

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

БАКАЛАВРСЬКА ДИПЛОМНА РОБОТА

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

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

Кулаковський Є. Г.
(прізвище та ініціали)

Керівник к.т.н., доц.

Остапенко О. П.
(прізвище та ініціали)

« 19 » 06 2024 р.

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

« 10 » 06 2024 р.

Допущено до захисту
Зав. Кафедри

к.т.н., доц. Степанов Д.В.
« 10 » 06 2024 р.

Вінниця ВНТУ - 2024 рік

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТЕ
Дмитро Степанов
2024 року

**ЗАВДАННЯ
НА БАКАЛАВРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Кулаковському Євгенію Геннадійовичу

1. Тема роботи «Теплонасосна установка в тепловій схемі парової котельні»
керівник роботи к.т.н., доц. Остапенко Ольга Павлівна
затверджені наказом ВНТУ від 11.03.2024 року №80
2. Термін подання студентом роботи 04.06.2024 р.
3. Початкові дані: споживання пари споживачами складає: цех 1 – 8т/год; цех 2 – 2,5 т/год; цех 3 та 4 по 1,5 т/год; гаряче водопостачання – 0,2 т/год; власні потреби котельні – 0,3 т/год. Частка повернення конденсату на котельню 92%. Паливо – природний газ, теплота згорання палива – 34.03 МДж/м³.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): аналітичний літературний огляд. Теплові насоси для рекуперації енергії. Енергія з «відпрацьованого тепла»; багатоваріантний аналіз та техніко-економічне обґрунтування; результати розрахунку теплової схеми промислово-опалювальної котельні з парокомпресійною ТНУ; оцінка енергетичної ефективності теплової схеми котельні; охорона праці
5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): схема монтажна аксонометрична, план розташування обладнання та трубопроводів, техніко-економічні показники

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 12.03.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва та зміст етапу	Термін виконання		Примітки
		початок	закінчення	
1	Аналітичний літературний огляд. Теплові насоси для рекуперації енергії. Енергія з «відпрацьованого тепла»	28.03.24	02.04.24	
2	Багатоваріантний аналіз та техніко-економічне обґрунтування	30.03.24	07.04.24	
3	Результати розрахунку теплової схеми промислово-опалювальної котельні	06.04.24	20.05.24	
4	Оцінка енергетичної ефективності теплової схеми котельні	13.04.24	29.05.24	
5	Охорона праці	27.05.24	09.06.24	
6	Перевірка на плагіат	12.06.24	13.06.24	
7	Оформлення БДР, підготовка презентації	27.05.24	04.06.24	
8	Попередній захист	04.06.24	04.06.24	
9	Нормативний контроль	12.06.24	12.06.24	
10	Рецензування	13.06.24	13.06.24	
11	Подача БДР в електронний архів університету та на випускову кафедру	14.06.24	14.06.24	
12	Захист БДР	15.06.24	15.06.24	

Студент

(підпис)

Кулаковський Є. Г.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Остапенко О.П.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

УДК 621.577

Кулаковський Є. Г. Теплонасосна установка в тепловій схемі парової котельні. Бакалаврська кваліфікаційна робота зі спеціальності 144 – теплоенергетика, освітня програма – теплоенергетика. Вінниця: ВНТУ, 2024. 60 с.

Бібліогр. : рис.: 27; табл. 13.

В бакалаврській дипломній роботі запропоновано заходи з енерго- та ресурсозбереження в тепловій схемі промислово-опалювальної парової котельні, забезпечено покращення техніко-економічних показників роботи теплової схеми промислово-опалювальної парової котельні з встановленням парокомпресійної теплонасосної установки (ТНУ) з використанням теплоти конденсаторів холодильних машин підприємства. Шляхом встановлення в котельні парокомпресійної ТНУ на теплоті конденсаторів холодильних машин буде забезпечене зниження енерго- та ресурсоемності вироблення в котельні теплової енергії.

За результатами багатоваріантного аналізу варіантів проектних рішень з модернізації теплової схеми промислово-опалювальної котельні з ТНУ було обрано варіант використання ТНУ на теплоті від конденсаторів холодильних машин з приводом від газового двигуна на природному газі.

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

Проаналізовано заходи з охорони праці.

Ключові слова: котельня, тепла схема, теплонасосна установка

ABSTRACT

Kulakovskiy Ye. G. Heat pump installation in the thermal scheme of a steam boiler house. Bachelor's qualification work on specialty 144 - heat and power engineering, educational program - heat and power engineering. Vinnytsia: VNTU, 2024. 60 p.

In Ukrainian language. Bibliogr. : fig.: 27; table 13.

In the bachelor's thesis, energy and resource saving measures in the thermal scheme of an industrial heating steam boiler house were proposed, improvement of the technical and economic performance indicators of the thermal scheme of an industrial heating steam boiler house with the installation of a steam compression heat pump installation (HPI) using the heat of the condensers of the company's refrigerating machines was ensured. By installing a steam-compression HPI in the boiler room on the heat of condensers of refrigerating machines, a reduction in the energy and resource intensity of heat energy production in the boiler room will be ensured.

Based on the results of a multivariate analysis of project solutions for the modernization of the thermal scheme of the industrial heating boiler house with HPI, the option of using HPI on heat from the condensers of refrigerating machines driven by a natural gas gas engine was chosen.

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

Labor protection measures were analyzed.

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

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1 АНАЛІТИЧНИЙ ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД. ТЕПЛОВІ НАСОСИ ДЛЯ РЕКУПЕРАЦІЇ ЕНЕРГІЇ. ЕНЕРГІЯ З «ВІДПРАЦЬОВАНОГО ТЕПЛА».....	10
2 БАГАТОВАРІАНТНИЙ АНАЛІЗ ТА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	15
2.1 Показники роботи теплової схеми парової промислово-опалювальної котельні	15
2.2 Багатоваріантний аналіз проектних рішень з модернізації котельні	16
2.3 Техніко-економічне обґрунтування	22
2.4 Математичне та програмне забезпечення розрахунків ефективності теплової схеми котельні з ТНУ.....	24
3 РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ ПРОМИСЛОВО-ОПАЛЮВАЛЬНОЇ КОТЕЛЬНОЇ З ПАРОКОМПРЕСІЙНОЮ ТНУ.....	33
3.1 Розрахунок показників теплонасосної установки для обраного варіанту	33
3.2 Розрахунок теплових потужностей утилізаторів	34
3.3 Вибір теплонасосного обладнання. Розробка технології монтажу.....	35
4 ОЦІНКА ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ КОТЕЛЬНОЇ	36
4.1 Оцінка енергетичної ефективності роботи теплової схеми котельні з парокompресійною ТНУ	36
4.2 Аналіз показників економічної ефективності роботи теплової схеми парової котельні з ТНУ	37
5 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	41
ВИСНОВКИ.....	53

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	55
Додаток А (обов'язковий). ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ.....	63
Додаток Б (обов'язковий). ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ.....	64
Додаток В.ТЕХНОЛОГІЯ МОНТАЖУ ПЛАСТИНЧАСТОГО ТЕПЛООБМІННИКА В КОНТУРІ ВИПАРНИКА ТЕПЛОВОГО НАСОСУ ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ КОТЕЛЬНОЇ.....	71
Додаток Г. ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА.....	80

ВСТУП

Значно ефективнішим є використання теплових насосів на підприємствах, де одночасно потрібно виробляти тепло та холод, що характерно для харчової та переробних промисловостей. Промислові підприємства можуть використовувати тепло великих водоймищ або вторинних низькотемпературних енергоресурсів, тепло відпрацьованої води підприємства для вироблення теплової енергії для забезпечення потреб опалення та гарячого водопостачання підприємства, а також для забезпечення виробничих процесів підприємства.

Метою бакалаврської дипломної роботи є розроблення заходів з енерго- та ресурсозбереження в тепловій схемі промислово-опалювальної парової котельні, забезпечення покращення техніко-економічних показників роботи теплової схеми промислово-опалювальної парової котельні з встановленням парокомпресійної ТНУ з використанням теплоти конденсаторів холодильних машин підприємства..

Задачами БДР є:

- 1) обґрунтування варіанту застосування ТНУ на теплоті конденсаторів холодильних машин в тепловій схемі промислово-опалювальної котельні;
- 2) оцінка ефективності ТНУ на теплоті конденсаторів холодильних машин в тепловій схемі промислово-опалювальної котельні;
- 3) обґрунтування вибору нового обладнання для модернізованої схеми парової котельні з ТНУ;
- 4) визначення техніко-економічних показників парової котельні з ТНУ.

Об'єктом роботи є енергоефективна парокомпресійна ТНУ на теплоті конденсаторів холодильних машин в тепловій схемі промислово-опалювальної котельні.

