І.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Остапенко О.П.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

УДК 621.577

Гедз В. Ю. Теплонасосна установка в тепловій схемі водогрійної котельні. Бакалаврська кваліфікаційна робота зі спеціальності 144 – теплоенергетика, освітня програма – теплоенергетика. Вінниця: ВНТУ, 2024. 56 с.

Бібліогр. : рис.: 25; табл. 13.

В бакалаврській дипломній роботі запропоновано низку заходів, спрямованих на енерго- та ресурсозбереження в котельні, покращення техніко-економічних показників роботи діючої теплової схеми водогрійної опалювальної котельні завдяки встановленню парокомпресійної теплонасосної установки (ТНУ) з використанням теплоти вторинних енергоресурсів та природного відновлюваного джерела. Шляхом встановлення в котельні парокомпресійної ТНУ буде забезпечене зниження енерго- та ресурсоемності вироблення теплової енергії.

За результатами проведеного багатоваріантного аналізу низки проектних рішень з модернізації теплової схеми водогрійної котельні з ТНУ на основі аналізу низки енергетичних показників було обрано варіант використання вторинних енергоресурсів та відновлюваних джерел енергії в парокомпресійній ТНУ з приводом від газового двигуна на природному газі.

За результатами виконаного економічного аналізу обраного варіанту модернізації було визначено, що використання теплоти вторинних енергоресурсів та природного відновлюваного джерела в парокомпресійній ТНУ в схемі цієї котельні обумовить економію природного газу, забезпечить зниження експлуатаційних витрат та зниження собівартості теплоти.

Проаналізовано заходи з охорони праці.

Ключові слова: котельня, тепла схема, теплонасосна установка

ABSTRACT

Gedz V. Yu. Heat pump installation in the thermal scheme of a water heating boiler house. Bachelor's qualification work on specialty 144 - heat and power engineering, educational program - heat and power engineering. Vinnytsia: VNTU, 2024. 56 p.

In Ukrainian language. Bibliogr. : fig.: 25; table 13.

The bachelor's thesis proposed a number of measures aimed at energy and resource conservation in the boiler house, improving the technical and economic indicators of the current thermal scheme of the water heating boiler house thanks to the installation of a steam compression heat pump unit (HPI) using the heat of secondary energy resources and a natural renewable source. By installing a steam-compression HPI in the boiler room, a reduction in the energy and resource intensity of thermal energy production will be ensured.

Based on the results of a multivariate analysis of a number of design solutions for the modernization of the thermal scheme of the water heating boiler house with HPI, based on the analysis of a number of energy indicators, the option of using secondary energy resources and renewable energy sources in the steam compression HPI with a drive from a gas engine on natural gas was chosen.

According to the results of the performed economic analysis of the selected modernization option, it was determined that the use of heat from secondary energy resources and a natural renewable source in the steam compression HPI in the scheme of this boiler house will lead to savings in natural gas, will ensure a decrease in operating costs and a decrease in the cost of heat.

Labor protection measures were analyzed.

Key words: boiler room, thermal scheme, heat pump installation

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	9
2 БАГАТОВАРІАНТНИЙ АНАЛІЗ ТА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	13
2.1 Показники роботи теплової схеми водогрійної котельні	13
2.2 Багатоваріантний аналіз проектних рішень з модернізації котельні	14
2.3 Техніко-економічне обґрунтування для варіанту модернізації.....	19
2.4 Математичне та програмне забезпечення розрахунків показників ефективності теплової схеми котельні	22
3 РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКІВ ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ КОТЕЛЬНОЇ З ПАРОКОМПРЕСІЙНОЮ ТНУ.....	30
3.1 Розрахунок потужностей контактного утилізатора.....	30
3.2 Розрахунок теплонасосної установки для обраного варіанту модернізації теплової схеми	31
3.3 Розрахунок потужностей утилізаторів приводного двигуна.....	32
3.4 Вибір теплонасосного та іншого обладнання. Розробка технології монтажу нового обладнання.....	33
4 ОЦІНКА ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ КОТЕЛЬНОЇ З ТНУ.....	34
4.1 Оцінка енергетичної ефективності теплової схеми котельні з парокомпресійною ТНУ	34
4.2 Аналіз показників економічної ефективності теплової схеми котельні з ТНУ.....	35
5 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	39
ВИСНОВКИ.....	49
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	51

Додаток А (обов'язковий). ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ.....	58
Додаток Б (обов'язковий). ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ.....	59
Додаток В.ТЕХНОЛОГІЯ МОНТАЖУ ПЛАСТИНЧАСТОГО ТЕПЛООБМІННИКА В КОНТУРІ ВИПАРНИКА ТЕПЛОВОГО НАСОСУ ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ КОТЕЛЬНОЇ.....	64
Додаток Г. ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА.....	73

ВСТУП

На основі аналізу літературних джерел визначено, що в оглядовому майбутньому теплові насоси можуть стати ключовою технологією в майбутніх опалювальних мережах.

Метою бакалаврської дипломної роботи є розроблення низки заходів, спрямованих на енерго- та ресурсозбереження в котельні, покращення техніко-економічних показників роботи діючої теплової схеми водоگрійної опалювальної котельні завдяки встановленню парокомпресійної ТНУ з використанням теплоти вторинних енергоресурсів та природного відновлюваного джерела.

Задачами БДР є:

1) обґрунтування варіанту застосування ТНУ на теплоті вторинних енергоресурсів та природного відновлюваного джерела теплоти в тепловій схемі котельні;

2) оцінка ефективності ТНУ на теплоті вторинних енергоресурсів та природного відновлюваного джерела теплоти в тепловій схемі котельні;

3) обґрунтування вибору нового обладнання для модернізованої схеми котельні з ТНУ;

4) визначення техніко-економічних показників котельні з ТНУ.

Об'єктом роботи є енергоефективна парокомпресійна ТНУ в тепловій схемі опалювальної водоگрійної котельні.

Предметом роботи є зменшення ресурсовитратності генерування теплоти із забезпеченням економії коштів за рахунок встановлення парокомпресійної ТНУ з використанням теплоти відновлюваних джерел в тепловій схемі котельні..

Практична цінність роботи – шляхом встановлення в котельні парокомпресійної ТНУ буде забезпечене зниження енерго- та ресурсоемності вироблення теплової енергії.

1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

У багатьох країнах світу теплові насоси розглядають як привабливу альтернативу іншим джерелам теплозабезпечення. Однією з головних цілей дослідження [1] – було показати можливості щодо впровадження та інтеграції теплових насосів у мережі централізованого теплопостачання. Таким чином, основна мета - створити каталог ідей, який показує різні випадки реалізації теплонасосних технологій. Було описано 39 різних випадків, коли теплові насоси були інтегровані в мережу централізованого теплопостачання.

Дослідження [2 - 4] показують, що великі теплові насоси були інтегровані в мережі централізованого теплопостачання з 1980-х років, особливо в скандинавських регіонах. Рушійними факторами, особливо в Данії, стали широке використання мереж централізованого теплопостачання та збільшення частки змінних джерел електроенергії, таких як фотоелектрична (PV) та вітрова енергія, у поєднанні зі зниженням цін на електроенергію. Зараз Швеція є передвісником у використанні теплових насосів у мережах централізованого опалення та охолодження. Приблизно 7% попиту на централізоване опалення виробляється тепловими насосами [5].

В інших країнах ринок теплових насосів складається в основному з пристроїв для постачання одно- та багатоквартирних будинків. Через високі температури системи, що переважають у багатьох тепломережах, потрібні адаптовані концепції, щоб мати можливість гарантувати економічну ефективність систем. Таким чином, метою поточних дослідницьких проєктів, таких як «fit4power2heat», є створення теплових насосів шляхом участі в різних енергетичних ринках як привабливої альтернативи. За останні кілька років по всій Європі було докладено багато зусиль для сприяння інтеграції теплових насосів у мережі централізованого опалення та охолодження.

Основою економічної експлуатації теплових насосів є правильна конструкція та гідравлічна інтеграція систем. Переваг можна досягти за допомогою різних режимів роботи. Замість моновалентної роботи теплового

насоса, застосування додаткового теплогенератора(ів) для пікового навантаження може заощадити значну частину інвестиційних витрат і ризиків.

На додаток, до компресійних теплових насосів з електричним приводом також використовуються теплові насоси з тепловим приводом. Залежно від сфери застосування можна використовувати переваги різних технологій [6].

Посилаючись на результати, отримані в результаті досліджень, згаданих вище, було вказано на важливість і внесок теплових насосів у мережах централізованого теплопостачання, а також рекомендації щодо стратегій «найкращої практики» для роботи теплових насосів:

- теплові насоси з динамічним ціноутворенням і керуванням попитом (DSM) більш стійкі до ринкових ризиків оскільки динамічна робота протидіє коливанням палива та ціни на електроенергію;

- теплові насоси підвищують гнучкість систем централізованого опалення за рахунок розширення портфеля виробництва тепла, що забезпечує вищу реактивність за рахунок швидкого введення в експлуатацію та низьких витрат на запуск, а також використовує переваги нестабільності ринку електроенергії та теплових батарей;

- теплові насоси можна використовувати для збільшення відновлюваного виробництва тепла. Крім того, можна використовувати низькотемпературні джерела тепла та альтернативні джерела тепла (наприклад, відпрацьоване тепло).

Мережі централізованого теплопостачання мають важливе значення для майбутньої енергетичної системи, особливо в містах. Інтеграція теплових насосів може зменшити інвестиційні ризики в мережах централізованого теплопостачання, підвищити надійність постачання, зменшити викиди CO₂ і таким чином сприяти досягненню цілей COP 21, узгоджених у Парижі. В даний час теплові насоси відіграють незначну роль в європейських мережах централізованого теплопостачання [7].

Перешкодами для широкомасштабної інтеграції теплових насосів є: наприклад, відсутність джерел тепла (часто доступних лише в невеликих децентралізованих кількостях) або низький рівень температури джерел (низька

ефективність). Подібним чином більшість операторів (все ще) мають брак досвіду щодо інтеграції та експлуатації теплових насосів у існуючих системах централізованого теплопостачання порівняно з добре відомими генеруючими установками, що працюють на біомасі чи газі.

Ще одним бар'єром є висока температура існуючих теплових мереж, що знижує ефективність теплового насоса. Крім того, високі температури цих мереж призводять до великих втрат тепла, особливо в житлових будинках, що робить теплові мережі майже нежиттєздатними в дуже енергоефективних будівлях. Таким чином, впровадження низькотемпературних мереж допоможе збільшити використання теплових насосів у цих мережах [7].

Тим не менш, в останні роки оператори централізованого опалення все більше сприймають теплові насоси. Це призвело до багатьох інноваційних проектів теплових насосів. Оптимальна комбінація теплових установок у мережах централізованого теплопостачання залежить від різних параметрів і, відповідно, є індивідуальною для кожної мережі. Метод розробки концепцій сталого теплопостачання для мереж централізованого теплопостачання складається з трьох етапів. Для досягнення сталого теплопостачання, яке включає значну частку альтернативних джерел тепла, необхідно створити більше демонстраційних майданчиків. Факторами успіху є:

- сильні партнери (компанії, інститути, стартапи тощо);
- проекти (демонстрація, найкращі практики, показ досвіду та мотивація для встановлення теплових насосів);
- навчання на практиці (потрібні піонери, які готові «платити свої внески»);
- енергетичне просторове планування (локалізація відпрацьованого тепла, уникнення подвійної інфраструктури);
- стандартизовані рішення (НДДКР, зниження вартості/економія);
- цінові сигнали (до використання викопного палива; зменшення тягара податків і зборів на чисту енергію).

Теплові насоси є ключовою технологією майбутнього централізованого теплопостачання. Очікується, що централізоване теплопостачання загалом і теплові насоси, підключені до мереж зокрема, відіграватимуть ключову роль в енергетичній мережі та постачанні в майбутньому. Завдяки впровадженню централізованого опалення можна задовольнити до 50% потреби в опаленні в Європі, а теплові насоси можуть постачати близько 25% енергії до системи централізованого опалення. Сценарії Heat Roadmap Europe 4 із більшою часткою централізованого теплопостачання в енергетичній системі показують, що викиди CO₂ можна скоротити більш ніж на 70% порівняно з поточною ситуацією.

Теплові насоси можуть стати ключовою технологією в майбутніх опалювальних мережах різними способами [8]:

1. Теплові насоси можуть діяти як технологія балансування, коли виробництво електроенергії коливається.
2. Теплові насоси поступово виключають викопне паливо з енергетичної системи.
3. Теплові насоси дозволяють використовувати дуже низькі (нижче 60 °C) і наднизькі (нижче 45 °C) температури в системі централізованого теплопостачання.
4. Теплові насоси дозволяють мінімізувати втрати в системі централізованого теплопостачання.

Висновки

На основі аналізу літературних джерел визначено, що в оглядовому майбутньому теплові насоси можуть стати ключовою технологією в майбутніх опалювальних мережах.

2 БАГАТОВАРІАНТНИЙ АНАЛІЗ ТА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

2.1 Показники роботи теплової схеми водогрійної котельні

Опалювальна водогрійна котельня призначена для централізованого теплопостачання споживачів, забезпечення потреб опалення та гарячого водопостачання (ГВП). В котельні встановлені чотири котли КСВ-1,0 та ВК-22, один з яких є застосовується як резервний. Робочим паливом, що використовується в котельні, є природний газ.

Проведений розрахунок показників роботи теплової схеми опалювальної котельні за методикою з [9], результати показані в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Результати розрахунку

Назва	Розрахункові режими		
	Опалю- вальний макси- мальний (ОМ)	Опалю- вальний серед- ній (ОС)	Режим ГВП
Відпуск теплоти на опалення $Q_{оп}$, МВт	2	1,25	-
Відпуск теплоти на ГВП $Q_{ГВП}$, МВт	1	1	1
Загальна потужність споживачів $Q_{н}$, МВт	3	2,25	1
Температура прямої мережної води на виході із котельні $t_{мв}^{'}$, °С	115	100	70
Температура зворотної мережної води $t_{мв}^{''}$, °С	70	49	45
Витрата мережної води в котлах G_k , кг/с	16,416	12,169	5,448
Теплова потужність котельні Q_k , МВт	3,095	2,294	1,027
Витрата робочого палива на котел B_p , м ³ /с	0,096	0,071	0,032
ККД-брутто котельні	0,882	0,892	0,88

Наведені в табл. 1.1 результати розрахунку теплової схеми котельні для трьох розрахункових режимів будуть використані в подальших розділах БДР для аналізу ефективності низки варіантів теплової схеми котельні із застосуванням парокомпресійних теплонасосних установок (ТНУ).

2.2 Багатоваріантний аналіз проектних рішень з модернізації котельні

В цьому підрозділі бакалаврської дипломної роботи виконаний багатоваріантний аналіз ефективності трьох варіантів проектних рішень з модернізації теплової схеми водогрійної котельні, проаналізовані основні показники енергетичної ефективності теплової схеми та обладнання. Багатоваріантний аналіз був проведений на основі наукових результатів та розрахункових методик з [10-13].

Багатоваріантний аналіз ефективності трьох варіантів проектних рішень теплової схеми котельні з використанням ТНУ забезпечує оцінку енергетичної ефективності низки варіантів модернізації теплової схеми зп основними показниками енергоефективності.

При проведенні багатоваріантного аналізу ефективності варіантів модернізації теплової схеми з встановленням ТНУ, були виконані розрахунки для трьох варіантів:

1 – застосування ТНУ на теплоті вторинних енергоресурсів та відновлюваних природних джерел в тепловій схемі водогрійної котельні для роботи в двох сезонах (опалювальному та міжопалювальному);

2 – застосування ТНУ на теплоті вторинних енергоресурсів та відновлюваних природних джерел в тепловій схемі водогрійної котельні для роботи в опалювальному сезоні (середнє навантаження);

3 – застосування ТНУ на теплоті вторинних енергоресурсів та відновлюваних природних джерел в тепловій схемі водогрійної котельні для роботи в міжопалювальному сезоні (режим ГВП).

Результати багатоваріантного аналізу ефективності варіантів модернізації теплової схеми з встановленням ТНУ на теплоті вторинних енергоресурсів та відновлюваних природних джерел показані на рис. 2.1 – 2.6.

На рисунках 2.1 – 2.6 позначено такі розрахункові режими: МО – максимальний опалювальний, СО – середній опалювальний, МіжОПАЛ – міжопалювальний режим (режим ГВП).

