

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: «Використання відновлювальних джерел енергії в тепловій схемі
опалювальної котельні»

Виконала: студентка 2 курсу, групи ТЕ-22мсз
спеціальності 144 – Теплоенергетика

Прокопенко Л. А.
(прізвище та ініціали)

Керівник к.т.н., доц.

Остапенко О. П.
(прізвище та ініціали)

« 19 » 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

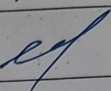
Дмитро Степанов

"12" 02 2024 року

**ЗАВДАННЯ
НА БАКАЛАВРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**Прокопенко Людмилі Анатоліївні

1. Тема роботи «Використання відновлювальних джерел енергії в тепловій схемі опалювальної 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: потужність системи опалення 14,516 МВт; потужність системи гарячого водопостачання 3,629 МВт; температурний графік теплової мережі 95/70°C; паливо – природний газ; теплота згорання палива 34,126 МДж/м³.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): огляд літературних джерел. Теплові насоси в централізованих системах опалення та охолодження; багатоваріантний аналіз та техніко-економічне обґрунтування вибору варіанту модернізації; результати розрахунку ефективності роботи теплової схеми котельні з ТНУ; оцінка ефективності теплової схеми котельні з ТНУ, охорона праці
5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): схема теплової котельні з теплонасосною установкою, план котельні з теплонасосною установкою, схема монтажної аксонометричної, план розташування обладнання та трубопроводів

6. Консультанти розділів роботи

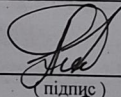
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прий
Охорона праці	Кобилянський О. В., зав. каф. БЖДПБ		
Нормо-контроль	Співак О. Ю., к. т. н., доцент каф. ТЕ		

7. Дата видачі завдання 12.03.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва та зміст етапу	Термін виконання		Примі
		початок	закінчення	
1	Огляд літературних джерел. Теплові насоси в централізованих системах опалення та охолодження	28.03.24	02.04.24	
2	Багатоваріантний аналіз та техніко-економічне обґрунтування вибору варіанту модернізації	30.03.24	07.04.24	
3	Результати розрахунку ефективності роботи теплової схеми котельні з ТНУ	06.04.24	20.05.24	
4	Оцінка 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	

Студент



(підпис)

Прокопенко Л. А.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи



(підпис)

Остапенко О.П.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

УДК 621.577

Прокопенко Л. А. Використання відновлювальних джерел енергії в тепловій схемі опалювальної котельні. Бакалаврська кваліфікаційна робота зі спеціальності 144 – теплоенергетика, освітня програма – теплоенергетика. Вінниця: ВНТУ, 2024. 57 с.

Бібліогр. : рис.: 26; табл. 14.

В бакалаврській дипломній роботі запропоновано комплекс заходів із енерго- та ресурсозбереження, підвищення техніко-економічних показників роботи теплової схеми водогрійної опалювальної котельні шляхом встановлення парокомпресійної теплонасосної установки (ТНУ) з використанням теплоти відновлюваних джерел. Шляхом встановлення парокомпресійної ТНУ забезпечене зниження енерго- та ресурсоемності вироблення теплоти в котельні.

За результатами виконаного багатоваріантного аналізу енергетичних показників низки досліджених варіантів модернізації було обрано варіант використання відновлюваних джерел енергії в парокомпресійній ТНУ з приводом від газопоршневого двигуна на природному газі. В бакалаврській дипломній роботі здійснено розробку технології монтажу теплообмінника, призначеного для додаткового контуру випарника ТНУ.

За результатами виконаного економічного аналізу обраного варіанту модернізації було визначено, що використання відновлюваних джерел енергії 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

Prokopenko L. A. Use of renewable energy sources in the thermal scheme of a heating boiler house. Bachelor's qualification work on specialty 144 - heat and power engineering, educational program - heat and power engineering. Vinnytsia: VNTU, 2024. 57 p.

In Ukrainian language. Bibliogr. : fig.: 26; table 14.

The bachelor thesis proposed a set of measures for energy and resource conservation, increasing the technical and economic indicators of the operation of the thermal scheme of the water heating boiler house by installing a steam compression heat pump installation (HPI) using heat from renewable sources. By installing a steam-compression HPI, a reduction in the energy and resource intensity of heat generation in the boiler room is ensured.

According to the results of a multivariate analysis of the energy indicators of a number of researched modernization options, the option of using renewable energy sources in a steam-compression HPI with a drive from a gas-piston engine on natural gas was chosen. In the bachelor's diploma thesis, the technology of installation of the heat exchanger intended for the additional circuit of the evaporator of HPI was developed.

According to the results of the performed economic analysis of the selected modernization option, it was determined that the use of renewable energy sources in the steam compression HPI in the scheme of this boiler house will lead to the saving of 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. ТЕПЛОВІ НАСОСИ В ЦЕНТРАЛІЗОВАНИХ СИСТЕМАХ ОПАЛЕННЯ ТА ОХОЛОДЖЕННЯ...	9
2 БАГАТОВАРІАНТНИЙ АНАЛІЗ ТА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ВАРІАНТУ МОДЕРНІЗАЦІЇ.....	14
2.1 Показники роботи теплової схеми котельні	14
2.2 Багатоваріантний аналіз проектних рішень.....	15
2.3 Техніко-економічне обґрунтування для обраного варіанту.....	20
2.4 Математичне та програмне забезпечення розрахунків теплової схеми з котельні з теплонасосною установкою	23
3 РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ КОТЕЛЬНІ З ТНУ	30
3.1 Розрахунок контактного утилізатора теплоти для опалювального сезону.....	30
3.2 Розрахунок теплонасосної установки для теплової схеми опалювальної водогрійної котельні	31
3.3 Розрахунок потужностей утилізаторів приводного двигуна.....	32
3.4 Підбір теплонасосного та допоміжного обладнання.Розробка технології монтажу обладнання.....	33
4 ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ КОТЕЛЬНІ З ТНУ...	34
4.1 Розрахунок та оцінка енергетичної ефективності теплової схеми котельні з ТНУ	34
4.2 Аналіз економічної ефективності теплової схеми котельні з ТНУ..	35
5 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	39
ВИСНОВКИ.....	50
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	52
Додаток А (обов'язковий). ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ.....	59

Додаток Б (обов'язковий). ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ.....	60
Додаток В.ТЕХНОЛОГІЯ МОНТАЖУ ПЛАСТИНЧАСТОГО ТЕПЛООБМІННИКА В КОНТУРІ ВИПАРНИКА ТЕПЛОВОГО НАСОСУ ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ КОТЕЛЬНІ.....	66
Додаток Г. ГРАФІЧНА ЧАСТИНА.....	78

ВСТУП

На основі аналізу літературних джерел визначено, що в найближчому майбутньому технологія теплових насосів відіграватиме ключову роль для підтримання стабільності енергетичних систем.

Метою бакалаврської дипломної роботи є розроблення комплексу заходів із енерго- та ресурсозбереження, підвищення техніко-економічних показників роботи теплової схеми водоگрійної опалювальної котельні шляхом встановлення парокомпресійної ТНУ з використанням теплоти відновлюваних джерел.

Задачами БДР є:

- 1) обґрунтування варіанту застосування ТНУ на теплоті відновлюваних джерел в тепловій схемі котельні;
- 2) оцінка ефективності ТНУ на теплоті відновлюваних джерел в тепловій схемі котельні;
- 3) обґрунтування вибору нового обладнання для модернізованої схеми котельні;
- 4) визначення техніко-економічних показників котельні з ТНУ.

Об'єктом роботи є парокомпресійна ТНУ в тепловій схемі опалювальної водоگрійної котельні, що забезпечує теплові потужності споживачів системи опалення та гарячого водопостачання

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 парокомпресійної ТНУ забезпечене зниження енерго- та ресурсоємності вироблення теплоти в котельні.

1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ. ТЕПЛОВІ НАСОСИ В ЦЕНТРАЛІЗОВАНИХ СИСТЕМАХ ОПАЛЕННЯ ТА ОХОЛОДЖЕННЯ

Теплові насоси та системи централізованого теплопостачання можуть розглядатися, як конкуренти, але це тільки на перший погляд. Аналізуючи ці технології, а також всю енергетичну систему, стає зрозумілим, що поєднання цих обох технологій має багато переваг.

Дослідження [1], проведене в чотирнадцяти країнах Європи, показує, що системи централізованого опалення є економічно вигідним рішенням для більшості міст Європи. Більше половини потреби в теплоті можна буде забезпечити, зрештою також зменшити викиди парникових газів і попит на первинну енергію. Якщо додати до сучасних енергетичних систем теплові насоси великої потужності, то результати досліджень свідчать про те, що системи енергозабезпечення стануть більш гнучкими та безпечними з точки зору постачання. В дослідженні [1] було зібрано каталог, що показує тридцять дев'ять прикладів застосування теплових насосів, що були інтегрованих різними способами в діючі системи централізованого теплопостачання.

Виходячи із вищезазначеного, спеціалістами передбачається, що централізоване теплопостачання загалом і теплові насоси зокрема, підключені до діючих мереж, відіграватимуть ключову роль в роботі енергетичних систем та теплопостачанні в майбутньому. Орієнтовно 25% від потреб в енергії в системах централізованого теплопостачання можуть бути забезпечені тепловими насосами. Завдяки широкому розгортанню в Європі централізованого теплопостачання та впровадженню теплових насосів, викиди парникових газів можна буде скоротити на 70%, порівняно з поточною ситуацією [2].

Теплові насоси можуть стати однією із ключових технологій майбутньої мережі централізованого теплопостачання у різні способи, зокрема:

- розглядається технологія балансування у випадках, коли виробництво електроенергії змінюється;

- застосування теплових насосів сприятиме поступовому вилученню викопного палива з балансу енергетичної системи;
- теплові насоси дозволяють використовувати дуже низькі (нижче 60 °C) і наднизькі (нижче 45 °C) температури в системах централізованого теплопостачання;
- теплові насоси мінімізуватимуть втрати в системі централізованого теплопостачання.

Незважаючи на очевидні переваги теплові насосів, вони сьогодні відіграють незначну роль у європейських мережах централізованого теплопостачання. Широкому впровадженню теплових насосів заважає ряд перешкод. Зокрема, у багатьох регіонах немає достатньо потужного джерела теплоти для використання теплових насосів в системі централізованого теплопостачання. В інших випадках, температура низькотемпературного джерела буває настільки низька, що ефективність впровадження теплових насосів піддається сумніву. З іншого боку, висока температура системи теплопостачання також є проблемою при впровадженні теплових насосів, знижуючи їх ефективність. Також, високі температури призводять до значних втрат тепла теплопостачання [3-4].

Якщо вищезазначені бар'єри у впровадженні теплових насосів будуть подолані, тоді стане можливим сценарій, за якого половина потреб Європи в опаленні покриватиметься централізованим опаленням, чверть потужності якого буде приходиться на частку теплових насосів. Розуміння переваг теплових насосів зростає, але необхідним стає сприяння їх дослідженням та впровадженню.

Очікується, що за рахунок додаткового впровадження централізованих систем опалення можна покрити до 50% потреби в опаленні в Європі, а теплові насоси можуть постачати близько 25% енергії в мережу централізованого теплопостачання. Сценарії Heat Roadmap Europe 4 із більшою часткою централізованого теплопостачання в енергетичній системі показують, що викиди CO₂ можна буде скоротити більше, ніж на 70%, порівняно з сьогоdnішньою ситуацією.

Дослідження [5], що розглядає аспекти застосування теплових насосів у системах централізованого опалення, був важливим додатком у програмі МЕА «Heat Pumping Technologies», оскільки поступово все більше країн усвідомлюють, що централізоване опалення є способом поступової відмови від викопного палива. Проектна група складалася з членів з Австрії, Данії, Швеції, Швейцарії та Сполученого Королівства, проте, протягом періоду реалізації проекту, інтерес до теплових насосів у системах централізованого опалення зріс в інших країнах. Отже, було ініційовано дослідження «Гнучкість шляхом впровадження теплового насоса в багатовекторних енергетичних системах і теплових мережах».

Визначено, що великомасштабні теплові насоси демонструють значний потенціал. Зокрема, проект Heat Roadmap Europe 4 (HRE4) визначив, що для переважної більшості європейських міст централізоване теплопостачання є економічно ефективним рішенням, яке дозволяє забезпечити щонайменше половину загального попиту у теплоті в 14 країнах, які було включено у дослідження, при цьому ефективно скорочуються обсяги викидів CO₂ та попит на первинну енергію в секторах опалення та охолодження (див. рис. 1.1). Грунтуючись на результатах цих досліджень, автори цього проекту також припускають, що великомасштабні теплові насоси повинні відігравати важливу роль у майбутніх системах централізованого теплопостачання для розробки гнучких і безпечних енергетичних систем.

Згідно з проектом HRE4, європейська частка централізованого теплопостачання у секторі опалення має зрости з 12% (поточне значення) до 50% до 2050 року. Це є важливим зрушенням в європейському секторі теплопостачання, і воно показує, що централізоване теплопостачання може бути ефективним і необхідним з метою значного скорочення викидів CO₂ в енергетичному секторі [6].

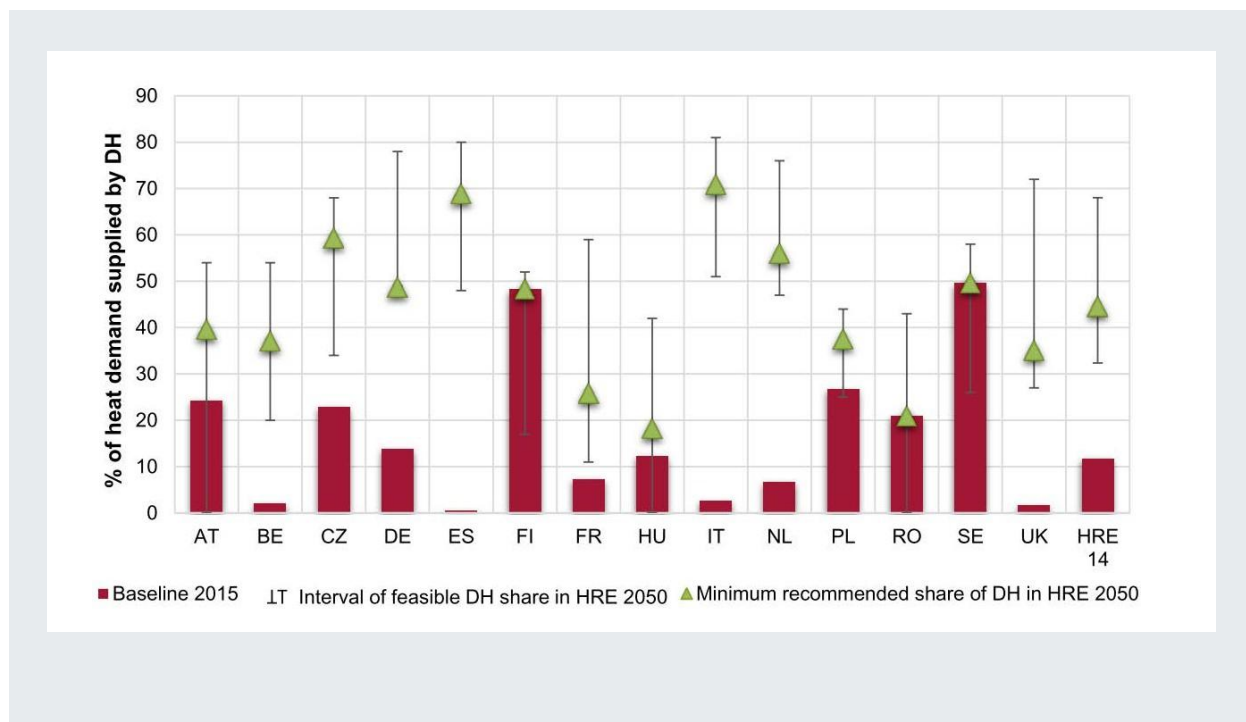


Рисунок 1.1 - Частка централізованого опалення у 2015 році (базова лінія 2015), рекомендований рівень частки централізованого опалення в Дорожній карті теплоенергетики до 2050 року та діапазон економічно доцільного централізованого опалення в межах 0,5% чутливості до зміни загальної річної вартості енергосистеми

У проєкті HRE4 [7] було розроблено та проаналізовано три основні сценарії (див. рис. 1.2):

» BL 2015 (Baseline 2015) – це базовий сценарій, що відображає поточну ситуацію в секторах опалення та охолодження на основі даних за 2015 рік;

» BL 2050 (Baseline 2050) – цей сценарій представляє розвиток базового сценарію відповідно до поточної узгодженої політики щодо економії та ВДЕ тощо, але без будь-яких додаткових заходів для покращення декарбонізації системи;

» HRE 2050 – сценарій, що представляє високодекарбонізовану енергетичну систему з переробленим сектором опалення та охолодження, який також включає енергозбереження. Цей сценарій ґрунтується виключно на перевірених технологіях і не залежить від нестабільної кількості біоенергії.