Предметом роботи є зменшення ресурсовитратності генерування теплоти із забезпеченням економії коштів за рахунок встановлення парокомпресійної ТНУ на теплоті конденсаторів холодильних машин в тепловій схемі промислово-опалювальної котельні.

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

1 АНАЛІТИЧНИЙ ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД. ТЕПЛОВІ НАСОСИ ДЛЯ РЕКУПЕРАЦІЇ ЕНЕРГІЇ. ЕНЕРГІЯ З «ВІДПРАЦЬОВАНОГО ТЕПЛА»

«Відпрацьоване тепло» є побічним продуктом багатьох промислових процесів, таких як охолодження, очищення димових газів, очищення стічних вод і численні хімічні процеси. Зазвичай температурний рівень «відпрацьованого тепла» не дозволяє використовувати його безпосередньо, тому воно видаляється в навколишнє середовище. Однак, ця теплова енергія дорогою та може бути утилізована в тепловому насосі. У багатьох випадках застосування теплових насосів забезпечує багатообіцяючі економічні та екологічні переваги [1].

Потенційні джерела тепла для рекуперації енергії. Зокрема, компанія Friootherm має підтверджений досвід роботи з різноманітними джерелами тепла та застосованими технологіями, а саме:

- сміттєспалювальні заводи,
- промислове відпрацьоване тепло,
- необроблені стічні води та очищені стічні води,
- море, озера та річки.

Компанія Friootherm пропонує інноваційні та ефективні рішення, перевірені галуззю. Метою будь-якої обслуговуючої компанії в енергетичному секторі є забезпечення гарячою водою для опалення будівель, гарячою побутовою водою та, все частіше, охолодженою водою для охолодження комерційних будівель.

Теплові насоси та чиллери Unitop® від Friootherm добре відомі своєю неперевершеною надійністю, робочою гнучкістю, надзвичайною ефективністю та тривалим терміном служби. Friootherm пропонує повний асортимент теплових насосів і чиллерів, щоб задовольнити потреби клієнтів у секторах централізованого охолодження та централізованого тепlopостачання. Кожен продукт Friootherm планується та реалізується відповідно до конкретних потреб клієнта. Звідси висока експлуатаційна гнучкість продукції Friootherm [2]. На рис. 1.1 та 1.2 показані теплові насоси Unitop® для ефективної рекуперації енергії.



Рисунок 1.1 - Теплові насоси Unitop® для ефективної рекуперації енергії

Теплові насоси та чиллери використовуються в системах централізованого теплопостачання та централізованого охолодження, для подвійного виробництва енергії: на опалення та охолодження, використовуються на промисловому виробництві та у великих установках кондиціонування.

Характеристики теплового насоса Unitop ® 22 [3], зображеного на рис. 1.2:

- охолодження розсолу до -12°C ,
- гаряча вода до $+50^{\circ}\text{C}$ (одноступенева) / $>+80^{\circ}\text{C}$ (двоступенева);
- водяне або повітряне охолодження;
- послідовна або паралельна робота;
- індивідуальні рішення відповідно до вимог клієнта;
- ідеально підходить для промислового застосування



Рисунок 1.2 - Тепловий насос Unitor® 22, Ріва-дель-Гарда

Основні характеристики Uniturbo ® 22 – компресорів:

- компресор відкритого типу;
- підходить для всіх поширених приводів (електричних, газових, парових);
- потужність від 600 кВт до 3600 кВт;
- плавний режим часткового навантаження, від 100% до 10%

У травні 2022 року Європейська комісія опублікувала пропозицію REPowerEU, включаючи конкретні заходи щодо поступової відмови від використання викопного газу в опаленні та промисловості. Комісія визначила великі теплові насоси в поєднанні з мережами опалення та охолодження як критичне рішення для декарбонізації європейського ринку опалення, особливо в густонаселених районах [4].

'The Future of Heat Pumps' визнає мережі опалення та охолодження енергетичною інфраструктурою вибору для підтримки впровадження доступного та сталого опалення, головним чином у міських районах [5].

Великі теплові насоси в поєднанні з мережами опалення та охолодження дозволяють збирати невикористані відновлювані ресурси опалення, такі як геотермальна, сонячна та відновлене тепло міського середовища (стічні води, метро), третинного сектора (центри обробки даних, супермаркети) і громадських будівель (лікарні). Великі теплові насоси також максимізують потенціал декарбонізації відновлюваних джерел електроенергії (таких як вітер і сонце), перетворюючи їх у відновлюване тепло. У поєднанні з накопичувачами тепла та електричними котлами великі теплові насоси підтримують гнучкість і безпеку системи, забезпечуючи щоденну, щотижневу та сезонну гнучкість.

Сьогодні в ЄС великі теплові насоси мають встановлену потужність 2,5 ГВт·т в мережах опалення та охолодження, що становить приблизно 1% від загальної потужності. Існуючі потужності здебільшого розташовані в країнах із високою часткою електрифікації, таких як Швеція чи Данія. Проте потенціал зростання є значним завдяки швидкому розгортанню відновлюваних джерел електроенергії в країнах ЄС. Виходячи з інвестиційних планів деяких з найбільших мереж опалення та охолодження в Європі, встановлена потужність великих теплових насосів зросте щонайменше на 80% до 2030 року, що спричинить глибокі зміни в портфелі генерації та зростання мереж [6].

На рівні ЄС, національному та регіональному рівнях знадобляться відповідні заходи та стимули, щоб зменшити витрати на впровадження великих теплових насосів і підтримати розширення та модернізацію основної інфраструктури мереж опалення та охолодження.

Великі теплові насоси є універсальними у своїй здатності використовувати широкий спектр низькотемпературних джерел тепла, забезпечуючи диверсифікацію енергії та прискорюючи декарбонізацію опалення. Вони сприяють поступовому впровадженню неелектричного відновлюваного тепла та кліматично-нейтральних джерел опалення в опалювальну суміш ЄС [7].

Джерела тепла, які можна зібрати за допомогою великих теплових насосів, включають [8]:

- відновлювані джерела тепла (наприклад, геотермальна, сонячна та навколишня енергія);
- відпрацьоване тепло промислових процесів;
- міське надлишкове тепло (наприклад, від секторів обслуговування/житла – супермаркетів, підземного метро, центрів обробки даних тощо);
- очисні споруди стічних вод.

З ефективними та інтелектуальними будівлями великі теплові насоси відкривають шлях для високого коефіцієнта продуктивності та недефективних мереж опалення та охолодження (також відомих як системи централізованого теплопостачання 4-го покоління).

Висновки

Значно ефективнішим є використання теплових насосів на підприємствах, де одночасно потрібно виробляти теплоту та холод, що характерно для харчової та переробних промисловостей. Промислові підприємства можуть використовувати теплоту великих водоймищ або вторинних низькотемпературних енергоресурсів, теплоту відпрацьованої води підприємства для вироблення теплової енергії для забезпечення потреб опалення та гарячого водопостачання підприємства, а також для забезпечення виробничих процесів підприємства.

2 БАГАТОВАРІАНТНИЙ АНАЛІЗ ТА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

2.1 Показники роботи теплової схеми парової промислово-опалювальної котельні

На території підприємства розташована котельня, де встановлені два парових котла, розташований компресорний цех, який охолоджує холодильні камери. На підприємстві для забезпечення технологічних процесів, потреб опалення та гарячого водопостачання (ГВП) використовується насичена водяна пара з котельні. Котельня працює на природному газі. Для забезпечення потреб виробництва та генерування пари використовується вода із свердловин. В приміщенні промислово-опалювальної котельні розміщені парові котли, щит теплового контролю, захисту і автоматики, устаткування хімводоочистки, насоси, побутові приміщення.

Потужність промислових споживачів підприємства залежить від сезону року. Перший сезон (максимальне навантаження) включає в себе місяці з липня по листопад. Споживання пари споживачами в перший сезон складає: цех 1 – 8 т/год; цех 2 – 2,5 т/год; цех 3 та 4 по 1,5 т/год; витрата пари для забезпечення потреб гарячого водопостачання – 0,2 т/год; витрата пари на власні потреби котельні – 0,3 т/год.

Другий сезон (часткове навантаження) включає в себе місяці з грудня по червень. Споживання пари споживачами в другий сезон складає: цех 1 – 5,14 т/год; цех 2 – 1,6 т/год; цех 3 та 4 по 0,965 т/год; витрата пари для забезпечення потреб гарячого водопостачання – 0,128 т/год; витрата пари на власні потреби котельні – 0,192 т/год.

Виконаний розрахунок показників роботи котельні за методикою з [9], результати показані в таблиці 1.1.

