Вінницький національний технічний університет
Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії
Кафедра теплоенергетики

БАКАЛАВРСЬКА ДИПЛОМНА РОБОТА

на тему: **«Теплонасосна установка в тепловій схемі котельні приватного акціонерного товариства «Вінницька кондитерська фабрика» по вул. Липовецька, 2»**

Виконав: студент 4 курсу, групи ТЕ–20б
спеціальності 144 – теплоенергетика
(шифр і назва спеціальності)
Святенко С. П.
(прізвище та ініціали)
Керівник: к. т. н., доцент каф. ТЕ
Остапенко О.П.
(прізвище та ініціали)
«19» 06 2024 р.
Рецензент: к.т.н., доцент каф. БМГА
Андрухов В. М.
(прізвище та ініціали)
«20» 06 2024 р.

Допущено до захисту
Зав. кафедри ТЕ
к.т.н., доц. Степанов Д. В.
(прізвище та ініціали)
«20» 06 2024 р.

Вінниця ВНТУ – 2024 рік

2

Вінницький національний технічний університет
Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії
Кафедра теплоенергетики
Рівень вищої освіти І (бакалаврський)
Галузь знань 14 – Електрична інженерія
Спеціальність 144 – Теплоенергетика

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ТЕ
Степанов Д.В.
12 березня 2024 року

З А В Д А Н Н Я
НА БАКАЛАВРСЬКИЙ КВАЛІФІКАЦІЙНИЙ ПРОЄКТ СТУДЕНТУ
Святенку Сергію Петровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Теплонасосна установка в тепловій схемі котельні приватного акціонерного товариства «Вінницька кондитерська фабрика»по вул. Липовецька, 2»
керівник роботи *Остапенко Ольга Павлівна к.т.н. доцент*
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом вищого навчального закладу від 11 березня 2024р. №80
2. Термін подання студентом роботи 04.06.2024
3. Вхідні дані до роботи: *Котел Buderus 1.6-16. Режими роботи : міжопал. $Q_{макс}$ =11804 кВт, B_y=15,857 кг/ГДж; середній режим. $Q_{сер}$ =11953 кВт, B_y=12,373 кг/ГДж, температура відхідних газів t=172 °С, мінімальний режим $Q_{сер}$ =15396 кВт, B_y=3,549 кг/ГДж,* температурний графік 70/90 °С.
4. Зміст текстової частини: *багатоваріантний аналіз та техніко екномічне обгрнутування, результати оцінки ефективності теплової схеми котельні з ТНУ,вибір теплонасосного, когенераційного та допоміжного обладнання, рохрахунок та оцінка ефективності теплової схеми ТНУ, охорона праці;висновки.*

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Теплова схема котельні , теплообмінник пластинчастий водоводяний, , техніко-екномічні показники

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	Кобилянський О. В. Зав. каф. БЖДПБ		
Інші розділ	Остапенко О. П., к. т. н. доц. каф ТЕ		
Нормоконтроль	Співак О. Ю. к. т. н. доц. каф ТЕ		

7. Дата видачі завдання 12.03.2024

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва та зміст етапу	Термін виконання		Примітка
		початок	закінчення	
1	Літературний огляд	12.03.2024	31.03.2024	
2	Багатоваріантний аналіз та техніко-економічне обгрунтування для варіанту модернізації	12.03.2024	31.03.2024	
3	Ефективність варіантів застосування тну в тепловій схемі	01.04.2024	30.04.2024	
4	Результати оцінки ефективності теплової схеми котельні з ТНУ	10.05.2024	13.05.2024	
5	Вибір теплонасосного, когенераційного та допоміжного обладнання	01.05.2024	10.05.2024	
6	Охорона праці	11.05.2024	12.05.2024	
7	Оформлення висновків по роботі	02.06. 2024	03.06 2024	
8	Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу	02.06.2024	04.06.2024	
9	Перевірка на антиплагіат	15.06.2024	16.06.2024	
10	Нормоконтроль	16.06.2024	16.06.2024	
11	Попередній захист БДР, доопрацювання, рецензування БДР	17.06.2024	18.06.2024	
12	Захист БДР ЕК	21.06.2024	21.06.2024	

Студент _____ Святенко С.П.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Остапенко О. П.
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

УДК 621.1

Святенко С. П Теплонасосна установка в тепловій схемі котельні приватного акціонерного товариства «Вінницька кондитерська фабрика» по вул. Липовецька, 2.». Бакалаврська кваліфікаційна робота зі спеціальності 144 – Теплоенергетика, освітня програма – Теплоенергетика. Вінниця: ВНТУ, 2024. 58с.

Бібліогр. : 54 назв; рис.: 8; табл. 18.

В дипломній роботі встановлено енергетичну та економічну ефективність застосування когенераційної теплонасосної станції на базі котельні «ВКФ». Виконано розрахунок існуючої та модернізованої теплової схеми котельні "ВКФ" з встановленням когенераційної теплонасосної установки на холодоагенті R134a, а також розрахунок техніко-економічних показників існуючої та модернізованої схем та підібране обладнання.

Проаналізована ефективність чотирьох варіантів застосування теплонасосної установки в тепловій схемі котельні "ВКФ". Передбачено варіанти застосування теплонасосної установки на холодоагенті R134a з електричним приводом компресора та приводом компресора від двигуна внутрішнього згорання. Джерелом низькотемпературної теплоти для ТНУ буде використана теплота від контактного утилізатора теплоти відхідних газів котлів. Передбачено використання проміжного теплообмінника в контурі низькотемпературного джерела теплоти для ТНУ. Оцінено економію робочого та умовного палива варіантів теплової схеми з ТНУ.

Ключові слова: котельня, теплова схема, теплонасосна установка (ТНУ), рекуперація тепла, системи регенерації.

ABSTRACT

Svyatenko S. P. Heat pump installation in the heating circuit of the boiler room of the private joint-stock company "Vinnytsia confectionery factory" on the street Lypovetska, 2." Bachelor's thesis on the specialty 144 – Heat and power engineering, educational program – Heat and power engineering. Vinnytsia: VNTU, 2024. 58 p.

Bibliogr. : 54 titles; Fig.: 8; table 18.

The thesis established the energy and economic efficiency of the use of a cogeneration heat pump station based on the VKF boiler house. The calculation of the existing and modernized thermal scheme of the "VKF" boiler house with the installation of a cogeneration heat pump unit using the R134a refrigerant, as well as the calculation of technical and economic indicators of the existing and modernized schemes and selected equipment, was performed.

The effectiveness of four options for the use of a heat pump installation in the thermal scheme of the "VKF" boiler house was analyzed. Variants of heat pump installation on R134a refrigerant with electric compressor drive and compressor drive from an internal combustion engine are provided. The source of low-temperature heat for HPI will be the heat from the contact waste gas heat utilizer of the boilers. It is planned to use an intermediate heat exchanger in the circuit of a low-temperature heat source for HPI. The economy of working and conditional fuel of the thermal scheme variants with TNU was evaluated.

Key words: boiler house, heat scheme, heat pump installation (HPI), heat recovery, regeneration systems.

ЗМІСТ

ВСТУП **8**

1ЛІТЕРАТУРНИЙО ОГЛЯД……**10**

2 БАГАТОВАРІАНТНИЙ АНАЛІЗ ТА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ДЛЯ ВАРІАНТУ МОДЕРНІЗАЦІЇ **20**

2.1 Показники роботи теплової схеми котельні……..**19**

2.2 Багатоваріантний аналіз **22**

3 РЕЗУЛЬТАТИ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ КОТЕЛЬНІ З ТНУ **27**

3.1 Розрахунок контактного утилізатора теплоти відхідних газів котельні **27**

3.2 Розрахунок теплонасосної установки для теплової схеми котельні **28**

3.3 Розрахунок потужностей утилізаторів газового двигуна внутрішнього згорання **29**

3.4 Підбір теплонасосного та допоміжного обладнання для обраного варіанту ТНУ. Розробка технології монтажу обладнання **31**

4 РОЗРАХУНОК ТА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕПЛОВОЇ..... **32**

СХЕМИ КОТЕЛЬНІ З ТНУ..... **32**

4.1 Розрахунок та оцінка енергетичної ефективності теплової схеми котельні з ТНУ..... **32**

4.2 Аналіз економічної ефективності теплової схеми котельні..... **33**

4.3 Обгрунтування вибору варіанту застосування теплонасосної установки

5 ВИБІР ТЕПЛОНАСОСНОГО, КОГЕНЕРАЦІЙНОГО ТА..... **37**

ДОПОМІЖНОГО ОБЛАДНАННЯ

5.1 Вибір теплонасосного обладнання..... **37**

5.2 Вибір когенераційного обладнання **37**

5.3 Вибір контактного утилізатора..... **37**

6 ОХОРОНА ПРАЦІ **38**

ВИСНОВКИ **51**

ДОДАТКИ **59**

Додаток А (обов'язковий) ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ.....Ошибка! Закладка не определена.

Додаток Б (обов'язковий). ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ ..Ошибка! Закладка не определена.

Додаток В (обов'язковий). ТЕХНОЛОГІЯ МОНТАЖУ ПЛАСТИНЧАСТОГО ТЕПЛООБМІННИКА В КОНТУРІ ВИПАРНИКА ТЕПЛОВОГО НАСОСУ ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ КОТЕЛЬНІ.....75

Додаток Г (обов'язковий). ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА…….....75

ВСТУП

Теплові насоси промисловості. Скорочення викидів кліматичних газів є глобальним викликом для сьогоднішнього та майбутніх поколінь, щоб мінімізувати вплив глобального потепління. Насправді обговорення більше не в тому, якщо буде ефект глобального потепління, а в тому, наскільки глобальне потепління відбудеться.

Попит промисловості на енергію становить приблизно 1/3 світових викидів кліматичних газів, і для успішної декарбонізації цього сектору необхідно поступово впроваджувати нові технології. Сучасна промисловість рухається до електрифікованої енергетичної системи на основі вітру, сонця та інших джерел енергії, відновлювані джерела та частіша рекуперація відпрацьованого промислового тепла. Це дозволяє інтегрувати високотемпературні теплові насоси для постачання технологічного тепла, тим самим значно знижуючи попит на викопне паливо.

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

Задачами БДР є:

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

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

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

4) визначення техніко-економічних показників котельні з ТНУ.

Об’єктом роботи є енергоефективна парокомпресійна ТНУ в тепловій схемі котельні.

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

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

1 ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД

Використання потенціалу промислових теплових насосів є дуже привабливим, оскільки дозволяє промисловості працювати зі значно зниженими викидами кліматичних газів. Однак існують проблеми, пов’язані з впровадженням технології теплового насоса, особливо високотемпературних системах, таких як промислові процеси та централізоване теплопостачання. Існує потреба в технічних інноваціях для досягнення менших питомих інвестиційних витрат і підвищення енергоефективності при збереженні технічної здійсненності та стабільної роботи.

Оскільки світ продовжує свій шлях до екологічних практик, галузі постійно шукають інноваційні способи оптимізації промислових процесів, споживання енергії та зменшення їх впливу на навколишнє середовище. Для інженерів-технологів, які працюють на промислових виробниках, одним з багатообіцяючих рішень є використання промислових теплових насосів для модернізації відновленої енергії з відпрацьованого тепла. Ця технологія має потенціал не тільки для підвищення енергоефективності, але й для зменшення викидів [1].

Промислові теплові насоси дозволяють підвищити температуру відпрацьованого тепла до вищої температури, що дозволяє використовувати його в інших місцях, а не викидати в навколишнє середовище. Таким чином, вони є екологічно чистою альтернативою традиційним системам опалення. Теплові насоси споживають електроенергію для підвищення температури відпрацьованого тепла, зменшуючи потребу в купівлі палива, яке з кожним днем стає все дорожчим. Крім того, промислові теплові насоси безпечніші, ніж опалення, що базується на спалюванні, не потребують технічного обслуговування, зменшують викиди вуглецю та мають тривалий термін служби.

Чому промислові теплові насоси актуальні для промисловості? Коли ми говоримо про зміну клімату, увага часто приділяється виробництву

електроенергії, але на опалення та охолодження припадає майже 40 відсотків світових викидів вуглецю. Сектор все ще значною мірою залежить від викопного палива та знаходиться на початку свого шляху декарбонізації. Теплові насоси замість спалювання викопного палива ефективно використовують джерела тепла, такі як озера, річки, моря, стічні води, відпрацьоване промислове тепло, а також геотермальне або атмосферне повітря. Іншим варіантом є використання електроенергії з відновлюваних джерел для приводу теплових насосів, що робить теплопостачання повністю нейтральним щодо вуглецю [2].

Рішення MAN Electro-Thermal Energy Storage Solution (ETES) засноване на принципі теплового насоса та може навіть перетворювати тепло та холод назад в електрику, забезпечуючи вирішення давньої проблеми, як зберігати змінно вироблену відновлювану електроенергію, коли вона буде готова. Основна відмінність системи ETES MAN від звичайних теплових насосів полягає в накипі. Звичайні теплові насоси здебільшого невеликі та призначені для окремих домогосподарств, тоді як система ETES від MAN може обслуговувати тисячі домогосподарств одночасно, розкриваючи потенціал централізованого опалення з нейтральним викидом CO_2.

На даний момент промислові процеси спричиняють 20% загальних викидів парникових газів у Європі. Для того, щоб залишатися в межах сценарію 1,5°C, передбаченого Паризькою кліматичною угодою, терміново необхідні заходи щодо скорочення викидів парникових газів промисловістю. У цьому документі підкреслюється роль, яку технології теплових насосів можуть зіграти в досягненні значного скорочення викидів CO_2, що є результатом промислового опалення [3].

Промислові теплові насоси — це високоенергоефективна багатопрофільна технологія для забезпечення технологічного тепла. Завдяки електричній енергії теплові насоси є ключовою технологією електрифікації, яка здатна замінити значну частину промислового опалення на викопному паливі. Дослідницькі інститути, які займаються дослідженнями та розробкою

теплових насосів, пропонують європейську програму промислових теплових насосів, розроблену для прискорення впровадження та подальшого розвитку цієї низьковуглецевої технології.

Розкриття переваг технології теплового насоса вимагає комплексу узгоджених заходів. Це включає створення нормативної бази, яка полегшує прийняття промислових теплових насосів, створення європейської інформаційної бази та бази знань про технології теплових насосів та інтеграцію процесів, а також створення програми НДДКР, яка підтримує зміцнення та зростання застосування промислових теплових насосів. - катіони.