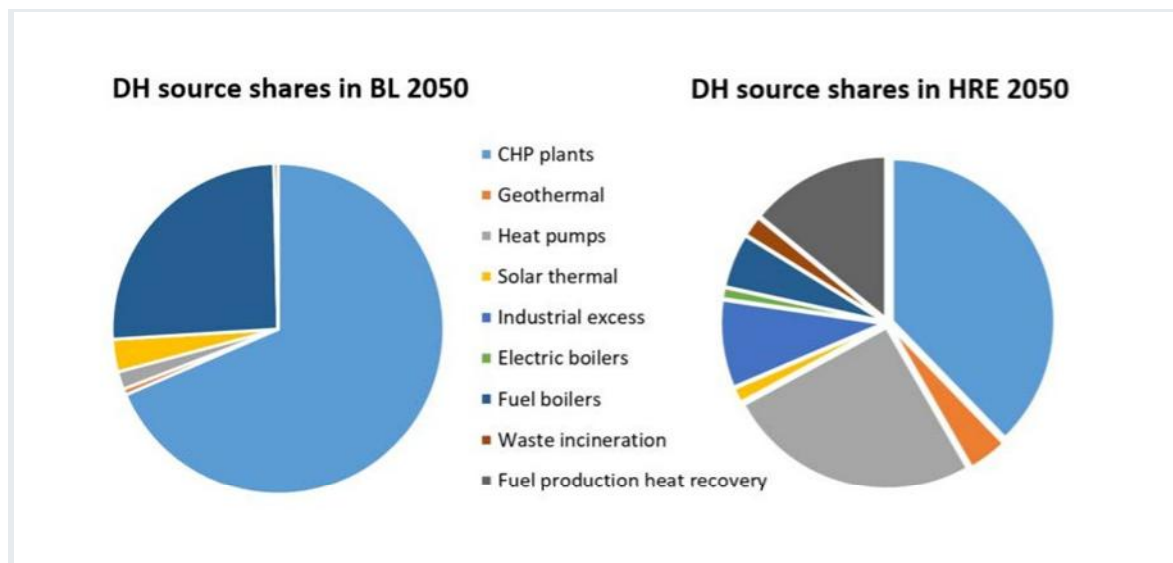


Рисунок 1.2 - Частка джерел централізованого теплопостачання для сценаріїв BL 2050 і HRE 2050

У змодельованому сценарії енергоефективності на 2050 рік (HRE 2050), централізоване теплопостачання забезпечується здебільшого за рахунок декарбонізованих джерел енергії, а 25% загального попиту на централізоване теплопостачання задовольняється великомасштабними ТЕС. Цей сценарій забезпечить більш різноманітне енергопостачання, що збільшить гнучкість системи, а також надійність постачання. Сценарій HRE 2050 показує, що у 2050 році можна буде досягти значно більшої декарбонізації сектора централізованого теплопостачання, ніж у сценарії BL 2050, зменшивши викиди CO₂ більш, ніж на 70% [8].

Висновки

На основі аналізу літературних джерел визначено, що в найближчому майбутньому технологія теплових насосів відіграватиме ключову роль для підтримання стабільності енергетичних систем.

2 БАГАТОВАРІАНТНИЙ АНАЛІЗ ТА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ВАРІАНТУ МОДЕРНІЗАЦІЇ

2.1 Показники роботи теплової схеми котельні

Водогрійна котельня забезпечує вироблення теплоти для потреб опалення з потужністю $Q_{оп}=14,52$ МВт та потреб системи гарячого водопостачання з потужністю $Q_{гвп}= 3,63$ МВт. Котельня виробляє теплоносій та подає до споживачів з графіком мережної води 95/70°C, система теплопостачання закрита.

Основні режимні показники роботи теплової схеми цієї котельні для трьох розрахункових режимів роботи визначені за методикою з літературного джерела [9], ці показники представлені у таблиці 1.1. Визначені в табл. 1.1 результати для трьох розрахункових режимів роботи котельні будуть використані для аналізу ефективності варіантів теплової схеми даної котельні із застосуванням теплоти відновлюваних джерел енергії в парокомпресійній теплонасосній установці (ТНУ).

Таблиця 1.1 – Основні режимні показники роботи теплової схеми котельні

Показник	Позначення	Одиниця вимірювання	Формула	Розрахункові режими		
				Опалювальний максимальний	Опалювальний середній	Режим ГВП
1	2	3	4	5	6	7
Загальна потужність теплових споживачів котельні	$Q_{тс}$	МВт	$Q_{тс} = Q_{оп} + Q_{гвп}$	18,15	11,27	3,63
Теплова потужність котельні	Q_k	МВт	$Q_k = G_k \times c_v \times (t_k'' - t_k') \times 10^{-3}$	19,10	11,72	3,69
Витрата природного газу в котельні	V_p	м ³ /с	$V_p = \frac{Q_k}{Q_H^p \times \eta_k}$	0,609	0,374	0,118
ККД котельні (брутто)	$\eta_{бр}$		$\eta_{бр} = \frac{Q_{гвп} + Q_{оп}}{Q_H^p \times V_p}$	0,873	0,884	0,905

2.2 Багатоваріантний аналіз проектних рішень

В цьому підрозділі бакалаврської дипломної роботи виконаний багатоваріантний аналіз ефективності трьох варіантів модернізації теплової схеми котельні, проаналізовані показники енергетичної ефективності, цей аналіз виконаний на основі наукових результатів та розрахункових методик з літературних джерел [10-13].

Виконаний багатоваріантний аналіз ефективності розглянутих проектних рішень теплової схеми котельні з використанням теплоти відновлювальних джерел

енергії в ТНУ, який дозволяє оцінити енергетичну ефективність низки варіантів модернізації теплової схеми.

З метою проведення багатоваріантного аналізу варіантів модернізації теплової схеми з використанням теплоти відновлюваних джерел та встановленням ТНУ, були виконані розрахунки для чотирьох варіантів:

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

2 – застосування ТНУ на теплоті відновлюваних джерел в тепловій схемі котельні для роботи в опалювальному сезоні;

3 – застосування ТНУ на теплоті відновлюваних джерел в тепловій схемі котельні для роботи в міжопалювальному сезоні.

Результати багатоваріантного аналізу ефективності варіантів застосування ТНУ на теплоті відновлюваних джерел в тепловій схемі котельні Дзвиняцького показані на рис. 2.1 – 2.6.

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

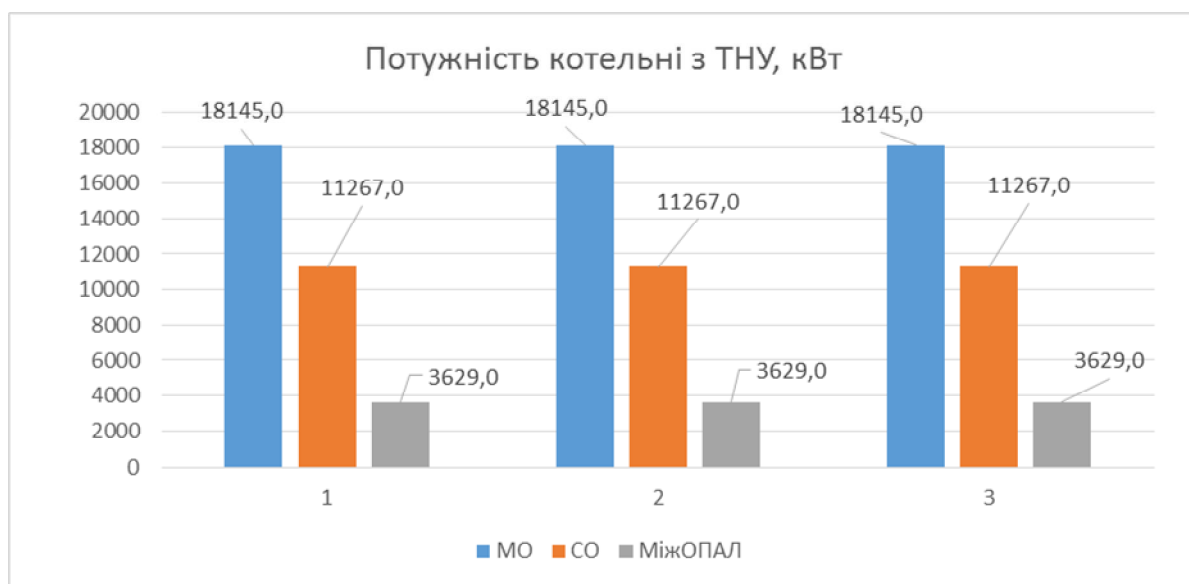


Рисунок 2.1 – Теплова потужність котельні з ТНУ

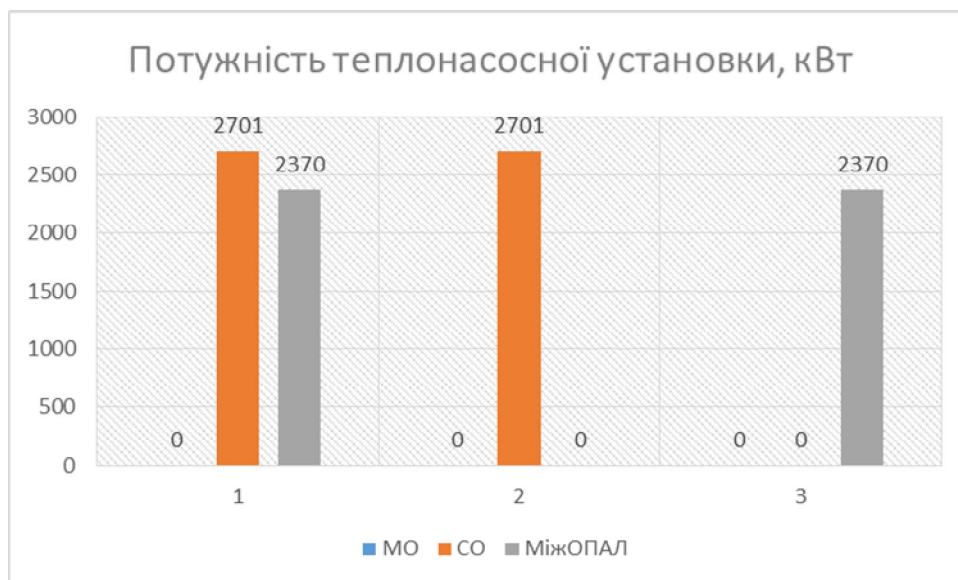


Рисунок 2.2 – Теплова потужність теплонасосної установки

Як видно із рис. 2.2 значення теплової потужності ТНУ мало різняться в середньому опалювальному та міжопалювальному режимах. Отже, доцільно застосовувати теплонасосну установку в двох цих режимах, що не потребуватиме встановлення додаткового обладнання для роботи в іншому режимі.

Як видно із рис. 2.3 значення споживаної електричної потужності ТНУ в середньому опалювальному та міжопалювальному режимах дозволять використання одного приводного двигуна потужністю до 1000 кВт. Отже, робимо висновок, що доцільно застосовувати теплонасосну установку з приводним газопоршневим двигуном в двох цих режимах, що не потребуватиме встановлення додаткового обладнання для роботи в іншому режимі.

Як видно із рис. 2.4, використання теплоти утилізаційного устаткування теплового приводу теплонасосної установки дозволить суттєво підвищити загальну теплову потужність ТНУ та збільшити частку заміщення потужності менш ефективної водогрійної котельні. Отже, робимо висновок, що доцільно застосовувати теплонасосну установку з приводним газопоршневим двигуном в двох цих режимах, що не потребуватиме встановлення додаткового обладнання для роботи в іншому режимі.

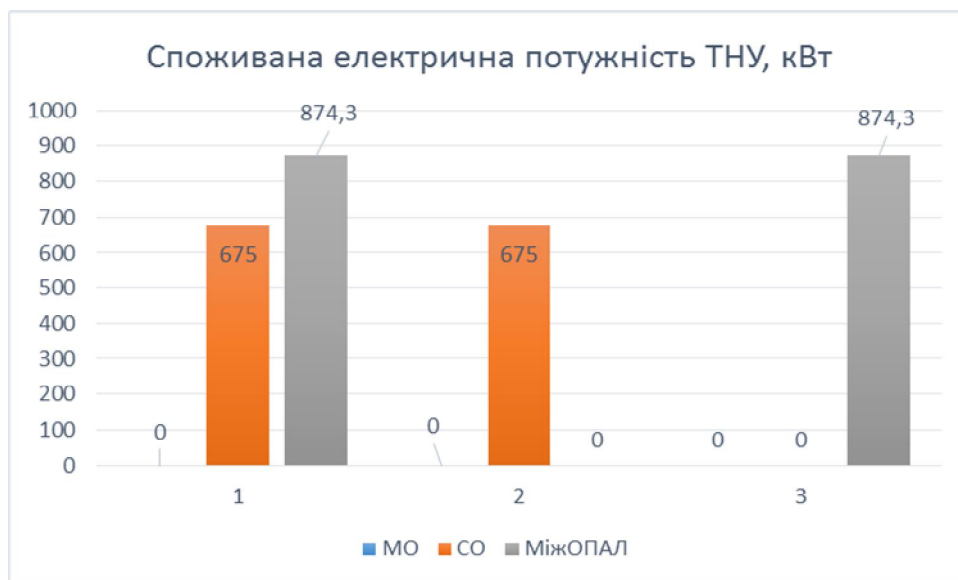


Рисунок 2.3 – Електрична потужність, що споживає ТНУ

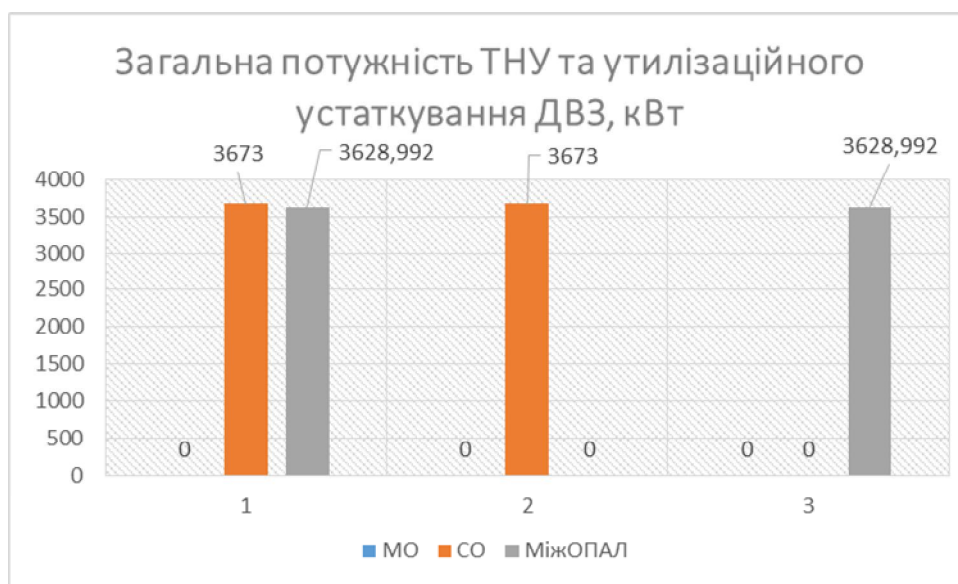


Рисунок 2.4 – Загальна теплова потужність ТНУ та утилізаційного устаткування приводного двигуна

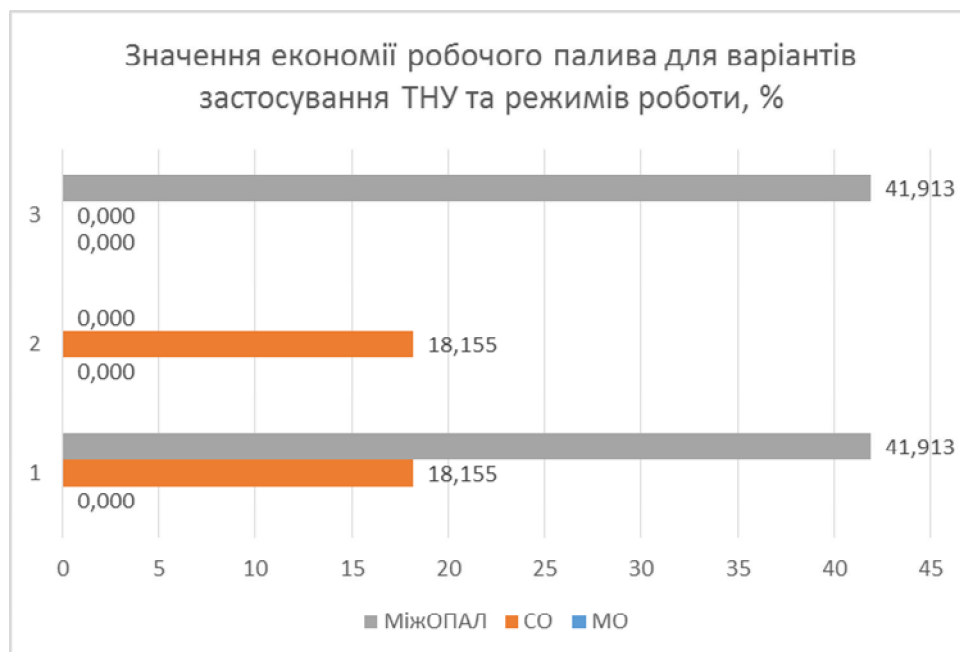


Рисунок 2.5 – Значення сезонної економії робочого палива для досліджуваних варіантів застосування ТНУ в залежності від режимів роботи, %

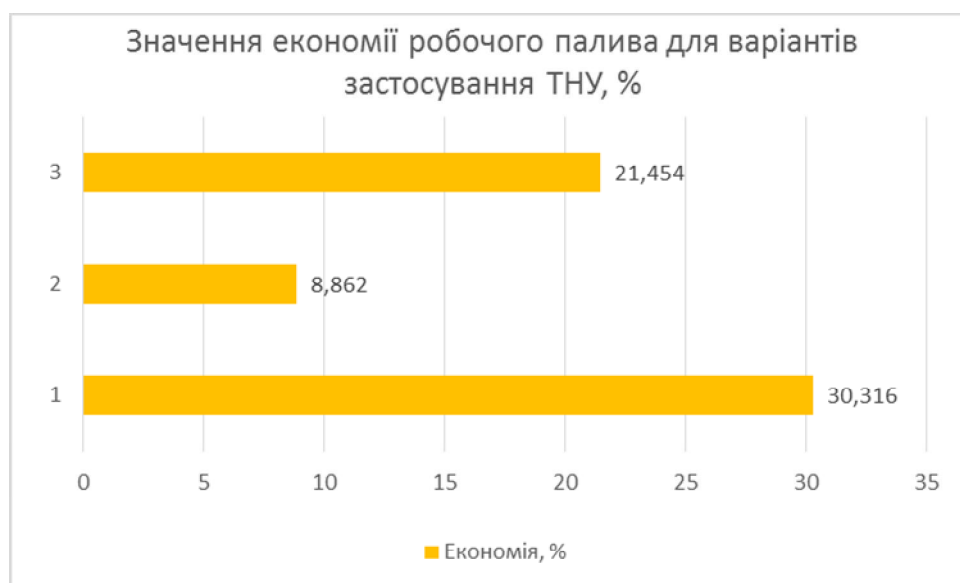


Рисунок 2.6 – Значення річної економії робочого палива для досліджуваних варіантів застосування ТНУ, %

Як видно зі рис. 2.5 та 2.6, найбільша річна та сезонна економія робочого палива відповідає першому дослідженому варіанту застосування ТНУ з роботою в двох режимах. Наступним за ефективністю є варіант із застосуванням ТНУ в

міжопалювальному режимі. Але у разі роботи ТНУ тільки в одному режимі слід очікувати значного збільшення терміну окупності нового обладнання. Тому ми обираємо до впровадження варіант номер 1, для якого річна економія робочого палива складає 30,316% та ТНУ працює опалювальному та міжопалювальному режимам.