Таблиця 2.1 - Показники роботи теплової схеми промислово-опалювальної котельні

Показник	Сезон	
	Перший сезон	Другий сезон
Потужність котельні Q_k , МВт	9,33	5,94
Витрата умовного палива B_y , кг/с	0,35	0,22
Витрата робочого палива B_p , м ³ /с	0,30	0,19
Питома витрата умовного палива в котельні b_y , кг/ГДж	37,5	37,52
ККД котельні η_k	0,91	0,91

Результати розрахунку теплової схеми промислово-опалювальної котельні будуть використані для аналізу ефективності варіантів теплової схеми котельні з парокомпресійними теплонасосними установками (ТНУ).

2.2 Багатоваріантний аналіз проектних рішень з модернізації котельні

Виконаний багатоваріантний аналіз показників ефективності трьох варіантів проектних рішень з модернізації теплової схеми промислово-опалювальної парової котельні, оцінено показники ефективності теплової схеми та нового обладнання. Цей аналіз виконаний з використанням наукових результатів із ефективного застосування ТНУ в теплових схемах котельних та розрахункових методик для теплових з ТНУ на основі [10-13].

Для здійснення багатоваріантного аналізу із визначення ефективності варіантів модернізації теплової схеми промислово-опалювальної парової котельні з встановленням ТНУ з утилізацією теплоти конденсаторів холодильних машин, були виконані необхідні розрахунки для трьох варіантів:

1 – застосування ТНУ на теплоті з конденсаторів холодильних машин в тепловій схемі промислово-опалювальної парової котельні для роботи в двох сезонах (максимальне та часткове навантаження);

2 – застосування ТНУ на теплоті з конденсаторів холодильних машин в тепловій схемі промислово-опалювальної парової котельні для роботи в першому сезоні (максимальне навантаження);

3 – застосування ТНУ на теплоті з конденсаторів холодильних машин в тепловій схемі промислово-опалювальної парової котельні для роботи в другому сезоні (часткове навантаження);

Результати багатоваріантного аналізу з визначення ефективності варіантів модернізації теплової схеми промислово-опалювальної парової котельні з встановленням ТНУ на теплоті конденсаторів холодильних машин показані на рис. 2.1 – 2.6.

На рисунках 2.1 – 2.6 позначено два розрахункові режими: МР – максимальний режим, РСП – режим споживача.

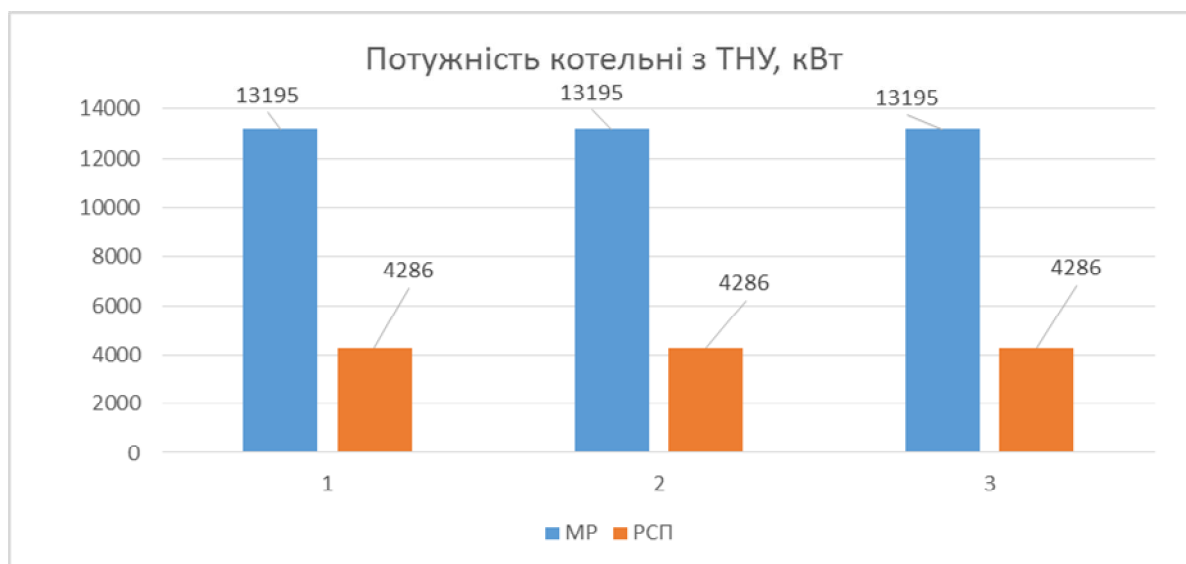


Рисунок 2.1 – Зміна теплової потужності котельні

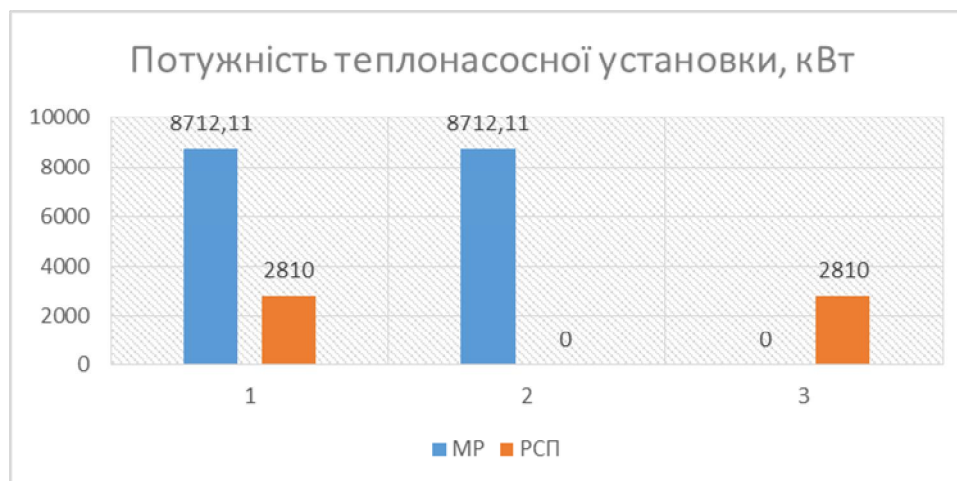


Рисунок 2.2 – Зміна теплової потужності конденсатора ТНУ

Як видно із рис. 2.2, приведені на рисунку значення теплової потужності конденсатора ТНУ для трьох варіантів відрізняються майже в три рази. Отже, доцільно застосовувати три ТНУ однакової потужності, що працюватимуть в двох режимах: в МР - режимі – три установки, в РСР - режимі - одна установка, що не потребуватиме встановлення іншого теплонасосного обладнання для роботи в РСР - режимі.

Як видно із рис. 2.3, значення споживаної електричної потужності коипресора ТНУ в МР- та РСР- режимах свідчать про те, що можна встановити три приводних двигуна на природному газі з одиничною потужністю у 1000 кВт.

Отже, визначено, що ефективно застосовувати в схемі промислово-опалювальної котельні ТНУ на теплоті від конденсаторів холодильних машин з приводним газовим двигуном в МР- та РСР режимах, обґрунтований вище вибір обладнання не передбачає встановлення додаткового при роботі в іншому режимі.

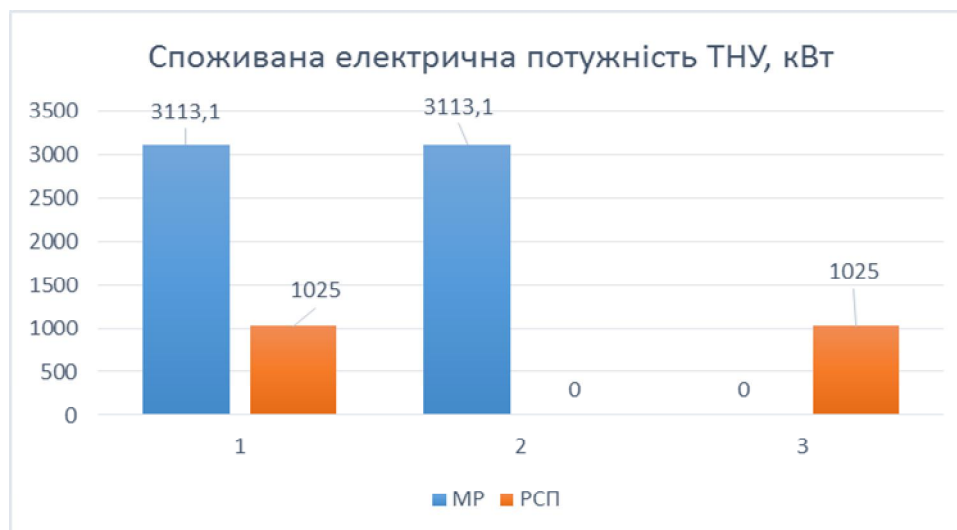


Рисунок 2.3 – Зміна електричної потужності, що споживає компресор ТНУ

Як видно із рис. 2.4, використання додатково виробленої теплової потужності в утилізаційному обладнанні приводу ТНУ забезпечити суттєве підвищення значень загальної теплової потужності ТНУ, дозволить збільшити значення коефіцієнта перетворення когенераційних ТНУ та частки заміщення теплової потужності парової промислово-опалювальної котельні, яка є менш ефективною у порівнянні з варіантом модернізації.