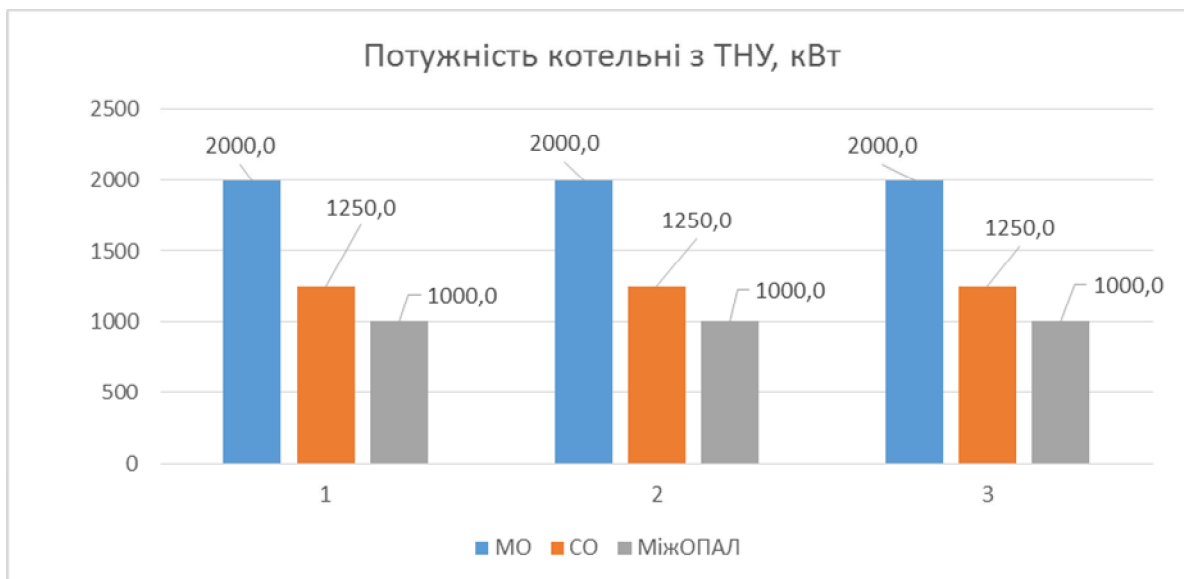


Рисунок 2.1 – Теплова потужність котельні з парокompресією ТНУ

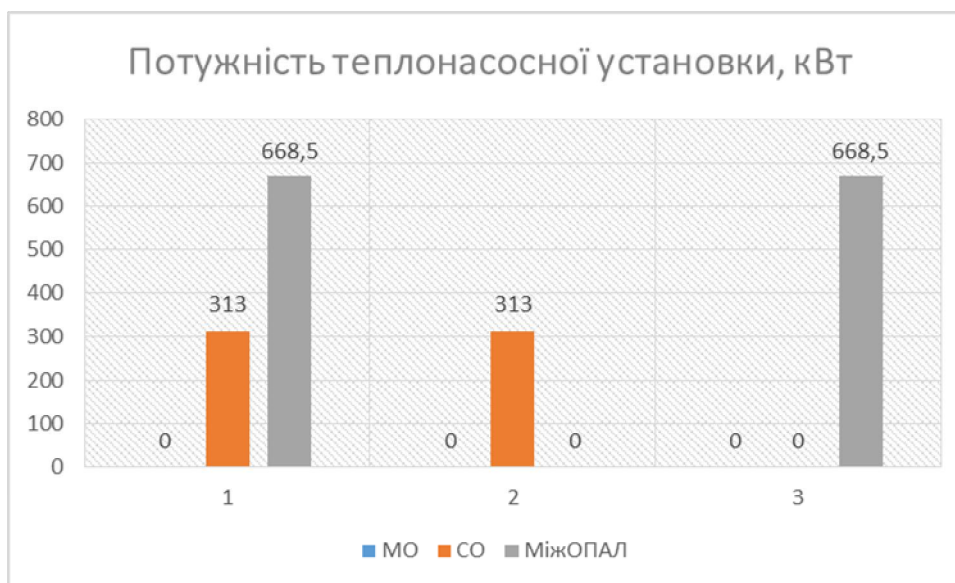


Рисунок 2.2 – Теплова потужність конденсатора ТНУ

Як видно із рис. 2.2, значення теплової потужності конденсатора ТНУ відрізняються майже в два рази для середнього опалювального та міжопалювального режимів. Отже, доцільно застосовувати дві теплонасосні установки однакової потужності, що працюватимуть в двох цих режимах: в СО - режимі – дві установки, в МіжОПАЛ - режимі - одна установка, що не вимагатиме встановлення додаткового теплонасосного обладнання для роботи в іншому режимі.

Як видно із рис. 2.3, значення споживаної електричної потужності, що споживає компресор ТНУ в СО- та МіжОПАЛ- режимах вказують на те, що можна використати одиниць приводний газопоршневий двигун потужністю до 500 кВт.

Отже, можна зробити висновок, що ефективно застосовувати ТНУ з приводним газовим двигуном в СО- та МіжОПАЛ- режимах, що не вимагатиме встановлення додаткового теплонасосного та когенераційного обладнання для роботи в іншому режимі.



Рисунок 2.3 – Електрична потужність, що споживає компресор ТНУ

Як видно із рис. 2.4, використання додаткової теплової потужності утилізаційного обладнання теплового приводу ТНУ дозволить суттєво підвищити значення загальної теплової потужності ТНУ, збільшити значення коефіцієнта перетворення ТНУ та частки витіснення потужності водогрійної котельні, яка працює менш ефективно порівняно з варіантом модернізації.

Отже, можна зробити висновок, що ефективно застосовувати ТНУ з приводним газовим двигуном в СО- та МіжОПАЛ- режимах, що не вимагатиме встановлення додаткового теплонасосного та когенераційного обладнання для роботи в іншому режимі.

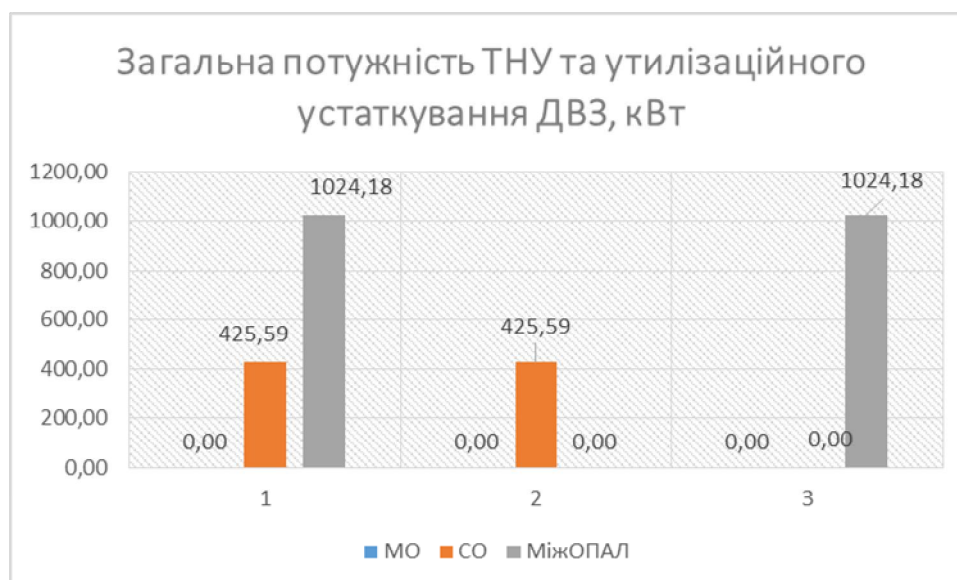


Рисунок 2.4 – Загальна теплова потужність ТНУ та утилізаторів від приводного двигуна

Як видно зі рис. 2.5 та 2.6, найбільші значення річної та сезонної економії робочого палива від застосування ТНУ відповідають першому варіанту застосування ТНУ з роботою в СО- та МіжОПАЛ - режимах. Наступним за ефективністю можна вважати варіант №3 із застосування ТНУ в МіжОПАЛ- режимі. Але, в цьому разі будуть суттєво погіршуватись економічні та енергетичні показники застосування ТНУ.

Отже, ми обираємо до проектування перший варіант застосування ТНУ, для якого річна економія робочого палива сягатиме 29,961% та ТНУ працює СО- та МіжОПАЛ - режимах.

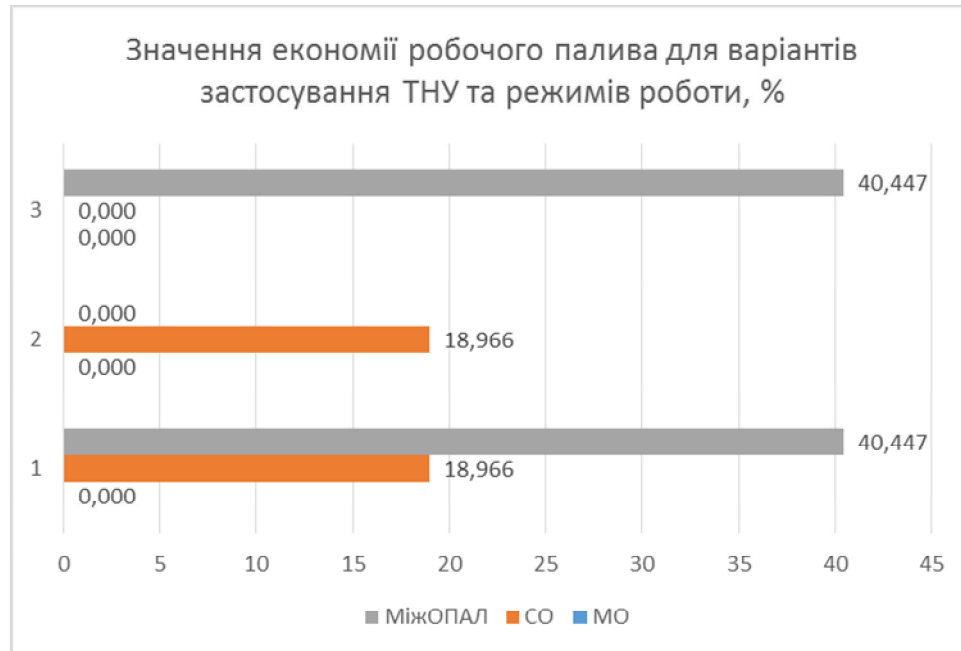


Рисунок 2.5 – Значення відносної економії робочого палива для варіантів застосування ТНУ, %



Рисунок 2.6 – Значення річної економії робочого палива для варіантів застосування ТНУ, %

За результатами проведеного багатоваріантного аналізу низки проектних рішень з модернізації теплової схеми водогрійної котельні з ТНУ на основі аналізу низки енергетичних показників було обрано варіант використання вторинних енергоресурсів та відновлюваних джерел енергії в парокомпресійній ТНУ з приводом від газового двигуна на природному газі.

За переліком вибраних енергетичних показників, значення яких наведені на рис. 2.1 – 2.6, вищевказаний варіант модернізації теплової схеми водогрійної опалювальної котельні з ТНУ був обраний до проектування.

2.3 Техніко-економічне обґрунтування для варіанту модернізації

В даному підрозділі БДР проведена оцінка показників техніко-економічної ефективності теплової схеми опалювальної водогрійної котельні з парокомпресійною ТНУ, передбачено використання теплоти вторинних енергоресурсів котельні та відновлюваного природного джерела теплоти (річкова вода).

Ефективність оцінюваного варіанту обумовлена значеннями показників техніко-економічної ефективності у порівнянні із базовим варіантом теплостачання (опалювальною водогрійною котельнею) [14-15].

На рис. 2.7 - 2.10 приведені основні техніко-економічні показники для базового та альтернативного варіантів теплової схеми котельні.

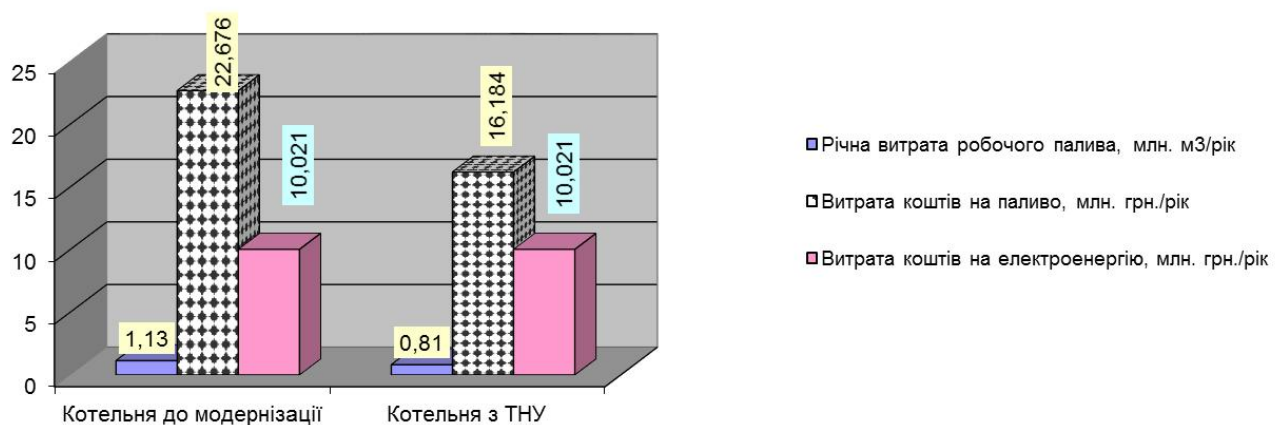


Рисунок 2.7 – Техніко-економічні показники для базового та альтернативного варіантів теплової схеми котельні

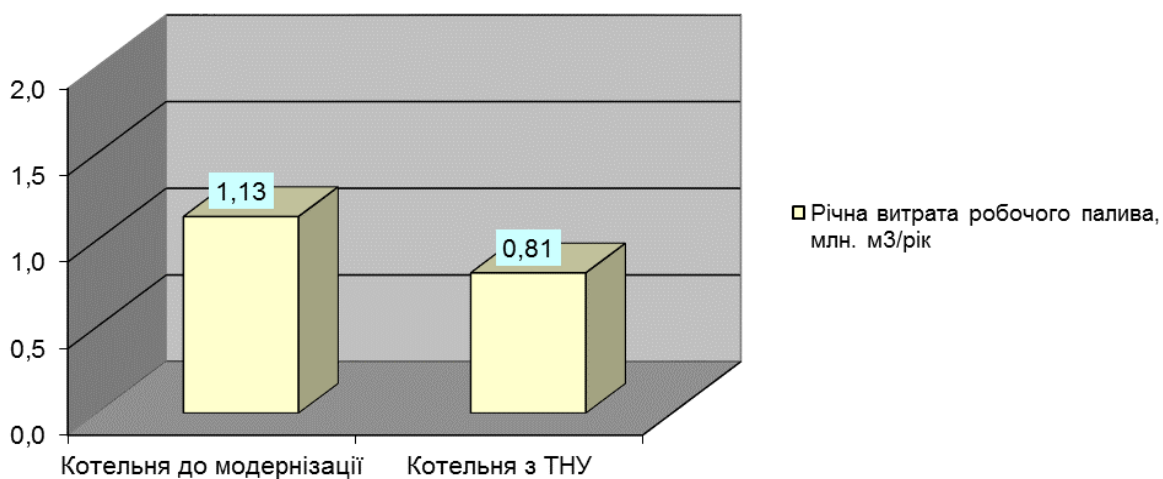


Рисунок 2.8 – Техніко-економічні показники для базового та альтернативного варіантів теплової схеми котельні

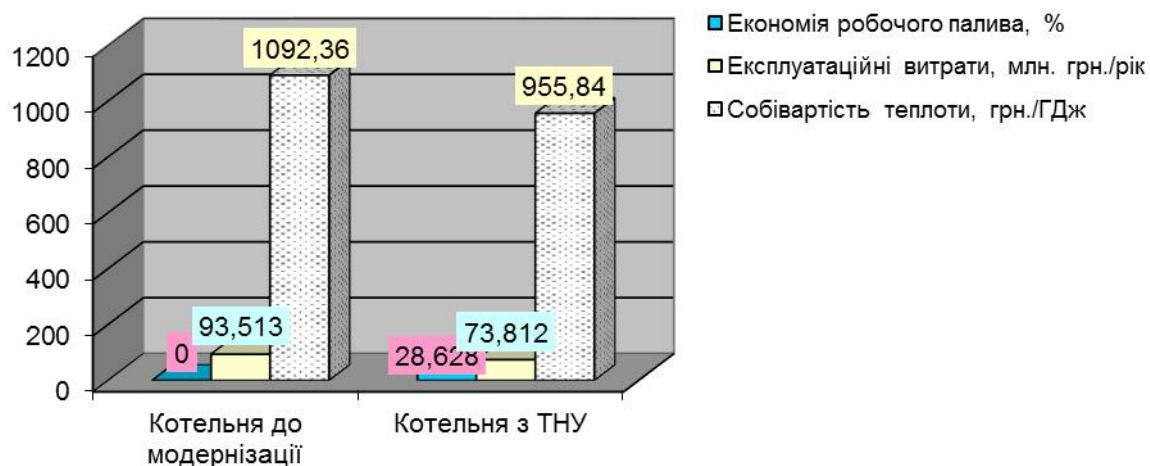


Рисунок 2.9 – Техніко-економічні показники для базового та альтернативного варіантів теплової схеми котельні

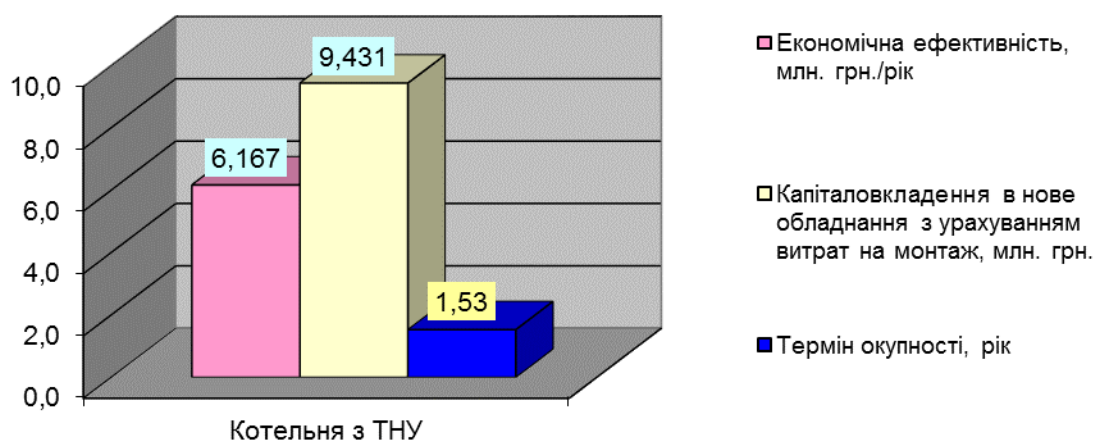


Рисунок 2.10 – Техніко-економічні показники для базового та альтернативного варіантів теплової схеми котельні

За результатами виконаного в цьому підрозділі багатоваріантного аналізу проектних рішень та техніко-економічного обґрунтування, проведеного для обраного варіанту застосування ТНУ в тепловій схемі котельні було визначено, що використання теплоти вторинних енергоресурсів котельні та відновлюваних джерел енергії в схемі котельні з парокомпресійною ТНУ забезпечить економію природного газу в обсязі 28,63%, знизить експлуатаційні витрати на 6,167 млн. грн. в рік та забезпечить зниження собівартості виробленої теплоти (див. рис. 2.9). Капіталовкладення в нове обладнання для аваріанту модернізації схеми опалювальної котельні з ТНУ становитимуть 9,431 млн. грн., термін окупності капіталовкладень становитиме 1,53 року.