За результатами виконаного багатоваріантного аналізу енергетичних показників низки досліджених варіантів модернізації було обрано варіант використання відновлюваних джерел енергії в парокомпресійній ТНУ з приводом від газопоршневого двигуна на природному газі. Джерелом низькотемпературної теплоти для ТНУ буде теплота від контактного утилізатора (вторинний енергоресурс) та відновлювана теплова енергія від природного джерела (річкова вода). За переліком показників, показаних на рис. 2.1 – 2.6 зазначений варіант модернізації теплової схеми котельні був обраний до проектування.

2.3 Техніко-економічне обґрунтування для обраного варіанту

Виконана оцінка техніко-економічної ефективності використання відновлюваного джерела енергії в парокомпресійній ТНУ в тепловій схемі водогрійної котельні, також була передбачена утилізація теплоти вторинних енергоресурсів. Ефективність розглядаємого варіанту обумовлена прийнятними значеннями визначених показників техніко-економічної ефективності альтернативного варіанту у порівнянні із базовим варіантом теплостачання [14-15].

На рис. 2.7 - 2.10 узагальнені основні техніко-економічні показники альтернативного варіанту модернізованої котельні.

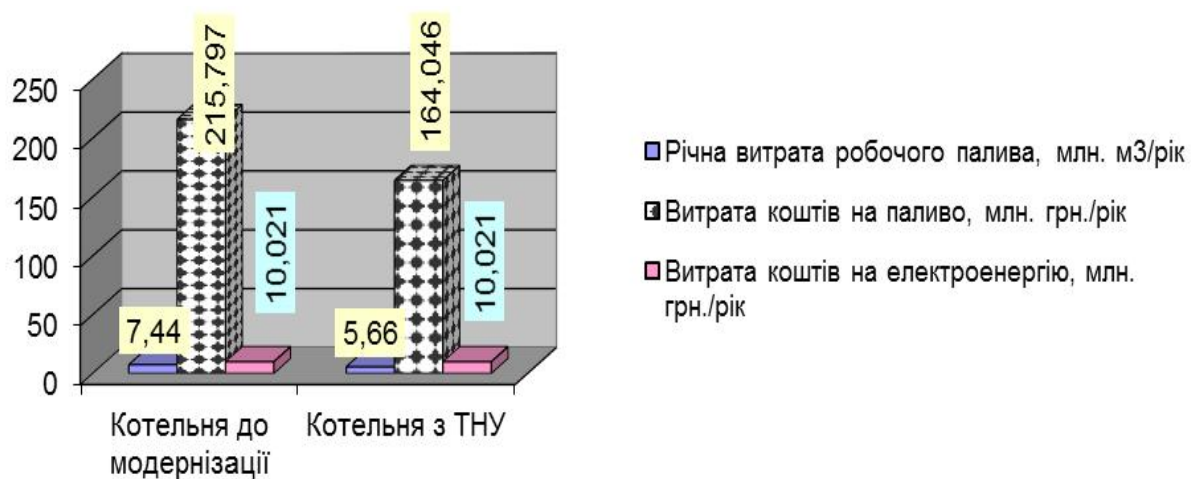


Рисунок 2.7 – Витрати енергоресурсів та коштів для варіанту модернізації

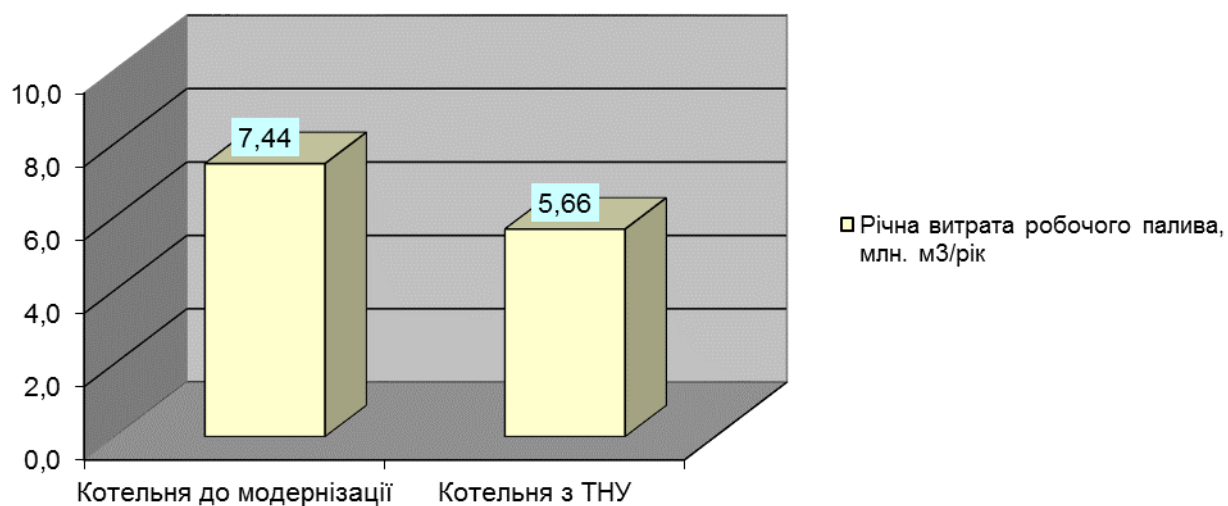


Рисунок 2.8 – Порівняння витрат робочого палива варіантів

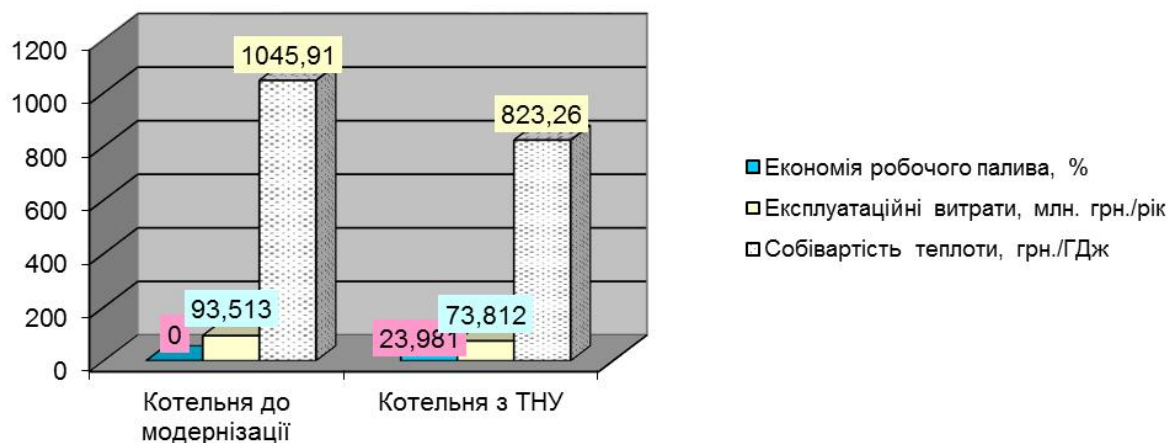


Рисунок 2.9 – Показники економії коштів та палива варіантів

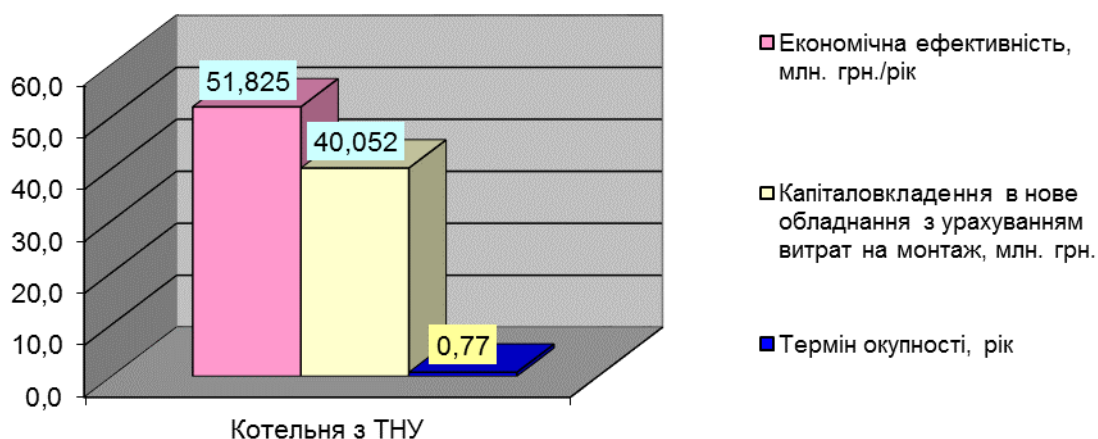


Рисунок 2.10 – Показники окупності варіанту модернізації

За результатами виконаного багатоваріантного аналізу та техніко-економічного обґрунтування для обраного варіанту модернізації було визначено, що використання відновлюваних джерел енергії в парокompресійній ТНУ в схем котельні обумовить економію природного газу в обсязі 23,981%, забезпечить зниження експлуатаційних витрат на 51,825 млн. грн. в рік та зниження собівартості виробленої теплоти. Капіталовкладення в нове обладнання за

обраним варіантом модернізації схеми котельні з ТНУ будуть становити 40,052 млн. грн., термін окупності оцінений у 0,77 року.

2.4 Математичне та програмне забезпечення розрахунків теплової схеми з котельні та теплонасосної установки

Для розрахунків ефективності варіантів застосування ТНУ в схемі котельні виконувалось математичне моделювання, застосовано програму SOLKANE SoftWare 8.0 [16] для моделювання та розрахунків циклів парокомпресійних ТНУ з різниваріантів холодоагентів та схемних рішень. Здійснювалось моделювання роботи ТНУ в високому та низькому тепературних рівнях, що відповідають температурним рівням теплоти вторинних енергоресурсів котельні та відновлюваного низькотемпературного джерела теплоти (річкової води).

Результати моделювання роботи ТНУ на різних температурних рівнях, проведеного в програмі SOLKANE SoftWare 8.0, зображені на рис. 2.11 – 2.15.

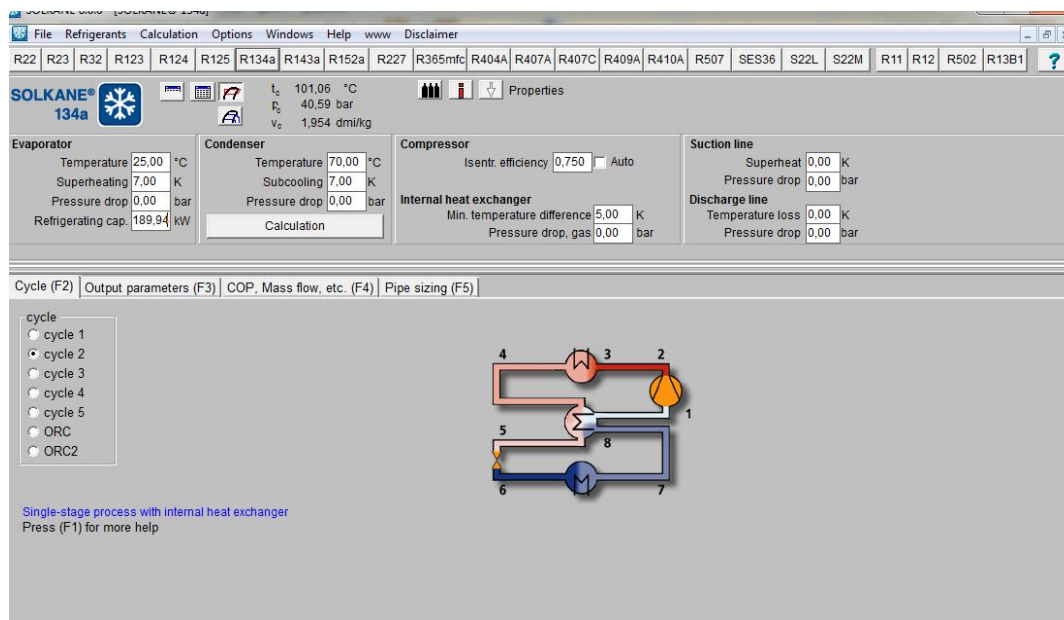


Рисунок 2.11 – Вибір циклу ТНУ для певного схемного рішення в програмі SOLKANE SoftWare 8.0

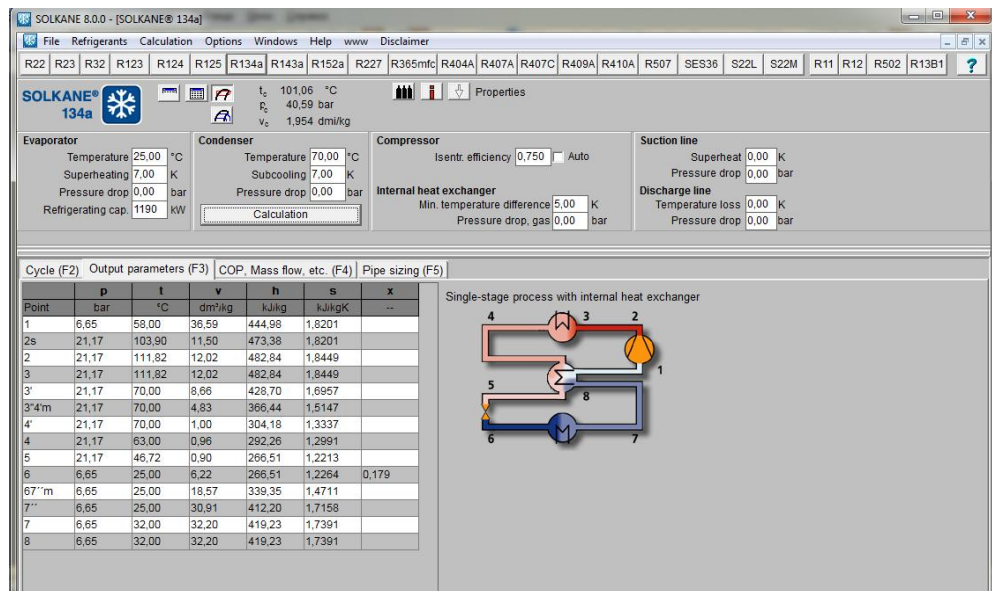


Рисунок 2.12 – Розрахунок в програмі SOLKANE SoftWare 8.0 параметрів холодоагенту