Отже, визначено, що ефективно застосовувати в схемі промислово-опалювальної котельні ТНУ на теплоті від конденсаторів холодильних машин з приводним газовим двигуном в MP- та PCP режимах, обґрунтований вище вибір обладнання не передбачає встановлення додаткового при роботі в іншому режимі.

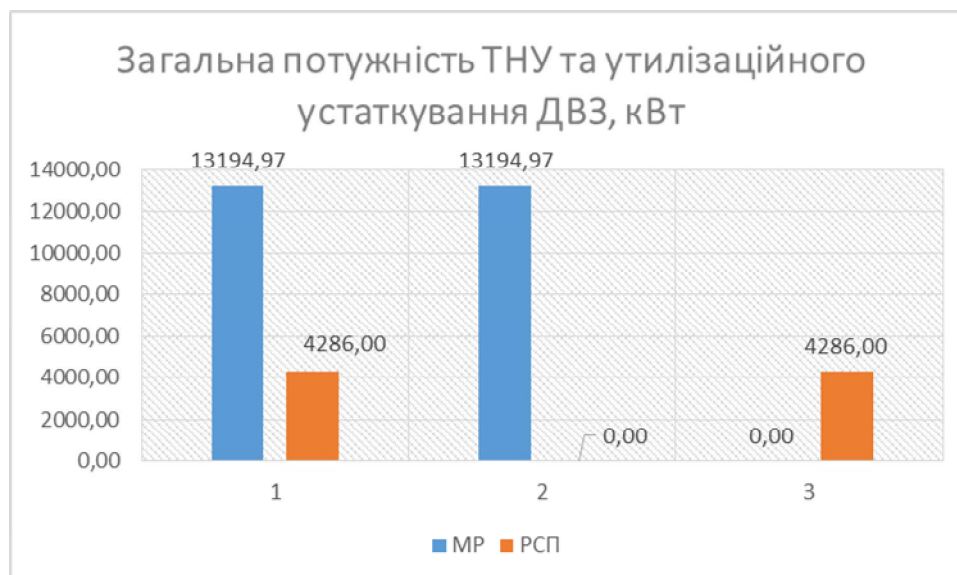


Рисунок 2.4 – Зміна загальної теплової потужності ТНУ та утилізаторів від двигуна

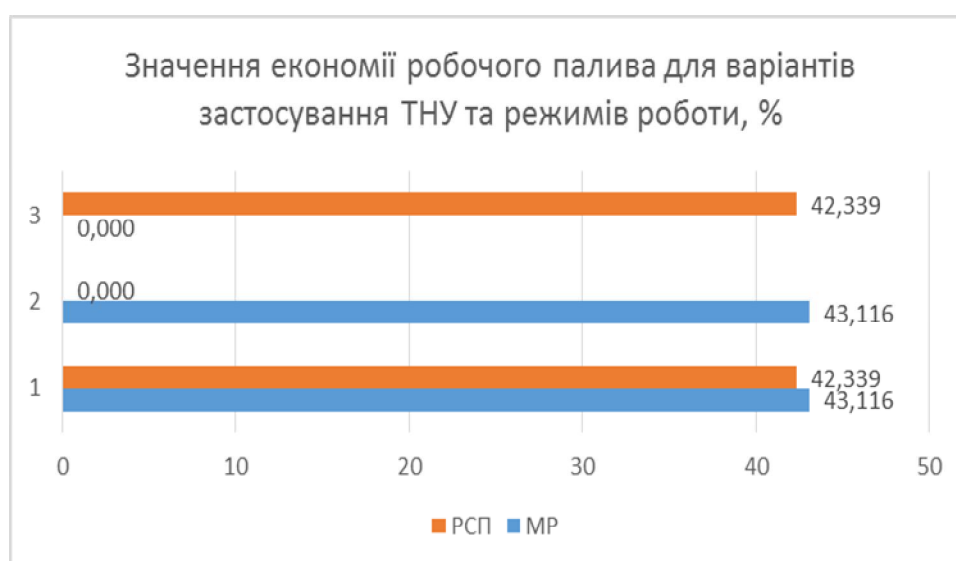


Рисунок 2.5 – Зміна значень відносної економії робочого палива, %

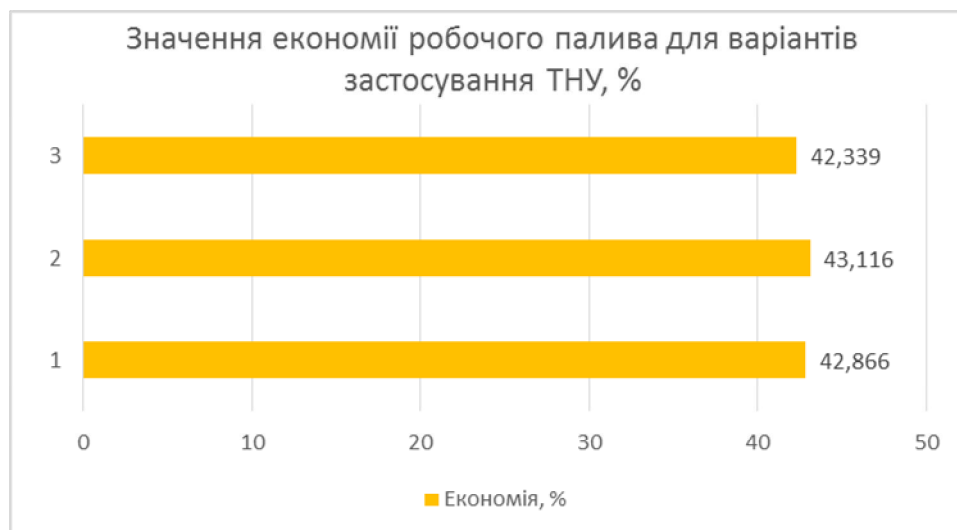


Рисунок 2.6 – Зміна значень річної економії робочого палива в котельні з ТНУ, %

Як видно зі рис. 2.5 та 2.6, найбільші показники річної та сезонної економії природного газу від застосування ТНУ на теплоті від конденсаторів холодильних машин відповідають варіанту №2 застосування ТНУ з роботою в МР- режимі. Наступним за ефективністю можна вважати варіант №2 із застосування ТНУ на теплоті від конденсаторів холодильних машин з роботою в МР- та РСП-режимах. Але, в цьому разі необхідно забезпечити наявність достатньо потужного цілорічного споживача теплоти.

Таким чином, ми обираємо до проектування третій варіант застосування ТНУ, річна економія робочого палива для цього варіанту становитиме 42,339% та ТНУ працює РСП - режимі. За наявності відповідного фінансування можливе подальше нарощування потужності ТНУ відповідно до варіантів 2 та 1.

За результатами багатоваріантного аналізу варіантів проектних рішень з модернізації теплової схеми промислово-опалювальної котельні з ТНУ було обрано варіант використання ТНУ на теплоті від конденсаторів холодильних машин з приводом від газового двигуна на природному газі при роботі в РСП – режимі.

За переліком проаналізованих енергетичних показників, значення яких показані на рис. 2.1 – 2.6, цей варіант модернізації теплової схеми промислово-опалювальній парової котельні з ТНУ був обраний до проектування.

2.3 Техніко-економічне обґрунтування

Проведена оцінка техніко-економічних показників ефективності теплової схеми промислово-опалювальної парової котельні з парокомпресійною ТНУ з використанням теплоти від конденсаторів холодильних машин.

Ефективність обраного варіанту модернізації обумовлена достатніми значеннями техніко-економічних показників ефективності обраного варіанту у порівнянні із базовою паровою промислово-опалювальною котельнею [14-15].

На рис. 2.7 - 2.10 приведені значення основних техніко-економічних показників для базового та обраного до впровадження варіантів теплової схеми промислово-опалювальної парової котельні.