2.4 Математичне та програмне забезпечення розрахунків показників ефективності теплової схеми котельні

Розрахунки показників ефективності варіантів застосування парокомпресійної ТНУ в тепловій схемі опалювальної вологрійної котельні здійснювались методом математичного моделювання, при моделюванні було використано спеціалізовану програму SOLKANE SoftWare 8.0 [16], яка широко застосовується у європейських закладах вищої освіти в програмах підготовки здобувачів з метою моделювання роботи ТНУ та розрахунків циклів парокомпресійних ТНУ з різними варіантами холодоагентів та схемних рішень ТНУ. Досліджувалась робота ТНУ з урахуванням режимних показників теплової схеми на високотемпературному та низькотемпературному рівнях, які узгоджуються з температурними рівнями теплоти вторинних енергоресурсів котельні (відхідних газів) та природного низькотемпературного джерела теплоти (річкової води).

Результати моделювання в програмі SOLKANE SoftWare 8.0 роботи ТНУ для значень параметрів у відповідності з показниками теплової схеми проілюстровані на рис. 2.11 – 2.15.

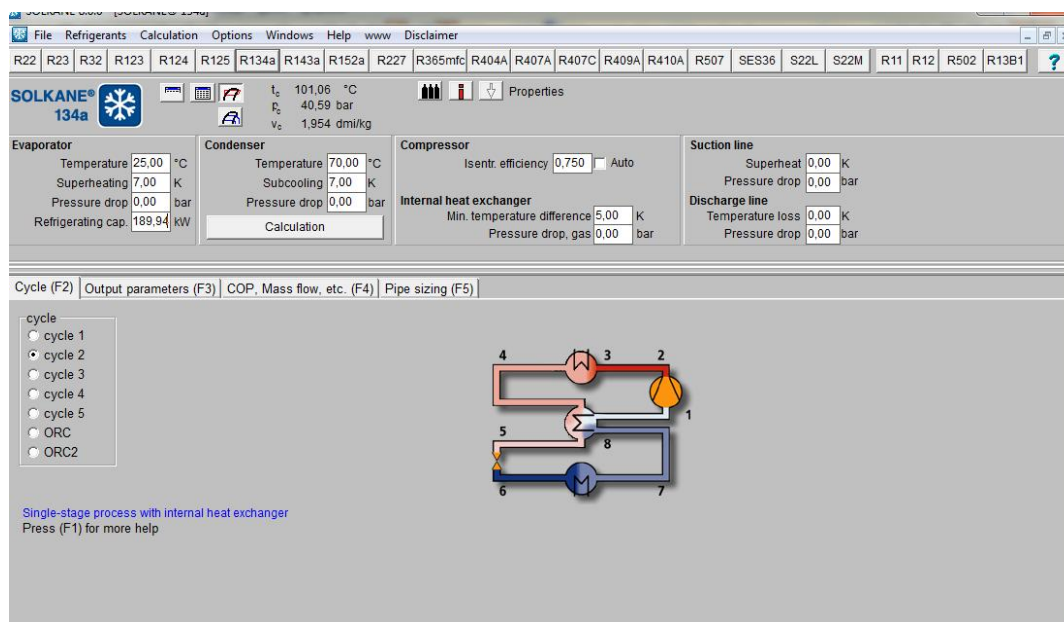


Рисунок 2.11 – Вихначення типу циклу ТНУ та задання початкових параметрів в програмі SOLKANE SoftWare 8.0

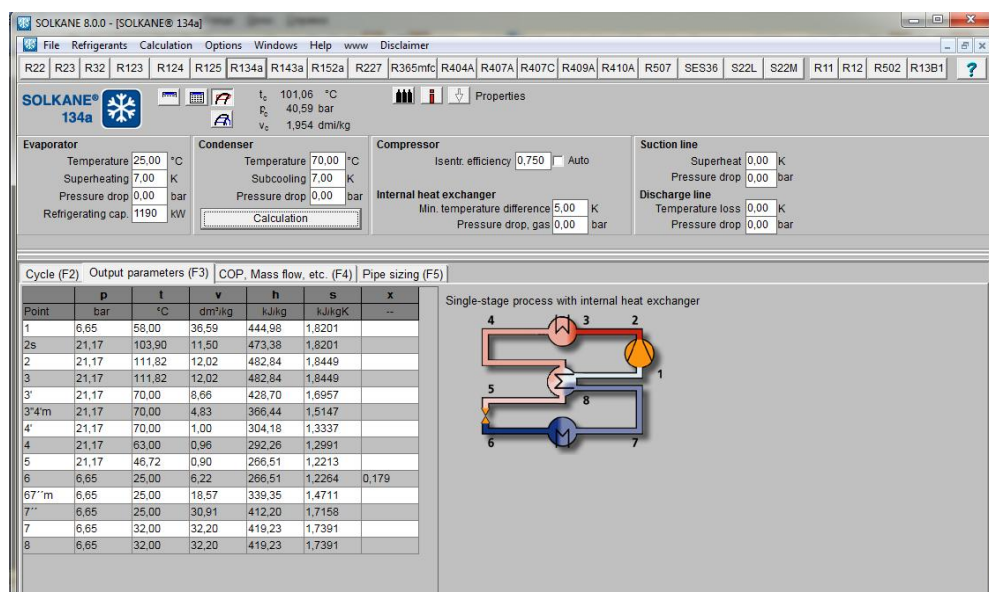


Рисунок 2.12 – Обчислення параметрів холодоагенту в програмі SOLKANE SoftWare 8.0

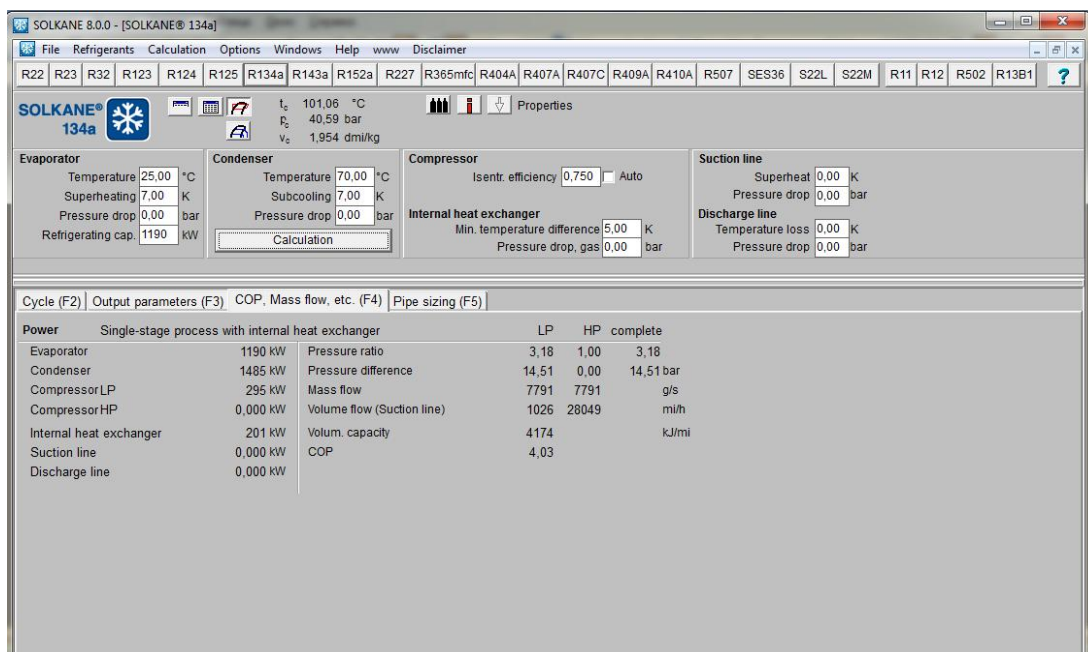


Рисунок 2.13 – Розрахунок питомих показників циклу ТНУ

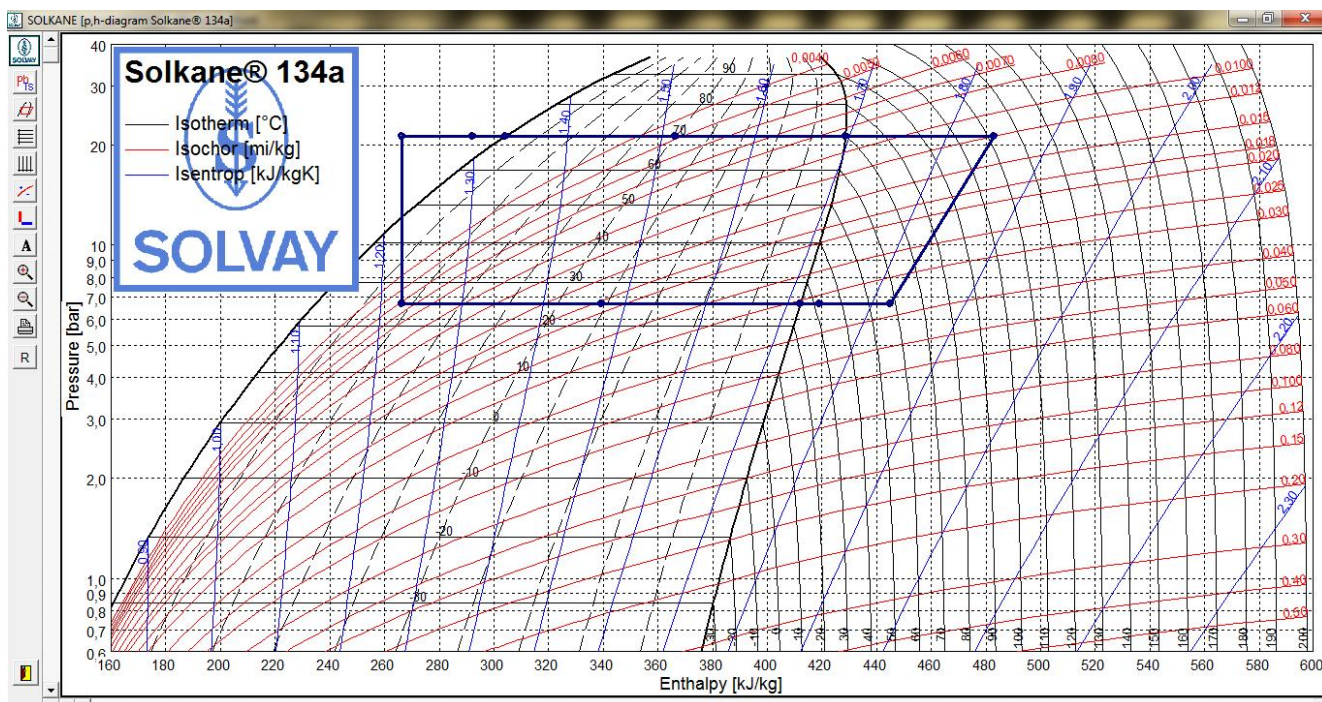


Рисунок 2.14 – Побудова програмою SOLKANE SoftWare 8.0
циклу ТНУ на P-h діаграмі

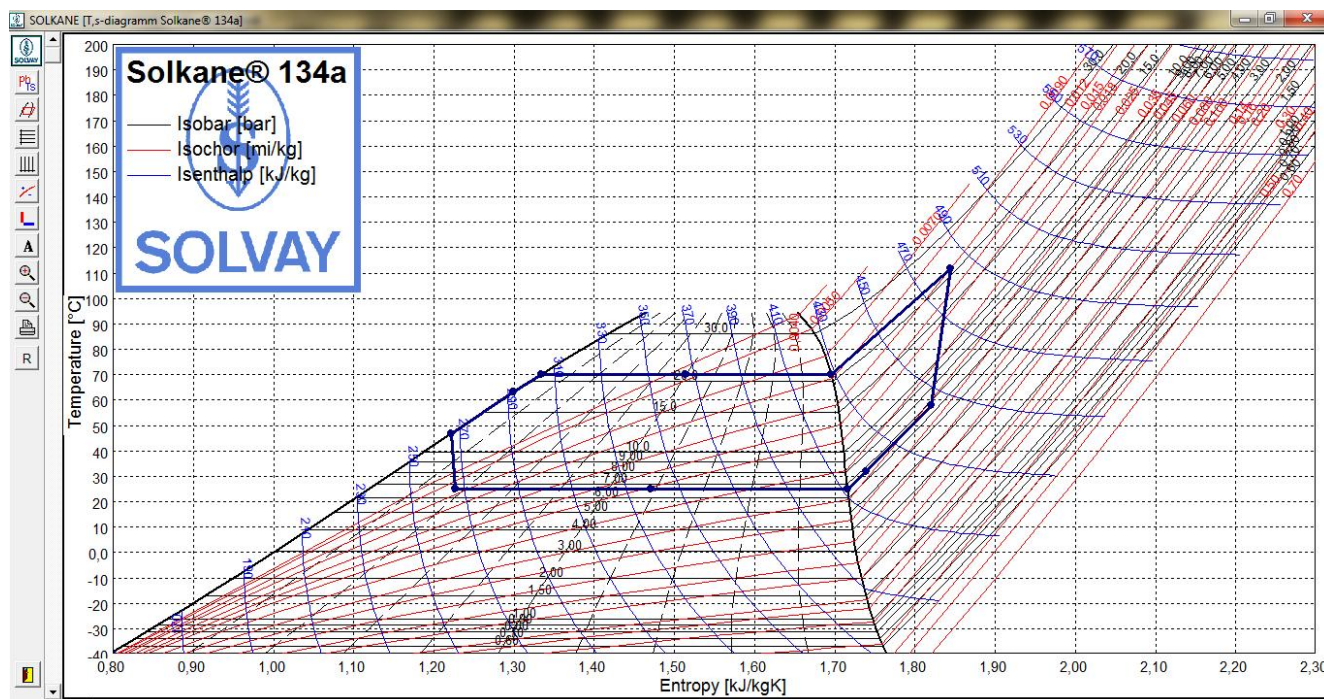


Рисунок 2.15 – Побудова програмою SOLKANE циклу ТНУ на Т- s діаграмі

В БДР проведено розрахунки показників ефективності варіантів застосування парокомпресійної ТНУ в тепловій схемі опалювальної вологрійної котельні, що здійснювались методом математичного моделювання, при моделювання було використану спеціалізовану програму SOLKANE SoftWare 8.0 [16], яка широко застосовується у європейських закладах вищої освіти в програмах підготовки здобувачів з метою моделювання роботи ТНУ та розрахунків циклів парокомпресійних ТНУ з різними варіантами холодоагентів та схемних рішень ТНУ.

Одержані результати моделювання на основі виконаних досліджень схем ТНУ показані на рис. 2.16 – 2.21.

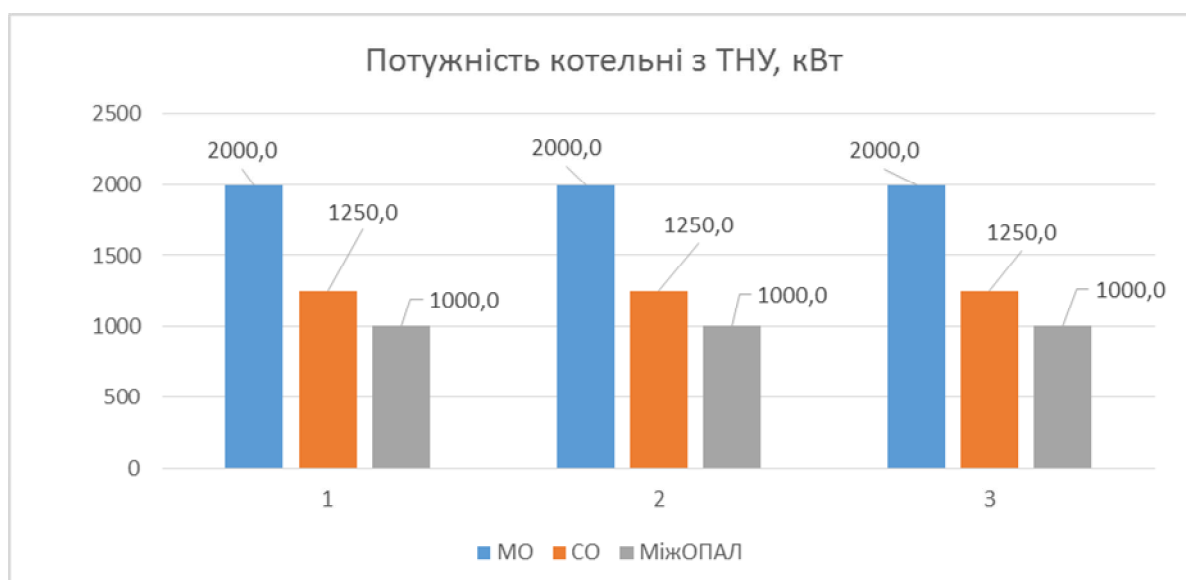


Рисунок 2.16 – Результати моделювання теплової потужності котельні

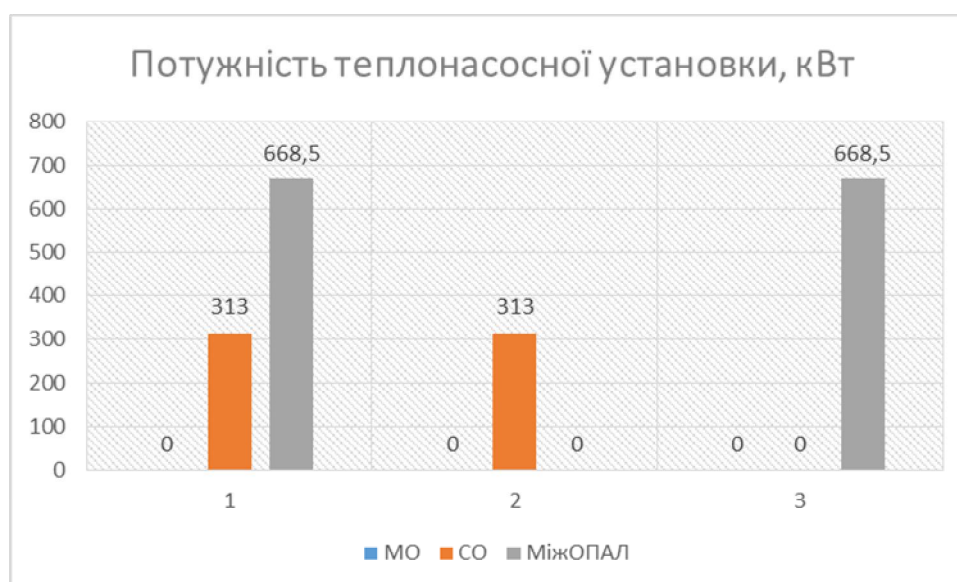


Рисунок 2.17 – Результати моделювання теплової потужності конденсатора ТНУ



Рисунок 2.18 – Результати моделювання електричної потужності, що споживає компресор ТНУ