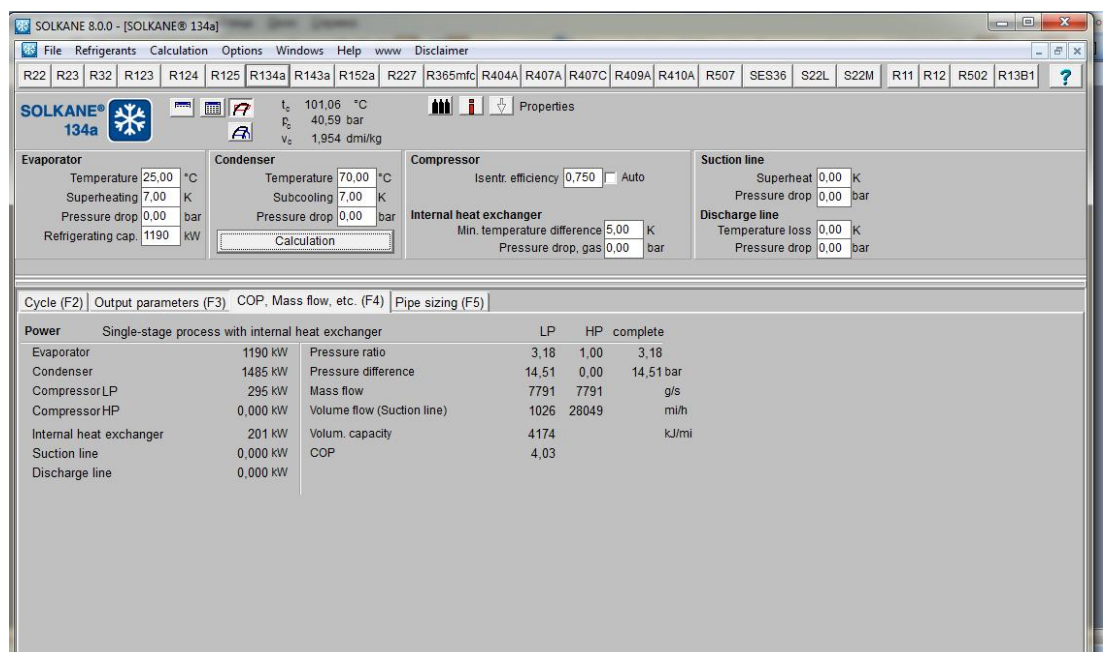


Рисунок 2.13 – Обчислення показників термодинамічної досконалості циклу ТНУ

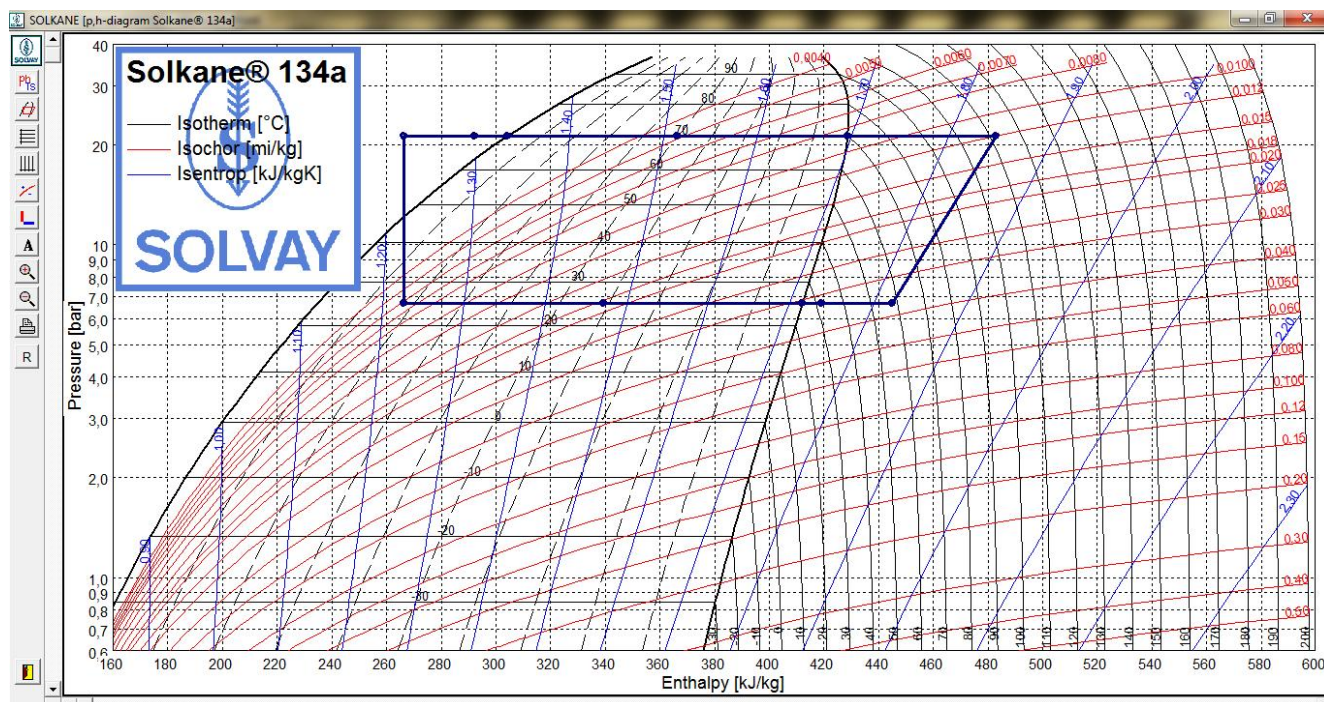


Рисунок 2.14 – P-h діаграма в SOLKANE SoftWare 8.0
з побудованим циклом ТНУ

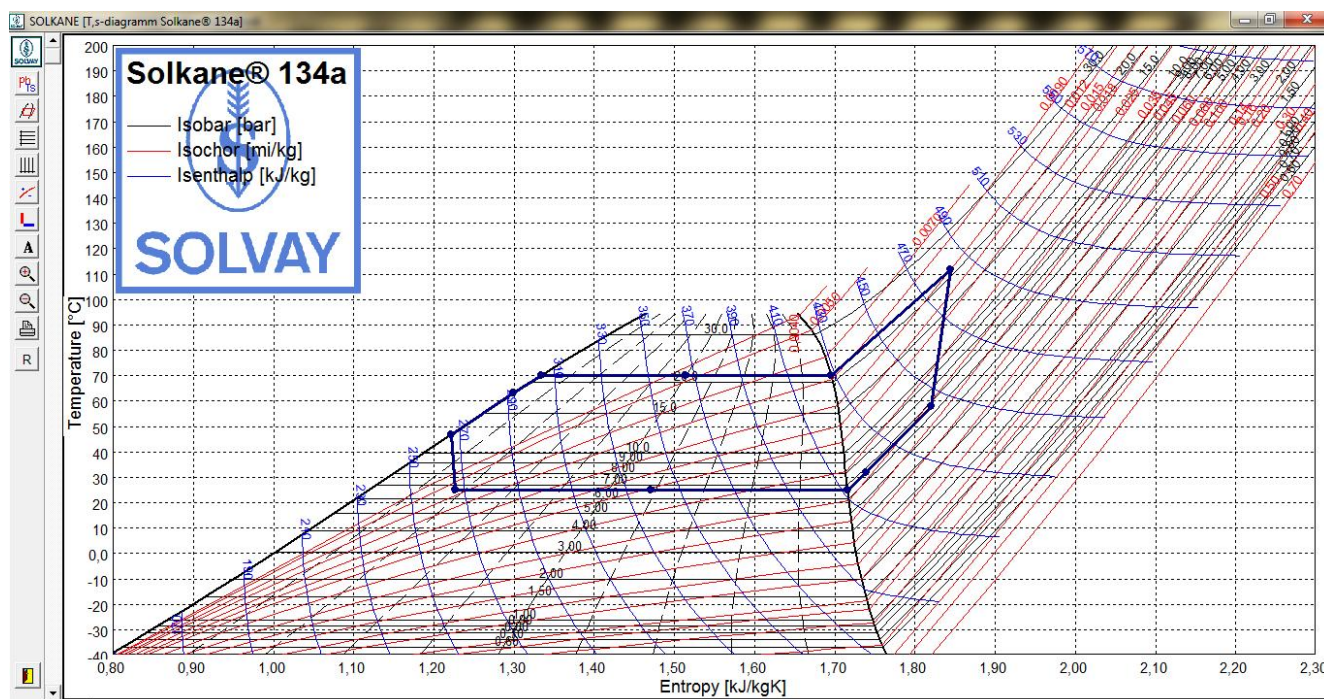


Рисунок 2.15 – T-s діаграма SOLKANE SoftWare 8.0
з побудованим циклом ТНУ

В бакалаврській дипломній роботі проведено моделювання в програмі SOLKANE SoftWare 8.0 та визначення ефективності варіантів використання відновлюваних джерел енергії в ТНУ для теплової схеми котельні.

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

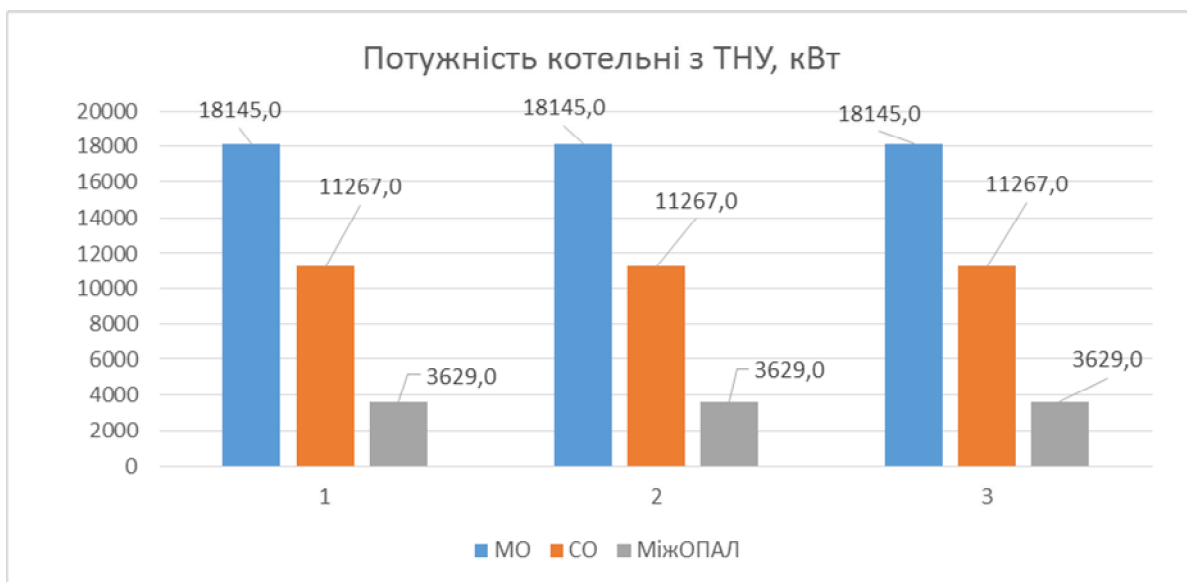


Рисунок 2.16 – Результати моделювання з визначенням теплової потужності котельні з ТНУ

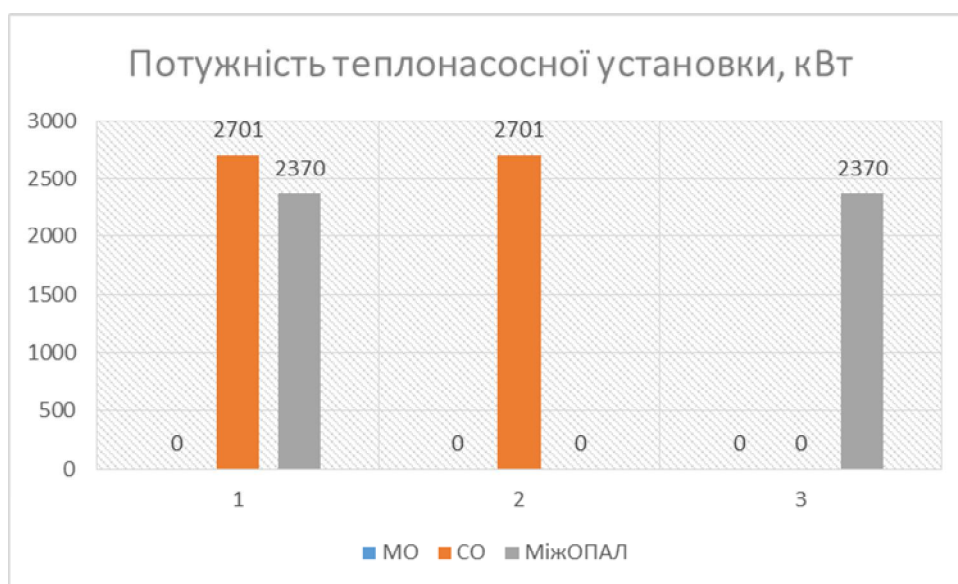


Рисунок 2.17 – Результати моделювання з визначенням теплової потужності теплонасосної установки

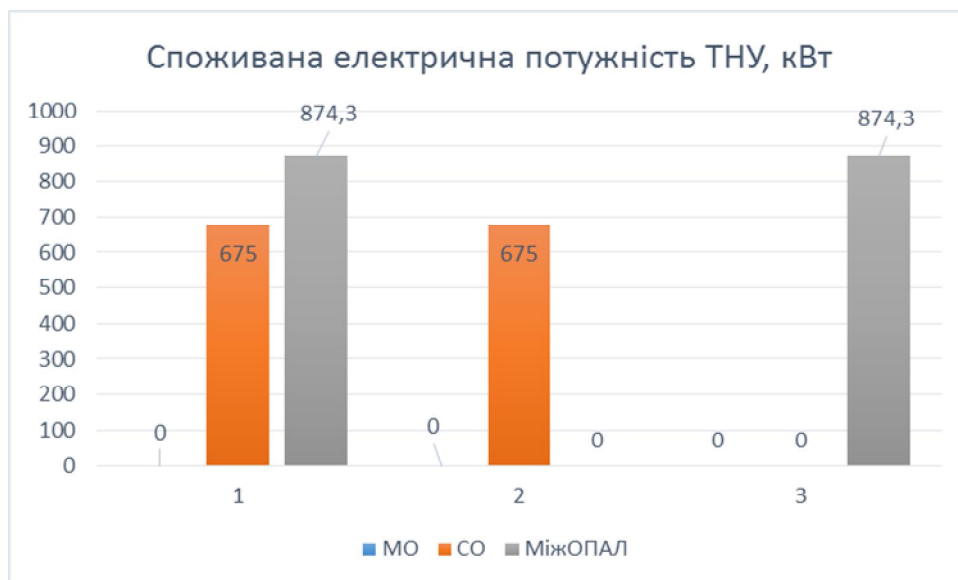


Рисунок 2.18 – Результати моделювання з визначенням електричної потужності, що споживає ТНУ

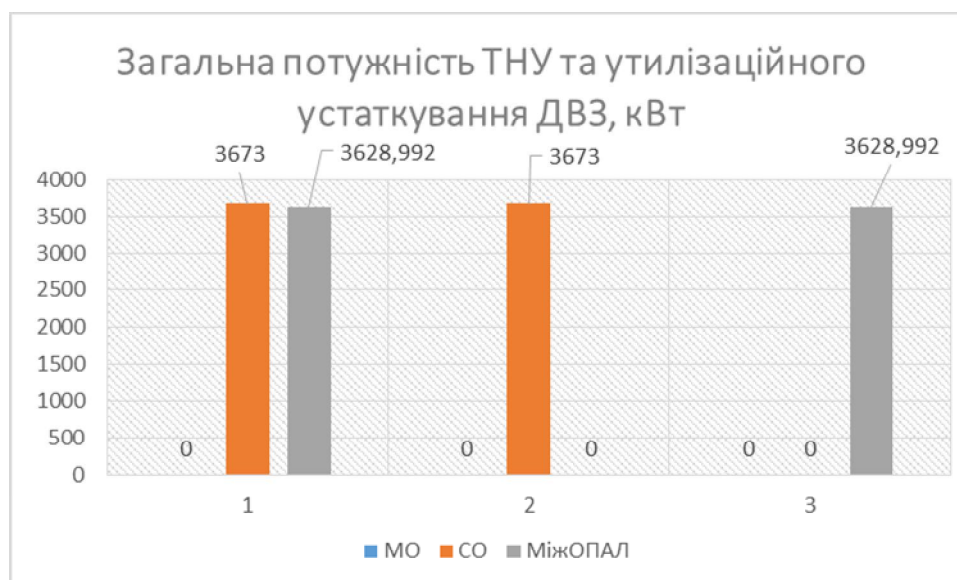


Рисунок 2.19 – Результати моделювання з визначенням загальної теплової потужності ТНУ та утилізаційного устаткування приводного двигуна

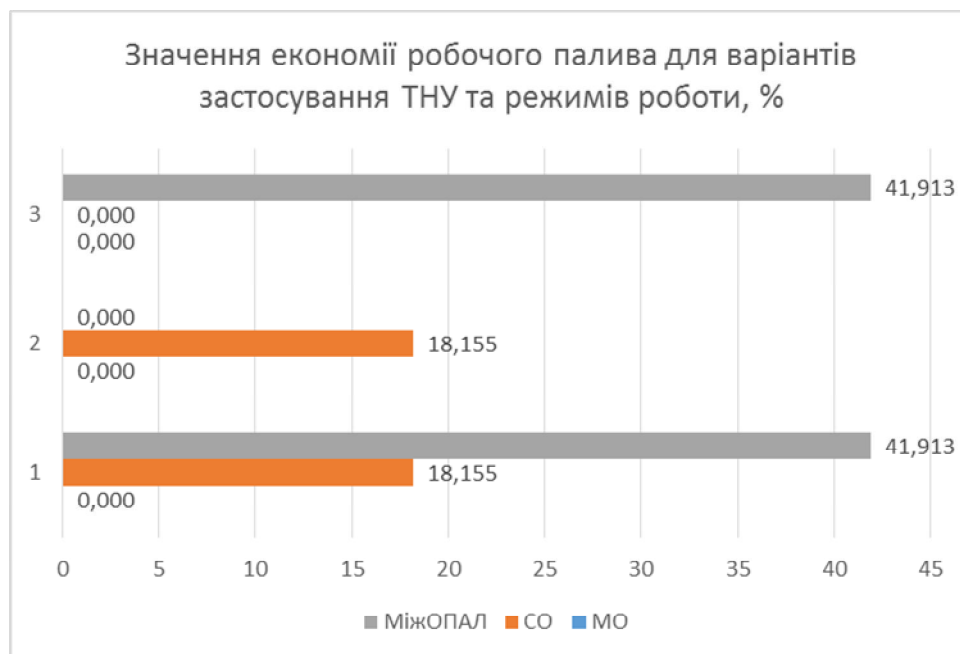


Рисунок 2.21 – Результати моделювання з визначенням значень сезонної економії робочого палива для досліджуваних варіантів застосування ТНУ в залежності від режимів роботи, %

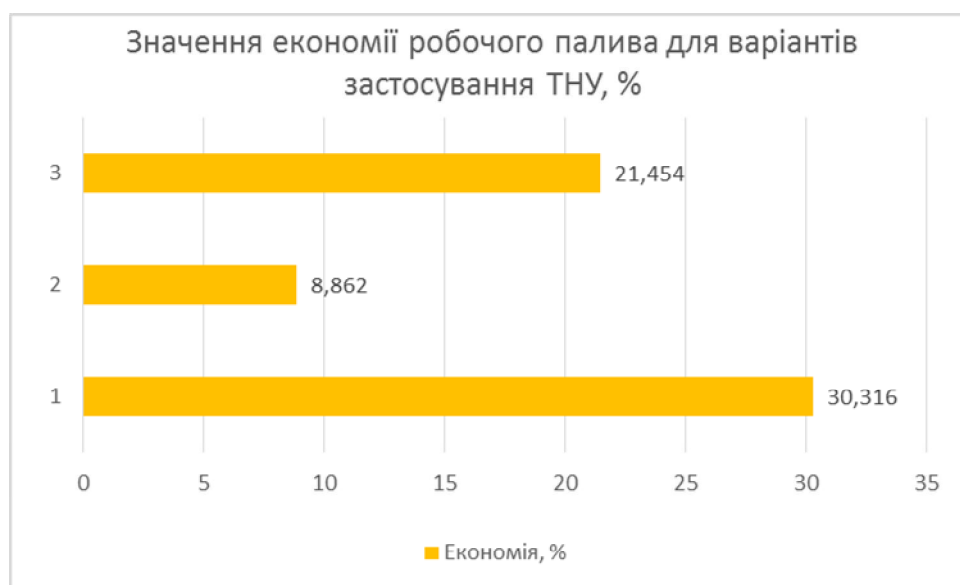


Рисунок 2.21 – Результати моделювання з визначенням значень річної економії робочого палива для досліджуваних варіантів застосування ТНУ, %

Висновки

За результатами виконаного багатоваріантного аналізу та техніко-економічного обґрунтування для обраного варіанту модернізації було визначено, що використання відновлюваних джерел енергії в парокомпресійній ТНУ в схемі котельні обумовить економію природного газу в обсязі 23,981%, забезпечить зниження експлуатаційних витрат на 51,825 млн. грн. в рік та зниження собівартості виробленої теплоти. Капіталовкладення в нове обладнання за обраним варіантом модернізації схеми котельні з ТНУ будуть становити 40,052 млн. грн., термін окупності оцінений у 0,77 року.