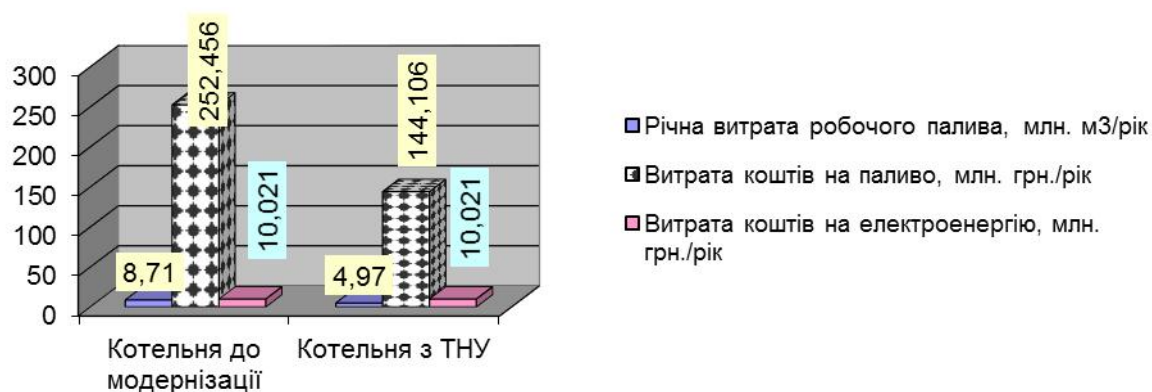


Рисунок 2.7 – Основні техніко-економічні показники теплових схем промислово-опалювальної парової котельні

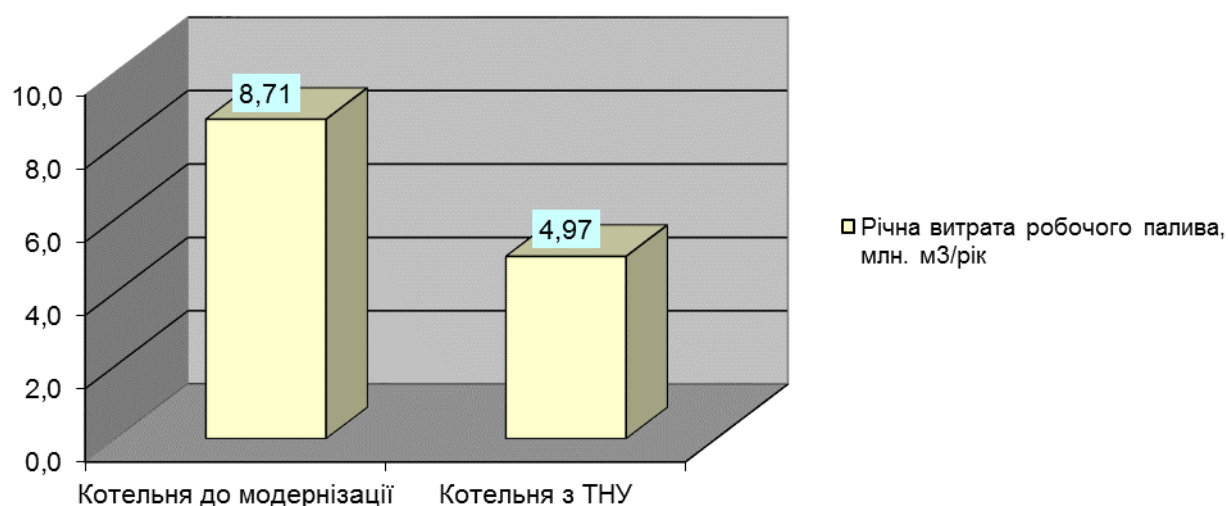


Рисунок 2.8 – Основні техніко-економічні показники теплових схем промислово-опалювальної парової котельні

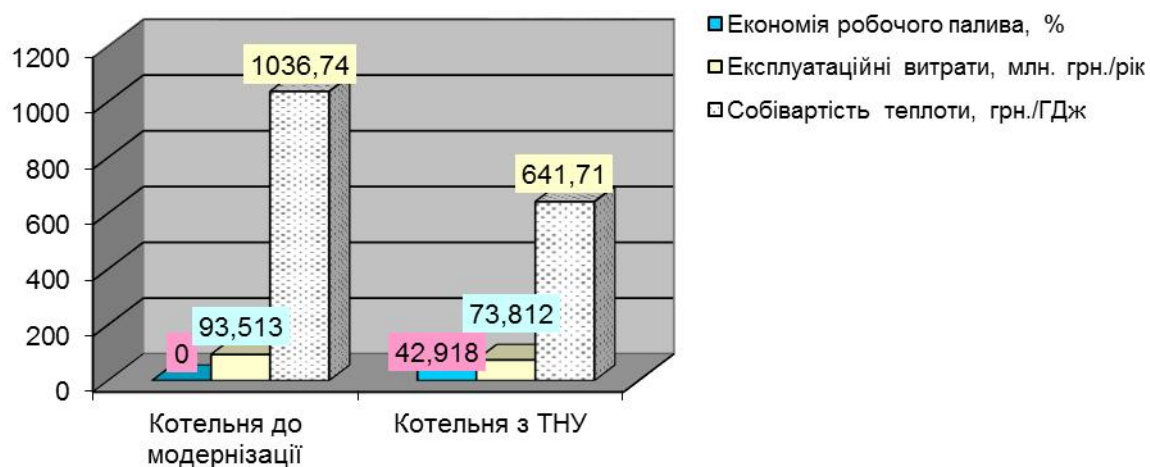


Рисунок 2.9 – Основні техніко-економічні показники теплових схем промислово-опалювальної парової котельні

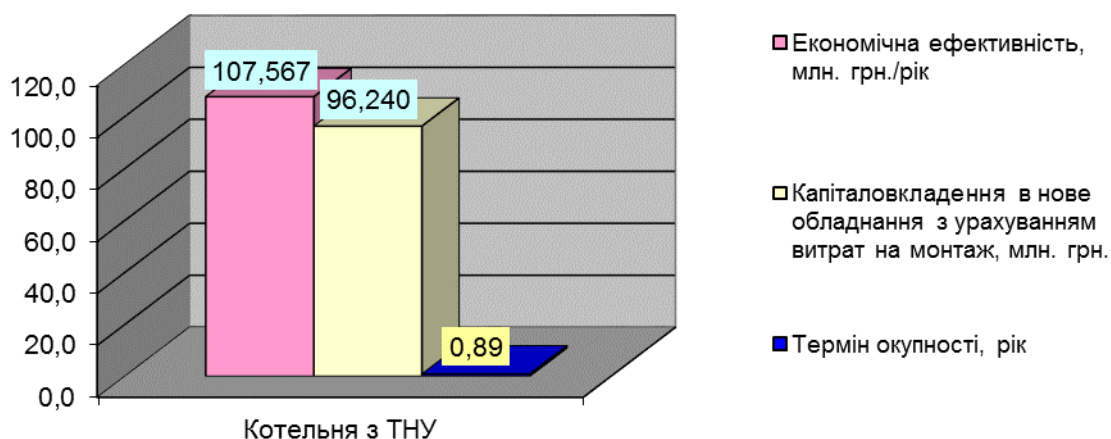


Рисунок 2.10 – Основні техніко-економічні показники теплових схем промислово-опалювальної парової котельні

За результатами представлених багатоваріантного аналізу проектних рішень та техніко-економічного обґрунтування ефективності обраного варіанту було встановлено, що використання теплоти конденсаторів холодильних машин в ТНУ в схемі парової промислово-опалювальної котельні забезпечить економію природного газу в обсязі 42,918%, знизить експлуатаційні витрати на 107,567 млн. грн. в рік та знизить собівартість виробленої теплоти. Капіталовкладення в нове обладнання для обраного варіанту теплової схеми котельні з ТНУ становитимуть 96,24 млн. грн., розрахунковий термін окупності капіталовкладень становитиме 0,89 року.

2.4 Математичне та програмне забезпечення розрахунків ефективності теплової схеми з ТНУ

Дослідження ефективності низки варіантів застосування ТНУ на теплоті віх конденсаторів холодильних машин в тепловій схемі промислово-опалювальної парової котельні проводилось методом математичного моделювання за допомогою

програми SOLKANE [16], яка широко використовується з метою моделювання роботи парокомпресійних ТНУ: розрахунків циклів з різними холодоагентами та схемними рішеннями. Дослідження проводилось з урахуванням режимів роботи теплової схеми промислово-опалювальної котельні, враховувались значення високотемпературного та низькотемпературного рівнів теплоти ТНУ, які відповідають температурним рівням теплоти від конденсаторів холодильних машин та рівню споживача теплоти.

Результати проведеного моделювання в програмі SOLKANE для значень необхідних параметрів у відповідності з режимами роботи теплової схеми зображені на рис. 2.11 – 2.15.