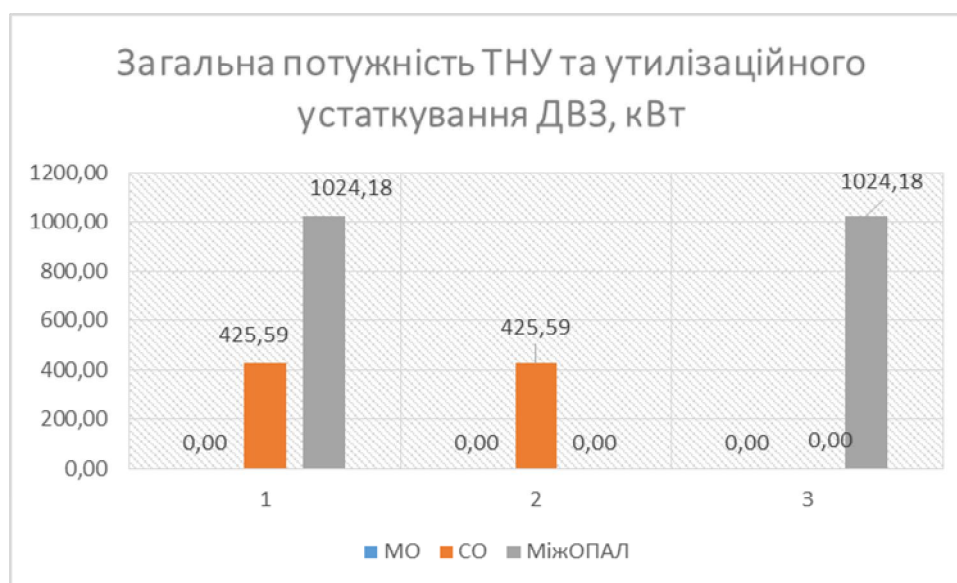


Рисунок 2.19 – Результати моделювання загальної теплової потужності ТНУ та утилізаторів від приводного двигуна

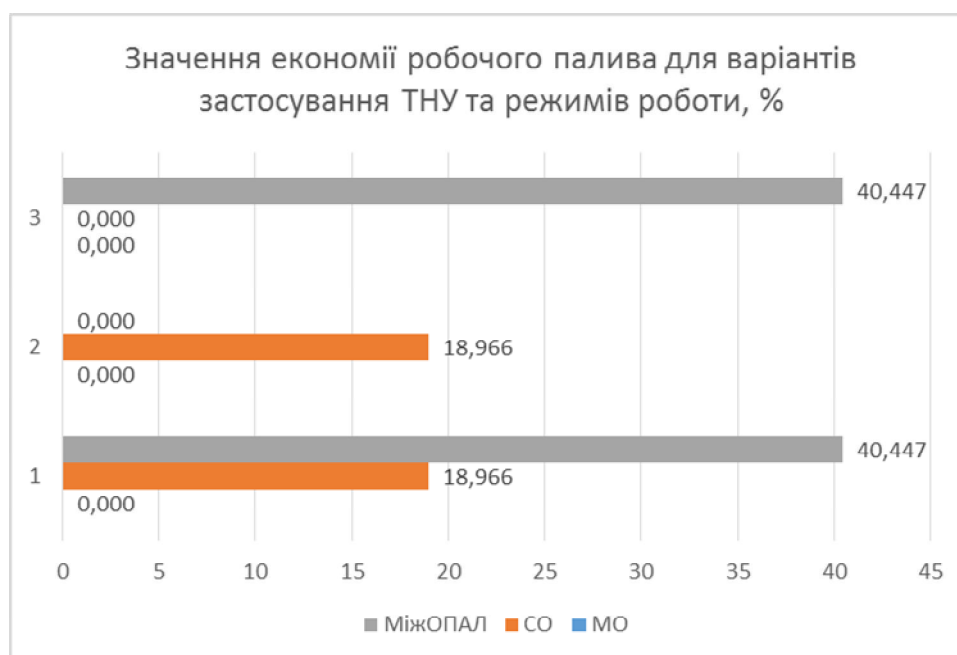


Рисунок 2.20 – Результати моделювання значень відносної економії робочого палива для варіантів застосування ТНУ, %

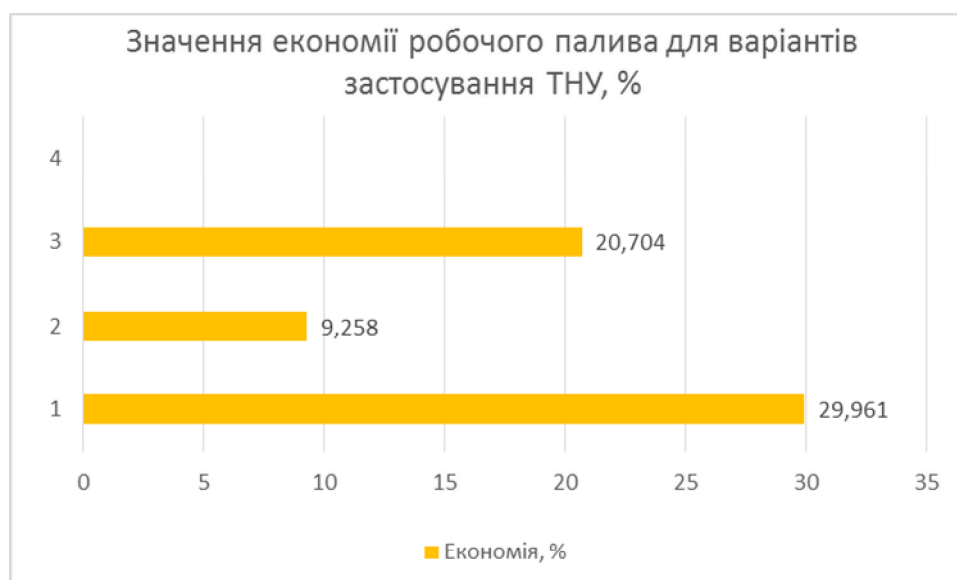


Рисунок 2.21 – Результати моделювання значень річної економії робочого палива для варіантів застосування ТНУ, %

Висновки

За результатами виконаного в цьому підрозділі багатоваріантного аналізу проектних рішень та техніко-економічного обґрунтування, проведеного для обраного варіанту застосування ТНУ в тепловій схемі котельні було визначено, що використання теплоти вторинних енергоресурсів котельні та відновлюваних джерел енергії в схемі котельні з парокомпресійною ТНУ забезпечить економію природного газу в обсязі 28,63%, знизить експлуатаційні витрати на 6,167 млн. грн. в рік та забезпечить зниження собівартості виробленої теплоти (див. рис. 2.9). Капіталовкладення в нове обладнання для аваріанту модернізації схеми опалювальної котельні з ТНУ становитимуть 9,431 млн. грн., термін окупності капіталовкладень становитиме 1,53 року.

В бакалаврській дипломній роботі проведені розрахунки показників ефективності варіантів застосування парокомпресійної ТНУ в тепловій схемі опалювальної водогрійної котельні здійснювались методом математичного моделювання, при моделюванні було використано спеціалізовану програму SOLKANE SoftWare 8.0, яка широко застосовується у європейських закладах вищої освіти в програмах підготовки здобувачів з метою моделювання роботи ТНУ та розрахунків циклів парокомпресійних ТНУ з різними варіантами холодоагентів та схемних рішень ТНУ. Досліджувалась робота ТНУ з урахуванням режимних показників теплової схеми на високотемпературному та низькотемпературному рівнях, які узгоджуються з температурними рівнями теплоти вторинних енергоресурсів котельні (відхідних газів) та природного низькотемпературного джерела теплоти (річкової води).

З РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКІВ ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ КОТЕЛЬНІ З ПАРОКОМПРЕСІЙНОЮ ТНУ

3.1 Розрахунок потужностей контактного утилізатора

Результати розрахунку режимних параметрів та теплових потужностей для контуру «контактний утилізатор – ТНУ» для часкової утилізації теплоти відхідних газів котельні в опалювальному режимі роботи, що був проведений за методикою з [17], проілюстровані в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Результати розрахунку для контуру «контактний утилізатор – ТНУ»

Показник	Позначення	Одиниця вимірювання	Формула	Режим опалювальний
Витрата для опалювального сезону робочого палива котельнею	V_p	$\text{м}^3/\text{с}$	Приймаємо часткову утилізацію	0,04
Загальна потужність утилізаторів	$Q_{\text{заг. ут}}$	кВт	$Q_{\text{заг. ут}} = Q_{\text{ут}} + Q_{\text{оп}}$	234,82
Ссекундна витрата води, що нагрівається в утилізаторі	$G_{\text{ут}}$	кг/с	$G_{\text{ут}} = Q_{\text{заг. ут}} \cdot 1000 / ((t_1 - t_2) \cdot 4,19)$	3,73
Теплова потужність пластинчастого теплообмінника конуру «утилізатор теплоти газів-ТНУ»	$Q_{\text{то}}$	кМВт	$Q_{\text{заг. ут}}$	234,82

Результати розрахунку потужностей контуру контактного утилізатора теплоти відхідних газів досліджуваної водогрійної опалювальної котельні в двох опалювальному режимі роботи котельні представлені в табл. 3.1.

3.2 Розрахунок теплонасосної установки для обраного варіанту модернізації теплової схеми

Результати розрахунків основних показників ТНУ, що працює на холодоагенті R134a, які виконані в програмі SOLKANE SoftWare 8.0 з використанням методичних основ [18 – 20], проілюстровані в таблиці 3.2

Таблиця 3.2 – Результати розрахунку основних показників ТНУ

Показник	По- зна- чення	Оди- ниці вимі- рюва- ння	Формула	Періоди роботи ТНУ	
				СО	МіжОПАЛ
Питома теплота, яка відводиться з конденсатора	q_k	кДж/кг	$q_k = h_2 - h_3$	143,33	143,33
Питома теплота, яка підводиться у випарник	q_v	кДж/кг	$q_v = h_1 - h_4$	110	94
Теплова по- тужність ТНУ	Q_k	кВт	Задається	313	668,5
Витрата холодоагента	$G_{ха}$	кг/с	$G_{ха} = \frac{Q_k}{q_k \times \eta_{то}}$	2,23	4,76
Коефіцієнт перетворення	ϕ		$j = \frac{Q_k}{N_{км}}$	4,00	2,706
Потужність компресора	$N_{км}$	кВт	$N_{км} = \frac{G_{ха} \times H_p}{\eta_{ем}}$	78,185	247
Потужність випарника	Q_v	кВт	$Q_v = Q_k - N_{км}$	234,82	421,50
Витрата води у випарнику	G_v	кг/с	$G_v = \frac{Q_v}{C_p \times (t'_v - t''_v) \times \eta_{то}}$	3,812	6,843
Витрата води в конденсаторі	G_k	кг/с	$G_k = \frac{Q_k}{C_p \times (t_{тну} - t_{зв})}$	3,557	4,986

Результати розрахунків ТНУ на холодоагенті R134a, що було проведено в програмі SOLKANE SoftWare 8 показані в таблиці 3.2.

3.3 Розрахунок утилізаційних потужностей від приводного двигуна

Результати розрахунку утилізаційних потужностей приводного двигуна ТНУ, проведеного за методикою з [18-20], показані у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Результати розрахунку утилізаційних потужностей приводного двигуна ТНУ

Показник	Позначення	Одиниця вимірювання	Формула	CO	МіжОПАЛ
Електрична потужність двигуна	$N_{\text{двз}}$	кВт	З розрахунку ТНУ	78,185	247
Витрата природного газу	$B_p^{\text{д}}$	м ³ /с	$B_p^{\text{д}} = \frac{B_y^{\text{д}} \times Q_{\text{н}}^{\text{р}}}{Q_{\text{н}}^{\text{р}}}$	0,006	0,019
Масова витрата відхідних газів після двигуна	$G_{\text{вг}}$	кг/с	$G_{\text{вг}} = B_p^{\text{д}} \times M_{\text{сум}}$	0,146	0,463
Потужність утилізатора теплоти відхідних газів	$Q_{\text{ут}}$	кВт	$Q_{\text{ут}} = G_{\text{вг}} \times C_{p_{\text{г}}} \times (t_{\text{д}} - t_{\text{ут}}) \times \eta_{\text{то}}$	54,07	170,82
Потужність системи охолодження двигуна	$Q_{\text{ох}}$	кВт	$Q_{\text{ох}} = 0,2 \times B_p^{\text{д}} \times Q_{\text{н}}^{\text{р}} \times \eta_{\text{то}}$	40,16	126,88
Потужність теплоутилізаційного устаткування	$\sum Q_{\text{ут}}$	кВт	$\sum Q_{\text{ут}} = Q_{\text{ут}} + Q_{\text{ох}}$	94,23	297,69
Витрата води в утилізаторі	$G_{\text{ут}}$	кг/с	$G_{\text{ут}} = \frac{Q_{\text{ут}}}{C_p \times (t_2 - t_1)}$	0,57	1,81

Результати розрахунку утилізаційних потужностей приводного двигуна ТНУ, проведеного за методикою з [18-20], показані у таблиці 3.3.

3.4 Вибір теплонасосного та іншого обладнання. Розробка технології монтажу нового обладнання

Для обраного варіанту застосування ТНУ на теплоті вторинних енергоресурсів та відновлюваного природного джерела в модернізованій тепловій схемі ми підбираємо нове обладнання на основі [21-24].

В тепловій схемі передбачається встановлення теплового насосу виробництва компанії OCHSNER, серії IWS660ER2, марки W10/W35 з розрахунковою теплопродуктивністю 663,3 кВт, який працюватиме в двох режимах: опалювальному режимі (середнє навантаження) та міжопалювальному режимі (режим ГВП). Привід компресора теплового насосу буде забезпечено від газпоршневого двигуна-генератора Generac SG 400 номінальної потужності 320 кВт. Для вироблення теплоти в контурі випарника ТНУ підібрано КТАН-утилізатор марки КТАН-0,8УГ (теплопродуктивність 0,1-1 МВт).

Розроблено технологію монтажу пластинчастого теплообмінника для контура випарника теплового насосу на основі літературних джерел [25 - 34], результати розрахунків показані в Додатку В.

Висновки

Для обраного варіанту застосування ТНУ на теплоті вторинних енергоресурсів та відновлюваного природного джерела в модернізованій тепловій схемі підібрано нове обладнання.

Розроблено технологію монтажу пластинчастого теплообмінника для контура випарника теплового насосу на основі літературних джерел [25 - 34], результати розрахунків показані в Додатку В.

4 ОЦІНКА ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ КОТЕЛЬНОЇ З ТНУ

4.1 Оцінка енергетичної ефективності теплової схеми котельні з пароконденсійною ТНУ

Результати оцінки ефективності теплової схеми котельні з пароконденсійною ТНУ (за методикою з [18-20]), показані в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Оцінка енергетичної ефективності теплової схеми котельні з пароконденсійною ТНУ

Показник	Позначення	Одиниця вимірювання	Формула	Режим 1	Режим 2	Режим 3
Теплова потужність котельні	Q_k	кВт	$Q_k = G_k \cdot c_v \cdot (t_k'' - t_k') \cdot 10^{-3}$	3095	1868,4	0
Витрата робочого палива на котел	B_{pk}	м ³ /с	$B_{pk} = Q_k / (Q_H^p \cdot \eta_k)$	0,0639	0,0264	0
Загальна потужність ТНУ та утилізаторів ДВЗ	ΣQ	МВт	За попередніми розрахунками	0	425,59	1024,2
Витрата робочого палива на ДВЗ	$B_{двз}$	м ³ /с	За попередніми Розрахунками	0	0,006	0,019
Загальна витрата палива на котельню	B_3	м ³ /с	$B_3 = B_k + B_{двз}$	0,0639	0,0323	0,019
Економія палива за рахунок модернізації	ΔB	%	$\Delta B = \frac{B_{існ} - B_3}{B_{існ}} \cdot 100\%$	0	18,966	40,447
Середньорічна економія палива	$\Delta B_{ср\,річ}$	%		29,961		

Результати оцінки ефективності теплової схеми котельні з парокомпресійною ТНУ (за методикою з [18-20]), показані в табл. 4.1.

4.2 Аналіз показників економічної ефективності теплової схеми котельні з ТНУ

Аналіз показників економічної ефективності теплової схеми котельні з ТНУ був проведений за методикою з літературних джерел [18-20, 35-37], результати показані в табл. 4.2 та на рис. 4.1 – 4.4.