В бакалаврській дипломній роботі проведено моделювання в програмі SOLKANE SoftWare 8.0 та визначення ефективності варіантів використання відновлюваних джерел енергії в ТНУ для теплової схеми котельні.

З РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКІВ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ КОТЕЛЬНОЇ З ТНУ

3.1 Розрахунок контактної утилізатора для опалювального режиму

Результати розрахунку потужностей контуру контактної утилізатора теплоти відхідних газів досліджуваної водогрійної опалювальної котельні в двох опалювальному режимі роботи котельні, проведеного за методикою з [17], представлені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Результати розрахунку потужності контуру утилізатора

Показник	Позначення	Одиниця вимірювання	Формула	Режим опалювальний
Розрахункова витрата робочого палива котельнею	B_p	$\text{м}^3/\text{с}$	Приймаємо часткову утилізацію	0,36
Загальна утилізаційна потужність	$Q_{\text{заг. ут}}$	МВт	$Q_{\text{заг. ут}} = Q_{\text{ут}} + Q_{\text{оп}}$	2,026
Масова секундна витрата води через утилізатор	$G_{\text{ут}}$	$\text{кг}/\text{с}$	$G_{\text{ут}} = Q_{\text{заг. ут}} \cdot 1000 / ((t_1 - t_2) \cdot 4,19)$	32,24
Потужність пластинчастого теплообмінника конуру «утилізатор-випарник»	$Q_{\text{то}}$	МВт	$Q_{\text{заг. ут}}$	2,026

Результати розрахунку потужностей контуру контактної 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 теплової схеми опалювальної водогрійної котельні

Результати розрахунків ТНУ на холодоагенті R134а, що було проведено в програмі SOLKANE SoftWare 8., а також з використанням методик з [18 – 20], показані в таблиці 3.2

Таблиця 3.2 – Результати розрахунку ТНУ

Показник	Позначення	Одиниця вимірювання	Формула	Періоди роботи ТНУ	
				СО	МіжОПАЛ
Робочий теплоперепад	H_p	кДж/кг	$H_p = \frac{H_a}{\eta_{oi}^{KM}}$	33,33	49,33
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_b	кДж/кг	$q_b = h_1 - h_4$	110	94
Теплова потужність ТНУ	Q_k	кВт	Задається	2701	2370
Витрата холодоагента	G_{xa}	кг/с	$G_{xa} = \frac{Q_k}{q_k \times \eta_{to}}$	19,23	16,87
Коефіцієнт перетворення	φ		$j = \frac{Q_k}{N_{KM}}$	4,00	2,71
Потужність компресора	N_{KM}	кВт	$N_{KM} = \frac{G_{xa} \times H_p}{\eta_{em}}$	675	874
Потужність випарника	Q_b	кВт	$Q_b = Q_k - N_{KM}$	2026	1495
Витрата води у випарнику	G_b	кг/с	$G_b = \frac{Q_b}{C_p \times (t'_b - t''_b) \times \eta_{to}}$	32,89	72,85
Витрата води в конденсаторі	G_k	кг/с	$G_k = \frac{Q_k}{C_p \times (t_{THY} - t_{3B})}$	30,69	17,67

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

3.3 Розрахунок потужностей утилізаторів приводного двигуна

Результати розрахунку потужностей утилізаторів приводного двигуна для ТНУ, що був виконаний за методикою з [18-20], наведені у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Результати розрахунку потужностей утилізаторів приводного двигуна для ТНУ

Показник	Позначення	Одиниця вимірювання	Формула	CO	МіжОПАЛ
Електрична потужність ДВЗ	$N_{\text{двз}}$	кВт	З розрахунку ТНУ	675	874,3
Витрата робочого палива (газу)	$B_p^{\text{д}}$	м ³ /с	$B_p^{\text{д}} = \frac{B_y^{\text{д}} \times Q_{\text{ну}}^{\text{р}}}{Q_{\text{н}}^{\text{р}}}$	0,0048	0,0046
Масова витрата відхідних газів після ДВЗ	$G_{\text{вг}}$	кг/с	$G_{\text{вг}} = B_p^{\text{д}} \times M_{\text{сум}}$	1,263	1,636
Теплова потужність утилізатора відхідних газів	$Q_{\text{ут}}$	кВт	$Q_{\text{ут}} = G_{\text{вг}} \times C_{\text{pг}} \times (t_{\text{д}} - t_{\text{ут}}) \times \eta_{\text{то}}$	466	605
Теплова потужність системи охолодження	$Q_{\text{ох}}$	кВт	$Q_{\text{ох}} = 0,2 \times B_p^{\text{д}} \times Q_{\text{н}}^{\text{р}} \times \eta_{\text{то}}$	347	449
Теплова потужність теплоутилізаційного устаткування	$\sum Q_{\text{ут}}$	кВт	$\sum Q_{\text{ут}} = Q_{\text{ут}} + Q_{\text{ох}}$	815	1,053
Масова витрата води в утилізаторі	$G_{\text{ут}}$	кг/с	$G_{\text{ут}} = \frac{Q_{\text{ут}}}{C_{\text{p}} \times (t_2 - t_1)}$	4,95	6,42

Результати розрахунку потужностей утилізаторів приводного двигуна для ТНУ, що був виконаний за методикою з [18-20], наведені у таблиці 3.3.

3.4 Підбір теплонасосного та допоміжного обладнання. Розробка технології монтажу обладнання

Для обраного варіанту застосування теплоти відновлювних джерел в ТНУ для модернізованої теплової схеми підбираємо нове обладнання з джерел [21-24].

В тепловій схемі передбачається встановлення теплового насосу GEA з потужністю 3000 кВт, який працюватиме в опалювальному режимі (середнє навантаження) та міжопалювальному режимі. Привід компресора ТНУ буде забезпечено від газового двигуна–генератора 11ГД100М з номінальною потужністю електрогенератора 1000 кВт. Для контура випарника ТНУ підбрано КТАН-утилізатор марки КТАН-2,3УГ (теплопродуктивність 0,3-3 МВт).

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

Висновки

Для обраного варіанту застосування теплоти відновлювних джерел в ТНУ для модернізованої теплової схеми підбираємо нове обладнання з джерел. Розроблено технологію монтажу теплообмінника для контура теплового насосу на основі джерел [25 - 34], результати розрахунків узагальнені в Додатку В.

4 ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ КОТЕЛЬНОЇ З ТНУ

4.1 Оцінка енергетичної ефективності теплової схеми котельні з ТНУ

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

Таблиця 4.1 – Оцінка енергетичної ефективності теплової схеми котельні з ТНУ

Показник	Позначення	Як вимірювання	Формула	Режим 1	Режим 2	Режим 3
1	2	3	4	5	6	7
Теплова потужність котельні	Q_k	кВт	$Q_k = G_k \cdot c_v \cdot (t_k'' - t_k') \cdot 10^{-3}$	1761,7	1716,0	1498,6
Витрата робочого палива на котел	B_{pk}	м ³ /с	$B_{pk} = Q_k / (Q_H^p \cdot \eta_k)$	0,0563	0,0549	0,0469
Загальна потужність ТНУ та утилізаторів ДВЗ	ΣQ	МВт	За попередніми розрахунками	316,48	261,34	0
Витрата робочого палива на ДВЗ	$B_{двз}$	м ³ /с	За попередніми Розрахунками	0,0052	0,0043	0
Загальна витрата палива на котельню	B_3	м ³ /с	$B_3 = B_k + B_{двз}$	0,061	0,052	0,049
Економія палива за рахунок модернізації	ΔB	%	$\Delta B = \frac{B_{існ} - B_3}{B_{існ}} \cdot 100\%$	7,456	6,388	0
Середньорічна економія палива	$\Delta B_{річ}^{срд}$	%		6,92		

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

4.2 Аналіз економічної ефективності теплової схеми котельні з ТНУ

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

Таблиця 4.2 – Результати розрахунку економічної ефективності теплової схеми котельні з ТНУ

Показник	Позначення	Одиниця вимірювання	Формула	Значення
Інші витрати до модернізації	$C_{інші}$	грн/рік	$C_{інші} = 0,06 \times (C_{п} + C_{ел} + C_{в} + C_{з.п})$	13780143
Інші витрати після модернізації	$C_{інші}^M$	грн/рік	$C_{інші}^M = 0,06 \cdot (C_{п}^M + C_{ел}^M + C_{в}^M + C_{ам} + C_{з.п.} + C_{пр})$	10846656
Експлуатаційні витрати до модернізації	C_e	грн/рік	$C_e = C_{п} + C_{ел} + C_{в} + C_{з.п} + C_{інші}$	243449199
Експлуатаційні витрати після модернізації	C_e^M	грн/рік	$C_e^M = C_{п}^M + C_{ел}^M + C_{в}^M + C_{ам} + C_{з.п.} + C_{пр} + C_{інші}^M$	191624268
Зменшення експлуатаційних витрат	ΔC_e	грн/рік	$\Delta C_e = C_e - C_e^M$	51824931
Собівартість відпущеної теплоти	$CB_{немод}$	грн/ГДж	$CB_{немод} = C_e / Q_{річ}$	1045,91
Собівартість відпущеної теплоти після модернізації	$CB_{мод.}$	грн/ГДж	$CB_{мод} = C_e^M / Q_{річ}$	823,26
Економічна ефективність	$E_{ф}$	млн. грн/рік	$E_{ф} = (CB_{немод.} - CB_{мод.}) \times Q_{річ.}$	51824931
Термін окупності	T	рік	$T = K_{н.о.} / E_{ф}$	0,77

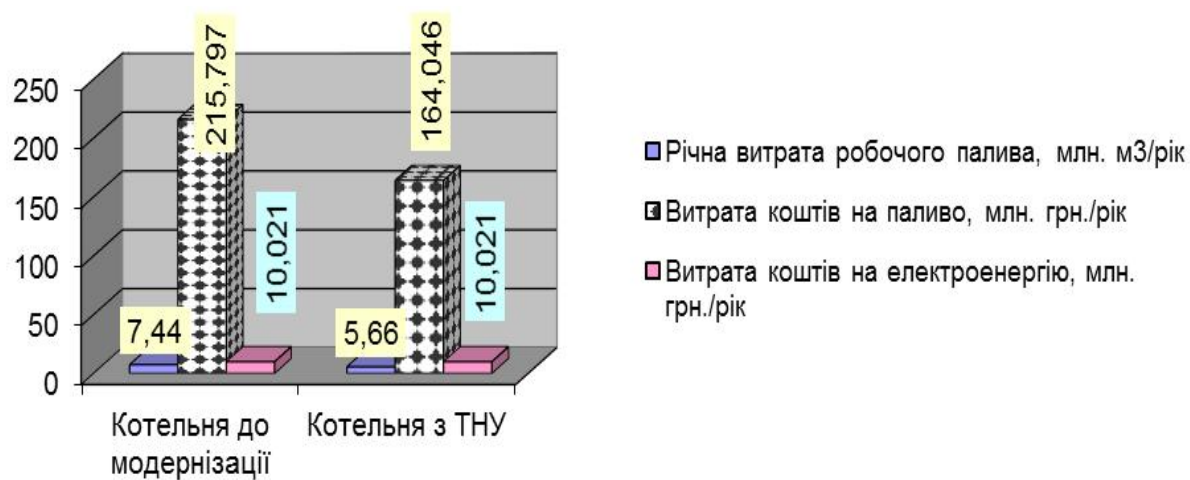


Рисунок 4.1 – Показники економічної ефективності котельні

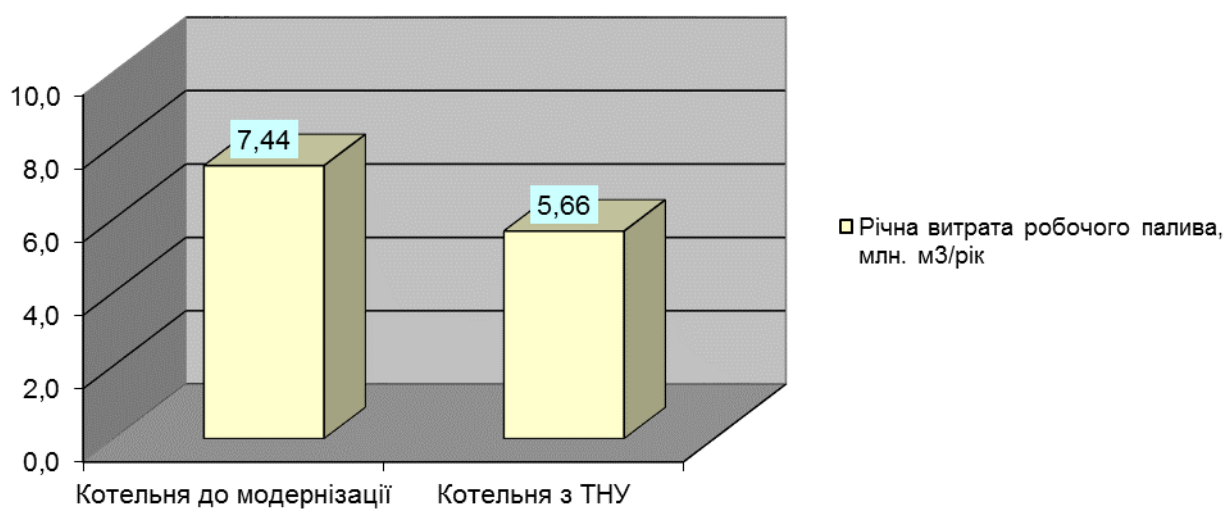


Рисунок 4.2 – Показники економічної ефективності котельні

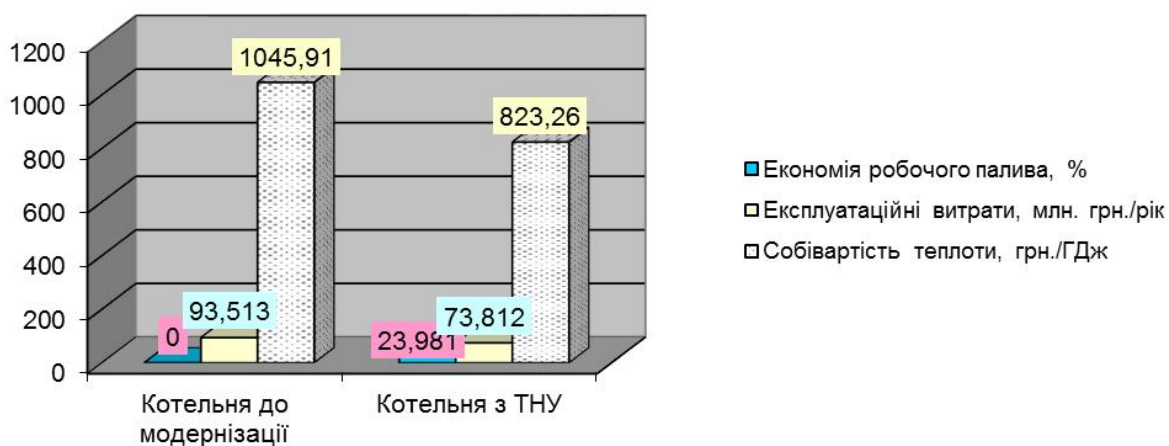


Рисунок 4.3 – Показники економічної ефективності котельні

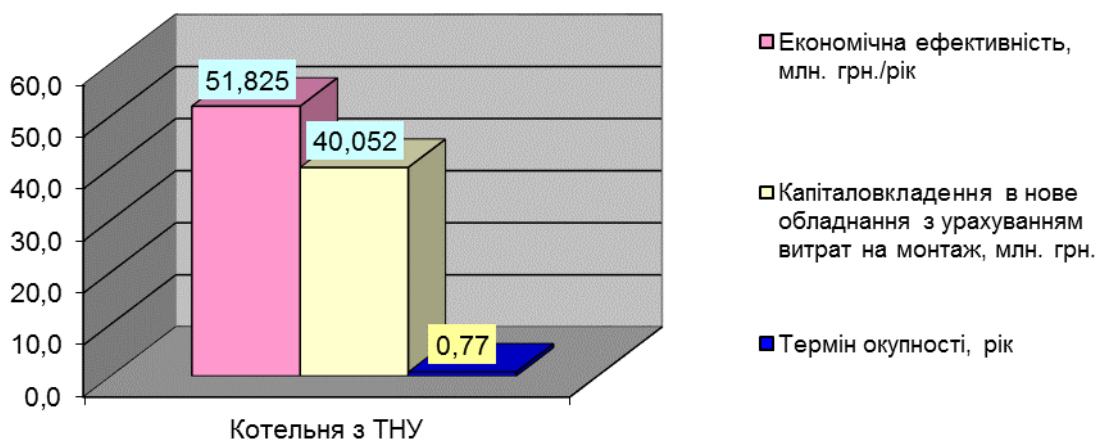


Рисунок 4.4 – Показники економічної ефективності котельні

Висновки

За результатами виконаного економічного аналізу обраного варіанту модернізації було визначено, що використання відновлюваних джерел енергії в парокомпресійній ТНУ в схем котельні обумовить економію природного газу в обсязі 23,981%, забезпечить зниження експлуатаційних витрат на 51,825 млн. грн. в

рік та зниження собівартості виробленої теплоти. Капіталовкладення в нове обладнання за обраним варіантом модернізації схеми котельні з ТНУ будуть становити 40,052 млн. грн., термін окупності оцінений у 0,77 року.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

У цьому розділі бакалаврської роботи запропоновані заходи та засоби з охорони праці під час розробки проєктної документації опалювальної котельні з використанням альтернативних джерел енергії. В процесі виконання проєктних робіт на персонал мають вплив такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори [38, 39]:

1) фізичні: підвищена запиленість повітря робочої зони; підвищена та знижена температура повітря робочої зони; підвищена та знижена рухомість повітря; підвищена та знижена вологість повітря; підвищений рівень шуму на робочому місці; підвищений рівень інфразвукових коливань; підвищений рівень ультразвуку; небезпечне значення напруги в електричному колі, замикання якого може відбутись через тіло людини; підвищений рівень статичної електрики; нестача природного освітлення; недостатнє освітлення робочої зони; підвищена яскравість світла; знижена контрастність; прямий і відбитий блиск; підвищена пульсація світлового потоку;

2) психофізіологічні: фізичні перевантаження (статичні); нервово-психічні перенавантаження (розумові перенапруги, монотонність праці, перенапруга аналізаторів).