Промислові теплові насоси можуть відігравати важливу роль у підвищенні енергоефективності промислових процесів, водночас спонукаючи до переходу від викопного палива до відновлюваної електроенергії як джерела енергії. теплопостачання в промисловості [4].

Як працюють теплові насоси? Теплові насоси (рис. 1.1) є класом обладнання для активної рекуперації тепла, яке дозволяє підвищити температуру потоку відпрацьованого тепла до вищої, більш корисної температури. Багато теплових насосів також працюють у зворотному напрямку, щоб забезпечити охолодження. Холодильники та кондиціонери зі зворотним циклом є прикладами теплових насосів, які ми використовуємо у повсякденному житті.

Крім того, що теплові насоси вже дуже ефективні, вони працюють від електрики, що дає їм змогу отримувати живлення від відновлюваної генерації на місці (і за його межами), наприклад сонячної фотоелектричної енергії. У поєднанні з тепловими батареями теплові насоси можуть забезпечувати опалення та охолодження ефективно та економічно, коли це необхідно, дозволяючи брати участь у механізмах управління попитом, щоб скористатися перевагами стимулів.

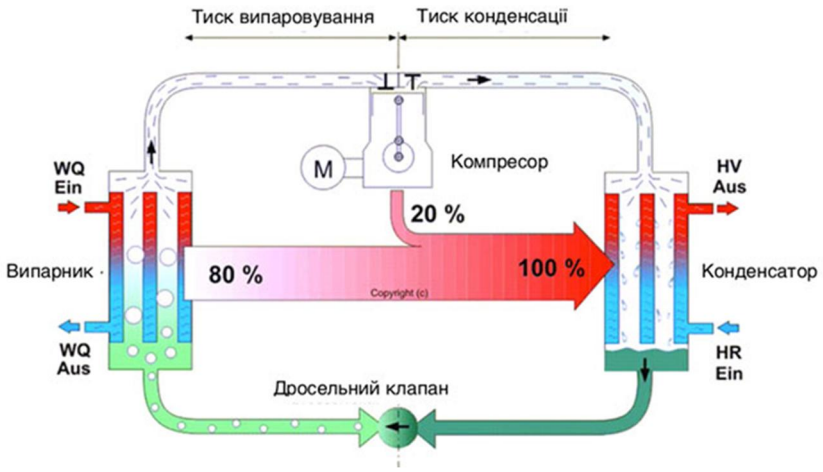


Рисунок 1.1 – Розподіл енергетичних потоків в тепловому насосі

Промислове тепло. Промисловий сектор несе відповідальність за виробництво численних проміжних продуктів і продуктів кінцевого використання з великими витратами сировини та енергії. Незважаючи на скорочення споживання енергії на одиницю доданої вартості (тобто енергоємності) протягом останніх десятиліть, загальне промислове енергоспоживання зросло через незрівнянно більший обсяг виробництва [5].

Використання теплової енергії можна умовно розділити на чотири категорії кінцевого споживання: технологічне опалення, технологічне охолодження, опалення приміщень і охолодження простору. Попит на технологічне опалення є домінуючим, на нього припадає 66 % загального споживання енергії.

Якщо світ хоче досягти нульового чистого викиду вуглецю до 2050 року, ми всі повинні внести значні зміни. Отже, багато організацій зменшують свою залежність від викопного палива. Замість того, щоб спалювати дороге паливо, яке завдає шкоди навколишньому середовищу, використовуйте промислові теплові насоси, які ефективно використовують різні джерела тепла, наприклад промислове відпрацьоване тепло. Крім того, якщо метою організацій є стати нейтральними до викидів вуглецю задовго до 2050 року, для живлення теплових насосів можна використовувати відновлювані джерела енергії.

Переваги промислових теплових насосів численні, і це лише питання часу, коли вони стануть нормою в промислових умовах.

Теплові насоси для опалення та теплопостачання. Відновлювана енергія для сектора опалення. Промислові теплові насоси — це великомасштабні пристрої, які збирають тепло з різних джерел, головним чином морських, річкових і промислових стічних вод, і перепрофільовують його для інших цілей. Теплові насоси можуть розподіляти тепло та холод різним кінцевим споживачам, включаючи централізоване опалення та охолодження. Вони також можуть використовувати відновлювану електроенергію, перетворюючи її на тепло та холод, які потім можна зберігати. Ця здатність робить їх ключовим компонентом зчеплення секторів.

Чи можуть електричні теплові насоси замінити котли, що працюють на викопному паливі, на які припадає близько 7 % відсотків світових викидів парникових газів?.

Це нове застосування технології, яка рідко використовується для промислового технологічного тепла. Більшість людей думають про теплові насоси як про інструменти для нагрівання повітря та води всередині будівель, а не генерувати пару при температурі 150 градусів за Цельсієм і при тиску, необхідному для промислового застосування .Але «єдина причина, чому теплові насоси раніше не постачали кип'ячену воду, полягає в тому, що ніхто раніше не будував теплові насоси для кип'ятіння води. З технічної точки зору, існує мало перешкод для створення пари за допомогою тієї ж технології, яка зараз досить вдосконалена, щоб підтримувати комфортне тепло в будинках і будівлях під час морозних зим [6]..

Щоб було зрозуміло, промислові теплові насоси існують і сьогодні. Великі виробники, такі як Danfoss, Emerson і Siemens, виробляють системи в основному для використання у великих промислових умовах. Але, згідно з жовтневим звітом аналітичного центру Energy Innovation, у 2021 році

промислове опалення становило менше 2 відсотків світового ринку теплових насосів вартістю від 53 до 68 мільярдів доларів.

Заміна надійних старих газових котлів на сьогоднішній день не була першочерговим завданням для більшості користувачів промислових парових установок. Дешевий викопний газ також зіграв свою роль. Але останніми роками технології теплових насосів покращилися, ціни на газ стали більш волатильними, і все більше компаній прагнуть досягти все більш агресивних цілей декарбонізації та урядових мандатів.

Тепловий насос для виробництва пари. Сьогодні переважна більшість цих котлів працюють на викопному паливі. Незважаючи на те, що котли з електричним живленням існують, вони бувають у формі систем електричного опору з нижчою ефективністю — по суті, електрично нагрітих металевих змійовиків, які кип'ятять воду — або котлів з більш високою напругою з електродами для більш важких промислових установок, які використовують електрику безпосередньо для перепрошивки води в пару.

Теплові насоси, навпаки, витягують і передають тепло з одного місця в інше так само, як холодильники або кондиціонери роблять з холодом — по суті, це кондиціонери, що працюють у зворотному напрямку. Оскільки вони використовують енергію для переміщення існуючого тепла, теплові насоси набагато енергоефективніші, ніж котли, що працюють на викопному паливі або електричному опорі, які використовують енергію для безпосереднього виробництва тепла.

Переваги теплових насосів. Теплові насоси мають ряд переваг перед котлами, які працюють на викопному паливі.

Висока ефективність і низькі викиди вуглецю. Теплові насоси мають високий коефіцієнт продуктивності (COP) від 3,0 до 5,02.

Зручність і вартість. Теплові насоси компактні, прості в установці і дозволяють уникнути витрат на котельню; Теплові насоси часто можуть використовувати існуючі джерела електроенергії при модернізації.

Відсутність продуктів згоряння. Електричні високотемпературні теплові насоси не мають викидів (наприклад, не мають продуктів згоряння для утилізації, таких як зола чи димові гази, включаючи NOx і SOx, а також вугільного пилу) і є чистішими, ніж система опалення на основі котла. Тому вони зазвичай не потребують дозволу.

Безпечний і довговічний - теплові насоси надійні. Вони містять перевірені компоненти та вбудовані контролери для самостійного регулювання їх роботи. Висока чутливість - ступінчасті компресори та приводи зі змінною швидкістю забезпечують швидку реакцію на навантаження та хороший контроль зниження.

Менше обслуговування – Компоненти теплових насосів руйнуються менш швидко через нижчу температуру компонентів, що означає, що потребує менше обслуговування.

Менший фізичний розмір - зберігання палива не потрібне. Це може значно зменшити фізичний розмір системи опалення порівняно з альтернативою, яка працює на викопному паливі. Кілька теплових насосів можна розмістити на території (якщо місце підходить) поблизу потреби в опаленні, зменшуючи втрати тепла в розподільчій мережі та підвищуючи ефективність системи опалення. Завдання на майбутнє – майбутні електромережі вимагають швидшої реакції на зміни попиту; теплові насоси можуть забезпечити економічно ефективні варіанти реагування на попит.

Чи є у теплового насоса недоліки?

Хоча використання теплових насосів для промислового опалення має багато переваг, існують також потенційні проблеми або обставини, коли альтернативне рішення може бути кращим для вашого бізнесу.Застосування високотемпературного технологічного тепла - сьогодні промислові теплові насоси в основному використовуються для низькотемпературних процесів нижче 100 °C. Вищі температури краще підходять для котла на біомасі або електричного котла [7].

Витрати на мережу. Витрати на потужність, час використання та піковий попит можуть означати, що теплові насоси несуть значні витрати в певні періоди. Може бути доцільним використовувати теплові насоси поряд з неелектричними котлами або з накопичувачами тепла для використання в періоди пікового споживання електроенергії та для підвищення стійкості системи. Завдяки регулюванню швидкості споживання електроенергії тепловим насосом також можна тимчасово зменшити під час високого попиту на електроенергію на місці або в мережі, щоб реагувати на тарифи на електроенергію або брати участь у програмах реагування на попит.

Вимоги до електропостачання. Промислові теплові насоси зазвичай споживають приблизно від чверті до третини еквівалентного теплового навантаження як електроенергію, тому їм може знадобитися збільшення потужності електропостачання на місці. Електропроводка та розподільні пристрої на місці можуть бути дорогими, особливо на великих відстанях.
Теплові насоси потребують надійного джерела тепла для ефективної роботи. Чим ближче джерело тепла до вихідної температури, тим вище ефективність. Теплові насоси Air-Reference можуть працювати не так добре та забезпечувати меншу потужність у холодну погоду.

Складність. Системи високотемпературних теплових насосів можуть бути технічно складними та дорогими для проектування та встановлення. Обслуговуючий персонал може потребувати перенавчання новій технології.
Низькі коефіцієнти використання. Тепловий насос коштує багато грошей, тому, якщо ваші коефіцієнти використання низькі, економія енергії та вуглецю може бути недостатньою для покриття капітальних витрат.

З точки зору продукту, європейський ринок промислових теплових насосів із сегмента механічних парокомпресійних теплових насосів із відкритим циклом сягнув понад 120 мільйонів доларів США у 2022 році. Швидка індустріалізація та збільшення населення в різних європейських країнах призвели до збільшення попиту на продукти в харчовій та харчовій промисловості, фармацевтична промисловість, таким чином придбавши

значну частку галузі. Крім того, зростання сегмента пов'язано зі збільшенням використання випарників у хімічній, целюлозно-паперовій та металургійній промисловості, що розвивається.

За оцінками, європейський ринок промислових теплових насосів із сегмента систем централізованого опалення досягне майже 13% приросту до 2032 року. Очікується, що цей сегмент виграє від сприятливих урядових ініціатив і суворих правил щодо впровадження більш чистих та енергоефективних технологій HVAC для задоволення зростаючого споживання енергії попит у країнах, зокрема, у Норвегії, Швеції та Німеччині, а також зростаюче занепокоєння щодо викидів вуглецю від технологій обігріву приміщень [8].

Очікується, що до 2032 року європейський ринок промислових теплових насосів у сегменті від 2 МВт до 5 МВт зросте на понад 69 Багато європейських компаній модифікують свої джерела енергії та скорочують викиди парникових газів, переходячи на великомасштабні теплові насоси потужністю 2 МВт. Потужність 5 МВт для великих систем центрального опалення. Удосконалені теплові насоси, які можуть забезпечувати високі температури за незначну частину вартості газових котлів і в умовах різкого зростання цін на газ, викликаного російсько-українською війною, що, як очікується, доповнить розширення сегменту.

З точки зору температури, європейський ринок промислових теплових насосів від 100 °C до 150 °C, за прогнозами, спостерігатиме збільшення більш ніж на 5% між 2023 і 2032 роками. На це зростання впливають значні інноваційні продукти, а також постійний відхід від традиційних промислові системи опалення, такі як котли для централізованого теплопостачання. Теплові насоси допомагають мінімізувати використання викопного палива в промисловому секторі, на який припадає майже одна п'ята частина загального використання природного газу. Учасники ринку впроваджують нові технології в теплові насоси, щоб покращити продуктивність у різноманітних галузях

промисловості, включаючи паперову, хімічну та виробництво пари, що, ймовірно, сприятиме розвитку сегменту [9].

Висновки

Попит промисловості на енергію становить приблизно 1/3 світових викидів кліматичних газів, і для успішної декарбонізації цього сектору необхідно поступово впроваджувати нові технології. Сучасна промисловість рухається до електрифікованої енергетичної системи на основі вітру, сонця та інших джерел енергії, відновлювані джерела та частіша рекуперація відпрацьованого промислового тепла. Це дозволяє інтегрувати високотемпературні теплові насоси для постачання технологічного тепла, тим самим значно знижуючи попит на викопне паливо.

2 БАГАТОВАРІАНТНИЙ АНАЛІЗ ТА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ДЛЯ ВАРІАНТУ МОДЕРНІЗАЦІЇ

2.1 Показники роботи теплової схеми котельні

В бакалаврській дипломній роботі розглядається схема парової промислово-опалювальної котельні Вінницької кондитерської фабрики при закритій системі теплопостачання. Котельня призначена для виробництва водяної пари для промислового споживання та теплопостачання системи опалення та гарячого водопостачання офісів та цехів. В котельні встановлені два сталевих парових котла Buderus 1,6.-16, які працюють на природному газі. Котельня забезпечує відпуск пари з температурою 168 ºС для промислових потреб, системи опалення та гарячого водопостачання.

Виконано розрахунок теплової схеми промислово-опалювальної парової котельні Вінницької кондитерської фабрики для трьох розрахункових режимів роботи, , проведено визначення електричних потужностей власних потреб котельні.

Розрахунки показників роботи теплової схеми промислово-опалювальної парової котельні Вінницької кондитерської фабрики для трьох режимів. Показники роботи котельні показані в таблицях 2.1 - 2.3.