Таблиця 4.2 – Показники економічної ефективності теплової схеми котельні з ТНУ

Показник	Позначення	Одиниця вимірювання	Формула	Значення
Інші витрати до модернізації	$C_{\text{інші}}$	грн/рік	$C_{\text{інші}} = 0,06 \times (C_{\text{п}} + C_{\text{ел}} + C_{\text{в}} + C_{\text{з.п}})$	2192878
Інші витрати після модернізації	$C_{\text{інші}}^{\text{м}}$	грн/рік	$C_{\text{інші}}^{\text{м}} = 0,06 \cdot (C_{\text{п}}^{\text{м}} + C_{\text{ел}}^{\text{м}} + C_{\text{в}}^{\text{м}} + C_{\text{ам}} + C_{\text{з.п.}} + C_{\text{пр}})$	1843783
Експлуатаційні витрати до модернізації	$C_{\text{е}}$	грн/рік	$C_{\text{е}} = C_{\text{п}} + C_{\text{ел}} + C_{\text{в}} + C_{\text{з.п}} + C_{\text{інші}}$	38740858
Експлуатаційні витрати після модернізації	$C_{\text{е}}^{\text{м}}$	грн/рік	$C_{\text{е}}^{\text{м}} = C_{\text{п}}^{\text{м}} + C_{\text{ел}}^{\text{м}} + C_{\text{в}}^{\text{м}} + C_{\text{ам}} + C_{\text{з.п.}} + C_{\text{пр}} + C_{\text{інші}}^{\text{м}}$	32573510
Зменшення експлуатаційних витрат	$\Delta C_{\text{е}}$	грн/рік	$\Delta C_{\text{е}} = C_{\text{е}} - C_{\text{е}}^{\text{м}}$	6167348
Собівартість відпущеної теплоти	$CB_{\text{негод}}$	грн/ГДж	$CB_{\text{негод}} = C_{\text{е}} / Q_{\text{річ}}$	1092,35
Собівартість відпущеної теплоти після модернізації	$CB_{\text{год.}}$	грн/ГДж	$CB_{\text{год.}} = C_{\text{е}}^{\text{м}} / Q_{\text{річ}}$	918,46
Економічна ефективність	$E_{\text{ф}}$	млн. грн/рік	$E_{\text{ф}} = (CB_{\text{негод}} - CB_{\text{год.}}) \times Q_{\text{річ.}}$	6167348
Термін окупності	T	рік	$T = K_{\text{н.о.}} / E_{\text{ф}}$	1,53

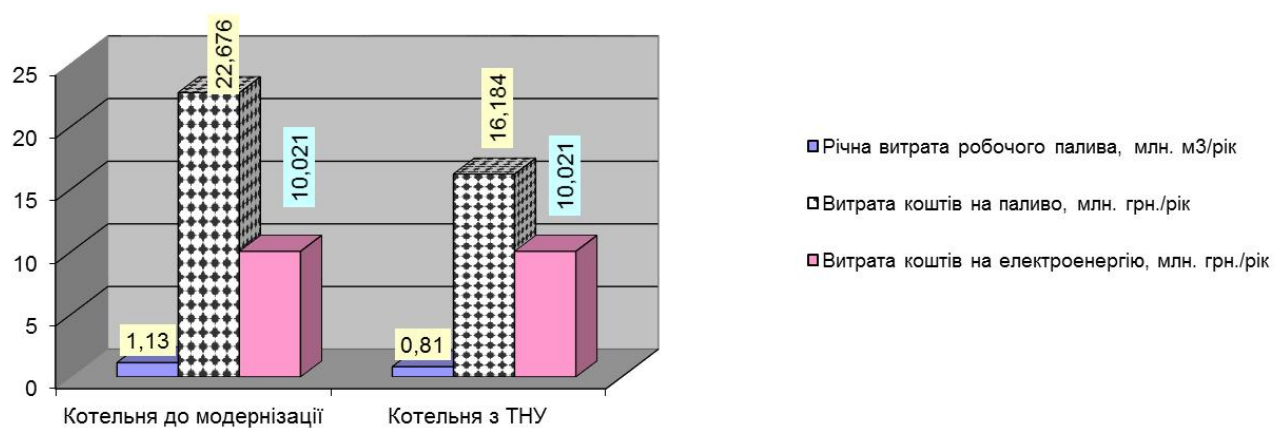


Рисунок 4.1 – Техніко-економічні показники

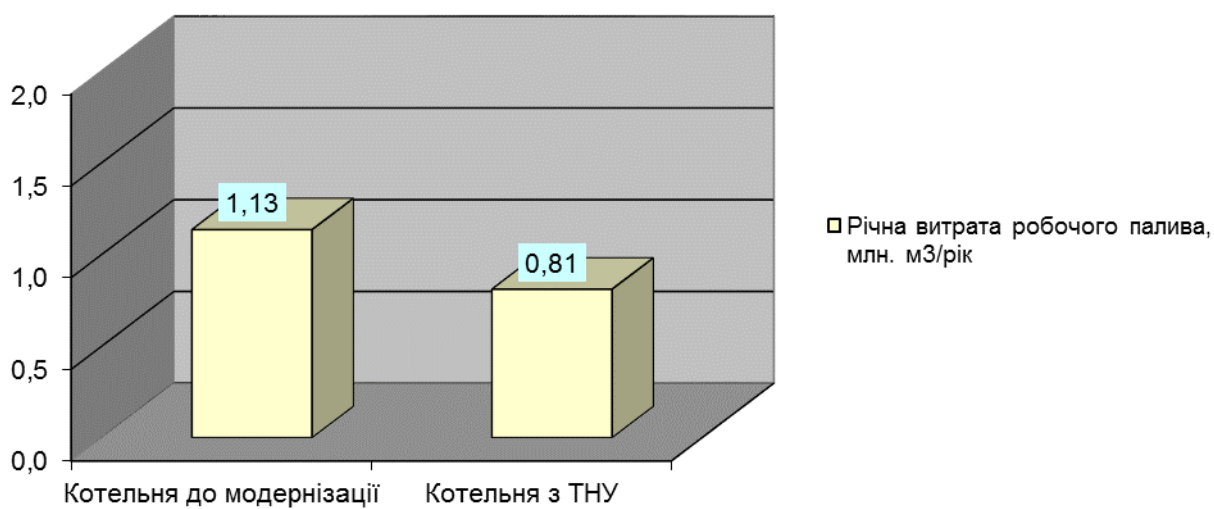


Рисунок 4.2 – Техніко-економічні показники

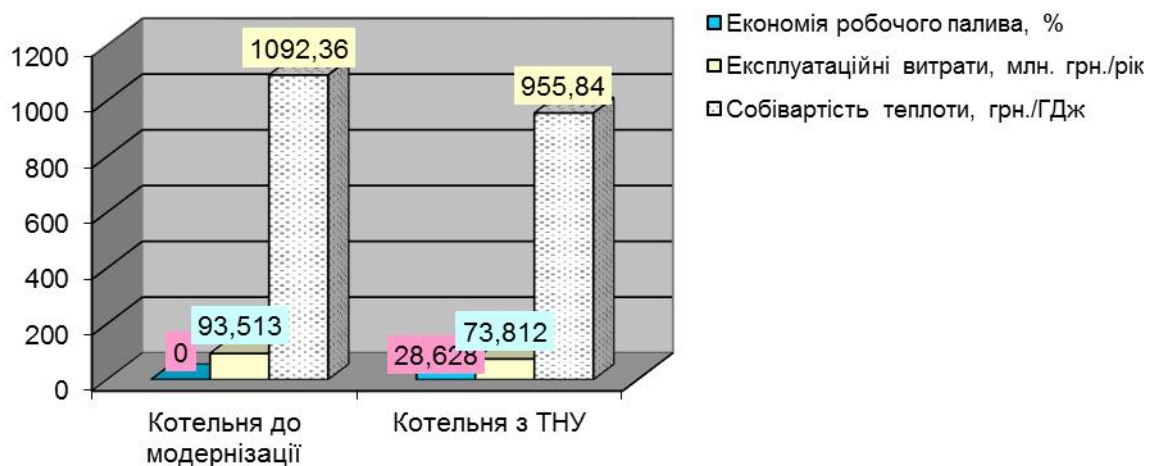


Рисунок 4.3 – Техніко-економічні показники

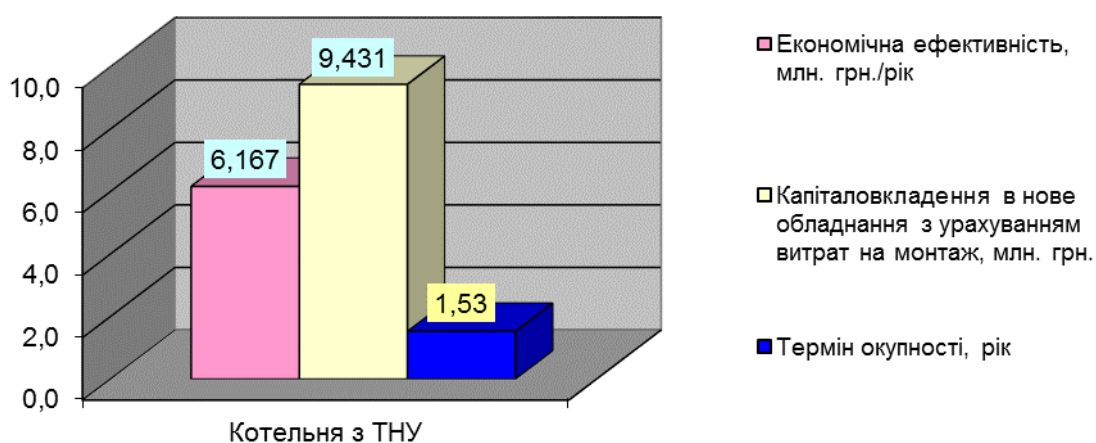


Рисунок 4.4 – Техніко-економічні показники

Висновки

За результатами виконаного в цьому підрозділі економічного аналізу, проведеного для обраного варіанту застосування ТНУ в тепловій схемі котельні було визначено, що використання теплоти вторинних енергоресурсів котельні та відновлюваних джерел енергії в схемі котельні з парокомпресійною ТНУ

забезпечить економію природного газу в обсязі 28,63%, знизить експлуатаційні витрати на 6,167 млн. грн. в рік та забезпечить зниження собівартості виробленої теплоти. Капіталовкладення в нове обладнання для аваріанту модернізації схеми опалювальної котельні з ТНУ становитимуть 9,431 млн. грн., термін окупності капіталовкладень становитиме 1,53 року.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

У цьому розділі магістерської дипломної роботи розроблені заходи з охорони праці під час виконання робіт з монтажу обладнання теплової схеми водогрійної котельні. На будівельно-монтажний персонал, який здійснює монтажні та налагоджувальні роботи з монтажу цієї системи, впливають такі шкідливі виробничі фактори [38, 39]:

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

хімічні фактори: речовини хімічного походження, в основному аерозолі фіброгенної дії (нетоксичний пил, оксид вуглецю);

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

Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту.

Технічні рішення з безпечної організації робочих місць.

Під час монтажу інженерного обладнання теплової схеми (прокладання трубопроводів, монтаж сантехнічного, опалювального, вентиляційного та газового обладнання), з метою запобігання впливу на працівників цих небезпечних і шкідливих виробничих факторів, потрібно дотримуватися вимог [40], а саме:

під час виконання робіт на висоті робочі місця повинні бути обладнані вентиляцією, засобами пожежогасіння;

додержанням заходів безпеки під час виконання робіт у траншеях і колодязях;

додержанням спеціальних заходів безпеки під час травлення і знежирення трубопроводів.

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

Ліквідацію недоліків, виявлених під час випробувань змонтованої системи і обладнання, необхідно виконувати на підставі розроблених і затверджених замовником і генеральним підрядником разом із субпідрядними організаціями заходів щодо безпеки виконання цих робіт. Встановлення та зняття перемичок (зв'язків) між змонтованим і діючим устаткуванням, а також підключення тимчасових установок до діючих систем (електричних, парових, технічних тощо) без письмового дозволу генерального підрядника і замовника не допускається.

Монтаж трубопроводів і повітроводів на естакадах необхідно виконувати з інвентарного риштування, обладнаного сходами для піднімання і спускання працівників. Піднімання і спускання конструкціями естакад не допускається. Забороняється перебування людей під обладнанням, що встановлюється, монтажними вузлами обладнання і трубопроводів до їх остаточного закріплення. Опускати труби у закріплену траншею необхідно так, щоб не порушувати кріплення траншеї. Не дозволяється скочувати труби в траншею за допомогою ломів і ваг, а також використовувати розпірки кріплення траншей як опори для труб.

Всі електроустановки повинні бути в пожежо- вибухобезпечному виконанні. Монтаж обладнання, трубопроводів і повітропроводів поблизу електричних мереж (у межах відстані, яка дорівнює найбільшій довжині вузла чи ланки трубопроводу, що монтується) виконується при знятій напрузі.

Під час продування труб стисненим повітрям забороняється перебувати в камерах і колодязях, де встановлено засувки, вентиля, крани тощо. Під час продування трубопроводів необхідно встановлювати на кінцях труб щити для захисту очей від окалини та піску. Персоналу забороняється перебувати проти чи поблизу кінців труб, що продуваються.

Під час монтажу трубопроводів і обладнання стикування та з'єднання отворів і перевіряння їх збігу в деталях, що монтуються, необхідно виконувати за допомогою спеціального інструменту (конусних оправок, складальних пробок тощо). Перевіряти збіг отворів у деталях, що монтуються, пальцями рук не допускається.

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.

Безпека випробувань обладнання та трубопроводів повинна бути забезпечена відповідно до вимог [40], заходів з безпеки праці, зазначених у проектно-технологічній документації (ПОБ, ПВР тощо), а також відповідно до опрацювання та дотримання: плану випробувань; вимог безпеки під час виконання робіт у траншеях, колодязях і на висоті; заходів безпеки під час пневматичних випробувань обладнання та трубопроводів, випробування обладнання під навантаженням.

Випробування обладнання та трубопроводів необхідно виконувати під безпосереднім керівництвом спеціально призначеної особи з числа фахівців монтажної організації. Випробування змонтованого обладнання потрібно виконувати відповідно до вимог [40], правил та інструкцій, затверджених органами Держпраці, а також інструкцій заводу-виробника з експлуатації даного обладнання.

Перед випробуванням обладнання необхідно: керівнику робіт ознайомити персонал, який бере участь у випробуваннях, з порядком проведення робіт і заходами їх безпечного виконання; попередити працюючих на суміжних ділянках про час проведення випробувань; забезпечити візуальну, а за необхідності, за допомогою приладів, перевірку кріплення устаткування, стану ізоляції та заземлення електричної частини, наявності та справності арматури, пускових і гальмівних пристроїв, контрольно-вимірювальних приладів і заглушок; огородити і позначити відповідними знаками зону випробувань; за необхідності улаштувати аварійну сигналізацію; забезпечити можливість аварійного вимкнення обладнання, що випробовується; перевірити відсутність усередині і ззовні обладнання сторонніх предметів; означити попереджувальними знаками тимчасові заглушки, люки та

фланцеві з'єднання; обладнати пости з розрахунку один пост у межах видимості іншого, але не рідше ніж через кожних 200 м один від одного для попередження про небезпечну зону; визначити місця й умови безпечного перебування осіб, зайнятих випробуванням; забезпечити готовність засобів пожежогасіння й обслуговуючого персоналу, який може бути задіяний для ліквідації пожежі; забезпечити освітленість робочих місць не менше ніж 50 лк; призначити осіб, відповідальних за виконання заходів безпеки, передбачених програмою випробувань.

Усунення недоробок на обладнанні, виявлених під час випробувань, необхідно виконувати після його відключення і повної зупинки.

Одночасні гідравлічні випробування декількох трубопроводів, змонтованих на одних опорних конструкціях чи естакаді, допускаються у разі, якщо опорні конструкції чи естакади розраховані на відповідні навантаження. У разі розташування трубопроводів поблизу житлових чи таких, що експлуатуються громадських або промислових будинків, їх пневматичні випробування можна проводити за умови, що віконні та дверні прорізи цих будинків, які знаходяться у межах небезпечної зони, повинні бути закриті захисними огорожами (щитами, ґратами).

Починати випробування обладнання дозволяється тільки після своєчасного попередження осіб, що перебувають у зоні випробувань, і одержання дозволу керівника випробувань. Під час випробувань обладнання не дозволяється: знімати захисні огорожі; відкривати люки, огорожі, чистити та змазувати обладнання, доторкатися до його частин, що рухаються; перевіряти та усувати дефекти в електричних колах електроустаткування та приладів автоматики.

Електробезпека

Живлення силового будівельного обладнання та систем освітлення здійснюється від чотирьохпровідної трифазної мережі 380 х 220В (фазна напруга (фаза – "0") – 220В, а міжфазна лінійна (фаза – фаза) – 380В), з'єднаної з силовим трансформатором. Проектування та експлуатація електричних мереж і установок повинна здійснюватися за умови дотримання вимог з їхньої електробезпеки [41, 42]. Категорія умов за небезпекою електротравматизму – підвищеної небезпеки, у

зв'язку з наявністю на об'єктах, що будуються та реконструюються, струмопровідної підлоги.

Технічні рішення щодо запобігання електротравмам [41, 42]: для запобігання електротравм від контакту з нормально-струмопровідними елементами електроустаткування, необхідно: розміщувати неізолювані струмопровідні елементи в окремих приміщеннях з обмеженим доступом, у металевих шафах; використовувати засоби орієнтації в електроустаткуванні - написи, таблички, попереджувальні знаки; підвід кабелів до споживачів здійснювати у закритих конструкціях підлоги; персонал, який обслуговує електроустановки, повинен бути забезпечений випробуваними основними та допоміжними електрозахисними засобами. Основні (до 1000В): ізолювальні штанги; ізолювальні та струмовимірювальні кліщі; покажчики напруги; діелектричні рукавиці; слюсарно-монтажний інструмент з ізолюваними ручками; додаткові (до 1000 В): діелектричні калоші; діелектричні килимки; переносні заземлення; ізолювальні накладки і підставки; захисні пристрої; плакати і знаки безпеки.

Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

Мікроклімат

Для забезпечення нормального мікроклімату в робочій зоні [43] встановлені нормовані параметри, значення яких наведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Нормовані параметри мікроклімату в робочій зоні з категорією робіт Па.

Період року	Категорія робіт	Допустимі		
		t, °C	W, %	V, м/с
Теплий	Середньої важкості Па	18-27	65 при 26°C	0,2-0,4
Холодний		17-23	До 75%	не більше 0,3

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату проектом передбачено [44]: температура внутрішніх поверхонь будівельних

конструкцій робочої зони і зовнішніх поверхонь обладнання при забезпеченні допустимих параметрів мікроклімату не повинна перевищувати 2°C; якщо температура поверхонь вище або нижче допустимої температури повітря, то робочі місця повинні бути віддалені від них на відстань не менше 1 м; для забезпечення нормованих значень швидкості руху повітря проектом передбачається витяжна та припливна вентиляційні системи.

Склад повітря робочої зони

Забруднення повітря робочої зони регламентується граничнодопустимими концентраціями (ГДК) в мг/м³ [43]. Нормовані параметри забруднення повітря в робочій зоні наведено в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Можливі забруднювачі повітря можуть і їх ГДК

Найменування речовини	ГДК, мг/куб.м		Клас небезпечності
	Максимальна разова	Середньодобова	
Оксид вуглецю		20	4
Пил нетоксичний	4	4	4

Для нормалізації складу повітря робочої зони потрібно здійснювати щоденне прибирання робочого місця [44]. Потрібно підкреслити, що будь-яке нагромадження пилу може привести до загоряння. Чим дрібніше пил (менша зернистість), тим вище небезпека.

Виробниче освітлення

Характеристика зорових робіт – середньої точності.

Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 розряд зорової роботи IV, підрозряд «в» [45]. Допустимі рівні виробничого освітлення наведені в таблиці 5.3.

Для забезпечення достатнього освітлення здійснюють систематичне очищення скла та світильників від пилу (не рідше двох разів на рік), використовують жалюзі. В разі нестачі природного освітлення, використовують загальне штучне освітленням, що створюється за допомогою світлодіодних ламп E27 LED 15W NW

A60 "SG". Висота підвісу світильників над робочою поверхнею 2,5 метра. Світильники з світлодіодними лампами розміщують рядами; що дозволяє здійснювати їх послідовне включення (відключення) в залежності від величини природної освітленості.

Таблиця 5.3 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

Харак-ка зорової роботи	Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Під-розряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Характеристика фону	Штучне при системі комбінованого освітлення		Природне Ен пр	Сумісне Е сум
						всього	у т. ч. від загального		
Середньої точності	Від 0,5 до 1,0 включно	IV	в	малий середній великий	світлий середній темний	400	200	4	2,4

Виробничий шум

Нормовані параметри виробничого шуму в робочій зоні за ССБТ. Шум Загальні вимоги безпеки [46] наведені в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Рівень звукового тиску

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

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

Для зниження шуму в приміщенні, необхідно: безпосередньо біля джерел шуму використовувати звукопоглинаючі матеріали для покриття стелі, стін, застосовувати підвісні звукопоглиначі; для боротьби з вентиляційним шумом потрібно застосовувати мало шумові вентилятори.

Виробнича вібрація

На робочих місцях монтажників присутня вібрація типу За [47]. Нормовані параметри виробничої вібрації в робочій зоні наведено в таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 – Допустимі рівні вібрації на постійних робочих місцях

Вид вібрації	Октавні смуги з середньгеометричними частотами, Гц									
	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000
Загальна вібрація: на постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях	$\frac{1,3^*}{108}$	$\frac{0,45}{99}$	$\frac{0,22}{93}$	$\frac{0,2}{92}$	$\frac{0,2}{92}$	$\frac{0,2}{92}$	-	-	-	-
Локальна вібрація	-	-	$\frac{2,8}{115}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$

* В чисельнику середньоквадратичне значення вібрації, $\text{м/с} \cdot 10^{-2}$, в знаменнику – логарифмічні рівні вібрації, дБ.

Для зменшення дії вібрацій на працюючих проектом передбачено: динамічне погашення вібрації – приєднання до захисного об'єкту системи, реакції якої зменшують розмах вібрації об'єкта в точках приєднання системи; зміна конструктивних елементів машин; застосування засобів індивідуального захисту, а саме рукавиці, вкладиші і прокладки, віброзахисне взуття з пружнодемпферуючим низом.

Пожежна безпека

Пожежну безпеку промислових і інших об'єктів регламентують Правила пожежної безпеки в Україні [48, 49]. Пожежо- вибухонебезпечність речовин і матеріалів визначається за ДСТУ 8829: 2019 [50], за якою визначається категорія

приміщень за вибуховою та пожежною безпекою [51].

Отже, приміщення, де встановлене нагрівальне обладнання системи опалення, за вибухонебезпекою та пожежонебезпекою відноситься до категорії Г – негорючі речовини і/або матеріали у гарячому стані; горючі гази, рідини і/або тверді речовини, що спалюються або утилізуються як паливо з зонами П-Іа, де є тверді горючі речовини чи матеріали.

Будівля, в якій розташовані ці приміщення, характеризується II ступенем вогнестійкості. До II ступеня вогнестійкості відносяться будинки з несучими та огорожувальними конструкціями з природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону, залізобетону із застосуванням листових і плитних негорючих матеріалів. Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвилинах) та максимальні межі поширення вогню по них (см) за ДБН В.1.1.7-2016 [52] наведено в таблиці 5.6.

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

Ступінь вогнестійкості і будинків	Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвилинах) і максимальні межі поширення вогню по них (см)								
	стіни				коло-ни	сходові площадки, костури, сходи, балки, марші сходових кліток	пере-криття між поверхів (у т.ч. горищні та над підвалами)	елементи суміщених покриттів	
	несучі та сходових кліток	само-несучі	зовнішні не-несучі	внутрішні не-несучі (перегородки)				плити, насти-ли, прого-ни	балки, ферми, арки, рами
II	REI 120 M0	REI 60 M0	E 15 M0	E1 15 M0	R 120 M0	R 60 M0	REI 45 M0	RE 15 M0	R 30 M0

Протипожежні перешкоди і мінімальні межі їх вогнестійкості за ДБН В.1.1.7-2016 [52] наведено в таблиці 5.7.

Таблиця 5.7 – Протипожежні перешкоди та мінімальні межі їх вогнестійкості

Протипожежні перешкоди	Типи протипожежних перешкод або їх елементів	Мінімальна межа вогнестійкості протипожежної перешкоди (у хвиликах)	Тип заповнення прорізів, не нижче	Тип протипожежного тамбуршлюзу, не нижче
Стіни	3	REI 45	2	2
Перегородки	2	EI 15	3	2
Перекриття	3	REI 45	2	1

Протипожежні відстані між житловими, громадськими, адміністративно-побутовими будинками промислових підприємств, гаражами слід приймати за таблицею 5.8 (чисельник). В умовах забудови, що склалася, протипожежні відстані між житловими будинками та від житлових будинків до будівель і споруд іншого призначення слід визначати згідно з протипожежними вимогами даних норм, наведеними у таблиці 5.8. Протипожежні відстані від житлових, громадських, адміністративно-побутових будинків промислових підприємств, гаражів до виробничих, складських будинків і споруд слід приймати за таблицею 5.8 (знаменник) [52].

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

Ступінь вогнестійкості будинку	Відстані при ступені вогнестійкості будинків, м		
	I, II	III	IIIa, IIIб, IV, IVa, V
I, II	6/9	8/9	10/12

На території будівництва котельної встановлено 6 вогнегасників ВВП-8 (ВП-5) [53].

ВИСНОВКИ

В бакалаврській дипломній роботі запропоновано низку заходів, спрямованих на енерго- та ресурсозбереження в котельні, покращення техніко-економічних показників роботи діючої теплової схеми водогрійної опалювальної котельні завдяки встановленню парокомпресійної ТНУ з використанням теплоти вторинних енергоресурсів та природного відновлюваного джерела. Шляхом встановлення в котельні парокомпресійної ТНУ буде забезпечене зниження енерго- та ресурсоемності вироблення теплової енергії.

За результатами проведеного багатоваріантного аналізу низки проектних рішень з модернізації теплової схеми водогрійної котельні з ТНУ на основі аналізу низки енергетичних показників було обрано варіант використання вторинних енергоресурсів та відновлюваних джерел енергії в парокомпресійній ТНУ з приводом від газового двигуна на природному газі. За переліком вибраних енергетичних показників вищевказаний варіант модернізації теплової схеми водогрійної опалювальної котельні з ТНУ був обраний до проектування.

За результатами виконаного в цьому підрозділі багатоваріантного аналізу проектних рішень та техніко-економічного обґрунтування, проведеного для обраного варіанту застосування ТНУ в тепловій схемі котельні було визначено, що використання теплоти вторинних енергоресурсів котельні та відновлюваних джерел енергії в схемі котельні з парокомпресійною ТНУ забезпечить економію природного газу в обсязі 28,63%, знизить експлуатаційні витрати на 6,167 млн. грн. в рік та забезпечить зниження собівартості виробленої теплоти (див. рис. 2.9). Капіталовкладення в нове обладнання для варіанту модернізації схеми опалювальної котельні з ТНУ становитимуть 9,431 млн. грн., термін окупності капіталовкладень становитиме 1,53 року.

В бакалаврській дипломній роботі проведені розрахунки показників ефективності варіантів застосування парокомпресійної ТНУ в тепловій схемі опалювальної водогрійної котельні здійснювались методом математичного моделювання, при моделюванні було використано спеціалізовану програму

SOLKANE SoftWare 8.0, яка широко застосовується у європейських закладах вищої освіти в програмах підготовки здобувачів з метою моделювання роботи ТНУ та розрахунків циклів парокомпресійних ТНУ з різними варіантами холодоагентів та схемних рішень ТНУ. Досліджувалась робота ТНУ з урахуванням режимних показників теплової схеми на високотемпературному та низькотемпературному рівнях, які узгоджуються з температурними рівнями теплоти вторинних енергоресурсів котельні (відхідних газів) та природного низькотемпературного джерела теплоти (річкової води).

В тепловій схемі передбачається встановлення теплового насосу виробництва компанії OCHSNER, серії IWS660ER2, марки W10/W35 з розрахунковою теплопродуктивністю 663,3 кВт, який працюватиме в двох режимах: опалювальному режимі (середнє навантаження) та міжопалювальному режимі (режим ГВП). Привід компресора теплового насосу буде забезпечено від газпоршневого двигуна-генератора Generac SG 400 номінальної потужності 320 кВт. Для вироблення теплоти в контурі випарника ТНУ підібрано КТАН-утилізатор марки КТАН-0,8УГ (теплопродуктивність 0,1-1 МВт).

Розроблено технологію монтажу пластинчастого теплообмінника для контура випарника теплового насосу.

За результатами виконаного в цьому підрозділі економічного аналізу, проведеного для обраного варіанту застосування ТНУ в тепловій схемі котельні було визначено, що використання теплоти вторинних енергоресурсів котельні та відновлюваних джерел енергії в схемі котельні з парокомпресійною ТНУ забезпечить економію природного газу в обсязі 28,63%, знизить експлуатаційні витрати на 6,167 млн. грн. в рік та забезпечить зниження собівартості виробленої теплоти. Капіталовкладення в нове обладнання для аваріанту модернізації схеми опалювальної котельні з ТНУ становитимуть 9,431 млн. грн., термін окупності капіталовкладень становитиме 1,53 року.

Проаналізовано заходи з охорони праці.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Heat Roadmap Europe: Potentials for Large-Scale Heat Pumps in District Heating. URL: <https://heatpumpingtechnologies.org/annex47/wp-content/uploads/sites/54/2019/07/heat-roadmap-europe.pdf> (Дата звертання 03.06.24).
2. IEA Heat Pumping Technologies Annex 47 Heat Pumps in District Heating and Cooling Systems Task 2: Demonstration projects. URL: <https://heatpumpingtechnologies.org/annex47/wp-content/uploads/sites/54/2019/07/task-2-summary-report.pdf> (Дата звертання 03.06.24).
3. IEA Heat Pumping Technologies Annex 47 Heat Pumps in District Heating and Cooling Systems Task 3: Review of concepts and solutions of heat pump integration URL: <https://heatpumpingtechnologies.org/annex47/wp-content/uploads/sites/54/2019/03/task3-report.pdf> (Дата звертання 03.06.24).
4. REPORT. IEA Heat Pumping Technologies Annex 47. Heat Pumps in District Heating and Cooling Systems. Task 4: Implementation barriers, possibilities and solutions. URL: <https://heatpumpingtechnologies.org/annex47/wp-content/uploads/sites/54/2019/02/task4-report.pdf> (Дата звертання 03.06.24).
5. Теплові насоси в централізованих системах опалення та охолодження. URL: <https://heatpumpingtechnologies.org/heat-pumps-in-district-heating-and-cooling-systems/> (Дата звертання 03.06.24).
6. Додаток 47: Теплові насоси в системах централізованого опалення та охолодження. URL: <https://heatpumpingtechnologies.org/publications/annex-47-heat-pumps-in-district-heating-and-cooling-systems/> (Дата звертання 03.06.24).
7. Які країни відмовляються від обігрівачів на викопному паливі? URL: https://www.ehpa.org/2023/04/17/ehpa_news/which-countries-are-ending-fossil-fuel-heaters/ (Дата звертання 03.06.24).
8. Досягнення цілей ЄС щодо теплових насосів зменшить рахунки за опалення на 20% – звіт. URL: https://www.ehpa.org/2023/04/26/ehpa_news/meeting-eu-heat-pump-goals-will-slash-20-off-heating-bills-report/ (Дата звертання 03.06.24).

9. Ткаченко С. Й., Чепурний М. М., Степанов Д. В. Розрахунки теплових схем і основи проектування джерел теплопостачання : навч. посіб. Вінниця: ВНТУ, 2005. 137 с.
10. Остапенко О. П. Високоєфективні системи енергозабезпечення з когенераційно-теплонасосними установками: енергетичний, економічний та екологічний аспекти ефективності. Енергоефективність та енергозбереження: економічний, технічний та агроекологічний аспекти: колект. моногр. Полтава: ПП Астроя, 2019. С. 526 – 530.
11. Остапенко О. П. Методичні основи з оцінювання енергоекономічної ефективності систем енергозабезпечення з когенераційно-теплонасосними установками та піковими джерелами теплоти. Наукові праці ОНАХТ. 2017. Т. 81. Вип. 1. С. 136 – 141.
12. Остапенко О. П. Методичні основи з комплексного оцінювання енерго-еколого-економічної ефективності систем енергозабезпечення з когенераційно-теплонасосними установками та піковими джерелами теплоти . Наукові праці ВНТУ. 2017. № 3. URL: <https://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/515/507> (Дата звертання 03.06.24).
13. European Environment Agency. URL: <https://www.eea.europa.eu/> (Дата звертання 03.06.24).
14. Ostapenko Olga. Study of energy-economic efficiency of energy supply systems with cogeneration heat pump installations, using the heat of the industrial and natural sources, in industry and municipal heat power branch of Ukraine // Social and Legal Aspects of the Development of Civil Society Institutions: Collective Monograph. Part I. Warsaw: Institute of European Integration, Bmt Eridia Sp. z o. o., 2019, 536 p. P. 292 – 308.
15. Ostapenko Olga. Analysis of energy, ecological and economic efficiency of steam compressor heat pump installations, as compared with alternative sources of heat supply, with accounting the concept of sustainable development // Sustainable Development Under the Conditions of European Integration: Collective monograph / [editorial board Darko Bele, Lidija Weis, Nevenka Maher]. Part II. – Ljubljana: VŠPV, Visoka šola za poslovne vede = Ljubljana School of Business, 2019, 458 p. P. 312 – 329.

16. SOLKANE Refrigerants 8.0. URL: <https://solkane-refrigerants.software.informer.com/8.0/> (Дата звертання 03.06.24)..
17. Технические решения по использованию утилизаторов в котельных. URL: <http://www.norm-load.ru/SNiP/Data1/41/41822/index.htm>. (Дата звертання 03.06.24).
18. Ткаченко С. Й., Остапенко О. П. Парокомпресійні теплонасосні установки в системах теплопостачання: монографія. Вінниця : УНІВЕРСУМ – Вінниця. 2009. 176 с.
19. Остапенко О. П. Холодильна техніка та холодильна технологія. Теплові насоси : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2015. 123 с.
20. Остапенко О. П., Бакум О. В., Ющишина А. В. Енергетичний, екологічний та економічний аспекти ефективності теплонасосних станцій на природних та промислових джерелах теплоти. Наукові праці ВНТУ. 2013. № 3. URL: <http://praci.vntu.edu.ua/article/viewFile/3040/4626>. (Дата звертання 03.06.24).
21. Газопоршневі двигуни. URL : <http://220volt.com.ua/generatory/generac> (Дата звертання 03.06.24).
22. Промислові теплові насоси. URL: <https://www.geoteplo.com.ua/ua/katalog/catalogochsnere/heating/119industrie.html> (Дата звертання 03.06.24).
23. Контактний утилізатор КТАН-0,8УГ. URL: <http://goct.info/Data1/41/41822/index.htm>. (Дата звертання 03.06.24)
24. GLONG Product Catalogue. 80 Min / 700 MB. Fujian Glong Electric Group Co. Ltd. China, 2019. 1 електрон. опт. диск (CDROM); 12 см. Назва з контейнера.
25. Теплоенергетичне обладнання ОПЕКС. URL: <https://opeks.energy/ua/plastinchastij-teploobminnik-thermaks-rta-gx-26/> (Дата звертання 03.06.24).
26. ДБН Д.2.4-15-2000 Збірник 20. Внутрішні сантехнічні роботи. Київ: Держстандарт України, 1999. 107 с.
27. ДБН Д.2.3-12-99. Збірник 12. Технологічні трубопроводи. Київ: Держстандарт України, 2000. 46 с.