Технічні рішення з безпечної експлуатації обладнання

Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

Конструкція робочого місця проєктувальника повинна відповідати сучасним вимогам ергономіки та Гігієнічної класифікації праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу [38], характеру виконуваної роботи та забезпечити оптимальне розміщення на робочій поверхні документів, рухомого пюпітра (тримача документів) та обладнання ПК (монітора, системного блоку, клавіатури, пристрою «миша», принтера та інших периферійних пристроїв з урахуванням їх кількості та конструктивних особливостей). Площа одного робочого місця, обладнаного ПК, повинна складати не менше 6 м², а об'єм – не менше 20 м³.

Живлення силового обладнання проєктної організації та системи освітлення здійснюється від чотирьохпровідної трифазної мережі 380 х 220В (фазна напруга (фаза – "0") – 220В, а міжфазна лінійна (фаза – фаза) – 380В). Категорія умов по небезпеці електротравматизму – без підвищеної небезпеки.

Розташування монітора ПК має забезпечувати: безпечність роботи в цілому; зручність та ефективність зорової роботи з екраном в вертикальній площині під кутом $\pm 30^0$ від лінії зору, площа екрана при цьому має бути перпендикулярною нормальній лінії зору користувача.

Нульовий захисний провід прокладається від стійки групового розподільчого щита, розподільчого пункту до розеток живлення. Не допускається підключення на щиті до одного контактного затискача нульового робочого та нульового захисного провідників. Площа перерізу нульового робочого та нульового захисного провідника в груповій трипровідній мережі повинна бути не менше площі перерізу фазового провідника. Усі провідники повинні відповідати номінальним параметрам мережі та навантаження, умовам навколишнього середовища, умовам розподілу провідників, температурному режиму та типам апаратури захисту, вимогам ПВЕ. У приміщенні, де одночасно експлуатується або обслуговується більше п'яти персональних комп'ютерів, на помітному та доступному місці встановлюється аварійний резервний вимикач, який може повністю вимкнути електричне живлення приміщення, крім освітлення.

Комп'ютери та устаткування для їх обслуговування, ремонту та налагодження повинні підключатися до електромережі тільки з допомогою справних штепсельних з'єднань і електророзеток заводського виготовлення. Штепсельні з'єднання та електророзетки крім контактів фазового та нульового робочого провідників повинні мати спеціальні контакти для підключення нульового захисного провідника. Конструкція їх має бути такою, щоб приєднання нульового захисного провідника відбувалося раніше ніж приєднання фазового та нульового робочого провідників. Порядок роз'єднання при відключенні має бути зворотним. Необхідно унеможливити з'єднання контактів фазових провідників з контактами нульового захисного провідника.

Неприпустимим є підключення комп'ютерів та їх устаткування для обслуговування, ремонту та налагодження до звичайної двопровідної електромережі, в тому числі – з використанням перехідних пристроїв. Індивідуальні та групові штепсельні з'єднання та електророзетки необхідно монтувати на негорючих або важкогорючих пластинах з урахуванням вимог ПВЕ та Правил пожежної безпеки в Україні. Електромережу штепсельних розеток для живлення комп'ютерів та їх устаткування для обслуговування, ремонту та налагодження при розташуванні їх уздовж стін приміщення прокладають по підлозі поряд зі стінами приміщення, як правило, в металевих трубах і гнучких металевих рукавах з відводами відповідно до затвердженого плану розміщення обладнання та технічних характеристик обладнання. При розташуванні в приміщенні за його периметром до 5 комп'ютерів, використанні трипровідникового захищеного проводу або кабелю в оболонці з негорючого або важкогорючого матеріалу дозволяється прокладання їх без металевих труб та гнучких металевих рукавів.

Під час монтажу та експлуатації необхідно повністю унеможливити виникнення електричного джерела загоряння внаслідок короткого замикання та перевантаження проводів, обмежувати застосування проводів з легкозаймистою ізоляцією і, за можливості, перейти на негорючу ізоляцію. Під час ремонту ліній електромережі шляхом зварювання, паяння та з використанням відкритого вогню необхідно дотримуватися Правил пожежної безпеки в Україні. Лінія електромережі для живлення комп'ютерів, їх периферійних пристроїв та устаткування для обслуговування, ремонту та налагодження виконується як окрема групова трипровідна мережа, шляхом прокладання фазового, нульового робочого та нульового захисного провідників. Нульовий захисний провідник використовується для заземлення (занулення) електроприймачів. Використання нульового робочого провідника як нульового захисного провідника забороняється.

Є неприпустимими: експлуатація кабелів та проводів з пошкодженою або такою, що втратила захисні властивості за час експлуатації, ізоляцією; залишення під напругою кабелів та проводів з неізольованими провідниками; застосування саморобних подовжувачів, які не відповідають вимогам до переносних

електропроводок; застосування для опалення приміщення нестандартного (саморобного) електронагрівального обладнання або ламп розжарювання; користування пошкодженими розетками, розгалужувальними та з'єднувальними коробками, вимикачами та іншими електровиробами, а також лампами, скло яких має сліди затемнення або випинання; підвішування світильників безпосередньо на струмопровідних проводах, обгортання електроламп і світильників папером, тканиною та іншими горючими матеріалами, експлуатація їх зі знятими ковпаками (розсіювачами); використання електроапаратури та приладів в умовах, що не відповідають вказівкам (рекомендаціям) підприємств-виготовлювачів.

Металеві труби та гнучкі металеві рукави повинні бути заземлені. Заземлення повинно відповідати вимогам ДНАОП 0.00-1.21-98 "Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів". Для підключення переносної електроапаратури застосовують гнучкі проводи в надійній ізоляції. Тимчасова електропроводка від переносних приладів до джерел живлення виконується найкоротшим шляхом без заплутування проводів у конструкціях машин, приладів та меблях. Доточувати проводи можна тільки шляхом паяння з наступним старанним ізолюванням місць з'єднання.

Електробезпека

Технічні рішення щодо запобігання електротравмам [40, 41]:

1) Для запобігання електротравм від контакту з нормально-струмопровідними елементами електроустаткування, необхідно: розміщувати неізольовані струмопровідні елементи в окремих приміщеннях з обмеженим доступом, у металевих шафах; використовувати засоби орієнтації в електроустаткуванні - написи, таблички, попереджувальні знаки; підвід кабелів до споживачів здійснювати у закритих конструкціях підлоги;

2) Електрозахисні засоби захисту

Персонал, який обслуговує електроустановки, повинен бути забезпечений випробуваними засобами захисту.

Використовуються основні та додаткові електрозахисні засоби. Основні (до 1000В): ізолювальні штанги; ізолювальні та струмовимірювальні кліщі; покажчики

напруги; діелектричні рукавиці; слюсарно-монтажний інструмент з ізольованими ручками. Додаткові (до 1000 В): діелектричні калоші; діелектричні килимки; переносні заземлення; ізолювальні накладки і підставки; захисні пристрої; плакати і знаки безпеки.

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

Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

Мікроклімат

Нормуються параметри мікроклімату в виробничих приміщеннях та гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони [42]. Тяжкість роботи розділяється на категорії залежно від загальних енерговитрат організму, ккал/с (Вт). Параметри мікроклімату в виробничому приміщенні для виконання проектних робіт наведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Нормування параметрів мікроклімату для постійних робочих місць

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

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату [43] на робочому місці інженера передбачається: в холодну пору року використання калорифера; в літню пору застосування вентиляторів обдува; провітрювання приміщення.

Склад повітря робочої зони

Забруднення повітря робочої зони регламентується концентраціями (ГДК) в мг/м [42]. В умовах роботи на граничнодопустимих концентраціях можливими

забруднювачами повітря робочої зони можуть бути пил та шкідливі гази, їх ГДК наведено в таблиці 5. 2.

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

Назва речовини	ГДК, мг/м3		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Пил нетоксичний	0.5	0.15	4

Для забезпечення складу повітря робочої зони передбачено [42]: провітрювання приміщення; цілісність вікон для перешкоджання попадання пилу в приміщення під час роботи; встановлення пиловловлюючих засобів.

Виробниче освітлення

Характеристика зорових робіт – середньої точності [44]. Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 розряд зорової роботи IV, підрозряд «в».

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

Таблиця 5.3 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

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

Для загального освітлення приміщень рекомендується використовувати головним чином, світлодіодні лампи, що обумовлюється наступними перевагами: високою світловою віддачею (до 75 лм/Вт і більше); довгим часом використання (до 10000 годин); малою яскравістю поверхні, що світиться; спектральним складом випромінюючого світла (для деяких видів ламп цей склад є близьким до природного світла, що забезпечує гарну передачу кольорів). Разом з тим необхідно врахувати і недоліки цих ламп: висока пульсація світлого потоку та пов'язана з цим можливість стробоскопічного ефекту; для запалювання та горіння лампи необхідно включення послідовно з ним пускорегулюючих апаратів; працездатність ламп залежить від температури оточуючого середовища, до кінця часу роботи світловий потік зменшується більш ніж на половину від номінального.

Світильники з світлодіодними лампами розміщують рядами; що дозволяє здійснювати їх послідовне включення (відключення) в залежності від величини природної освітленості. При експлуатації здійснюється контроль за рівнем напруги освітлювальної мережі, своєчасна заміна перегорілих ламп, забезпечується чистота повітря у приміщенні.

Виробничий шум

Для відносної логарифмічної шкали в якості нульових рівнів обрані показники, що характеризують мінімальний поріг сприйняття звуку людським вухом на частоті 1000 Гц. Нормативним документом, який регламентує рівні шуму для різних категорій робочих місць службових приміщень, є «ССБТ. Шум. Загальні вимоги безпеки» [45] (таблиця 5.4).

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».

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
Творча діяльність, конструювання і проєктування, програмування	86	71	61	54	49	45	42	40	38

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

Пожежна безпека

Пожежну безпеку промислових і інших об'єктів регламентують Правила пожежної безпеки в Україні [46, 47]. Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів визначається за ДСТУ 8829: 2019 [48], за якою визначається категорія приміщень за вибуховою та пожежною безпекою [49].

Отже, приміщення комерційної будівлі, де розташована проєктна організація, за вибухонебезпечністю та пожежонебезпечністю відноситься до категорії Д – речовини і/або матеріали, що зазначені вище для категорій приміщень В (крім горючих газів, горючих пилу і/або волокон), а також негорючі речовини і/або матеріали в холодному стані (за температури навколишнього середовища), за умов, що приміщення, в яких знаходяться (зберігаються, переробляються, транспортуються) зазначені вище речовини і/або матеріали, не відносяться до категорій А, Б або В; з зонами П-III (місця, де зберігаються тверді горючі речовини). Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів – сукупність властивостей, що характеризують їхню здатність до виникнення і поширення горіння. Наслідком горіння, залежно від його швидкості та умов протікання, можуть бути пожежа або вибух. Пожежо- вибухонебезпечність речовин і матеріалів визначають показниками,

вибір яких залежить від агрегатного стану речовини (матеріалу), та умов їхнього застосування. Будівля, в якій розташовані ці приміщення, характеризується IIIа ступенем вогнестійкості.

До IIIа ступеня вогнестійкості відносяться будинки переважно з каркасною конструктивною схемою. Елементи каркаса – з металевих незахищених конструкцій. Огороджувальні конструкції – з металевих профільованих листів або інших негорючих листових матеріалів з негорючим утеплювачем або утеплювачем груп горючості Г1 (низької горючості), Г2 (помірної горючості). Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвиликах) та максимальні межі поширення вогню по них (см) за ДБН В.1.1.7-2016 [50] наведено в таблиці 5.6.

Протипожежні перешкоди і мінімальні межі їх вогнестійкості за ДБН В.1.1.7-2016 [51] наведено в таблиці 5.7.

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

Ступінь вогнестійкості 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, настипи, прогони	балки, ферми, арки, рами
IIIa	REI 60 M0	REI 30 M0	E 15 M1	E1 15 M1	R 15 M0	R 60 M0	REI 15 M0	RE 15 M1	R 15 M0

Таблиця 5.7 – Протипожежні перешкоди та мінімальні межі їх вогнестійкості

Протипожежні перешкоди	Типи протипожежних перешкод або їх елементів	Мінімальна межа вогнестійкості протипожежної перешкоди (у хвилинах)	Тип заповнення прорізів, не нижче	Тип протипожежного тамбуршлюзу, не нижче
Стіни	3	REI 45	2	2
Перегородки	2	EI 15	3	2
Перекриття	4	REI 15	3	2

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

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

На території комерційної будівлі, які реконструюються, передбачено встановлення 5 вогнегасників ВП-5 (ВВП-5) [53].

ВИСНОВКИ

В бакалаврській дипломній роботі запропоновано комплекс заходів із енерго- та ресурсозбереження, підвищення техніко-економічних показників роботи теплової схеми водогрійної опалювальної котельні шляхом встановлення парокомпресійної ТНУ з використанням теплоти відновлюваних джерел. Шляхом встановлення парокомпресійної ТНУ забезпечене зниження енерго- та ресурсоемності вироблення теплоти в котельні.

За результатами виконаного багатоваріантного аналізу енергетичних показників низки досліджених варіантів модернізації було обрано варіант використання відновлюваних джерел енергії в парокомпресійній ТНУ з приводом від газопоршневого двигуна на природному газі. Джерелом низькотемпературної теплоти для ТНУ буде теплота від контактного утилізатора (вторинний енергоресурс) та відновлювана теплова енергія від природного джерела (річкова вода). За переліком показників зазначений варіант модернізації теплової схеми котельні був обраний до проектування.

За результатами виконаного багатоваріантного аналізу та техніко-економічного обґрунтування для обраного варіанту модернізації було визначено, що використання відновлюваних джерел енергії в парокомпресійній ТНУ в схемі котельні обумовить економію природного газу в обсязі 23,981%, забезпечить зниження експлуатаційних витрат на 51,825 млн. грн. в рік та зниження собівартості виробленої теплоти. Капіталовкладення в нове обладнання за обраним варіантом модернізації схеми котельні з ТНУ будуть становити 40,052 млн. грн., термін окупності оцінений у 0,77 року.

В бакалаврській дипломній роботі проведено моделювання в програмі SOLKANE SoftWare 8.0 та визначення ефективності варіантів використання відновлюваних джерел енергії в ТНУ для теплової схеми котельні.

В тепловій схемі передбачається встановлення теплового насоса GEA з потужністю 3000 кВт, який працюватиме в опалювальному режимі (середнє навантаження) та міжопалювальному режимі. Привід компресора ТНУ буде

забезпечено від газового двигуна–генератора 11ГД100М з номінальною потужністю електрогенератора 1000 кВт. Для контура випарника ТНУ підібрано КТАН-утилізатор марки КТАН-2,3УГ (теплопродуктивність 0,3-3 МВт).

Розроблено технологію монтажу теплообмінника для контуру теплового насосу.

За результатами виконаного економічного аналізу обраного варіанту модернізації було визначено, що використання відновлюваних джерел енергії в парокомпресійній ТНУ в схем котельні обумовить економію природного газу в обсязі 23,981%, забезпечить зниження експлуатаційних витрат на 51,825 млн. грн. в рік та зниження собівартості виробленої теплоти. Капіталовкладення в нове обладнання за обраним варіантом модернізації схеми котельні з ТНУ будуть становити 40,052 млн. грн., термін окупності оцінений у 0,77 року.

Проаналізовано заходи з охорони праці.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. 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).
2. 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).
3. 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).
4. 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).
5. 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).
6. 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).
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-2,3УГ. 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

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Використання відновлювальних джерел енергії в тепловій схемі опалювальної котельні

Тип роботи: бакалаврська дипломна робота
(БДР, МКР)

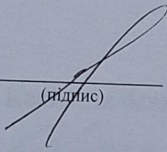
Підрозділ кафедра теплоенергетики, ФБЦЕІ
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Unicheck

Оригінальність 78,0 Схожість 22,0

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  Співак О.Ю.
(підпис) (прізвище, ініціали)

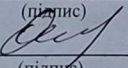
Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unicheck щодо роботи.

Автор роботи


(підпис)

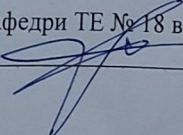
Прокопенко Л.А.
(прізвище, ініціали)

Керівник роботи


(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  Д.В. Степанов

Додаток Б
(обов'язковий)

УЗГОДЖЕНО

ЗАТВЕРДЖЕНО

Завідувач кафедри ТЕ

Д. В. Степанов

2024 р.