Таблиця 2.1 – Теплоенергетичні показники роботи котельні для масимального режиму

Показник	варіанти			
	1	2	3	4
Потужність котельні ТНУ, кВт	11804	11804	11804	11804
Потужність теплонасосної установки, кВт	600	0	600	600
Споживана електрична потужність ТНУ, кВт	186,5	0	186,5	186,5
Загальна потужність ТНУ та утилізаційного устакування ДВЗ, кВт	868,56	0	868,56	868,56
Питомі витрати умовного палива в схемі з ТНУ, кг/ГДж	15,857	15,857	0,000	15,857

Таблиця 2.2 – Теплоенергетичні показники роботи котельні для середньоопалювального режиму

Показник	варіанти			
	1	2	3	4
Потужність котельні ТНУ, кВт	11953,8	11953,8	11953,8	11953,8
Потужність теплонасосної установки, кВт	2120	2120	2120	0
Споживана електрична потужність ТНУ, кВт	660	660	660	0
Загальна потужність ТНУ та утилізаційного устакування ДВЗ, кВт	3070,4	3070,4	3070,4	0
Питомі витрати умовного палива в схемі з ТНУ, кг/ГДж	12,373	12,373	12,373	0,000

Таблиця 2.3 - Теплоенергетичні показники роботи котельні для мінімапалювального режиму

Показник	варіанти			
	1	2	3	4
Потужність котельні ТНУ, кВт	15396,9	15396,9	15396,9	15396,9
Потужність теплонасосної установки, кВт	3500	3500	0	3500
Споживана електрична потужність ТНУ, кВт	1090	1090	0	1090
Загальна потужність ТНУ та утилізаційного устакування ДВЗ, кВт	5069,6	5069,6	0	5069,6
Питомі витрати умовного палива в схемі з ТНУ, кг/ГДж	3,549	0,000	3,549	3,549

Визначені розрахункові дані потрібні для оцінювання ефективності застосування ТНУ у тепловій схемі промислово-опалювальної котельні Вінницької кондитерської фабрики.

2.2 Багатоваріантний аналіз

В цьому підрозділі БДР виконаний багатоваріантний аналіз з визначення ефективності трьох варіантів модернізації теплової схеми котельні Вінницької кондитерської фабрики, де аналізуються показники енергетичної ї ефективності, на основі використання наукових результатів та методик з літературних джерел [10-16].

Проведено багатоваріантний аналіз ефективності проектних рішень теплової схеми котельні з ТНУ, що враховує енергетичну ефективність варіантів модернізації теплової схеми.

Для здійснення аналізу варіантів модернізованої теплової схеми з встановленням ТНУ розглянемо результати розрахунку для трьох варіантів:

1 – застосування ТНУ в тепловій схемі котельні Вінницької кондитерської фабрики для роботи в трьох сезонах;

2 – застосування ТНУ в тепловій схемі котельні Вінницької кондитерської фабрики для роботи в першому та другому сезонах;

Результати багатоваріантного аналізу застосування теплового насосу в тепловій схемі парової котельні Вінницької кондитерської фабрики показані на рис. 2.1 – 2.6.

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

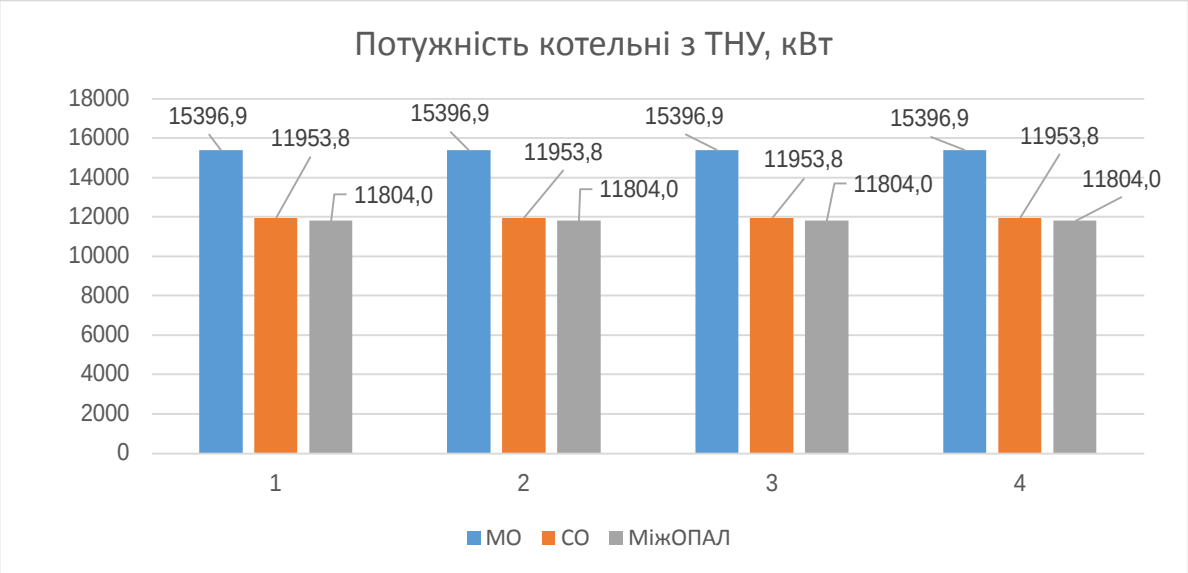


Рисунок 2.1 – Потужність котельні з ТНУ

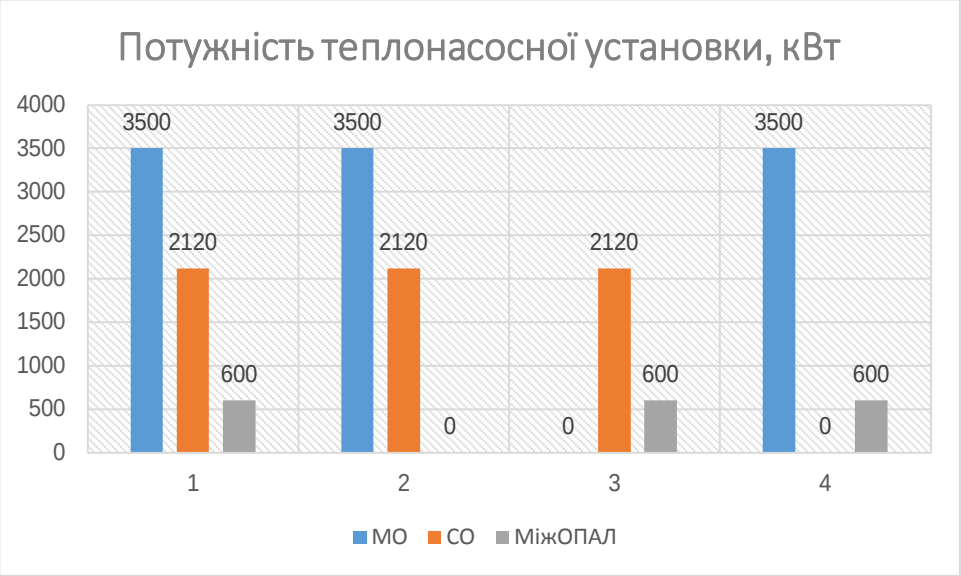


Рисунок 2.2 – Потужність теплонасосної установки

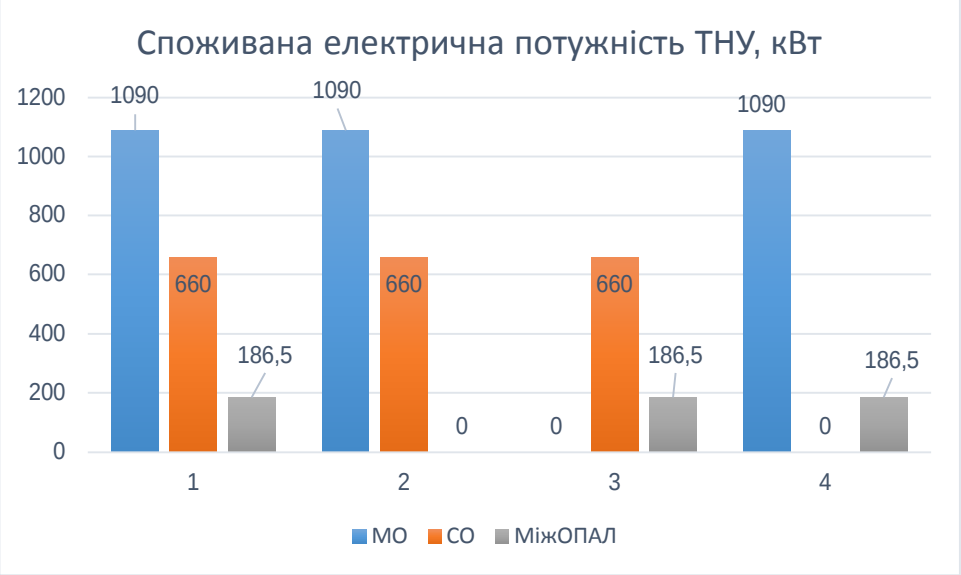


Рисунок 2.3 – Споживана електрична потужність ТНУ

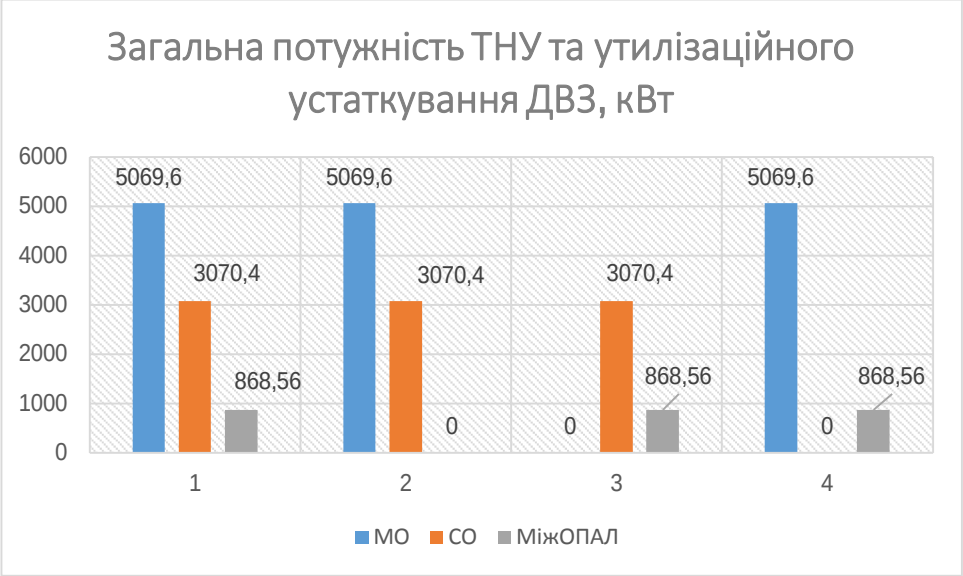


Рисунок 2.4 – Загальнав потужність ТНУ та утилізаційного устаткування ДВЗ

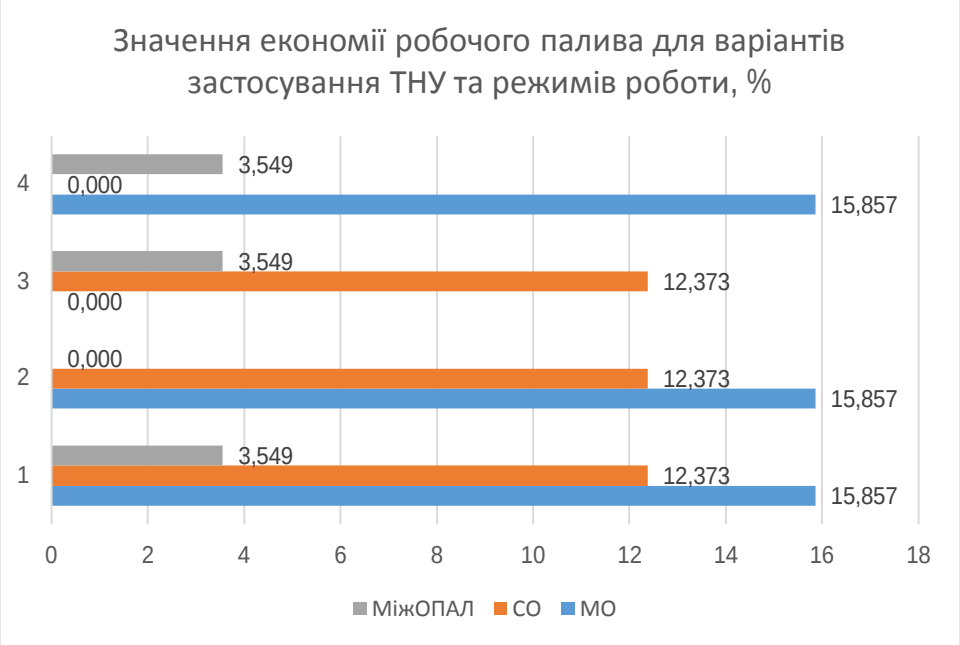


Рисунок 2.5 – Значення економії робочого палива для варіантів застосування ТНУ та режимів роботи, %

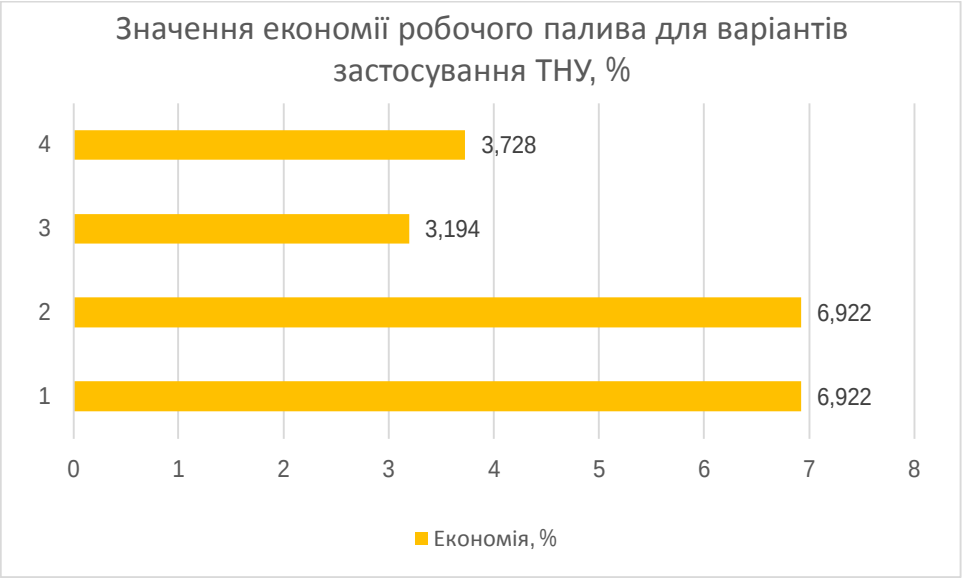


Рисунок 2.6 – Значення економії робочого палива для варіантів застосування ТНУ, %

Як видно зі рис. 2.5 та 2.6, найбільша економія робочого палива відповідає першому варіанту застосування ТНУ з роботою в трьох режимах. Наступним за ефективністю є варіант із застосуванням ТНУ в першому та другому режимах. Але у разі роботи ТНУ за першим варіантом є недостатня завантаженість ТНУ в міжопалювальному режимі. Тому ми обираємо до впровадження варіант номер 2, для якого економія робочого палива складає 6,92% та ТНУ працює в першому та другому режимі.