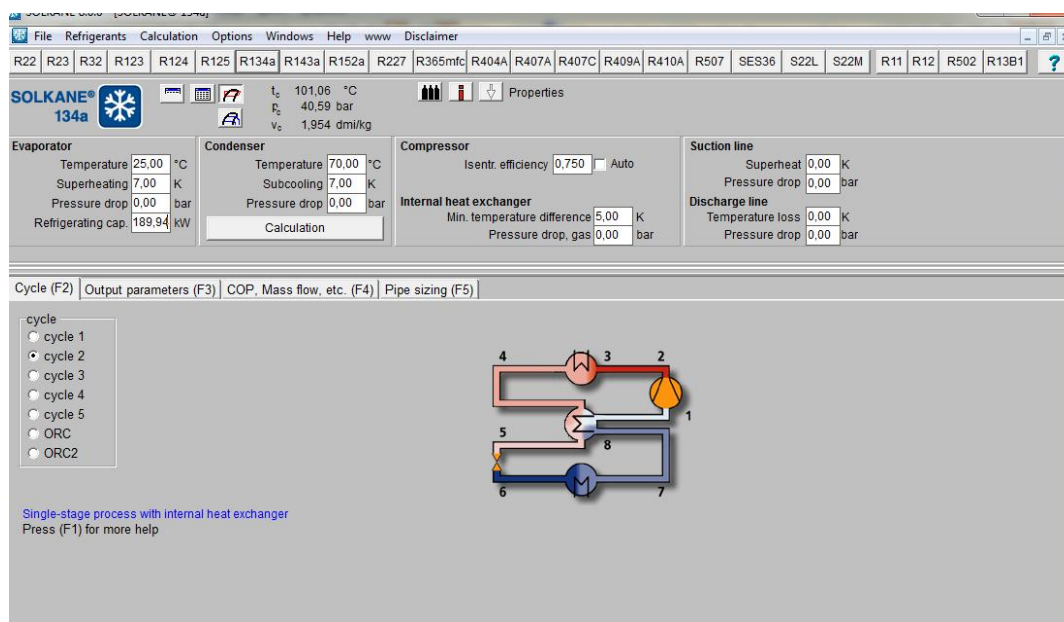


Рисунок 2.11 – Вибір схеми ТНУ та внесення початкових параметрів в програмі SOLKANE