" 22 " 03

2024 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ
до бакалаврської дипломної роботи
ВИКОРИСТАННЯ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ В ТЕПЛОВІЙ
СХЕМІ ОПАЛЮВАЛЬНОЇ КОТЕЛЬНОЇ

за спеціальністю

144 – теплоенергетика

08-15.БДР.018.00.00.000 ТЗ

Керівник бакалаврської роботи

К.т.н., доц. Остапенко О. П.

"22" березня 2024 р.

Розробила студентка гр. ТЕ-22мсз

Прокопенко Л. А.

"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: потужність системи опалення 14,516 МВт; потужність системи гарячого водопостачання 3,629 МВт; температурний графік теплової мережі 95/70°C; паливо – природний газ; теплота згорання палива 34,126 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. Теплові насоси в централізованих системах опалення та охолодження	28.03.24	02.04.24	
2	Багатоваріантний аналіз та техніко-економічне обґрунтування вибору варіанту модернізації	30.03.24	07.04.24	
3	Результати розрахунку ефективності роботи теплової схеми котельні з ТНУ	06.04.24	20.05.24	
4	Оцінка 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 Корегування 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 заводу.

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.

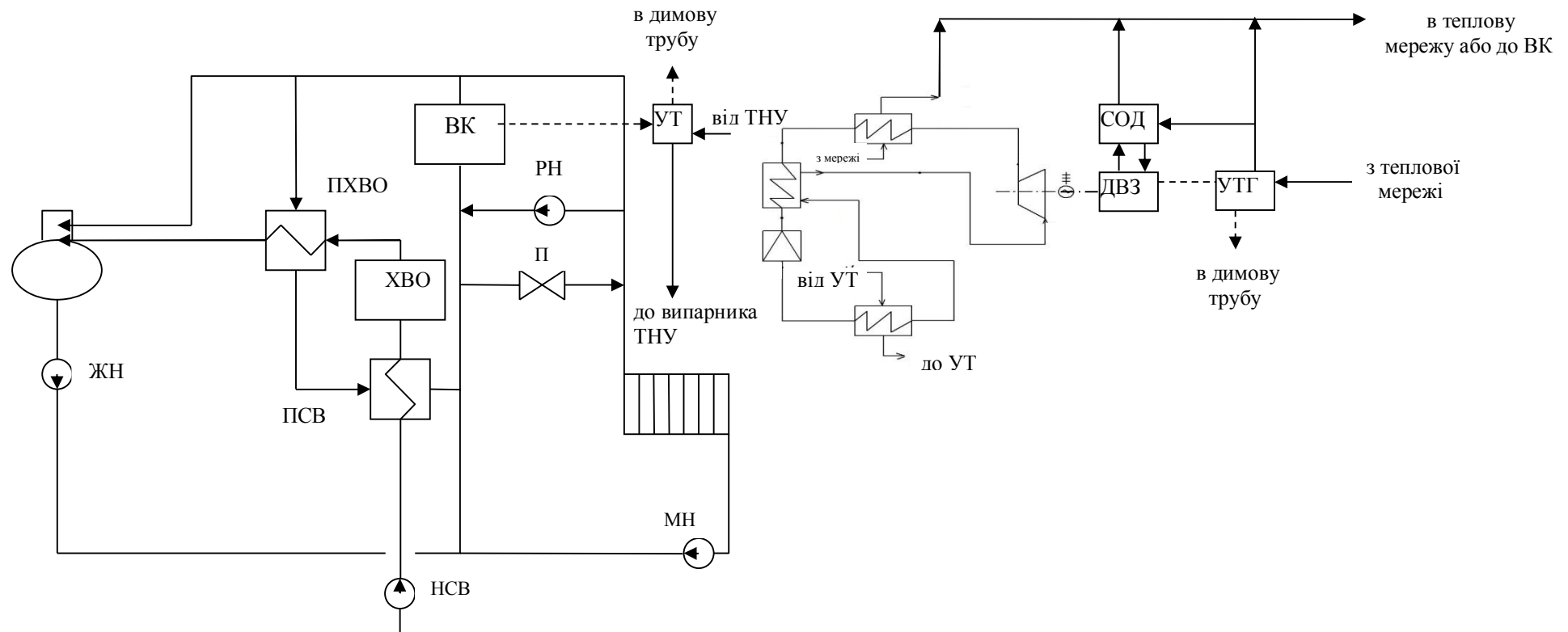


Рисунок В.1 – Теплова схема водогрійної котельні з ТНУ та ДВЗ

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

НСВ – насос сирогої 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 відбирання теплоти від ґрунтових вод.

Технічні вимоги.

Теплова потужність $Q = 31,43$ (кВт).

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

Температура грійної води на вході $t_{\Phi} = 15$ (°C).

Температура грійної води на виході $t_{\Phi} = 12$ (°C).

Температура води, що нагрівається, на вході $t_2 = 5$ (°C).

Температура води, що нагрівається, на виході $t_2 = 10$ (°C).

На рис. В.1 зображено протиточну схему руху теплоносіїв у теплообміннику.

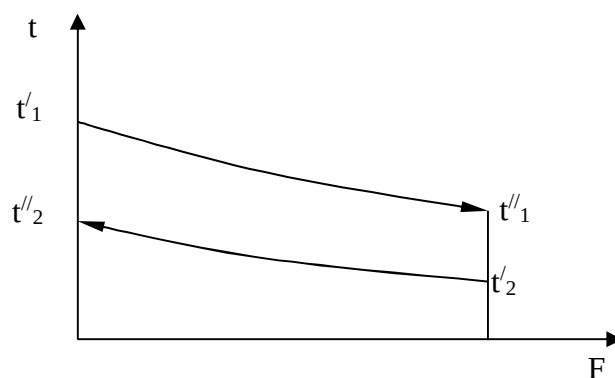


Рисунок В.1 – Схема руху теплоносіїв у теплообміннику

Середній температурний напір протитоку

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_{\phi} - \Delta t_m}{\ln \frac{\Delta t_{\phi}}{\Delta t_m}},$$

(В.1)

де $\Delta t_6, \Delta t_m$ – відповідно більша і менша різниця температур.

Більша і менша різниці температур:

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

$$\Delta t_6 = 12 - 5 = 7 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

$$\Delta t_m = t_1' - t_2''; \quad (B.3)$$

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

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

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

$$F_a = \frac{31,43 \times 10^3}{1435,3 \times 5,94} = 3,7 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Висновок: за даними параметрами обираємо теплообмінник Thermaks РТА (GL)-8-Р-32-34-2.4-1К, потужністю до 32 кВт.

Площа однієї пластини 1,67 м². Тоді кількість пластин

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

де f – площа однієї пластини.

$$n = (3,7 + 2 \times 1,67) / 1,67 = 7,4.$$

Приймаємо $n=8$ (шт).

Товщина пластини $\delta=0,3$ мм.

Площа теплообмінника

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

$$F_a = 8 \times 1,67 = 13,4 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Конструктивні характеристики та габаритні розміри проектного теплообмінника показані на рис. В.2. Маса теплообмінного апарату $M=51$ (кг), діаметр штуцерів $D=32$ (мм).

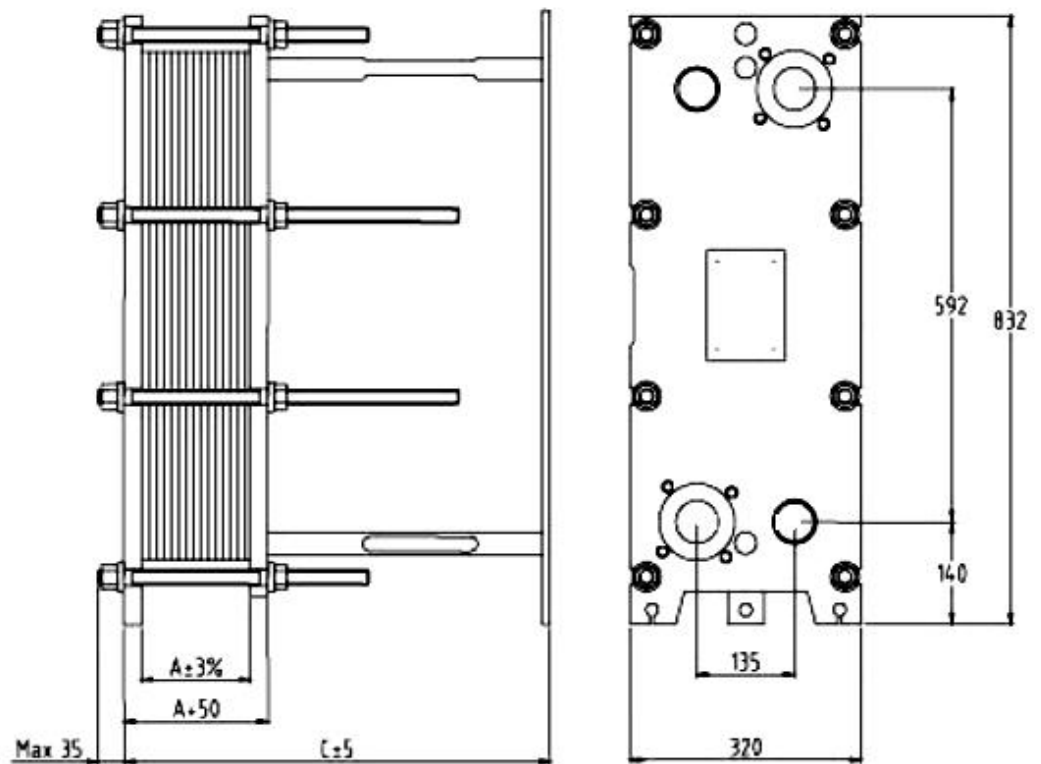


Рисунок В.2 – Теплообмінний апарат проміжного контуру.

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	Один иці вимір ю- вання	Кіль- кість	Маса одиниці, кг	Маса, кг
1	2	3	4	5	6
Потреба в основних матеріалах					
1	Трубопроводи зі сталевих труб із зварними стиками, що монтуються з готових вузлів, діаметр 50 мм ГОСТ 10704-91.	м	4,1	3,5	14,35
2	Трубопроводи зі сталевих труб із зварними стиками, що монтуються з готових вузлів, діаметр 15 мм ГОСТ 10704-91.	м	23,15	0,5	11,57
3	Трубопроводи зі сталевих труб із зварними стиками, що монтуються з готових вузлів, діаметр 32 мм ГОСТ 10704-91.	м	6,7	2,15	14,4
4	Засувка чавунна Ду50 ГОСТ 9544	шт	3	18	54

5	Засувка чавунна Ду32 ГОСТ 9544	шт	6	4,3	25,8
---	--------------------------------	----	---	-----	------

Продовження табл. В.1

1	2	3	4	5	6
6	Засувка чавунна Ду15 ГОСТ 9544	шт	5	1	5
7	Фільтр грубої очистки Ду50	шт	1	12	12
8	Фільтр грубої очистки Ду32	шт	1	6	6
9	Насос 1,5 SCM20 Ду50	шт	1	64,4	64,4
10	Насос 1,5 SCM20 Ду50	шт	1	56	56
11	Теплообмінник пластинчастий F=13,4м ²	шт	1	51	51
12	Клапан зворотній стальний Ду50	шт	1	17,5	17,5
13	Клапан зворотній стальний Ду32	шт	1	9	9

Потреба у допоміжних матеріалах

Матеріали для монтажу труб Ду50 Група 6

	Білило густотерте цинкове МА-011-1	т	0,041	0,00005	0,002
	Дріт зварний легований, діаметр 4 мм	т	0,041	0,00026	0,0107
	Електроди, діаметр 5 мм, марка Э42А	т	0,041	0,001	0,041
	Оліфа натуральна	кг	0,041	0,02	0,0008
	Вода	м ³	0,041	2,75	0,113
	Прядиво лляне	т	0,041	0,00002	0,0008

Матеріали для монтажу труб Ду32 Група 6

	Білило густотерте цинкове МА-011-1	т	0,067	0,00012	0,008
--	------------------------------------	---	-------	---------	-------

Продовження табл. В.1

1	2	3	4	5	6
	Дріт зварний легований, діаметр 4 мм	т	0,067	0,00017	0,0114
	Електроди, діаметр 5 мм, марка Э42А	т	0,067	0,0014	0,094
	Оліфа натуральна	кг	0,067	0,06	0,004
	Вода	м ³	0,067	1,13	0,076
	Прядиво лляне	т	0,067	0,00006	0,004

Матеріали для монтажу труб Ду15 Група 6

	Білило густотерте цинкове МА-011-1	т	0,231	0,00012	0,0278
	Дріт зварний легований, діаметр 4 мм	т	0,231	0,00017	0,0393
	Електроди, діаметр 5 мм, марка Э42А	т	0,231	0,0014	0,324
	Оліфа натуральна	кг	0,231	0,06	0,014
	Вода	м ³	0,231	0,25	0,058
	Прядиво лляне	т	0,231	0,00006	0,014

Монтаж засувки чавунних Ду50 Група 15

	Електроди, діаметр 5 мм, марка Е42А	т	3	0,00037	1,11
--	-------------------------------------	---	---	---------	------

Продовження табл. В.1

1	2	3	4	5	6
	Болти з гайками і шайбами, діаметр 16 мм	т	3	0,0011	3,3
	Прокладки з пароніта, марка ПМБ, товщина 2 мм, діаметр 50 мм	т	3	0,002	6
	Фланці сталеві Ду 50 ГОСТ 12820-80	шт	6	2,06	12,36

Монтаж засувок чавунних Ду32 Група 15

	Електроди, діаметр 5 мм, марка Е42А	т	6	0,00037	2,22
	Болти з гайками і шайбами, діаметр 16 мм	т	6	0,0011	6,6
	Прокладки з пароніта, марка ПМБ, товщина 2 мм, діаметр 50 мм	т	6	0,002	12
	Фланці сталеві Ду 32 ГОСТ 12820-80	шт	12	1,4	16,8

Монтаж засувок чавунних Ду15 Група 15

	Електроди, діаметр 5 мм, марка Е42А	т	5	0,00037	1,85
	Болти з гайками і шайбами, діаметр 12 мм	т	5	0,0011	5,5
	Прокладки з пароніта, марка ПМБ, товщина 2 мм, діаметр 50 мм	т	5	0,002	10
	Фланці сталеві Ду 15 ГОСТ 12820-80	шт	10	0,51	5,1

Монтаж фільтра грубої очистки Ду50 Група 21

	Електрооди, діаметр 5 мм, марка Е42А	т	0,1	0,001	0,1
--	--------------------------------------	---	-----	-------	-----

Продовження табл. В.1

1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---

Монтаж фільтра грубої очистки Ду32 Група 21

	Електрооди, діаметр 5 мм, марка Е42А	т	0,1	0,0008	0,08
--	--------------------------------------	---	-----	--------	------

Монтаж Насоса Ду50 Група 13

	Електрооди, діаметр 5 мм, марка Е42А	т	1	0,00039	0,39
	Прокладка гумова	кг	1	0,07	0,07
	Болти з гайками і шайбами, діаметр 16 мм	т	1	0,00127	1,27
	Фланці сталіні Ду 50 ГОСТ 12820-80	шт	2	2,06	4,12

Монтаж Насоса Ду32 Група 13

	Електрооди, діаметр 5 мм, марка Е42А	т	1	0,00039	0,39
	Прокладка гумова	кг	1	0,07	0,07
	Болти з гайками і шайбами, діаметр 16 мм	т	1	0,00127	1,27
	Фланці сталіні Ду 32 ГОСТ 12820-80	шт	2	1,4	2,8

Монтаж теплообмінника Група 81

	Азбестовий картон спільного призначення , товщина 2 мм	т	1	0,004	4
	Електрооди, діаметр 4 мм, марка Е42	т	1	0,0063	6,3

	Оліфа натуральна	кг	1	0,02	0,02
--	------------------	----	---	------	------

Продовження табл. В.1

1	2	3	4	5	6
	Болти з гайками і шайбами, діаметр 16 мм	т	1	0,0026	2,6
	Болти з гайками і шайбами, діаметр 20-22 мм	т	1	0,0052	5,2
	Пароніт	т	1	0,0004	0,4
	Сурик свинцевий	т	1	0,00008	0,08

Монтаж клапана зворотнього Ду50 Група 19

	Електроди, діаметр 5 мм, марка Е42	т	0,01	0,037	0,37
	Болти з гайками і шайбами, діаметр 16 мм	т	0,01	0,11	1,1
	Пароніт	т	0,01	0,01	0,1
	Фланці сталеві Ду 50 ГОСТ 12820-80	шт	2	1,33	2,66

Монтаж клапана зворотнього Ду32 Група 19

	Електроди, діаметр 5 мм, марка Е42	т	0,01	0,037	0,37
	Болти з гайками і шайбами, діаметр 12 мм	т	0,01	0,11	1,1
	Пароніт	т	0,01	0,01	0,1
	Фланці сталеві Ду 32 ГОСТ 12820-80	шт	2	1,33	2,66