За результатами проведеного багатоваріантного аналізу низки енергетичних показників досліджених варіантів модернізації було обрано варіант застосування парокомпресійної ТНУ з приводом від поршневого двигуна на природному газі. Джерелом низькотемпературної теплоти для ТНУ буде теплота від контактного утилізатора. За вказаним переліком показників вищевказаний варіант модернізації теплової схеми промислово-опалювальної парової котельні Вінницької кондитерської фабрики.

3 РЕЗУЛЬТАТИ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ КОТЕЛЬНІ З ТНУ

3.1 Розрахунок контактного утилізатора теплоти відхідних газів котельні

Результати розрахунку потужності контактного утилізатора теплоти відхідних газів досліджуваної промислово-опалювальної котельні для ТНУ в двох визначених режимах роботи, проведеного за методикою з [17], узагальнені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Результати розрахунку потужності утилізатора

Показник	Позначен	Одиниця вимірю-вання	Формула	Режим роботи		
				МО	СО	міжОпал
Витрата робочого палива котельнею	$B_р$	м^3/с	Приймаємо часткову утилізацію	0,6069	0,398	0,172
Потужність утилізатора теплоти відхідних газів котельні	$Q_{ут}$	МВт	$Q_{ут} = C_р \cdot (t_{вг} - t'_{вг}) \cdot 0,001$	0,560	0,339	0,095
Загальна потужність утизаторів	$Q_{заг.ут}$	МВт	$Q_{заг.ут} = Q_{ут} + Q_{оп}$	1,13	0,795	0,224
Масова витрата води через утилізатор	$G_{ут}$	кг/с	$G_{ут} = Q_{заг.ут} \cdot 1000/((t_1 - t_2) \cdot 4,19)$	8,0	4,84	1,37
Потужність пластинчастого теплообмінника	$Q_{то}$	МВт	$Q_{заг.ут}$	0,569	0,307	0,086

Результати розрахунку потужності контактного утилізатора теплоти відхідних газів досліджуваної промислово-опалювальної котельні для ТНУ в двох визначених режимах роботи узагальнені в табл. 3.1.

3.2 Розрахунок теплонасосної установки для теплової схеми котельні

Результати розрахунку парокомпресійної теплонасосної установки на холодоагенті R134a, що були виконані в програмі SOLKANE SoftWare 8., а також виконані за методикою з [18 – 20], показані в таблиці 3.2

Таблиця 3.2 – Результати розрахунку теплонасосної установки

Показник	Позначення	Одиниця вимір	Формула	Періоди роботи ТНУ		
				МО	СО	МіжОПал
1	2	3	4	5	6	7
Робочий теплоперепад	$H_р$	кДж/кг	$H_р = \frac{H_а}{\eta_{оі}^{км}}$	33,33	33,33	33,33
Питома теплота, яка відводиться з конденсатора	$q_к$	кДж/кг	$q_к = h_2 - h_3$	143,33	143,33	143,33
Питома теплота, яка підводиться у випарник	$q_в$	кДж/кг	$q_в = h_1 - h_4$	110	110	110
Теплова потужність ТНУ	$Q_к$	кВт		3500	2120	600
Витрата холодоагента	$G_{ха}$	кг/с	$G_{ха} = \frac{Q_к}{q_к \times \eta_{то}}$	22,36	15,09	4,27
Коефіцієнт перетворення	φ		$j = \frac{Q_к}{N_{км}}$	3,211	3,212	3,217

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5	6	7
Потужність компресора	$N_{км}$	кВт	$N_{км}=\frac{G_{ха}\times H_р}{\eta_{ем}}$	1090	660	186,5
Потужність випарника	$Q_в$	кВт	$Q_в=Q_к-N_{км}$	2410	1460	413,5
Витрата води у випарнику	$G_в$	кг/с	$G_в=\frac{Q_в}{C_р\times(t_в^{'}-t_в^{''})\times\eta_{то}}$	39,127	23,703	3,713
Витрата води в конденсаторі	$G_к$	кг/с	$G_к=\frac{Q_к}{C_р\times(t_{тну}-t_{зв})}$	39,777	24,093	4,479

Результати розрахунку парокомпресійної теплонасосної установки на холодоагенті R134a, що були виконані в програмі SOLKANE SoftWare 8., показані в таблиці 3.2.

3.3 Розрахунок потужностей утилізаторів газового двигуна внутрішнього згорання

Результати розрахунку потужностей утилізатора газового поршневого двигуна, проведеного за методикою з [18-20] зведені до таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Результати розрахунку газопоршневого ДВЗ та потужності утилізаторів

Показник	Позначення	Одиниця вимірю-	Формула	МО	СО	Між Опал
Електрична потужність ДВЗ	$N_{двз}$	кВт	З розрахунку ТНУ	1,090	0,66	0,186
Витрата робочого палива (газу)	$B_р^д$	м^3/с	$B_р^д = \frac{B_у^д \times Q_{ну}^р}{Q_н^р}$	0,35	0,35	0,35
Масова витрата відхідних газів після ДВЗ	$G_{вг}$	кг/с	$G_{вг} = B_р^д \times M_{сум}$	2,041	1,235	0,349
Теплова потужність утилізатора відхідних газів	$Q_{ут}$	МВт	$Q_{ут} = G_{вг} \times Cp_г \times (t_д - t_{ут}) \times \eta_{то}$	0,753	0,456	0,128
Теплова потужність системи охолодження	$Q_{ох}$	МВт	$Q_{ох} = 0,2 \times B_р^д \times Q_н^р \times \eta_{то}$	0,560	0,339	0,95
Теплова потужність теплоутилізацій -ного устаткування	$\sum Q_{ут}$	МВт	$\sum Q_{ут} = Q_{ут} + Q_{ох}$	1,313	0,795	0,224
Масова витрата води в утилізаторі	$G_{ут}$	кг/с	$G_{ут} = \frac{Q_{ут}}{C_р \times (t_2 - t_1)}$	8	4,84	1,37

Результати розрахунку потужностей утилізатора газового поршневого двигуна, проведеного за методикою з [18-20] зведені до таблиці 3.3.

3.4 Підбір теплонасосного та допоміжного обладнання для обраного варіанту ТНУ. Розробка технології монтажу обладнання

Для обраного варіанту схеми котельні з ТНУ підбираємо нове обладнання з джерел [21-24]. В тепловій схемі передбачено встановлення теплового насосу GEA RA 800 GEA RA 3000 потужністю 800 кВт, який працюватиме тільки в опалювальному режимі (максимальне та середнє навантаження). Привід компресора теплового насосу буде забезпечено від газопоршневого двигуна–генератора Generac SG-100 з номінальною потужністю електрогенератора 1100 кВт. Для вироблення теплоти для контура випарника ТНУ підібрано КТАН-утилізатор марки КТАН-0,8УГ (теплопродуктивність варіюється 0,1-1 МВт).

Розроблено технологію монтажу теплообмінника пластинчастого, що використовується в контурі випарника теплового насосу з використанням літературних джерел [25 - 34], результати цих розрахунків показані в Додатку В.

4 РОЗРАХУНОК ТА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ КОТЕЛЬНІ З ТНУ

4.1 Розрахунок та оцінка енергетичної ефективності теплової схеми котельні з ТНУ

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

Таблиця 4.1 – Результати розрахунку теплової схеми котельні з ТНУ

Показник	Позначення	Одиниця вимірювання	Формула	Режим 1	Режим 2	Режим 3
Теплова потужність котельні	$Q_к$	МВт	$Q_к = G_к \times c_в \times (t_к'' - t_к') \times 10^{-3}$	18,984	12,479	5,393
Витрата робочого палива на котел	$B_{рк}$	м^3/с	$B_{рк} = Q_к / (Q_н^р \times \eta_к)$	0,606	0,398	0,172
Витрата робочого палива на ДВЗ	$B_{двз}$	м^3/с	За попередніми Розрахунками	0,0711	0,0508	0,0143
Загальна витрата палива на котельню	$B_з$	м^3/с	$B_з = B_к + B_{двз}$	0,606	0,3233	0,0508
Економія палива за рахунок модернізації	ΔB	%	$\Delta B = \frac{B_{існ} - B_з}{B_{існ}} \times 100\%$	70,49	19,23	0
Середньорічна економія палива	$\Delta B_{річ}^{серд}$	%		45,244		

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

4.2 Аналіз економічної ефективності теплової схеми котельні

Аналіз економічної ефективності теплової схеми котельні проведено 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	$С_{інші}$	грн/рік	$С_{інші}=0,06\times(С_{п}+С_{ел}+С_{в}+С_{з.п})$	21688325,18
Інші витрати після модернізації	$С^{м}_{інші}$	грн/рік	$С^{м}_{інші}=0,06\cdot(С^{м}_{п}+С^{м}_{ел}+$ $+С^{м}_{в}+С_{ам}+С_{з.п.}+С_{пр})$	20285188,71
Експлуатаційні витрати до модернізації	$С_{е}$	грн/рік	$С_{е}=С_{п}+С_{ел}+С_{в}+С_{з.п}+С_{інші}$	383160411,6
Експлуатаційні витрати після модернізації	$С^{м}_{е}$	грн/рік	$С^{м}_{е}=С^{м}_{п}+С^{м}_{ел}+С^{м}_{в}+С_{ам}$ $+С_{з.п.}+С_{пр}+$ $+С^{м}_{інші}$	358371667,1
Зменшення експлуатаційних витрат	$\Delta С_{е}$	грн/рік	$\Delta С_{е}=С_{е}-С^{м}_{е}$	24788744,42
Собівартість відпущеної теплоти	$СВ_{немод}$	грн/ГДж	$СВ_{немод}=С_{е}/Q_{річ}$	1021,955
Собівартість відпущеної теплоти після модернізації	$СВ_{мод.}$	грн/ГДж	$СВ_{мод}=С^{м}_{е}/Q_{річ}$	955,983
Економічна ефективність	$Е_{ф}$	грн/рік	$Е_{ф}=(СВ_{немод.}-СВ_{мод.})\times Q_{річ.}$	2478874442
Термін окупності	Т	рік	$Т=К_{н.о.}/Е_{ф}$	2,31