28. ДСТУ-Н Б В.2.5-68:2012. Настанова з будівництва, монтажу та контролю якості трубопроводів зовнішніх мереж водопостачання. Київ: Держстандарт України, 2012. 50 с.

29. Вантажні автомобілі. Каталог. URL: <http://interdalnoboy.com/gruzoviki/zil>. (Дата звертання 03.06.24).

30. Каталог кранів на спец шасі URL: <http://promspectehcentr.ru/krany>. (Дата звертання 03.06.24).

31. Каталог обладнання для електричного зварювання URL: <https://dnipro-m.ua/uk/svarochnoe-oborudovanie/apparat-invertor-sab/>. (Дата звертання 03.06.24).

32. Перфоратори. URL: <https://rozetka.com.ua/makita> (Дата звертання 03.06.24).

33. Кутові шліфмашини URL: <https://rozetka.com>. (Дата звертання 03.06.24).

34. Каталог будівельних машин і інструментів URL: <http://powertools.co.nz>. (Дата звертання 03.06.24).

35. Ostapenko O. P. Principles for selection of the areas of energy-ecological-economic efficiency of energy supply systems with cogeneration heat pump installations and peak sources of heat, Proceedings of the Second International Scientific and Practical conference «Applied Scientific and Technical Research –2018» (April 5 – 8, 2018, Academy of Technical Sciences of Ukraine, Ivano-Frankivsk city), Ivano-Frankivsk : Forte Symphony, 2018, p. 69.

36. Остапенко О. П., Портнов В. М., Волошин А. Д. Показники енергоекономічної ефективності систем енергозабезпечення на основі когенераційно-теплонасосних установок та пікових джерел теплоти. Електронне наукове видання матеріалів XLVI науково-технічної конференції Вінницького національного технічного університету (22 – 24 березня 2017 р., Вінниця). URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-btegp/all-fbtegp-2017/paper/view/2875/2248>. (Дата звертання 03.06.24).

37. Ostapenko O. P. Estimation of energy-ecological-economic efficiency of energy supply systems with cogeneration heat pump installations in Ukraine, in the concepts of green logistics and sustainable development / O. P. Ostapenko // Institutional Development Mechanism Of The Financial System Of The National Economy: Collective

monograph. – Batumi: Publishing House “Kalmosani”, 2020, 232 p. – P. 52 – 66. . ISBN 978-9941-9691-0-2.

38. ДСНіП «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». Наказ МОЗ № 248 від 08.04.2014. [Чинний від 2014-05-30]. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=58073 (Дата звертання 03.06.24).

39. ДСТУ-Н Б А 3.2-1: 2007. Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використання в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва. [Чинний від 2007-12-01]. URL: <https://profidom.com.ua/a-3/a-3-2/824-dstu-n-b-a-3-2-12007-nastanova-shhodo-viznachenna-nebezpechnih-i-shkidlivih-faktoriv->. (Дата звертання 03.06.24).

40. 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.

41. 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.

42. НПАОП 40.1-1.32-01. (ДНАОП 0.00-1.32-01). Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. [Чинний від 2002-01-01]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01#Text>. (Дата звертання 03.06.24).

43. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Постанова МОЗ № 42 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>. (Дата звертання 03.06.24).

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

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

46. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. Постанова МОЗ № 37 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>. (Дата звертання 03.06.24).

47. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. Постанова МОЗ № 39 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99>. (Дата звертання 03.06.24).

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

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

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

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

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

53. Про затвердження Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників. Наказ МВС № 765 від 28.10.2020. [Чинний від 2021-01-26]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0225-18#Text>. (Дата звертання 03.06.24).

Додатки

Додаток А

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Теплонасосна установка в тепловій схемі водогрійної котельні

Тип роботи: бакалаврська дипломна робота
(БДР, МКР)

Підрозділ кафедра теплоенергетики, ФБЦЕІ
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Unichesk

Оригінальність 80,7 Схожість 19,3

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]
(підпис)

Співак О.Ю.
(прізвище, ініціали)

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

Автор роботи

[підпис]
(підпис)

Гедз В. І.

(прізвище, ініціали)

Керівник роботи

[підпис]
(підпис)

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 [підпис] Д.В. Степанов

Додаток Б
(обов'язковий)

УЗГОДЖЕНО

" ____ " _____ 2024 р.

ЗАТВЕРДЖАЮ

Завидач кафедри ТН

Д. В. Степанов

" 22 " 03 2024 р.

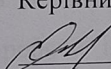
ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ
до бакалаврської дипломної роботи
ТЕПЛОНАСОСНА УСТАНОВКА В ТЕПЛОВІЙ СХЕМІ ВОДОГРІЙНОЇ
КОТЕЛЬНІ

за спеціальністю

144 – теплоенергетика

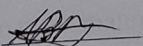
08-15.БДР.009.00.00.000 ТЗ

Керівник бакалаврської роботи

 к.т.н., доц. Остапенко О. П.

"22" березня 2024 р.

Розробив студент гр. ТЕ-22мс

 Гедз В. І.

"22" березня 2024 р.

Вінниця ВНТУ 2024

1 Найменування і область використання продукції

Парокомпресійна теплонасосна установка в тепловій схемі котельні призначена для забезпечення потреб опалення та гарячого водопостачання споживачів.

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

2 Основа для виконання робіт

Основою для виконання робіт є індивідуальне завдання на бакалаврську роботу, вихідні дані з підприємства, наказ ректора ВНТУ №80 від 11.03.2024 р. про затвердження теми БДР.

3 Мета та призначення розробки

Метою проектування є підвищення енергоефективності котельні з використанням ТНУ, визначення раціональної схеми застосування теплонасосної установки в тепловій схемі котельні для забезпечення теплових навантажень.

Аналіз і визначення показників роботи існуючої теплової схеми. Розробка варіантів застосування теплонасосної установки, яка включає в себе: техніко-економічне обґрунтування можливих проектних рішень; визначення на підставі багатоваріантного аналізу оптимального варіанту застосування теплонасосної установки; вибір основного і допоміжного обладнання теплонасосної установки.

4 Джерела розробки

Основою для розробки є індивідуальне завдання на бакалаврську роботу, дані багатьох літературних джерел та інші технічні матеріали про ефективність застосування теплонасосної установки на підприємствах промислової теплоенергетики.

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

4.2. Остапенко О. П. Холодильна техніка та холодильна технологія. Теплові насоси : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2015. 123 с.

4.3. Остапенко О. П., Бакум О. В., Ющишина А. В. Енергетичний, екологічний та економічний аспекти ефективності теплонасосних станцій на природних та промислових джерелах теплоти. Наукові праці ВНТУ. 2013. № 3. URL: <http://praci.vntu.edu.ua/article/viewFile/3040/4626>. (Дата звертання 28.03.24).

4.4. Остапенко О. П., Портнов В. М., Волошин А. Д. Показники енергоекономічної ефективності систем енергозабезпечення на основі когенераційно-теплонасосних установок та пікових джерел теплоти. Електронне наукове видання матеріалів XLVI науково-технічної конференції Вінницького національного технічного університету (22 – 24 березня 2017 р., Вінниця). URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-btegp/all-fbtegp-2017/paper/view/2875/2248>. (Дата звертання 28.03.24).

4.5. Ostapenko O. P. Principles for selection of the areas of energy-ecological-economic efficiency of energy supply systems with cogeneration heat pump installations and peak sources of heat, Proceedings of the Second International Scientific and Practical conference «Applied Scientific and Technical Research –2018» (April 5 – 8, 2018, Academy of Technical Sciences of Ukraine, Ivano-Frankivsk city), Ivano-Frankivsk : Forte Symphony, 2018. P. 69.

4.6. Ostapenko O. P. Estimation of energy-ecological-economic efficiency of energy supply systems with cogeneration heat pump installations in Ukraine, in the concepts of

green logistics and sustainable development. Institutional Development Mechanism Of The Financial System Of The National Economy: collective monograph. Batumi: Publishing House “Kalmosani”, 2020, 232 p. P. 52 – 66. ISBN 978-9941-9691-0-2.

4.7. Ostapenko Olga. Study of energy-economic efficiency of energy supply systems with cogeneration heat pump installations, using the heat of the industrial and natural sources, in industry and municipal heat power branch of Ukraine. Social and Legal Aspects of the Development of Civil Society Institutions: Collective Monograph. Part I. Warsaw: Institute of European Integration, Bmt Eridia Sp. z o. o., 2019, 536 p. P. 292 – 308.

5 Технічні вимоги

Головною вимогою є отримання теплової енергії у вигляді пари з параметрами, які відповідають графікам теплових навантажень.

Забезпечення потужностей споживачів: відпуск теплоти на опалення $Q_{оп}=2$ МВт; відпуск теплоти на ГВП $Q_{гвп}=1$ МВт; температура прямої мережної води на виході із котельні $t_{мв}^I=115$ °С; температура зворотної мережної води $t_{мв}^{II}=70$ °С, паливо – природний газ; теплота згорання палива 34 МДж/м³.

Забезпечення власних потреб в тепловій енергії.

6 Економічні показники

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

7 Стадії та етапи розробки

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва та зміст етапу	Термін виконання		Примітка
		початок	закінчення	
1	Огляд літературних джерел	28.03.24	02.04.24	
2	Багатоваріантний аналіз та техніко-економічне обґрунтування	30.03.24	07.04.24	
3	Результати розрахунків теплової схеми котельні з парокомпресійною ТНУ	06.04.24	20.05.24	
4	Оцінка енергетичної ефективності теплової схеми котельні з ТНУ	13.04.24	29.05.24	
5	Охорона праці	27.05.24	09.06.24	
6	Перевірка на плагіат	12.06.24	13.06.24	
7	Оформлення БДР, підготовка презентації	27.05.24	04.06.24	
8	Попередній захист	04.06.24	04.06.24	
9	Нормативний контроль	12.06.24	12.06.24	
10	Рецензування	13.06.24	13.06.24	
11	Подача БДР в електронний архів університету та на випускову кафедру	14.06.24	14.06.24	
12	Захист БДР	15.06.24	15.06.24	

Дата видачі завдання «22» березня 2024 р.

Крайні терміни виконання «04» червня 2024 р.

8 Порядок контролю та прийняття

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

9 Koreгування технічного завдання допускається з дозволу керівника БДР.

ДОДАТОК В

ТЕХНОЛОГІЯ МОНТАЖУ ПЛАСТИНЧАСТОГО ТЕПЛООБМІННИКА В КОНТУРІ ВИПАРНИКА ТЕПЛОВОГО НАСОСУ ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ КОТЕЛЬНОЇ

В БДР розробляється технологія монтажу пластинчастого теплообмінника THERMAKS, який працює в контурі випарника теплового насоса, теплової схеми котельні .

Теплонасосна установка за допомогою теплообмінника відбирає тепло від контактних утилізаторів. У даному теплообміннику значення теплового потоку залежить від різниці температур теплоносіїв і коефіцієнта теплопередачі. Вода з утилізатора за допомогою насоса подачі всмоктується і проходить через проміжний пластинчастий теплообмінник у випарник. Порівняно з іншими джерелами тепла, вони дозволяють отримати найвищу температуру. Вода з утилізатора не є досить дорогим джерелом тепла, але вона може використовуватися лише в тому випадку, якщо відповідає вимогам щодо якості води. Дотримання цих вимог важливе для ефективної роботи теплового насоса.

Принципова тепла схема котельні з пластинчастим теплообмінником в контурі випарника теплонасосної установки наведена на рис. В.1.

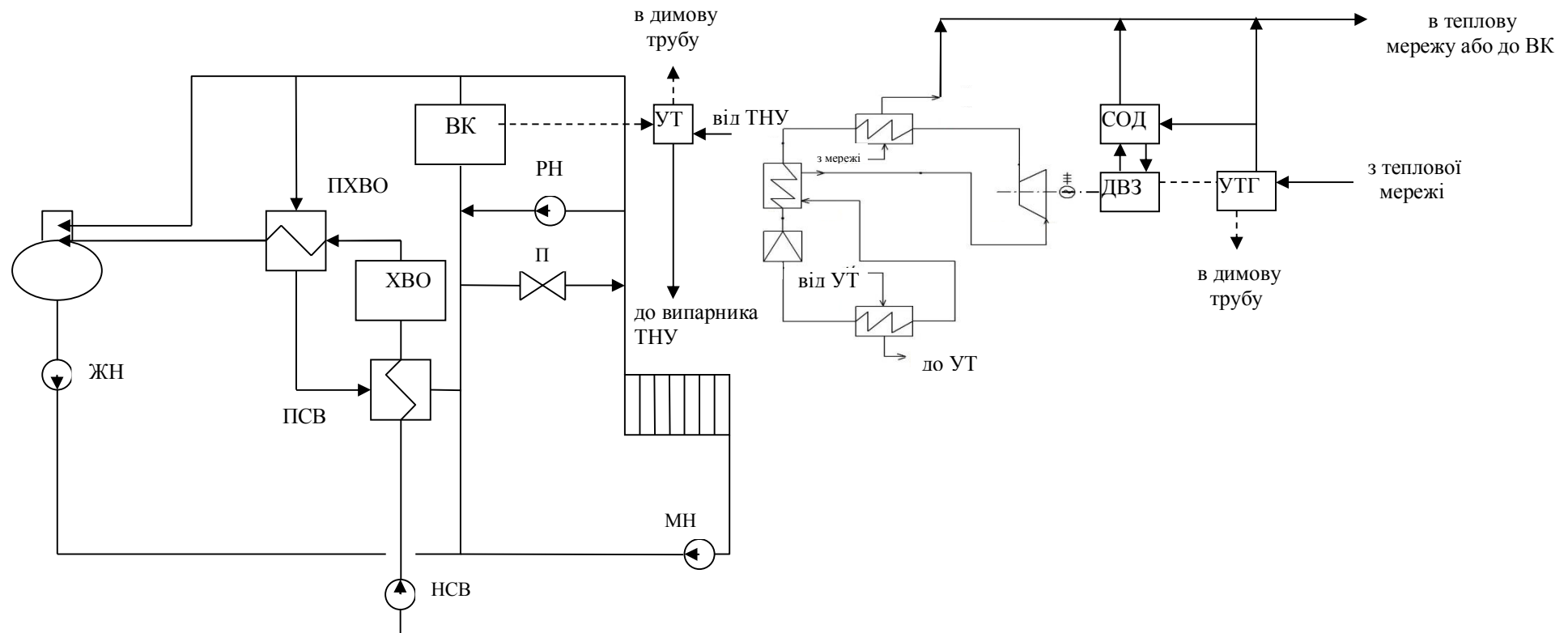


Рисунок В.1 – Теплова схема водогрійної котельні з ТНУ та ДВЗ

ЖН – живильний насос; МН – мережний насос; ПСВ – підігрівник сирого води; ПХВО – підігрівник хімоочищеної води;

НСВ – насос сирого води; ЛП – лінія перепустки; ВК – водогрійний котел; ХВО – хімводоочистка, УТ – контактний утилізатор теплоти відхідних газів котлів, ТНУ – теплонасосна установка, ДВЗ – газопоршневий двигун внутрішнього згорання, СОД – система охолодження двигуна, УТГ – утилізатор теплоти газів від двигуна

Розрахунок теплообмінника проміжного контуру

Теплообмінник, що проектується призначений для утилізації теплоти низькотемпературного теплоносія, для подальшого використання цієї теплоти у випарнику ТНУ.

Технічні вимоги.

Теплова потужність $Q = 0,35$ (МВт).

Коефіцієнт теплопередачі отримано із характеристики теплообмінника, $k = 1435,3$ (Вт/м²К).

Температура грійної води на вході $t_1^{\text{г}} = 15$ (°C).

Температура грійної води на виході $t_2^{\text{г}} = 12$ (°C).

Температура води, що нагрівається, на вході $t_1^{\text{в}} = 5$ (°C).

Температура води, що нагрівається, на виході $t_2^{\text{в}} = 10$ (°C).

Середній температурний напір протитоку

$$\Delta t_{\text{cp}} = \frac{\Delta t_{\text{б}} - \Delta t_{\text{м}}}{\ln \frac{\Delta t_{\text{б}}}{\Delta t_{\text{м}}}}, \quad (\text{B.1})$$

де $\Delta t_{\text{б}}, \Delta t_{\text{м}}$ – відповідно більша і менша різниця температур.
Зобразимо протитечійну схему руху теплоносіїв на рис. В.2.

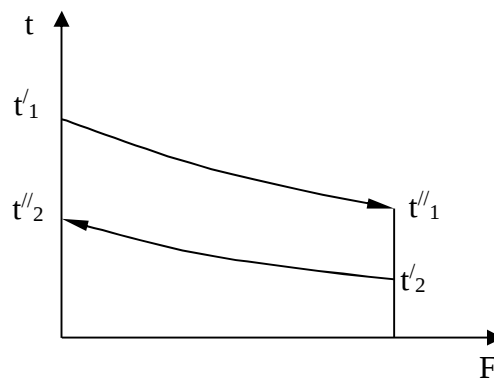


Рисунок В.2 – Протитечійна схема руху теплоносіїв.

Більша і менша різниці температур:

$$\Delta t_6 = t_1'' - t_2'; \quad (\text{B.2})$$

$$Dt_6 = 12 - 5 = 7 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

$$Dt_m = t_1' - t_2''; \quad (\text{B.3})$$

$$Dt_m = 15 - 10 = 5 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Отже середній температурний напір протитоку

$$\Delta t_{cp} = \frac{7-5}{\ln \frac{7}{5}} = 5,94 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Площа поверхні теплообміну апарата

$$F_a = \frac{Q}{K \times \Delta t_{cp}}, \quad (\text{B.4})$$

$$F_a = \frac{350 \times 10^3}{1435,3 \times 5,94} = 41,05 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Висновок: за даними параметрами обираємо теплообмінник THERMAKS PTA(GX)-26, потужністю 350 кВт.