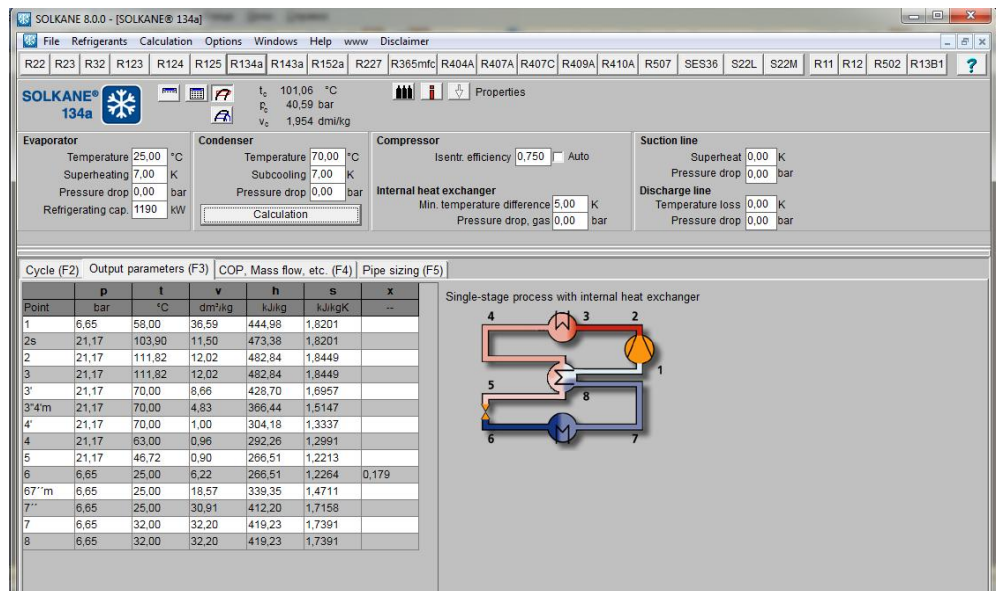


Рисунок 2.12 – Основні теплофізичні параметри холодоагенту в програмі SOLKANE

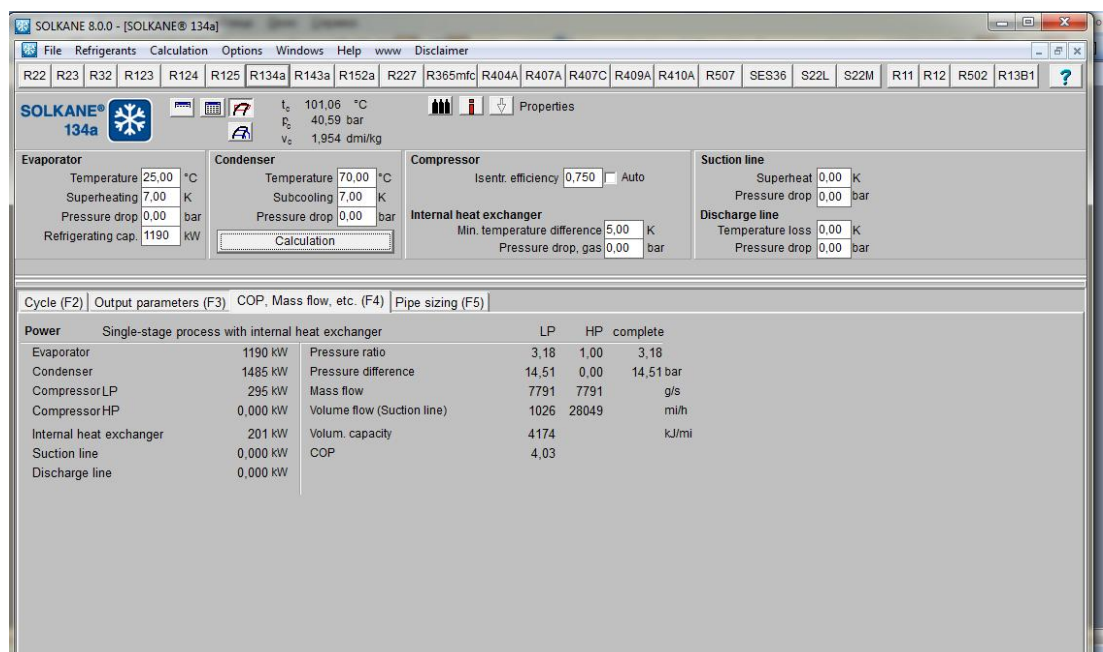


Рисунок 2.13 – Обчислення показників циклу ТНУ

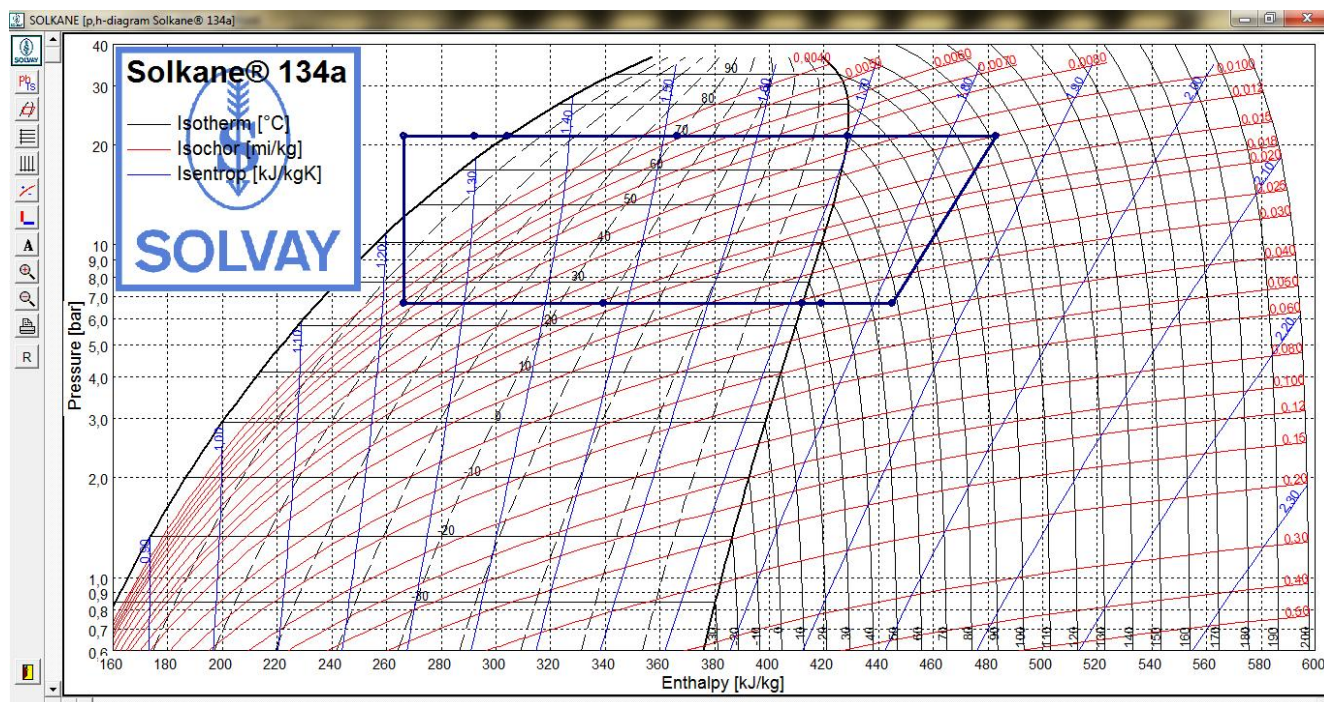


Рисунок 2.14 – Цикл ТНУ в SOLKANE на P-h діаграмі

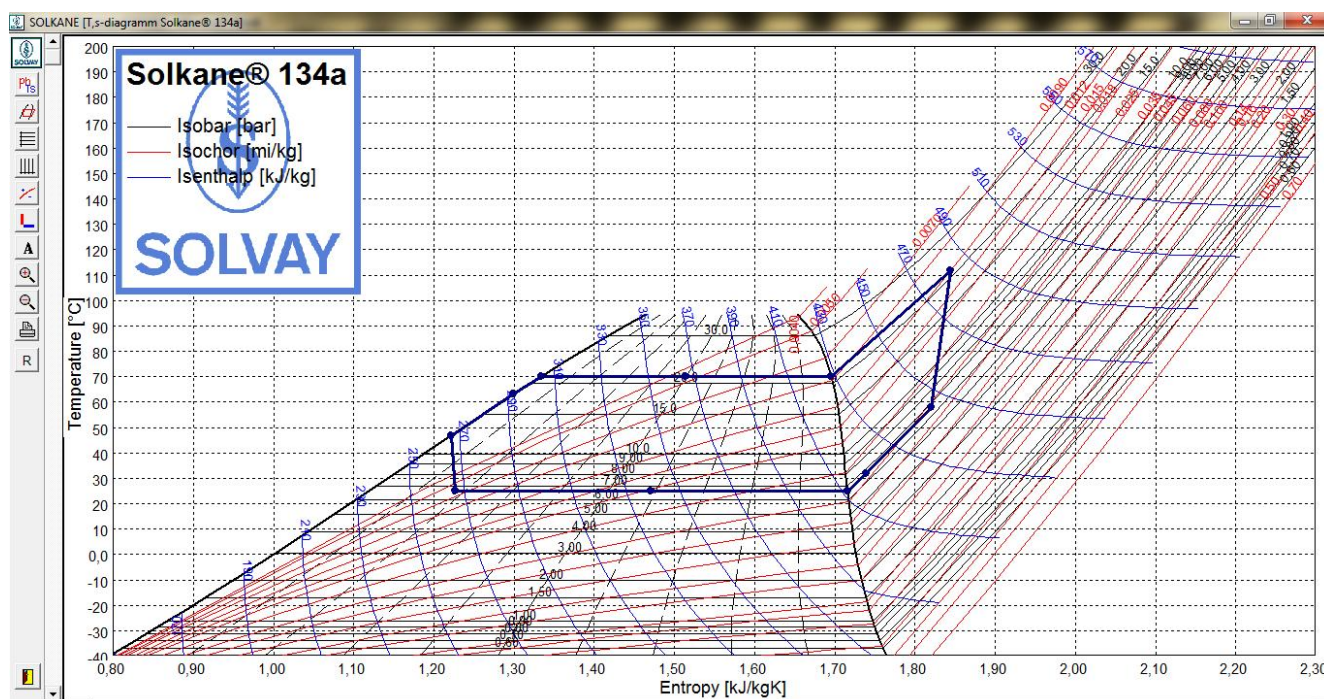


Рисунок 2.15 – Цикл ТНУ в SOLKANE на T-s діаграмі

В БДР проведено дослідження ефективності низки варіантів застосування ТНУ на теплоті від конденсаторів холодильних машин в тепловій схемі

промислово-опалювальної парової котельні проводилось методом математичного моделювання за допомогою програми SOLKANE [16], яка широко використовується з метою моделювання роботи парокомпресійних ТНУ: розрахунків циклів з різними холодоагентами та схемними рішеннями. Дослідження проводилось з урахуванням режимів роботи теплової схеми промислово-опалювальної котельні, враховувались значення високотемпературного та низькотемпературного рівнів теплоти ТНУ, які відповідають температурним рівням теплоти від конденсаторів холодильних машин та рівню споживача теплоти.

Результати моделювання на основі проведених в БДР досліджень для теплової схеми котельні з ТНУ показані на рис. 2.16 – 2.21.