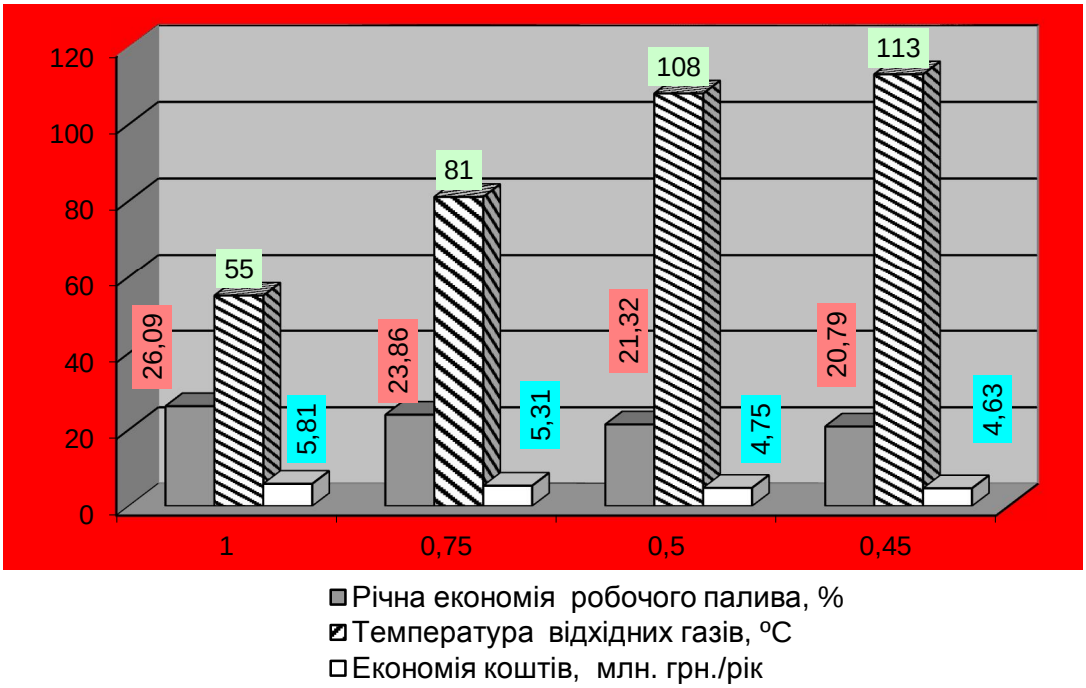


Рисунок 4.1 – Показники економічної ефективності варіантів

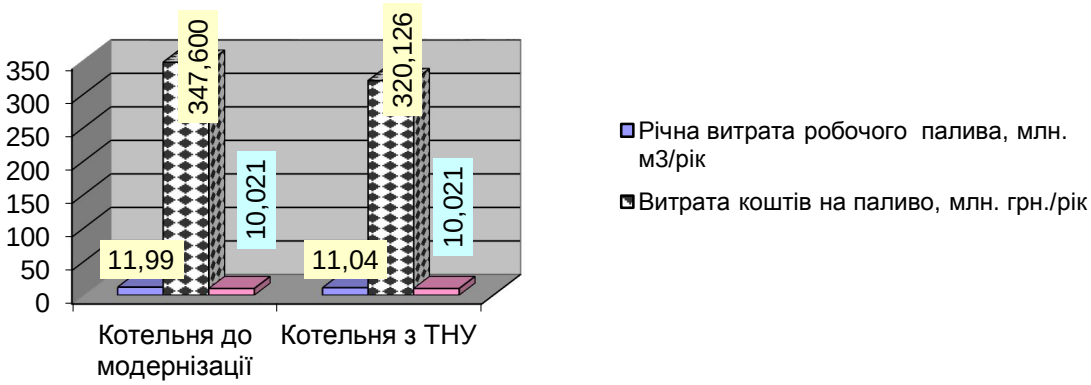


Рисунок 4.2 – Показники економічної ефективності варіантів

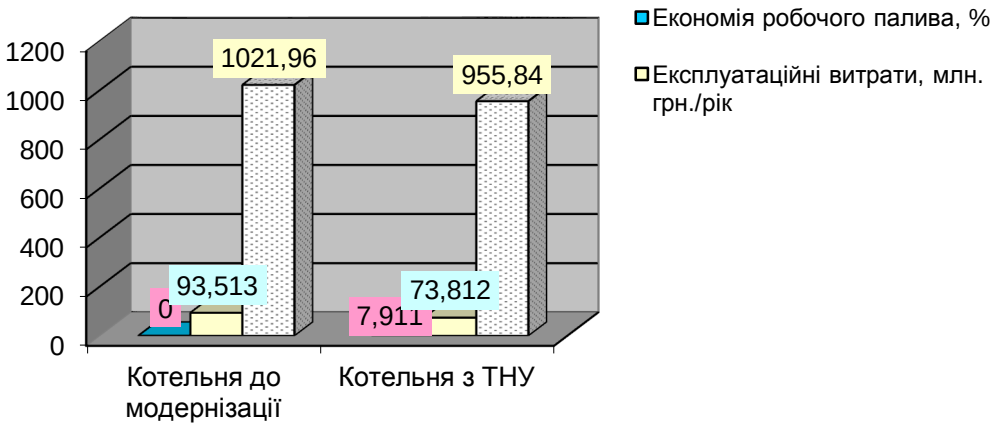


Рисунок 4.3 – Показники економічної ефективності варіантів

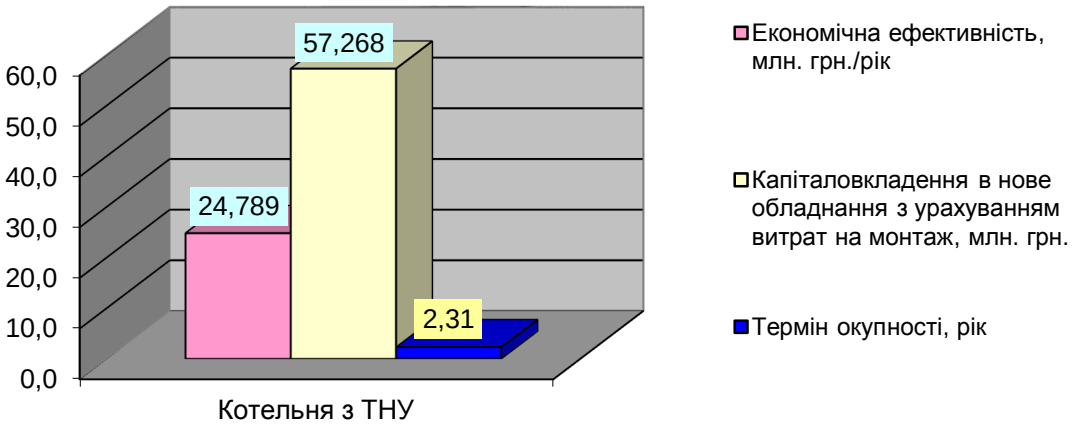


Рисунок 4.4 – Показники економічної ефективності варіантів

Висновки

За результатами економічного аналізу визначено, що застосування альтернативної ТНУ в схем котельні Вінницької кондитерської фабрики обумовить економію природного газу в обсязі 19,7%, забезпечить зниження експлуатаційних витрат на 247,887 млн. грн. та зниження собівартості теплоти. Капіталовкладення в нове обладнання за альтернативним варіантом схеми

котельні з ТНУ будуть становити 43,816 млн. грн., термін окупності оцінений у 2,31 року.

4.3 Обгрунтування вибору варіанту застосування теплонасосної установки

Проведений багатоваріантний аналіз дозволяє вибрати варіанти схем ТНУ, оцінити їх ефективність.

Враховуючи те, що необхідна загальна потужність теплового насосу становить $Q_к$ = 3000 кВт, найбільш раціональним є варіант використання теплоти вторинних енергоресурсів підприємства. Як джерело низькотемпературної теплоти пропонується використати теплоту відхідних газів від котлів . За результатами розрахунку визначено, що ТНУ працює ефективно, з високими значеннями коефіцієнта перетворення. Визначена споживана потужність на компресор ТНУ та питомі електроенергії на виробництво теплоти в ТНУ.

Так як вода, яка відбирає теплоту в відхідних газів у контактному економайзері, збагачується двоокисом вуглецю та киснем, це може призвести до корозії випарника ТНУ та зменшення терміну експлуатації ТНУ. Тому доцільно застосувати проміжний теплообмінник в контурі низькотемпературного джерела теплоти для ТНУ.

ТНУ з приводом копресора від ДВЗ і з утилізатором забезпечує кращі енергетичні показники та не використовує електроенергію з електромережі.

Тому в дипломній роботі буде аналізуватися варіант застосування когенераційної теплонасосної установки з приводом компресора від ДВЗ .

5 ВИБІР ТЕПЛОНАСОСНОГО, КОГЕНЕРАЦІЙНОГО ТА ДОПОМІЖНОГО ОБЛАДНАННЯ

5.1 Вибір теплонасосного обладнання

Виходячи із розрахунків теплової схеми для середньо опалювального, літнього періоду та максимально-зимнього періоду, було визначено потужність конденсаторів ТНУ: $Q_{конд}$ = 2,245 МВт, по яким приймаємо до встановлення теплових насоса марки GEA RA 800 з номінальною потужністю конденсатора $Q_{конд}$ = 1000 кВт на холодоагенті R134a.

Технічна характеристика ТН :

Теплова потужність	3 МВт
Вартість	3,08 млн. грн.

5,2 Вибір когенераційного обладнання

Виходячи із розрахунків теплової схеми для середньо опалювального, літнього періоду та максимально-зимнього періоду, було визначено потужності компресорів ТНУ: $N_к$ = 542 кВт, за якою приймаємо до встановлення один газопоршневий двигун з генератором марки ГДГА 630 з електричною потужністю $N_к$= 630 кВт виробництва ВАТ «Первомайськдизельмаш» (Україна) [21]. Вартість ГДГА 630 становить 1,361 млн. грн.

5.3 Вибір контактного утилізатора

Виходячи із розрахунків потужності утилізації, встановлено потужність контактного утилізатора димових газів, підбираємо контактний утилізатор КТАН 2,3УГ [23]:

Теплова потужність	800 кВт.
Вартість	510 тис. грн.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ

У цьому розділі бакалаврської дипломної роботи розробляються заходи з охорони праці в процесі експлуатації обладнання котельні ПАТ «Вінницька кондитерська фабрика» по вул. Липовецька, 2. Котельня має у своєму складі велику кількість обладнання з різною виробничою потужністю, умовами експлуатації, та характером середовища, в якому встановлене дане обладнання. Аварії машин і механізмів, які використовуються в котельні, а також невиконання правил по їх безпечній експлуатації може призвести до серйозної загрози життю та здоров'ю технологічного персоналу через небезпеку професійних захворювань і травмувань під час роботи.

На оперативно-ремонтний персонал, який здійснює експлуатацію обладнання котельні, впливають такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори: фізичні, хімічні та трудового процесу [39, 40].

Фізичні фактори: мікроклімат (температура, вологість, швидкість руху повітря, інфрачервоне випромінювання); виробничий шум, ультразвук, інфразвук; вібрація (локальна, загальна); освітлення: природне (недостатність), штучне (недостатня освітленість, прямий і відбитий сліпучий відблиск тощо). Хімічні фактори: речовини хімічного походження, аерозолі переважно фіброгенної дії (сажа, пил), оксид вуглецю, феноли тощо.

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

6.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту

6.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

Живлення обладнання котельні 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 є умовами з підвищеною небезпекою, тому що підлога у робочому приміщенні котельні є струмопровідною.

Для управління та обслуговування котлів, трубопроводів і допоміжного устаткування (живильних насосів, установок золовидалення тощо) роботодавець зобов’язаний призначити операторів, що мають посвідчення на право обслуговування котлів даного типу. До обслуговування котлів можуть бути допущені особи, не молодші за 18 років, які пройшли медичний огляд, навчання та атестацію в установленому порядку відповідно до Типового положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці НПАОП 0.00-4.12-05 (z0231-05) [41].

Періодичні перевірки знань мають проводитися не рідше одного разу на рік. Позачергова перевірка знань проводиться:

- при переході на інше підприємство;
- у випадку переведення на обслуговування котлів іншого типу;
- при переведенні котла на спалювання іншого виду палива;
- при перерві в роботі більше 6 місяців;
- за рішенням адміністрації або за вимогою інспектора Держнаглядохоронпраці.

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

В будівлях котельної розміщуються побутові та службові приміщення для

обслуговуючого персоналу відповідно до санітарних норм. Розміщення будь-яких інших приміщень, а також майстерні, які не призначені для ремонту котельного устаткування, забороняється.

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

Виходом із приміщення котельні вважається як безпосередній вихід назовні, так і вихід через сходову клітку чи тамбур. Вихідні двері з приміщення котельної повинні відкриватися назовні від натиску руки, не мати запорів із котельної та під час роботи котлів, не замикатися. Вихідні двері з котельної в службові, побутові, а також допоміжно-виробничі приміщення повинні забезпечуватися пружинами та відкриватися в бік котельної. На кожних вхідних дверях приміщення котельної з зовнішнього боку повинен бути напис "Стороннім вхід заборонено".

Біля воріт приміщення котельної, через які проводиться подання палива і вилучення золи та шлаку, необхідно встановлювати тамбур чи повітряну теплову завісу відповідно до вимог НД.

Приміщення котельної повинні бути забезпечені достатнім природним світлом, а в нічний час – електричним освітленням. Підлягають обов'язковому обладнанню аварійним освітленням наступні місця:

- фронт котлів, а також проходи між котлами, позаду котлів та над котлами;
- щити та пульти управління;
- водовказівні та вимірювальні пристрої;
- зольні приміщення; вентиляторні площадки;
- устаткування водопідготовки; площадки та драбини котлів;
- насосні приміщення.

Робоче та аварійне освітлення, електричне устаткування і його заземлення повинні відповідати вимогам Правил улаштування електроустановок (ПУЕ). У приміщеннях котельної при висоті встановлення світильників загального освітлення

над підлогою або площадками обслуговування менше 2,5 м повинні влаштовуватися світильники закритого виконання.

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

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

При ручному золовидаленні шлакові та зольні бункери повинні забезпечуватись пристроями для заливання золи і шлаку водою в самих бункерах чи вагонетках. В цьому випадку під бункерами обов'язково повинні бути влаштовані ізольовані камери для встановлення вагонеток. Камери повинні мати двері, які щільно закриваються, належну вентиляцію і відповідне освітлення, а двері камери мають бути із заскленими вічками.

Котельна повинна бути обладнана засобами пожежогасіння відповідно до норм на протипожежне устаткування і реманент, установлених Правилами пожежної безпеки в Україні ДНАОП 0.02-2.02-95.

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

6.1.2 Електробезпека

Електропривід насосів, вентиляторів, іншого обладнання повинний бути виконаний відповідно до Правил устрою електричних установок [42, 43].

В установках напругою до 1 кВ огородження роблять суцільними. Безпечні відстані між огородженнями і не ізольованими струмоведучими частинами регламентується ПУЕ і в установках до 1 кВ із суцільними огородженнями - 5см. Висота розміщення не огороджених струмоведучих частин залежить від значення напруги і рівня підготовки людей, що працюють з електроустаткуванням. Струмоведучі частини напругою до 1 кВ у місцях, де працюють люди, висота розміщення повинна бути не менше 3,5 м. Постійний контроль за ізоляцією, тому що протягом часу відбувається старіння ізоляції, що може привести до пробою і створити небезпеку при дотику людини до ізольованих проводів. Використовують наступні кольори для маркування ізоляції: чорна - для силових ланцюгів; червона - для ланцюгів керування.

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

На ключах керування і приводах роз'єднувачів віддільників і вимикачах навантаження, а також на підставках запобіжників, за допомогою яких може бути подана напруга до місця робіт, вивішують плакат: "Не включати - працюють люди". На вентилях, що закривають доступ повітря в пневматичні приводи таких апаратів, вивішується плакат: "Не відкривати - працюють люди".

Передбачена проектом апаратура повинна експлуатуватися у відповідності з паспортними значеннями номінального струму та напруги. В процесі експлуатації слід постійно контролювати стан контактних сполучень та ізоляції апаратури, відсутність слідів дуги та оплавлення ошинування, опір ізоляції силових та освітлювальних мереж, правильність підключення. На всіх підготовлених місцях

роботи після накладається заземлення вивішується плакат "Працювати тут ".

6.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

5.2.1 Мікроклімат

Основними нормативними документами, що регламентують параметри мікроклімату виробничих приміщень, є ДСН 3.3.6.042-99 [44].

Робота з обслуговування котельного обладнання відноситься до категорії IIб по важкості праці. Допустимі норми температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень приведені в таблиці 5.1.

Таблиця 6.1 – Допустимі норми параметрів повітря на непостійних робочих місцях

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

Приміщення, де розміщені котли, зольні приміщення, а також всі допоміжні і побутові приміщення повинні бути обладнані природною і штучною вентиляцією, а також, при необхідності, опаленням [45]. Вентиляція котельної повинна забезпечувати видалення шкідливих газів, пилу, подачу приточного повітря і підтримку температурних умов відповідно до вимог санітарних норм.

Приміщення котельної, котли і все обладнання треба тримати в справному стані і чистоті. Проходи в котельному приміщенні і виходи з нього повинні бути завжди вільними.

6.2.2 Склад повітря робочої зони

Забруднення повітря робочої зони регламентується граничнодопустимими концентраціями (ГДК) в мг/м3 .