Площа однієї пластини 1,67 м². Тоді кількість пластин

$$n = (F_a + 2 \times f) / f, \quad (\text{B.5})$$

де f – площа однієї пластини.

$$n = (41,05 + 2 \times 1,67) / 1,67 = 24,58.$$

Приймаємо $n=25$ (шт).

Товщина пластини $\delta=0,3$ мм.

Площа теплообмінника

$$F_a = n \times f \quad (B.6)$$

$$F_a = 25 \times 1,67 = 41,75 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Маса теплообмінного апарату $M=1120$ (кг), діаметр штуцерів $D=100$ (мм).

Розрахунок та комплектування основних і допоміжних матеріалів і виробів, складання відомостей для монтажу пластинчастого теплообмінника проміжного контуру

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

Таблиця В.1 – Відомість витрат матеріалів

№ п.п	Найменування матеріалу	Од. вимір ю- ванн- я	Кіль- кість	Маса один- иці, кг	Маса, кг
1	2	3	4	5	6
Потреба в основних матеріалах					
1	Теплобмінник пластинчастий THERMAKS РТА(GX)-26 , F= 41,05 м ²	шт	1	1120	1120
2	Насос циркуляційний GHE 75/80	шт	1	70	70
3	Насос циркуляційний GHE 55/80	шт	1	62	62
4	Трубопроводи зі сталевих труб Æ 108 ´ 4 ДСТУ 10704-91	м	5,085	10,2	51,86
5	Трубопроводи зі сталевих труб Æ 89 ´ 3,5 ДСТУ 10704-91	м	11,545	7,3	84,27
6	Трубопроводи зі сталевих труб Æ 57 ´ 3 ДСТУ 10704-91	м	34,065	4	136,3
7	Засувка чавунна Ду 100 ГОСТ 9544	шт	8	38	304
8	Засувка чавунна Ду 80 ГОСТ 9544	шт	4	28	112
9	Засувка чавунна Ду 50 ГОСТ 9544	шт	3	18	54
10	Фільтр грубої очистки Ду 100	шт	1	25	25
11	Фільтр грубої очистки Ду80	шт	1	23	23
12	Клапан зворотній сталевий Ду100	шт	1	51	51
13	Клапан зворотній сталевий Ду80	шт	1	36	36
Потреба у допоміжних матеріалах					
Для монтажу теплообмінника					
1	Асбестовий картон загального призначення [КАОН - 1], товщина 2мм	т	1	0,0018	1,8

Продовження таблиці В.1

1	2	3	4	5	6
2	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э42	т	1	0,0126	12,6
3	Олифа натуральна	кг	1	0,012	12
4	Болти з гайками і шайбами, діаметр 16 мм	т	1	0,0063	6,3
5	Болти з гайками і шайбами, діаметр 20 - 22 мм	т	1	0,024	24
6	Вода	м ³	1	3,94	3940
7	Прядиво лляне	т	1	0,00008	0,008
8	Пароніт	т	1	0,0008	0,8
9	Сурик свинцевий	т	1	0,00016	0,16
Для монтажу насоса GHE 75/80					
1	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э42	т	1	0,00039	0,39
2	Прокладка гумова	кг	1	0,07	0,07
3	Анкерні деталі з прямих чи гнутих круглих стержнів	т	1	0,0022	2,2
4	Болти з гайками і шайбами, діаметр 16 мм	т	1	0,00127	1,27
5	Фланці плоскі приварні із сталі ВСт3сп2, діаметром 100 мм ДСТУ 12820-80	шт	2	3,96	7,92
Для монтажу насоса GHE 55/80					
1	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э42	т	1	0,00039	0,39
2	Прокладка гумова	кг	1	0,07	0,07
3	Анкерні деталі з прямих чи гнутих круглих стержнів	т	1	0,0022	2,2
4	Болти з гайками і шайбами, діаметр 16 мм	т	1	0,00127	1,27
5	Фланці плоскі приварні із сталі ВСт3сп2, діаметром 80 мм ДСТУ 12820-80	шт	2	3,19	6,38
Для монтажу засувки Ду 100					
1	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э42	т	0,08	0,054	4,32
2	Болти з гайками і шайбами, діаметр 16 мм	т	0,08	0,207	16,56
3	Пароніт	т	0,08	0,016	1,28

Продовження таблиці В.1

1	2	3	4	5	6
4	Фланці сталеві ДСТУ 12820-80	шт	16	3,96	63,36
Для монтажу засувки Ду 80					
1	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э42	т	0,04	0,054	2,16
2	Болти з гайками і шайбами, діаметр 16 мм	т	0,04	0,207	8,28
3	Пароніт	т	0,04	0,016	0,64
4	Фланці сталеві ДСТУ 12820-80	шт	8	3,19	25,52
Для монтажу засувки Ду 50					
1	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э42	т	0,03	0,037	1,11
2	Болти з гайками і шайбами, діаметр 16 мм	т	0,03	0,11	3,3
3	Пароніт	т	0,03	0,01	0,3
4	Фланці сталеві ДСТУ 12820-80	шт	6	2,06	12,36
Для монтажу зворотніх клапанів Ду 100					
1	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э42	т	0,01	0,054	0,54
2	Болти з гайками і шайбами, діаметр 16 мм	т	0,01	0,207	2,07
3	Пароніт	т	0,01	0,016	1,6
4	Фланці сталеві ДСТУ 12820-80	шт	2	3,96	7,92
Для монтажу зворотніх клапанів Ду 80					
1	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э42	т	0,01	0,054	0,54
2	Болти з гайками і шайбами, діаметр 16мм	т	0,01	0,207	2,07
3	Пароніт	т	0,01	0,016	1,6
4	Фланці сталеві ДСТУ 12820-80	шт	2	3,19	6,38
Монтаж фільтрів грубої очистки Ду 100					
1	Електроди, діаметр 5 мм, марка Э42 А	т	1	0,00028	0,28
Монтаж фільтрів грубої очистки Ду 80					
1	Електроди, діаметр 5 мм, марка Э42 А	т	1	0,00019	0,19
Для монтажу трубопроводу Ду 100					

Продовження таблиці В.1

1	2	3	4	5	6
1	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э55	т	0,05186	0,005	0,259
2	Круги армовані абразивні зачисні, діаметр180х6	шт	0,020	0,45	*
3	Пароніт	т	0,05186	0,003	1,55
Для монтажу трубопроводу Ду 80					
1	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э55	т	0,08427	0,005	0,42
2	Круги армовані абразивні зачисні, діаметр180х6	шт	0,053	0,45	*
3	Пароніт	т	0,08427	0,003	0,25
Для монтажу трубопроводу Ду 50					
1	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э55	т	0,1287	0,006	0,772
2	Круги армовані абразивні зачисні, діаметр180х6	шт	0,104	0,45	0,45
3	Пароніт	т	0,1287	0,007	0,9

Загальна маса всіх вантажів визначається як сума мас основного та допоміжного обладнання, всіх пристроїв та інструментів, без матеріалів на випробування. Загальна маса становить:

$$S_{\text{заг.}} = S_{\text{осн.обл}} + S_{\text{доп.обл}} = 2376,3 \text{ (кг)}. \quad (\text{В.7})$$

Додаток Г

ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

Перв. примен.

Спроб. №

Підп. і дата

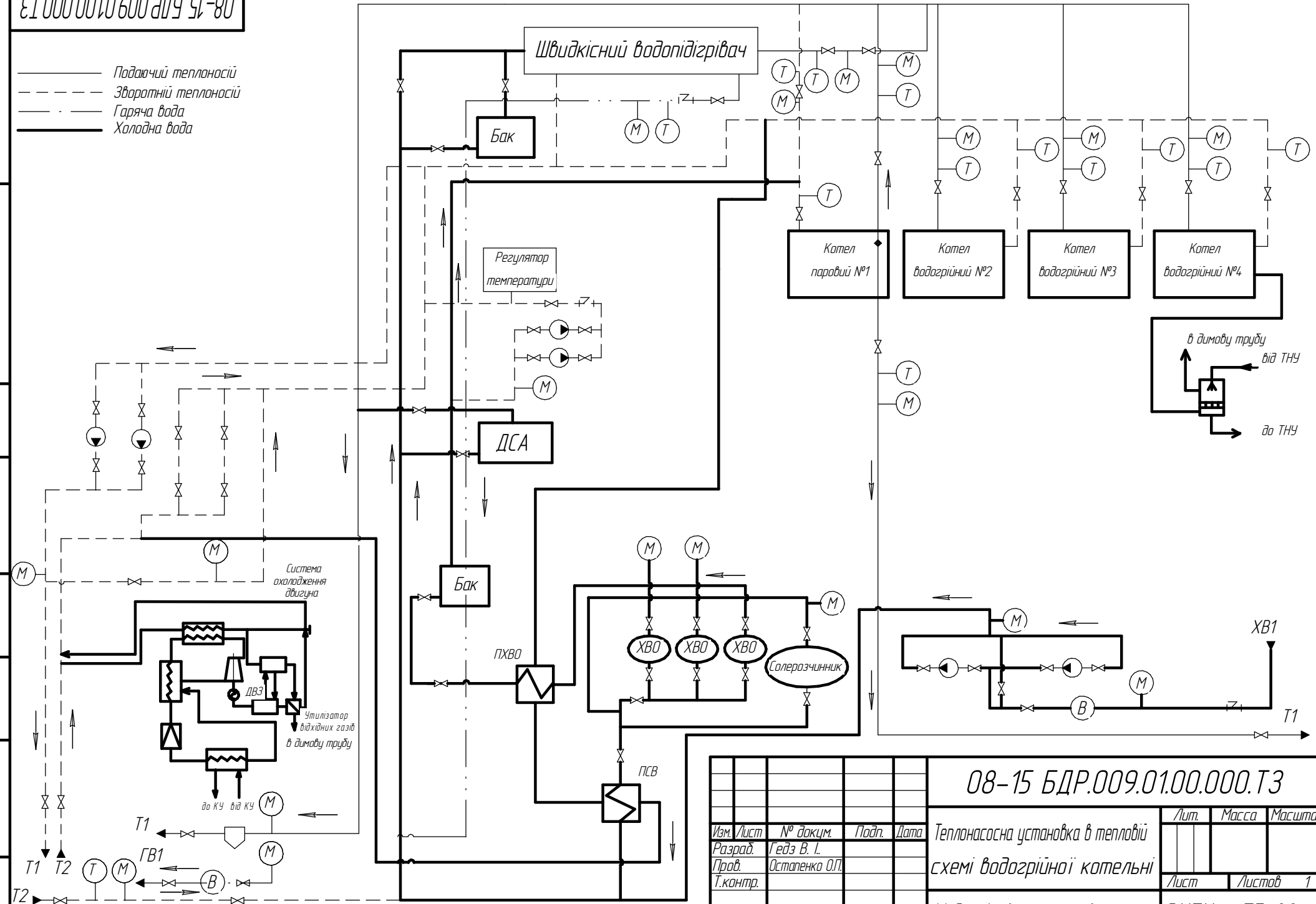
Взам. инв. №

Підп. і дата

Инв. № подл.

08-15 БДР.009.01.00.000.Т3

- Подаючий теплоносії
- - - Зворотній теплоносії
— — — Гаряча вода
— Холодна вода

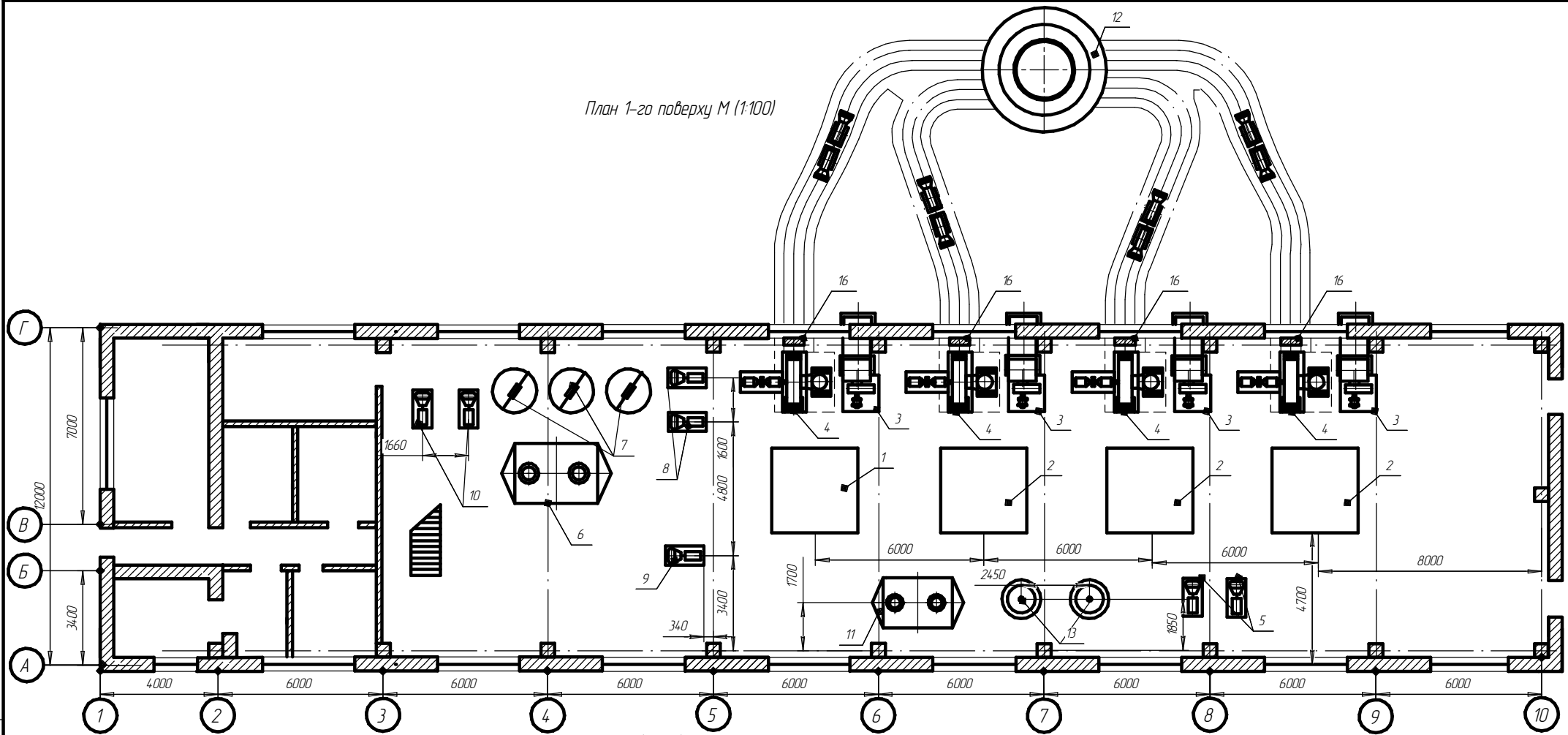


08-15 БДР.009.01.00.000.Т3				Теплонасосна установка в тепловій схемі водогрійної котельні			Лист	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата					
Разраб.	Гедз В. І.								
Пров.	Остапенко О.П.								
Т.контр.									
Н.контр.	Співак О.Ю.								
Утв.	Степанов Д. В.								
				Модернізована теплова схема			Лист	Листов	1
				ВНТУ, гр. ТЕ-22мс					

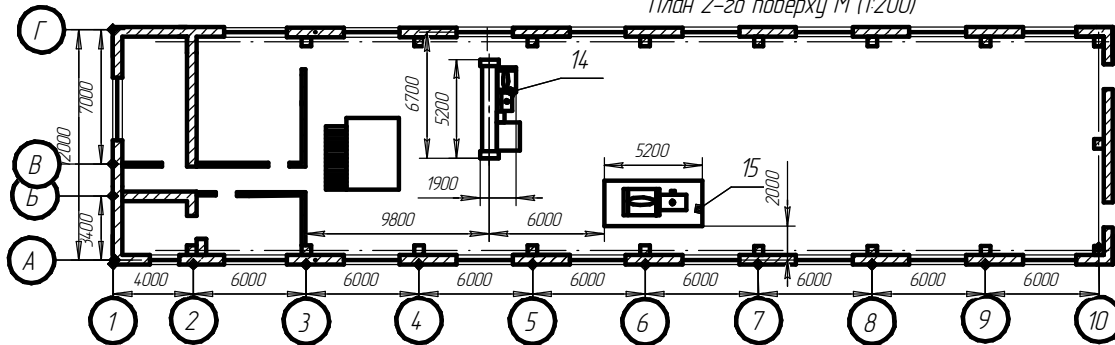
Копировал

Формат А3

План 1-го поверху М (1:100)



План 2-го поверху М (1:200)



N	Назва	Кількість	Примітка
1	Котел паровий	1	існуючий
2	Котел водогрійний	3	існуючий
3	Насоси мережні	2	існуючий
4	Вентилятор	4	існуючий
5	Димосос	4	існуючий
6	Бак	1	існуючий
7	Фільтри хвд	3	існуючий
8	Насоси підживлювальні	2	існуючий
9	Насос сирої води	1	існуючий

10	Насоси рециркуляційні	2	існуючий
11	Дезератор	1	існуючий
12	Димова труба	1	існуючий
13	Підігрівники	2	існуючий
14	Тепловий насос	1	проект
15	Двигун внутрішнього згорання	1	проект
16	Утилізатор	1	проект

08-15 БДР.009.02.00.000 АР					
м. Вінниця					
Ізв.	Кол.	Лист	Мітка	Підп.	Мітка
Розроб.	Голов. В. І.	Листок	ОП		
Дроб.	Діагностика	ОП			
І.контр.					
І.контр.	Голов. О.О.				
Утв.	Голов. Д.В.				
Теплонасосна установка в теплової схеми водогрійної котельні				Студія	Лист
План модернізованої котельні					1
				ВНТУ, зр. ТЕ-22МС	

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ