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

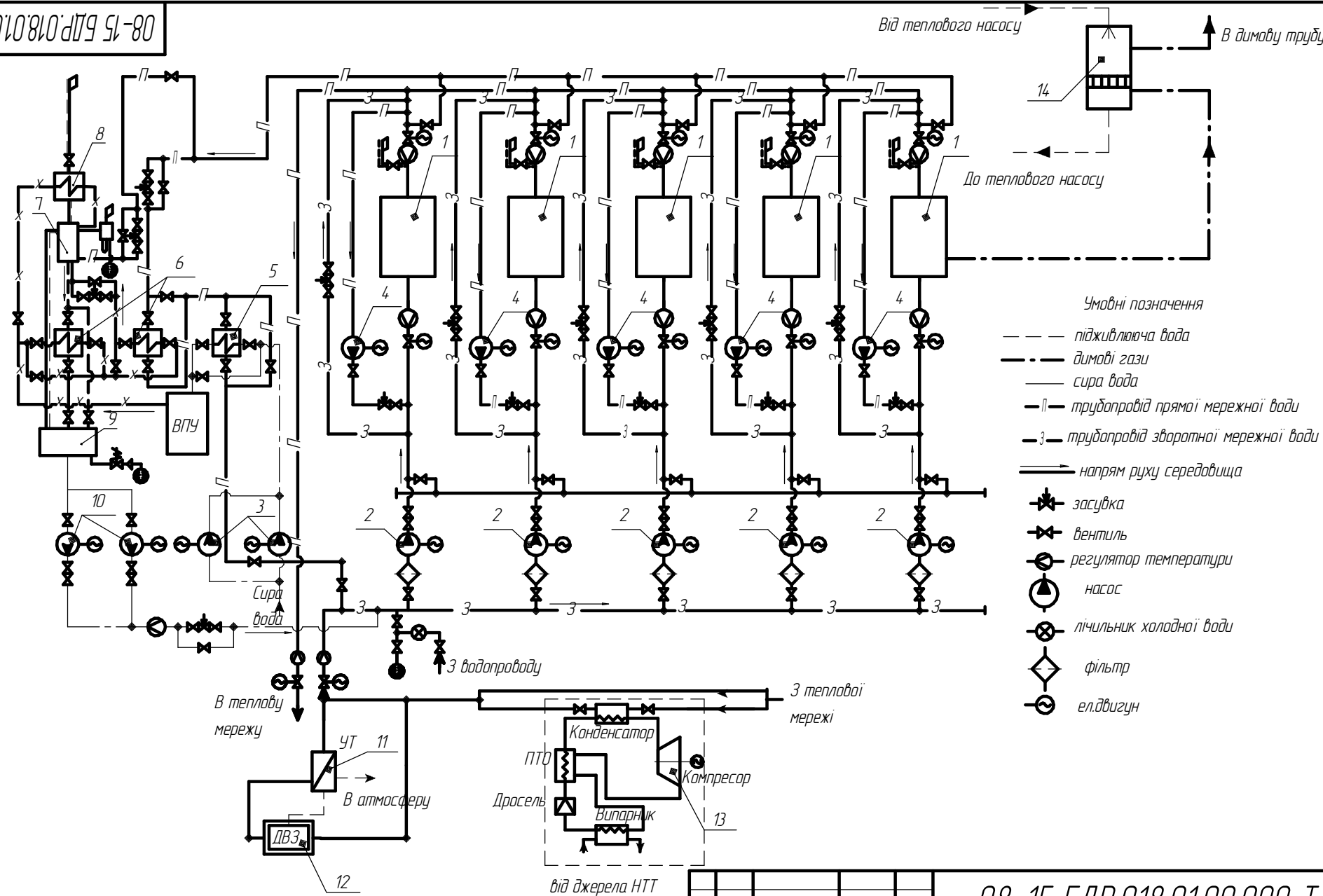
Загальна маса становить:

$$S_{\text{заг.}} = S_{\text{осн.обл}} + S_{\text{доп.обл}} = 469 \text{ (кг)}. \quad (\text{B.7})$$

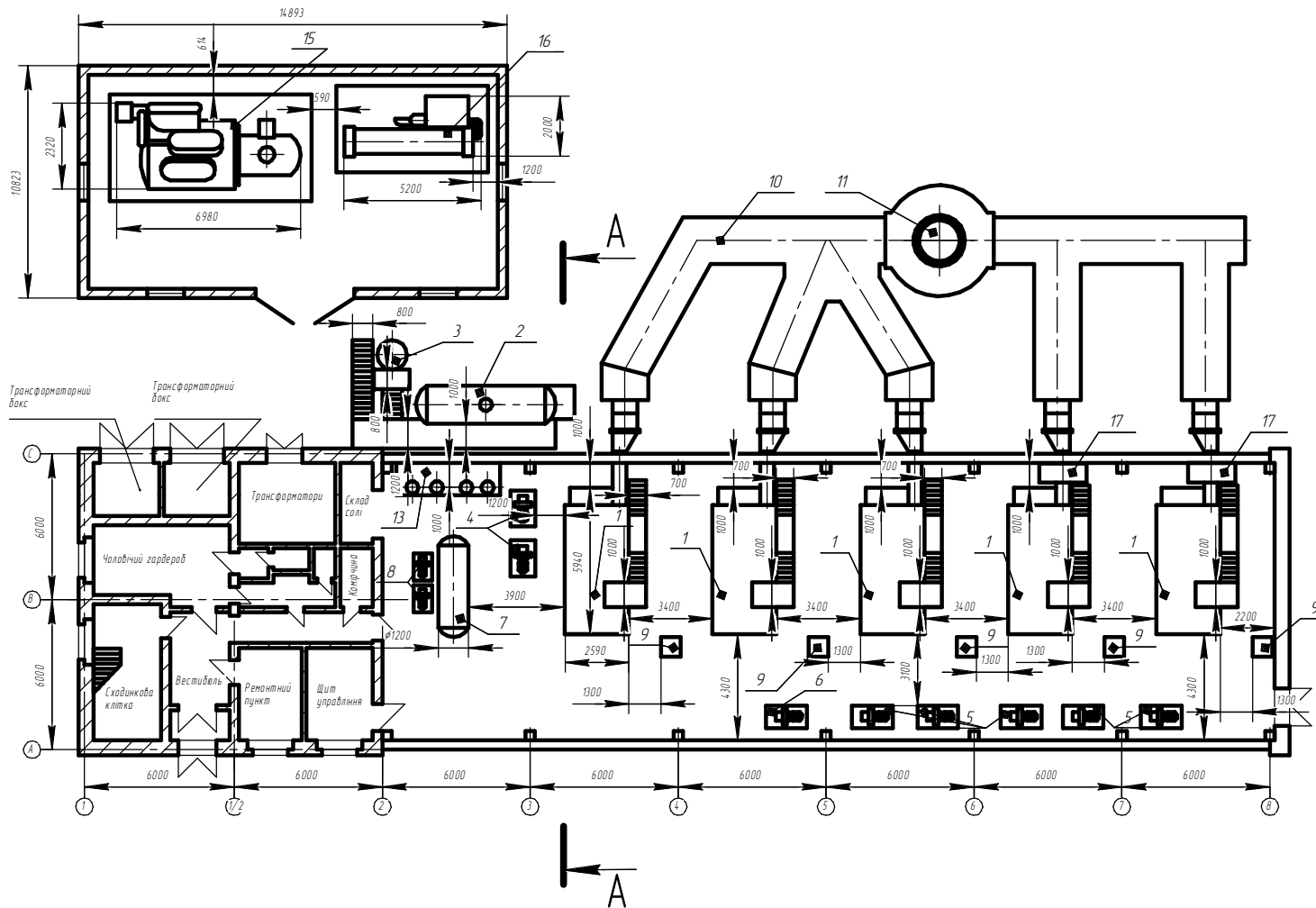
Додаток Г

ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

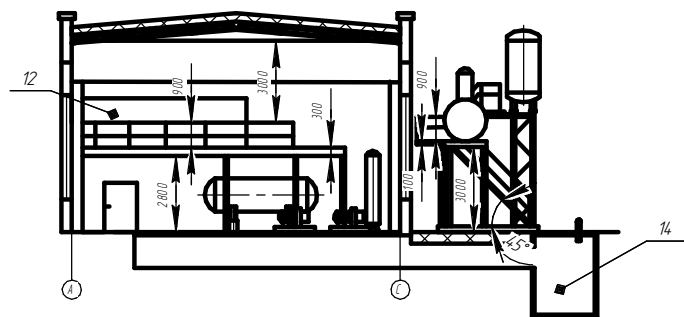
[illegible]



08-15 БДР.018.01.00.000 ТЗ					Лист			Масса	Масштаб
Схема теплова котельні з теплонасосною установкою					Лист		Листов	1	-
Копирвал					ВНТУ зр.ТЕ-22мсз				
Формат А3									



A-A



Експлікація обладнання

Позначення	Найменування	Кількість	Примітка
1	Котел водогрійний ДВК-2Г-6,5Н	5	
2	Деаератор вакуумний ДВ-5	1	
3	Розширювальний бак	1	
4	Підживлювальний насос КРГ-Ж-50	2	
5	Мережний насос 6К-8	5	
6	Рециркуляційний насос НКУ-40	1	
7	Бак сирої води	1	
8	Насос сирої води 2К-20-30	2	
9	Шафа управління паливками	5	
10	Газоход	1	
11	Димова труба	1	
12	Газорегулююча установка	1	
13	Хімічна водопідготовка	1	
14	Охолоджуючий колодязь	1	
15	Газопоршневий двигун 11ГД100М	1	
16	Тепловий насос GEA-3000	1	
17	Контактний утилізатор КТАН-2,3УГ	2	

08-15 БДР.018.02.00.000 АР

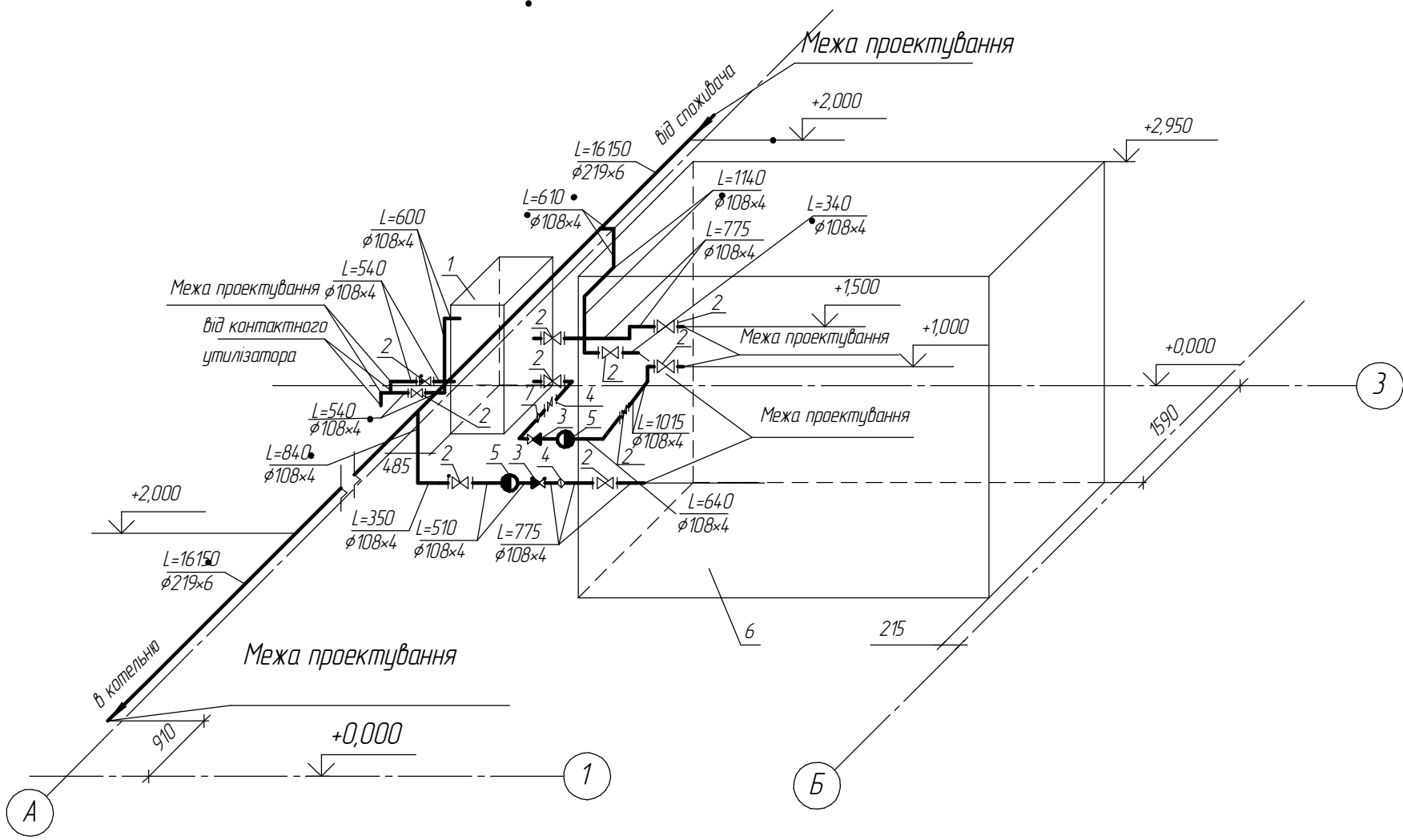
м. Хмельницький

Изм.	Коллч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Використання відновлювальних джерел енергії в тепловій схемі опалювальної котельні		
Разрабл.	Прокопенко Л. А.					Стадія	Лист	Листов
Перевірл.	Остапенко О. П.							1
Т. контр.						План котельні з теплонасосною установкою		
Рецензент	Співак О. Ю.					ВНТУ, зр. ТЕ-22мсз		
Н. контр.	Затвердж.							

[illegible]

Согласовано

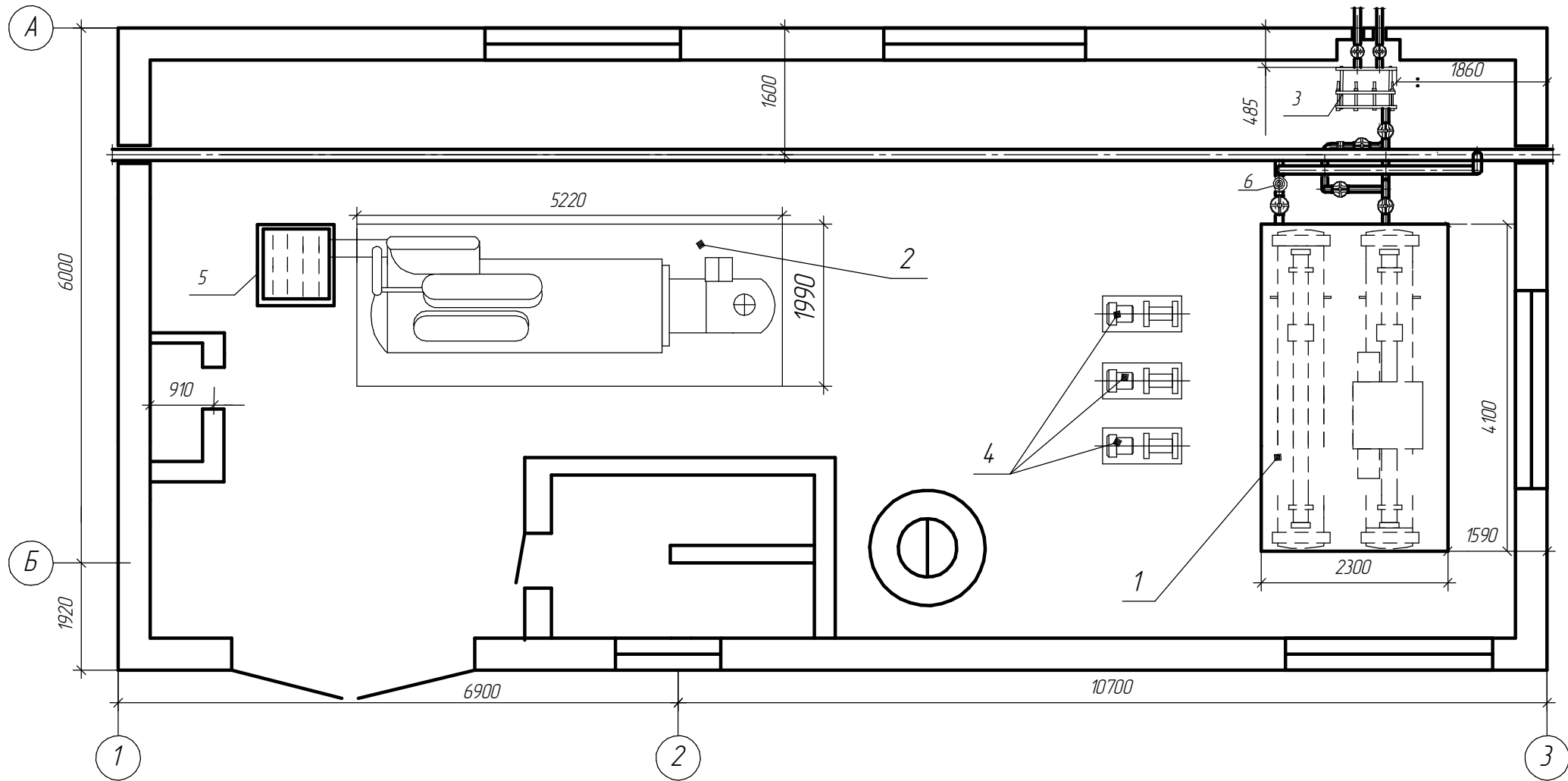
Инд. № подл. Подп. и дата. Взам инв. №



						08-15 БДР.018.03.00.000 АР			
						м. Хмельницький			
Изм.	Кол.ч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Використання відновлювальних джерел енергії в тепловій схемі опалювальної котельні	Стадія	Лист	Листов
Разроб.		Прокопенко Л. А.							
Перев.		Остапенко О.П.							1
Т. контр.									
Рецензент						Схема монтажна аксонометрична	ВНТУ, гр. ТЕ-22мсз		
Н. контр.		Співак О. Ю.							
Затвердж.		Степанов Д. В.							

[illegible]

План будівлі



Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Согласовано			

						08-15 БДР.018.04.00.000 АР			
						м. Хмельницький			
Изм.	Кол.ч	Лист	№ док.	Подп.	Дата				
Розроб.	Прокопенко Л. А.					Використання відновлювальних джерел енергії в тепловій схемі опалювальної котельні	Стадія	Лист	Листов
Перев.	Остапенко О. П.								1
Т. контр.									
Рецензент						План розташування обладнання та трубопроводів	ВНТУ, гр. ТЕ-22мез		
Н. контр.	Слівак О. Ю.								
Затвердж.	Степанов Д. В.								