При завантаженні палива в топку виділяється пил нетоксичний. При роботі

системи вентиляції, провітрюванні у приміщенні може попадати пил, сажа, оксиди вуглецю, бензоли та інші шкідливі речовини, які виділяються при технологічних процесах та знаходяться повітрі навколишнього середовища. Їх ГДК відповідно до [44] наведено в таблиці 5.2.

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

Назва речовини	ГДК, мг/м^3		Клас небезпечності
	Максимальна разова	Середньодобова	
Сажа	0,15	0,05	3
Вуглецю окис	3	1	4
Бензол	1,5	0,8	2
Пил	0,5	0,15	4

Для забезпечення складу повітря робочої зони відповідно до ГОСТу 12.1.004-91. ССБТ проектом передбачені наступні рішення [46]:

- застосування пиловідсмоктуючих агрегатів з рукавними фільтрами , які встановленні безпосередньо на дільницях біля обладнання із яких очищене повітря поступає у виробниче приміщення;
- необхідно проводити контроль за ГДК шкідливих речовин у приміщенні;
- застосовувати природну вентиляцію: організовану і неорганізовану.

6.2.3 Виробниче освітлення

Норми освітленості при штучному освітленні та КПО при природному та суміщеному освітленні (відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 [47], характеристика зорової роботи – дуже високої точності, розряд зорової роботи – II, підрозряд – в) зазначені у таблиці 6.3.

Для забезпечення достатнього освітлення здійснюють систематичне очищення скла та світильників від пилу (не рідше двох разів на рік), використовують жалюзі. В разі нестачі природного освітлення, використовують загальне штучне освітленням, що створюється за допомогою світлодіодних ламп E27 LED 15W NW A60 "SG". Висота підвісу світильників над робочою поверхнею 2,5 метра.

Таблиця 6.3 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

Харак-ка зорової роботи	Найменший або еквівалент-ний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Під-розряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Характе-ристика фону	Штучне при системі комбінованого освітлення		Природнє Ен пр	Сумісне Е сум
						всього	у т. ч. від загального		
Дуже високої точності	Від 0,15 до 0,3 включно	II	в	малий середній великий	світлий середній темний	1500	200	-	4,2

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.

6.2.4 Виробничий шум

На підприємстві джерелом шуму є обладнання, машини, механізми та верстати – механічний шум. За характером спектру шум – широкосмуговий з безперервний спектром шириною більше октави; за тональною характеристикою постійний; за походженням – гідродинамічний. При санітарно-гігієнічному нормуванні шуму використовують два методи [48]: нормування за гранично допустимим спектром шуму; нормування рівня звуку за шкалою А шумоміра.

Допустимі рівні звукового тиску, рівні звуку і еквівалентні рівні звуку на робочих місцях приймаються за вимогами [48] та наведені в таблиці 5.4.

Таблиця 6.4 – Допустимі рівні звукового тиску

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

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

6.2.5 Виробничі вібрації

Вібрацією називають механічні коливання пружних тіл або систем, коли відбувається переміщення центра їх ваги в просторі відносно статичного стану. Загальна вібрація передається на тіло через опорні поверхні людини, що стоїть чи

сидить (підошви ніг або сідниці) [48]. Норми вібрації наведені в таблиці 5.5.

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

Таблиця 6.5 – Допустимі рівні вібрації на постійних місцях

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

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

6.3 Пожежна безпека

Пожежну безпеку промислових і інших об`єктів регламентують Правила пожежної безпеки в Україні [49, 50]. Пожежо- вибухонебезпечність речовин і матеріалів визначається за ДСТУ 8829: 2019 [51], за якою визначається категорія приміщень за вибуховою та пожежною безпекою [52].

Пожежо- вибухонебезпечність 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.

Отже, обладнання котельні ПАТ «Вінницька кондитерська фабрика» розташоване в приміщеннях підприємства, які за вибухонебезпекою та пожежонебезпекою відносяться до категорії Г (помірнопожежонебезпечна) – негорючі речовини і/або матеріали у гарячому, розпеченому і/або розплавленому стані, процес обробки яких супроводжується виділенням променистого тепла, утворенням іскор і/або полум’я; горючі гази, рідини і/або тверді речовини, що спалюються або утилізуються як паливо

Будівля, в якій розташовані ці приміщення, характеризується II ступенем вогнестійкості. До II ступеня вогнестійкості відносяться будинки з несучими та огороджувальними конструкціями з природних або штучних кам’яних матеріалів, бетону, залізобетону із застосуванням листових і плитних негорючих матеріалів. Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвилинах) та максимальні межі поширення вогню по них (см) за ДБН В.1.1.7-2016 [53] наведено в таблиці 6.6.

Таблиця 6.6 – 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				колони	сходові площадки, костури, сходи, балки, марші сходових кліток	перекриття між поверхові (у т.ч. горищні та над підвалами	елементи суміщених покриттів	
	несучі та сходових кліток	самонесучі	зовніш-ні ненесу-чі	внутрішні ненесучі (перегородки				плити, настили, прогони	балки, ферми, арки, рами
II	REI 120 M0	REI 60 M0	E 15 M0	E1 15 M0	R 120 M0	R 60 M0	REI 45 M0	RE 15 M0	R 30 M0

Протипожежні перешкоди і мінімальні межі їх вогнестійкості за ДБН В.1.1.7-2016 [53] наведено в таблиці 5.7.

Протипожежні відстані між житловими, громадськими, адміністративно-побутовими будинками промислових підприємств, гаражами слід приймати за таблицею 6.8 (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 6.8. Протипожежні відстані від житлових, громадських, адміністративно-побутових будинків промислових підприємств, гаражів до виробничих, складських будинків і споруд слід приймати за таблицею 5.8 (знаменник) [53].

Таблиця 6.7 – Протипожежні перешкоди та мінімальні межі їх вогнестійкості

Протипожежні перешкоди	Типи проти-пожежних перешкод або їх елементів	Мінімальна межа вогнестійкості протипожежної перешкоди (у хвилинах)	Тип заповнення прорізів, не нижче	Тип протипожежного тамбур-шлюзу, не нижче
Стіни	3	REI 45	2	2
Перегородки	2	EI 15	3	2
Перекриття	3	REI 45	2	1

Таблиця 6.8 – 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	IIIа, IIIб, IV, IVа, V
I, II	6/9	8/9	10/12

На території ПАТ «Вінницька кондитерська фабрика», де розташована котельня, встановлено 38 порошкових вогнегасників ВВП-8 (ВП-5) і 12 газових вогнегасників ВВК-7 [54].

ВИСНОВКИ

В дипломній роботі встановлено енергетичну та економічну ефективність застосування когенераційної теплонасосної станції на базі котельні «ВКФ». Виконано розрахунок існуючої та модернізованої теплової схеми котельні "ВКФ" з встановленням когенераційної теплонасосної установки на холодоагенті R134a, а також розрахунок техніко-економічних показників існуючої та модернізованої схем та підібране обладнання.

Проаналізована ефективність чотирьох варіантів застосування теплонасосної установки в тепловій схемі котельні "ВКФ". Передбачено варіанти застосування теплонасосної установки на холодоагенті R134a з електричним приводом компресора та приводом компресора від двигуна внутрішнього згорання. Джерелом низькотемпературної теплоти для ТНУ буде використана теплота від контактного утилізатора теплоти відхідних газів котлів. Передбачено використання проміжного теплообмінника в контурі низькотемпературного джерела теплоти для ТНУ. Оцінено економію робочого та умовного палива варіантів теплової схеми з ТНУ.

Обрано варіант когенераційної ТНУ з приводом від ДВЗ з використанням теплоти від контактного утилізатора теплоти відхідних газів котлів, без використання проміжного теплообмінника.Застосування цього варіанту ТНУ забезпечить економію робочого палива від 3,9 % до 5,35 % в опалювальний та міжопалювальний періоди, відповідно. Визначено, що в потужність конденсатора ТНУ становитиме 1,3 МВт, потужність компресора складе 1100 кВт, значення коефіцієнта перетворення становитиме 3,21.

У відповідності із визначеними сезонними тепловими та електричними потужностями ТНУ, в тепловій схемі передбачено встановлення двох теплових насосів марки GEA RA 800 з номінальною потужністю конденсатора 1300 кВт. Привод компресорів теплонасосних установок буде забезпечено від ДВЗ марки ГДГА 630 з одиничною номінальною електричною потужністю 600 кВт.

Дослідження енергетичної та економічної ефективності застосування ТНУ на з використанням розробленої програми в середовищі Excel, для розрахунку теплових схем теплонасосних станцій, які працюють на різних джерелах теплоти.

Розроблена система автоматизації ТНУ забезпечує автоматичне регулювання та контроль необхідних технологічних параметрів з виводом показів на пульт управління.

Визначено, що вартість капіталовкладень в нове обладнання для спорудження ТНС складе 57,267 млн. грн. Встановлення когенераційної ТНУ забезпечить зменшення експлуатаційних витрат на 3,58 млн. грн./рік. Термін окупності капіталовкладень в ТНУ становитиме 2,31 року. Річна економія робочого палива від спорудження ТНУ складе 1100 тон/рік що обумовлює доцільність модернізації.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Теплові насоси і теплообмінники. URL: https://elib.tsatu.edu.ua/dep/mtf/ophv_2/page4. (Дата звертання 05.06.23).
2. Теплові насоси в Україні. URL: https://heatpump.vent.if.ua (Дата звертання 05.06.23).
3. Енергетичне та кліматичне планування. URL: https://www.ehpa.org/policy/european-green-deal/energy-climate-planning/ (Дата звертання 05.06.23).
4. European Heat Pump Association. URL: https://www.ehpa.org/ (Дата звертання 05.06.23).
5. Рекорд теплового насоса: 3 мільйони одиниць продано у 2022 році, що сприяє досягненню цілей REPowerEU. URL: https://www.ehpa.org/press_releases/heat-pump-record-3-million-units-sold-in-2022-contributing-to-repowereu-targets/ (Дата звертання 05.06.23)
6. План Європейської комісії REPowerEU: стратегія в галузі теплових насосів. URL: https://www.heatpump.com.ua/novini-i-publikatsii/novini-industrii/prodazhi-teplovikh-nasosiv-v-vropi-v-2021-rotsi-dosyagli-2-milyoniv.htm (Дата звертання 05.06.23).
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 05.06.23).
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/
9. Теплові насоси. Енергія з «відпрацьованого тепла». URL: https://www.friotherm.com/applications/district-heating-heat-pumps/ (Дата звертання 03.06.24).
10. Ткаченко С. Й., Чепурний М. М., Степанов Д. В. Розрахунки теплових схем і основи проектування джерел теплопостачання : навч. посіб. Вінниця: ВНТУ, 2005. 137 с.

11. Остапенко О. П. Високоефективні системи енергозабезпечення з когенераційно-теплонасосними установками: енергетичний, економічний та екологічний аспекти ефективності. Енергоефективність та енергозбереження: економічний, технічний та агроекологічний аспекти: колект. моногр. Полтава: ПП Астрая, 2019. С. 526 – 530.
12. 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.
13. 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).
14. European Environment Agency. URL: https://www.eea.europa.eu/ (Дата звертання 03.06.24).
15. 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.
16. 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.

17. Застосування систем утилізації вологих газів для підвищення енергозбереження в котельних установках. URL: https://patriot-nrg.com/uk/content/zastosuvannya-system-utylizaciyi-vologyh-gaziv-dlya-pidvyshchennya-energozberezhennya-v . (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 (Дата звертання 03.06.24).
22. Промислові теплові насоси GEA. URL: https://www.gea.com/en/ products/heat-pumps/ (Дата звертання 03.06.24)
23. Контактний утилізатор КТАН-0,8УГ. URL: http://goct.info/Data1/41/41822/index.htm. (Дата звертання 03.06.24)
24. GLONG Product Catalogue. 80 Min / 700 MB. Fujian Glong Electric Group Co. Ltd. China, 2019. 1 електрон. опт. диск (CDROM); 12 см. Назва з контейнера.
25. Теплоенергетичне обладнання ОПЕКС. URL: https://opeks.energy/ua/plastinchastij-teploobminnik-thermaks-rta-gx-26/ (Дата звертання 03.06.24).
26. 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 шассі 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).
54.. Наказ Міністерства внутрішніх справ України «Про затвердження Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників». URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0225-18#Text.

ДОДАТКИ

Додаток А

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Теплонасосна установка в тепловій схемі котельні приватного акціонерного товариства «Вінницька кондитерська фабрика» по вул. Липовецька, 2

Тип роботи: бакалаврська дипломна робота
(БДР, МКР)

Підрозділ кафедра теплоенергетики, ФБЦЕІ
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Unicheck

Оригінальність 87,7 Схожість 12,3

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

☐ 1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.

☐ 2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.

☐ 3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку _____ Співак О.Ю.
(підпис) (прізвище, ініціали)

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

Автор роботи _____ Святенко С.П.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник роботи _____ Остапенко О.П.
(підпис) (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)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ТЕ
к.т.н., доц.
_____ Д.В. Степанов
"22." 03 2024 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на бакалаврську дипломну роботу:
«Теплонасосна установка в тепловій схемі котельні приватного акціонерного товариства «Вінницька кондитерська фабрика по вул. Липовецька, 2.»
08-15. БДР.006.00.00.000 ТЗ

Керівник роботи: к.т.н., доц.
_____ Остапенко О. П.
Виконавець: студент гр. ТЕ – 20б
_____ Святенко С. П.

Вінниця 2024

1. Тематика розробки та галузь її застосування

Розробка стосується промислової теплоенергетики і присвячена питанню енергозбереження і переведення теплової схеми котельні з використанням ТНУ.

2 Мета і призначення розробки

Модернізаця існуючої теплової схеми котельні за рахунок встановлення ТНУ в утилізаційний контур відрпацьованого тепла з метою зниження собівартості теплоти та зниження енергоспоживання, та підвищення екологічності навколишнього середовища.

3 Основа для виконання робіт

Основою для виконання робіт є наказ ректора ВНТУ № 80 від 11.03.2024 р., документація на ТНУ GEA RA 800GEA RA 3000, розробки та матеріали робіт інституту технічної теплофізики НАН України, потреба знаходження нових альтернативних відновлювальних джерел теплоти, зниження енергетичних витрат.

Це дає можливість отримати в результаті використання ТНУ економію палива а також покращення екологічних показників. Для підвищення енергоефективності ТНУ і зменшення втрат корисної теплової енергії в атмосферу використовується додаткове теплоенергетичне та теплообмінне обладнання.

4 Технічні вимоги

Котел Buderus 1.6-16.

Температура відхідних газів t=172 °C.

Температурний графік 70/90 °C.

Режими роботи:

- міжопал. режим $Q_{макс}$ =11804 кВт, $B_у$=15,857 кг/ГДж;
- середній режим $Q_{сер}$ =11953 кВт, $B_у$=12,373 кг/ГДж;
- мінімальний режим $Q_{сер}$ =15396 кВт, $B_у$=3,549 кг/ГДж.

5. Етапи розробки та терміни їх виконання

№ з/п	Назва та зміст етапу	Термін виконання		Примітка
		початок	закінчення	
1	Літературний огляд	12.03.2024	31.03.2024	
2	Багатоваріантний аналіз та техніко-економічне обгрунтування для варіанту модернізації	12.03.2024	31.03.2024	
3	Ефективність варіантів застосування тну в тепловій схемі	01.04.2024	30.04.2024	
4	Результати оцінки ефективності теплової схеми котельні з ТНУ	10.05.2024	13.05.2024	
5	Вибір теплонасосного, когенераційного та допоміжного обладнання	01.05.2024	10.05.2024	
6	Охорона праці	11.05.2024	12.05.2024	
7	Оформлення висновків по роботі	02.06. 2024	03.06 2024	
8	Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу	02.06.2024	04.06.2024	
9	Перевірка на антиплагіат	15.06.2024	16.06.2024	
10	Нормоконтроль	16.06.2024	16.06.2024	
11	Попередній захист БДР, доопрацювання, рецензування БДР	17.06.2024	18.06.2024	
12	Захист БДР ЕК	21.06.2024	21.06.2024	

6. Перелік графічного матеріалу

-графічні залежності

-парова схема котельні,

-теплова схема

-утилізаційний контур котельні з тепловим насосом.

7. Порядок контролю та прийняття бакалаврської роботи

Виконання етапів графічної та розрахункової документації бакалаврської роботи контролюється керівником згідно з графіком виконання БДР.

Прийняття роботи здійснюється комісією затвердженою зав. кафедри згідно з графіком захисту.

Корегування технічного завдання допускається з дозволу керівника роботи.

Технічне завдання розроблено на підставі джерел розробки і може уточнюватись протягом виконання бакалаврської роботи.

ДОДАТОК В
ТЕХНОЛОГІЯ МОНТАЖУ ПЛАСТИНЧАСТОГО ТЕПЛООБМІННИКА В КОНТУРІ ВИПАРНИКА ТЕПЛОВОГО НАСОСУ ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ КОТЕЛЬНІ

В БДР розробляється технологія монтажу пластинчастого теплообмінника THERMAKS, який працює в контурі випарника теплового насосу, 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 теплова схема котельні з пластинчастим теплообмінником в контурі випарника теплонасосної установки наведена на рис. В.1.

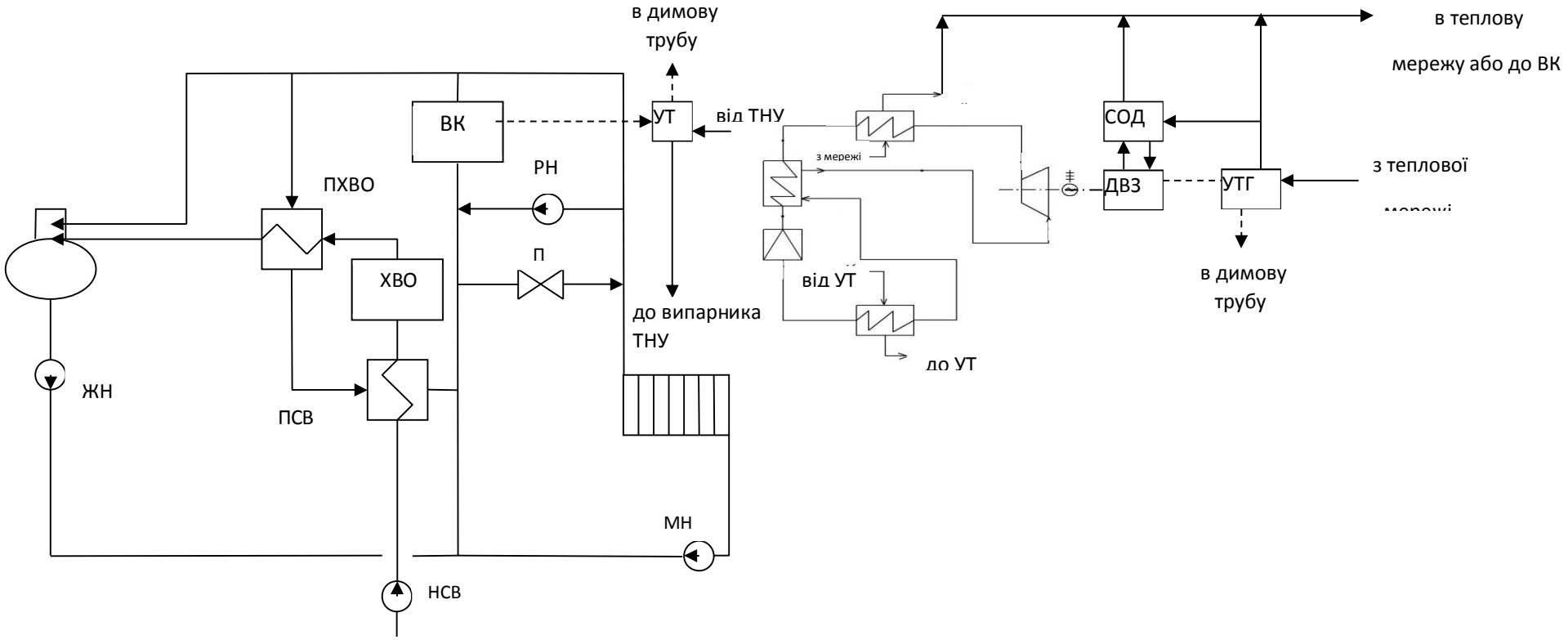


Рисунок В.1 – Теплова схема водогрійної котельні з ТНУ та ДВЗ

ЖН – живильний насос; МН – мережний насос; ПСВ – підігрівник сирої води; ПХВО – підігрівник хімочищеної води; НСВ – насос сирої води; ЛП – лінія перепустки; ВК – водогрійний котел; ХВО – хімводоочистка, УТ – контактний утилізатор теплоти відхідних газів котлів, ТНУ – теплонасосна установка, ДВЗ – газопоршневий двигун внутрішнього згорання, СОД – система охолодження двигуна, УТГ – утилізатор теплоти газів від двигуна

Розрахунок теплообмінника проміжного контуру

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

Технічні вимоги.

Теплова потужність Q = 0,35 (МВт).

Коефіцієнт теплопередачі отримано із характеристики

теплообмінника, k=1435,3 (Вт/м^{2}к).

Температура грійної води на вході t_1= 15 (^{o}C).

Температура грійної води на виході t_1= 12 (^{o}C).

Температура води, що нагрівається, на вході t_2=5 (^{o}C).

Температура води, що нагрівається, на виході t_2=10 (^{o}C).

Середній температурний напір протитоку

$$\Delta t_{ср} = \frac{\Delta t_б - \Delta t_м}{\ln \frac{\Delta t_б}{\Delta t_м}}, \qquad (В.1)$$

де $\Delta t_б, \Delta t_м$ – відповідно більша і менша різниця температур.

Зобразимо протитечійну схему руху теплоносіїв на рис. В.2.

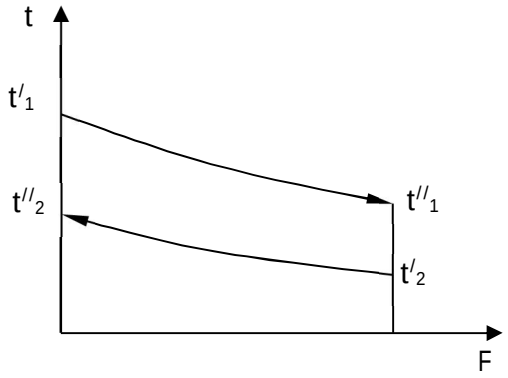


Рисунок В.2 – Протитечійна схема руху теплоносіїв.

Більша і менша різниці температур:

$$\Delta t_б = t_1'' - t_2'; \qquad (В.2)$$

$$Dt_б = 12 - 5 = 7\ (°C).$$

$$Dt_м = t_1' - t_2''; \qquad (В.3)$$

$$Dt_м = 15 - 10 = 5\ (°C).$$

Отже середній температурний напір протитоку за формулою

$$\Delta t_{ср} = \frac{7\text{-}5}{\ln\frac{7}{5}} = 5,94\ (°C).$$

Площа поверхні теплообміну апарата

$$F_a = \frac{Q}{K \times \Delta t_{ср}}, \qquad (В.4)$$

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

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

Площа однієї пластини 1,67 м^2. Тоді кількість пластин

$$n = (F_a + 2 \times f) / f, \qquad (В.5)$$

де f – площа однієї пластини.

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

Приймаємо n=25 (шт).

Товщина пластини δ=0,3 мм.

Площа теплообмінника

$$F_a = n \times f \tag{В.6}$$

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

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

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

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

Таблиця В.1 – Відомість витрат матеріалів

№ п.п	Найменування матеріалу	Од. вимір ю-ванн-я	Кіль-кість	Маса один-иці, кг	Маса, кг
1	2	3	4	5	6
Потреба в основних матеріалах					
1	Теплобмінник пластинчастий THERMAKS PTA(GX)-26 , F= 41,05 м^2	шт	1	1120	1120
2	Насос циркуцяційний GHE 75/80	шт	1	70	70
3	Насос циркуцяційний GHE 55/80	шт	1	62	62
4	Трубопроводи зі сталевих труб Æ 108 ´ 4 ДСТУ 10704-91	м	5,085	10,2	51,86
5	Трубопроводи зі сталевих труб Æ 89 ´ 3,5 ДСТУ 10704-91	м	11,545	7,3	84,27
6	Трубопроводи зі сталевих труб Æ 57 ´ 3 ДСТУ 10704-91	м	34,065	4	136,3
7	Засувка чавунна Dy 100 ГОСТ 9544	шт	8	38	304
8	Засувка чавунна Dy 80 ГОСТ 9544	шт	4	28	112
9	Засувка чавунна Dy 50 ГОСТ 9544	шт	3	18	54
10	Фільтр грубої очистки Dy 100	шт	1	25	25
11	Фільтр грубої очистки Dy80	шт	1	23	23
12	Клапан зворотній сталевий Dy100	шт	1	51	51
13	Клапан зворотній сталевий Dy80	шт	1	36	36

Продовження таблиці В.1

Потреба у допоміжних матеріалах					
Для монтажу теплообмінника					
1	Асбестовий картон загального призначення, товщина 2мм	т	1	0,0018	1,8
1	2	3	4	5	6
2	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э42	т	1	0,0126	12,6
3	Олифа натуральна	кг	1	0,012	12
4	Болти з гайками і шайбами, діаметр 16 мм	т	1	0,0063	6,3
5	Болти з гайками і шайбами, діаметр 20 - 22 мм	т	1	0,024	24
6	Вода	$м^3$	1	3,94	3940
7	Прядиво лляне	т	1	0,00008	0,008
8	Пароніт	т	1	0,0008	0,8
9	Сурик свинцевий	т	1	0,00016	0,16
Для монтажу насоса GHE 75/80					
1	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э42	т	1	0,00039	0,39
2	Прокладка гумова	кг	1	0,07	0,07
3	Анкерні деталі з прямих чи гнутих круглих стержнів	т	1	0,0022	2,2
4	Болти з гайками і шайбами, діаметр 16 мм	т	1	0,00127	1,27
5	Фланці плоскі приварні із сталі ВСт3сп2, діаметром 100 мм ДСТУ 12820-80	шт	2	3,96	7,92
Для монтажу насоса GHE 55/80					
1	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э42	т	1	0,00039	0,39
2	Прокладка гумова	кг	1	0,07	0,07
3	Анкерні деталі з прямих чи гнутих круглих стержнів	т	1	0,0022	2,2
4	Болти з гайками і шайбами, діаметр 16 мм	т	1	0,00127	1,27
5	Фланці плоскі приварні із сталі ВСт3сп2, діаметром 80 мм ДСТУ 12820-80	шт	2	3,19	6,38

Продовження таблиці В.1

Для монтажу засувок Dy 100					
1	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э42	т	0,08	0,054	4,32
2	Болти з гайками і шайбами, діаметр 16 мм	т	0,08	0,207	16,56
3	Пароніт	т	0,08	0,016	1,28
1	2	3	4	5	6
4	Фланці сталеві ДСТУ 12820-80	шт	16	3,96	63,36
Для монтажу засувок Dy 80					
1	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э42	т	0,04	0,054	2,16
2	Болти з гайками і шайбами, діаметр 16 мм	т	0,04	0,207	8,28
3	Пароніт	т	0,04	0,016	0,64
4	Фланці сталеві ДСТУ 12820-80	шт	8	3,19	25,52
Для монтажу засувок Dy 50					
1	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э42	т	0,03	0,037	1,11
2	Болти з гайками і шайбами, діаметр 16 мм	т	0,03	0,11	3,3
3	Пароніт	т	0,03	0,01	0,3
4	Фланці сталеві ДСТУ 12820-80	шт	6	2,06	12,36
Для монтажу зворотніх клапанів Dy 100					
1	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э42	т	0,01	0,054	0,54
2	Болти з гайками і шайбами, діаметр 16 мм	т	0,01	0,207	2,07
3	Пароніт	т	0,01	0,016	1,6
4	Фланці сталеві ДСТУ 12820-80	шт	2	3,96	7,92
Для монтажу зворотніх клапанів Dy 80					
1	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э42	т	0,01	0,054	0,54
2	Болти з гайками і шайбами, діаметр 16мм	т	0,01	0,207	2,07
3	Пароніт	т	0,01	0,016	1,6
4	Фланці сталеві ДСТУ 12820-80	шт	2	3,19	6,38

Продовження таблиці В.1

Монтаж фільтрів грубої очистки Dy 100					
1	Електроди, діаметр 5 мм, марка Э42 А	т	1	0,00028	0,28
Монтаж фільтрів грубої очистки Dy 80					
1	Електроди, діаметр 5 мм, марка Э42 А	т	1	0,00019	0,19
Для монтажу трубопроводу Dy 100					
1	2	3	4	5	6
1	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э55	т	0,05186	0,005	0,259
2	Круги армовані абразивні зачисні, діаметр180х6	шт	0,020	0,45	*
3	Пароніт	т	0,05186	0,003	1,55
Для монтажу трубопроводу Dy 80					
1	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э55	т	0,08427	0,005	0,42
2	Круги армовані абразивні зачисні, діаметр180х6	шт	0,053	0,45	*
3	Пароніт	т	0,08427	0,003	0,25
Для монтажу трубопроводу Dy 50					
1	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э55	т	0,1287	0,006	0,772
2	Круги армовані абразивні зачисні, діаметр180х6	шт	0,104	0,45	0,45
3	Пароніт	т	0,1287	0,007	0,9

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

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

Додаток Г

(обов’язковий)

ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

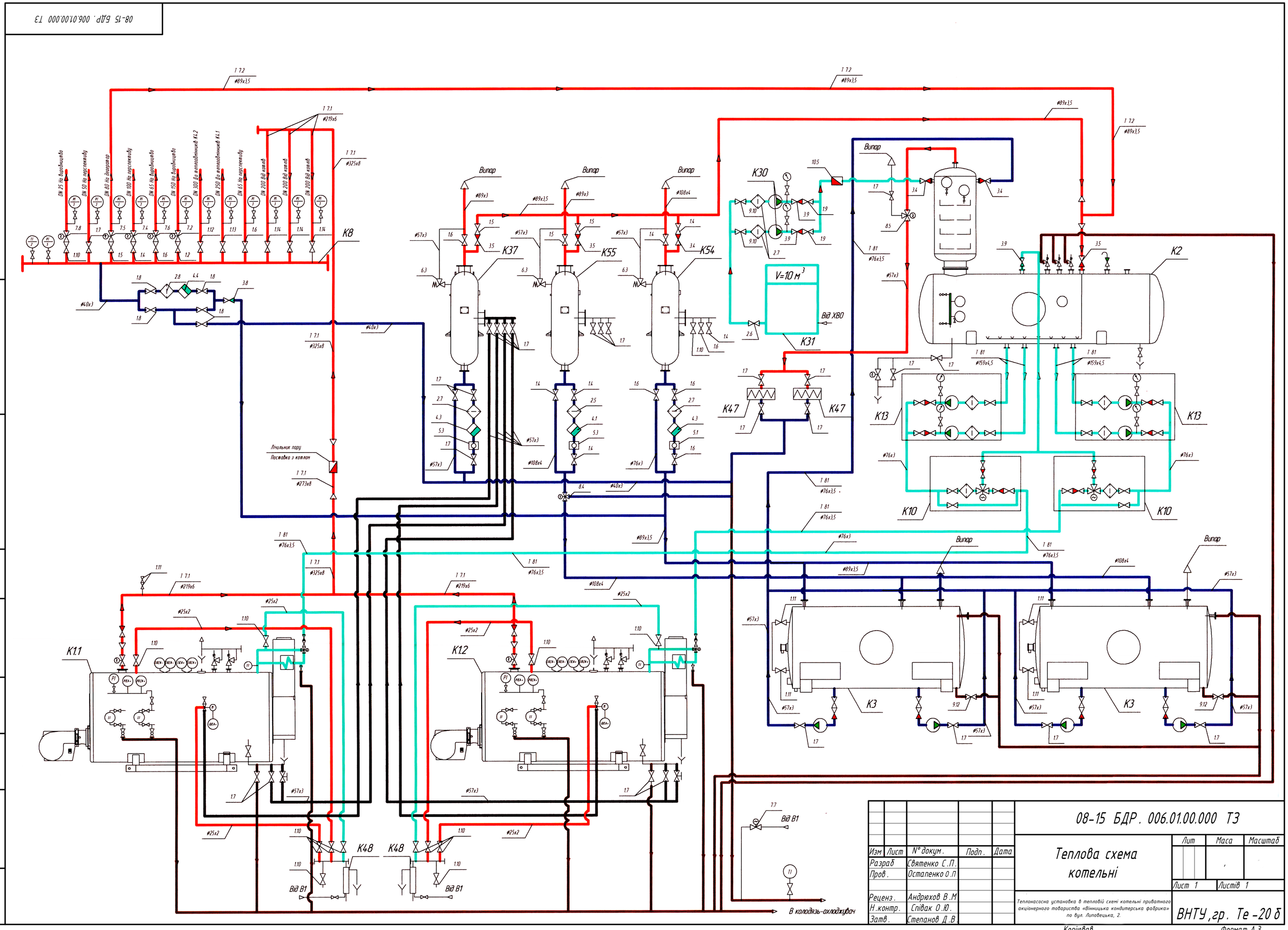
«Теплонасосна установка в тепловій схемі котельні приватного акціонерного товариства «Вінницька кондитерська фабрика по вул. Липовецька, 2.»

Здобувач _____Святенко С. П.

Керівник роботи _____ Остапенко О.П.

Познач	Найменування	Кіл.	Примітка
	Обладнання		
К1	Котел паровий автоматичний Q=16т/год	2	
К2	Установка повної деарації V=25м^3	1	
К3	Конденсатний модуль Spirax Sarco	1	
К8	Колектор паророзподільчий Ду630	1	
К37	Ресівер з установкою відокремлення пара		
К51	Економайзер типу ЕКО 6 SA	1	
К54	Ресівер з установкою відокремлення пара,	1	
К55	Ресівер з установкою відокремлення пара	1	
К13	Модуль насоса живильної води РМ	1	
К10	Модуль регулювання живильної води RZM	1	
К7	Бак атмосферного типу зворотної води контуру	2	
К31	Бак знесоленої води	1	
К43	Насос циркуляційний технічного контуру	2	
К51	Економайзер типу Еко 6 sa	1	
К54	Ресірвер з установкою відокермлювання	1	

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	08-15.БДР.006.01.00.000 ТЗ		
Розроб.		Святенко С.П.			Теплова схема котельні	Літ.	Арк. / Аркушів
Перевір.		Остапенко О. П.					
Реценз.		Андрухов В. М.				ВНТУ, гр.ТЕ-20б	
Н. Контр.		Співак О. Ю.					
Затверд.		Степанов Д. В.					


08-15 БДР. 006.01.00.000 ТЗ
Перв. прим.
Справ. №
Подп. і дата
Інв. № дубл.
Взам.інв. №
Подп. і дата
Інв. № подл.
Випар
К8
К37
К55
К54
К30
К31
К47
К2
К13
К10
К3
К1.1
К1.2
К48
Від ХВО
Від В1
Лічильник пару
Поставка з котлом
В колодязь-охлоджувач
Теплова схема котельні
Теплонасосна установка в тепловій схемі котельні приватного акціонерного товариства «Вінницька кондитерська фабрика» по вул. Липовецька, 2.
ВНТУ, гр. Те-20 б
Лит
Маса
Масштаб
Лист 1
Листів 1
Изм
Лист
№ докум.
Подп.
Дата
Разраб
Святенко С.П.
Пров.
Остапенко О.П
Реценз.
Андрюхов В.М
Н.контр.
Співак О.Ю.
Затв.
Степанов Д.В.
Копіював
Формат А3

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме-чание
				Документація		
А3			08-15.БДР.006.02.01.00.000СК	Складальне креслення	1	
А4			08-15.БДР.006.02.01.00.000	Пояснювальна записка	1	
				Складальні одиниці		
		1	08-15.БДР.006.02.01.00.000	Пластина теплообмінна	46	
		2	08-15.БДР.006.02.02.00.000	Фланець	2	
		3	08-15.БДР.006.02.03.00.000	Штанга	2	
		4	08-15.БДР.006.02.04.00.000	Плита	2	
		5	08-15.БДР.006.02.05.00.000	Коліно	2	
				Стандартні вироби		
		6		Шайба М8х2,5		
				ГОСТ 111371-78	24	
		7		Гайка М8х2 - 12Н		
				ГОСТ 5915-70	8	
		8		Шпилька М16х1.8		
				ГОСТ 15526-70	8	
		9		Шайба М16х2,5		
				ГОСТ 10450-78	8	

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Святенко С. П.		
Пров.		Остапенко О. П		
Реценз.		Андрюхов В. М.		
Н.контр.		Співак О. Ю		
Затв.		Степанов Д. В.		

08-15.БДР.006.02.00.000

Теплообмінник пластинчастий водо-водяний

Лит.	Лист	Листов
		1

гр. ТЕ-20б

Копіював

Формат А4

08-15 БДР.006.02.000 00 СК

Перв. примен.

Справ. №

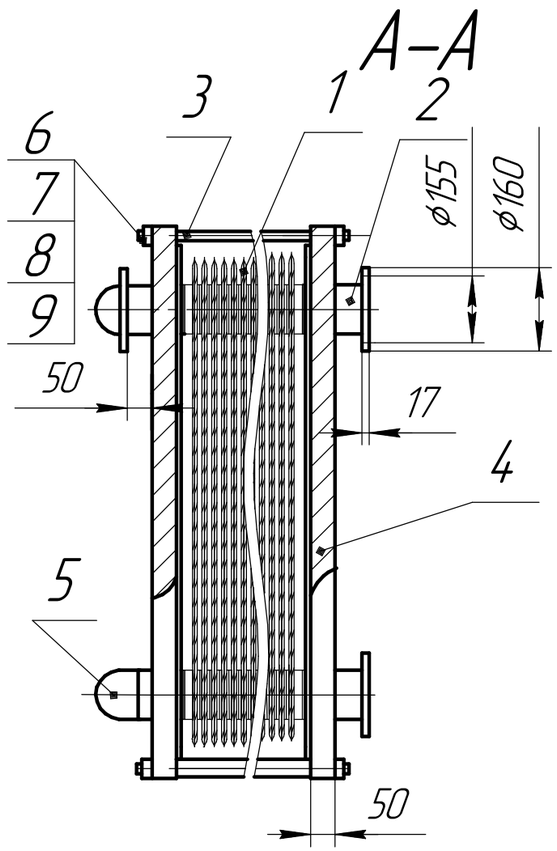
Подп. и дата

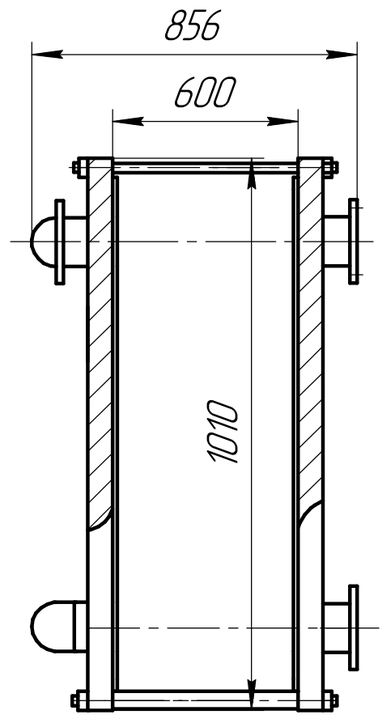
Инв. № дубл.

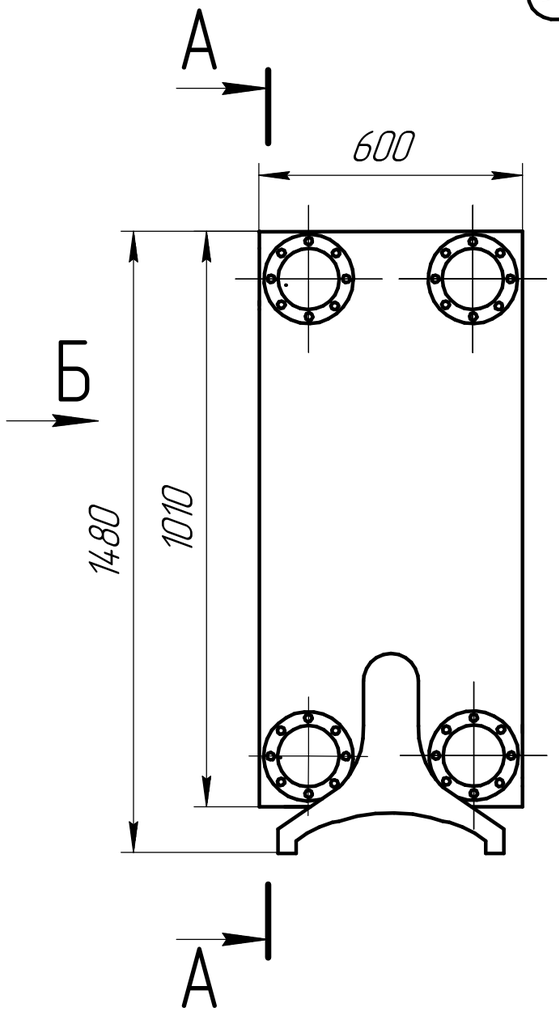
Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.







Технічні характеристики

1.Теплова потужність	Q= 0,250 МВт
2.Витрата грійного теплоносія (конденсату)	G_1=3,98 кг/с
3.Витрата теплоносія що нагрівається (води)	G_2=3,9 кг/с
4.Температура конденсату на вході в теплообмінник	t_1=50 С
5.Температура конденсату на виході з теплообмінника	t_1=37 С
6.Температура води на вході в теплообмінник	t_2=30 С
7.Температура води на виході з теплообмінника	t_2= 45 С

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Святенко С. П.		
Пров.		Остапенко О. П.		
Т.контр.				
Рецезент.		Андрюхов В. М		
Н.контр.		Співак О. Ю.		
Затв.		Степанов Д. В.		

08-15 БДР.006.02.00.000 СК

Теплообмінник пластинчастий водо-водяний

Лит.	Масса	Масштаб
	100	
Лист	Листов	

Теплонасосна установка в тепловій схемі котельні приватного акціонерного товариства "Вінницька кондитерська фабрика" по ву. Липовецька 2

ВНТУ, ст. гр.ТЕ-20б

Копировал

Формат А3

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ

Показник	Одиниця вимірювання	Варіант схеми	
		Базовий варіант теплової схеми котельні	Модернізована теплова схема котельні з ТНУ
Витрата робочого палива	млн. $м^3$/рік	11,99	11,04
Економія робочого палива	%	---	7,911
Витрати на паливо	млн. грн./рік	347,600	320,126
Експлуатаційні витрати	млн. грн./рік	383,160	358.372
Зменшення експлуатаційних витрат	млн. грн./рік	---	3,031
Капіталовкладення в нове обладнання	млн. грн.	---	57,268
Термін окупності нового обладнання	років	---	2,31