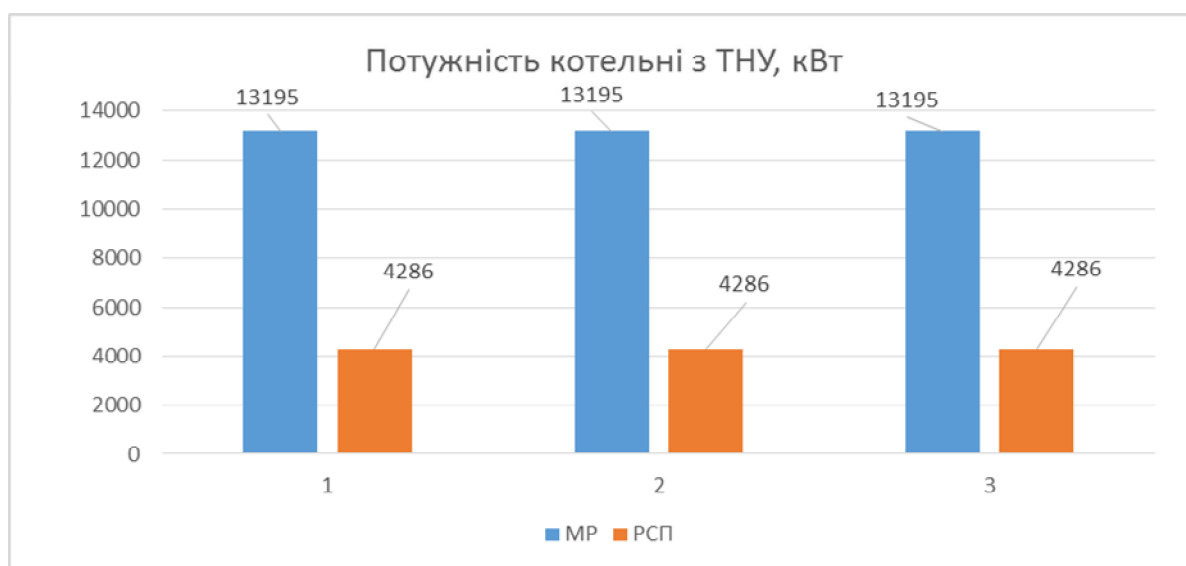


Рисунок 2.16 – Результати моделювання потужності котельні

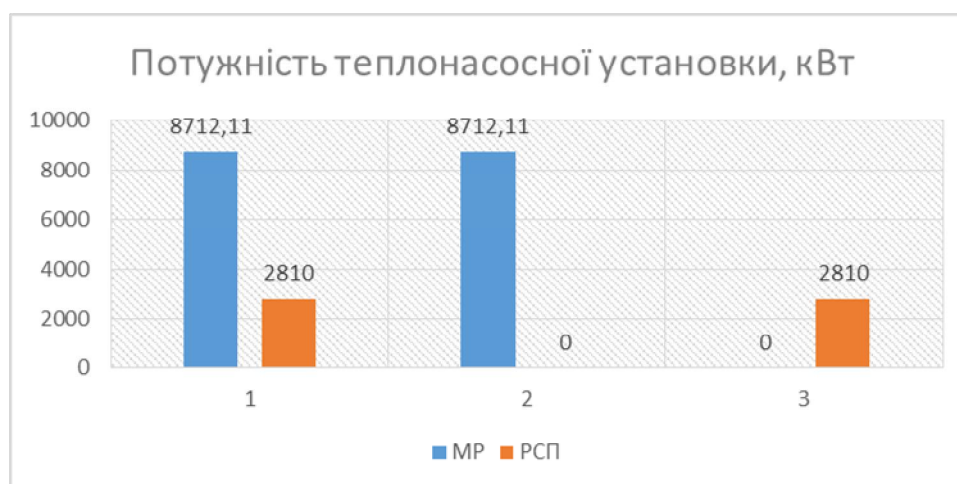


Рисунок 2.17 – Результати моделювання потужності конденсатора ТНУ

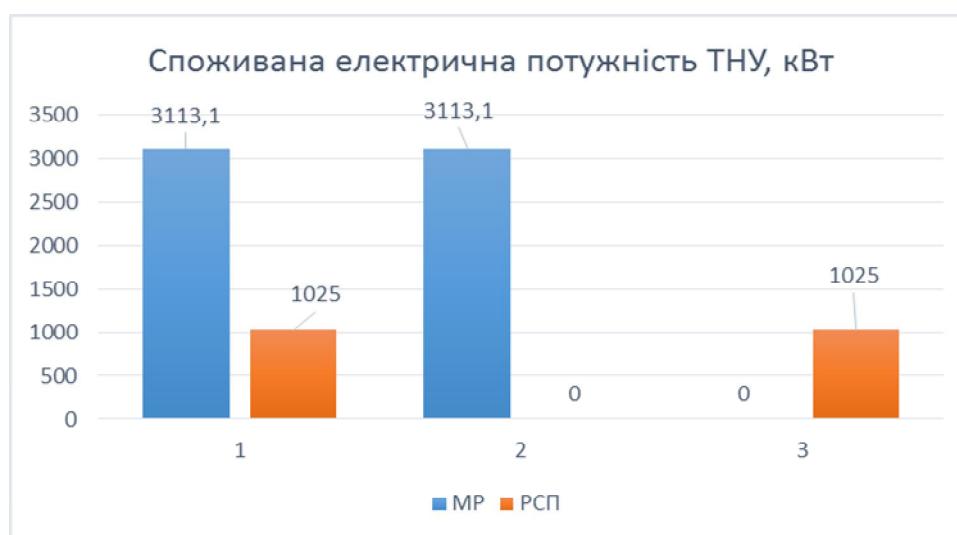


Рисунок 2.18 – Результати моделювання потужності компресора ТНУ

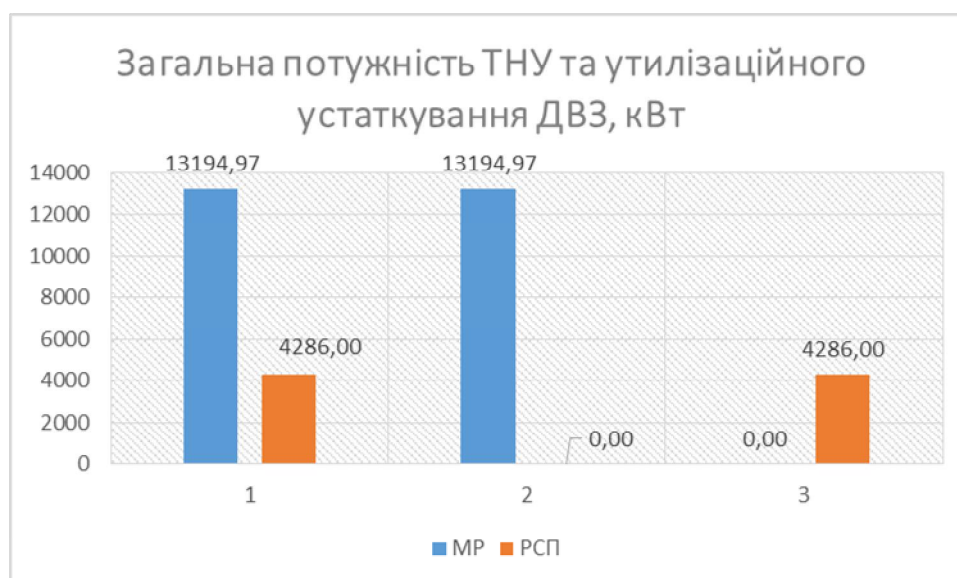


Рисунок 2.19 – Результати моделювання сумарної теплової потужності ТНУ

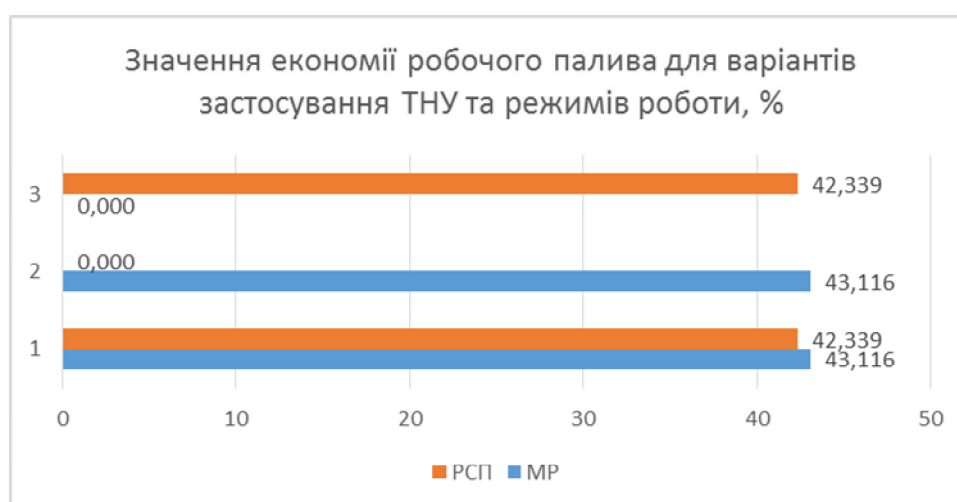


Рисунок 2.20 – Результати моделювання економії робочого палива для схем з ТНУ, %

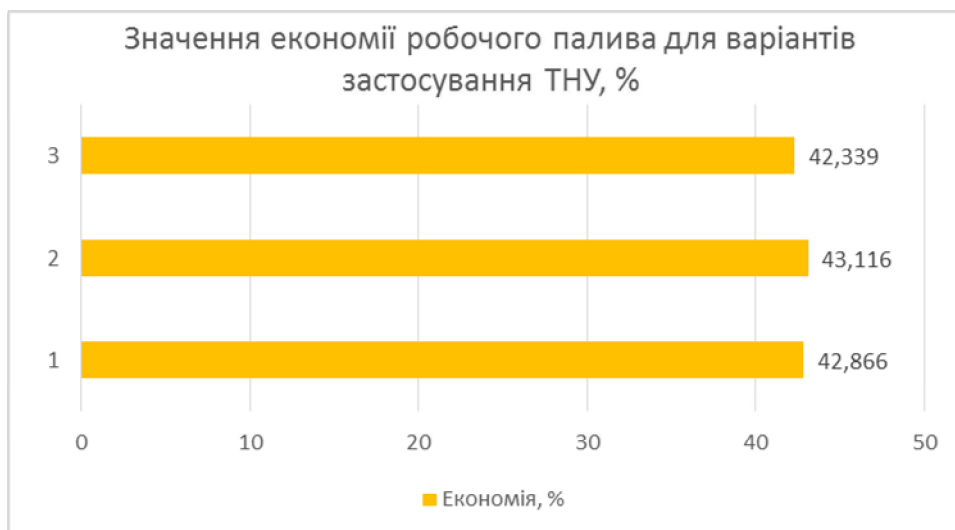


Рисунок 2.21 – Результати моделювання річної економії
робочого палива для схем з ТНУ, %

Висновки

За результатами представлених багатоваріантного аналізу проектних рішень та техніко-економічного обґрунтування ефективності обраного варіанту було встановлено, що використання теплоти конденсаторів холодильних машин в ТНУ в схемі парової промислово-опалювальної котельні забезпечить економію природного газу в обсязі 42,918%, знизить експлуатаційні витрати на 107,567 млн. грн. в рік та знизить собівартість виробленої теплоти. Капіталовкладення в нове обладнання для обраного варіанту теплової схеми котельні з ТНУ становитимуть 96,24 млн. грн., розрахунковий термін окупності капіталовкладень становитиме 0,89 року.

В бакалаврській дипломній роботі проведені дослідження ефективності низки варіантів застосування ТНУ на теплоті від конденсаторів холодильних машин в тепловій схемі промислово-опалювальної парової котельні проводилось методом математичного моделювання за допомогою програми SOLKANE, яка широко використовується з метою моделювання роботи парокомпресійних ТНУ: розрахунків циклів з різними холодоагентами та схемними рішеннями. Дослідження проводилось з урахуванням режимів роботи теплової схеми

промислово-опалювальної котельні, враховувались значення високотемпературного та низькотемпературного рівнів теплоти ТНУ, які відповідають температурним рівням теплоти від конденсаторів холодильних машин та рівню споживача теплоти.

3 РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ ПРОМИСЛОВО-ОПАЛЮВАЛЬНОЇ КОТЕЛЬНОЇ З ПАРОКОМПРЕСІЙНОЮ ТНУ

3.1 Розрахунок показників теплонасосної установки для обраного варіанту

Результати виконаних розрахунків основних показників парокомпресійної ТНУ, які проведені в програмі SOLKANE з використанням методичних основ розрахунків та проектування схем з ТНУ з [18 – 20], узагальнені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Результати розрахунку основних показників

Показник	Позначення	Одиниця вимірювання	Формула	Періоди роботи ТНУ	
				МР	РСП
Питома теплота конденсатора	q_k	кДж/кг	$q_k = h_2 - h_3$	143,33	143,33
Теплова потужність ТНУ	Q_k	кВт	Задаємося	8712,11	2810
Витрата холодоагента	G_{xa}	кг/с	$G_{xa} = \frac{Q_k}{q_k \times \eta_{то}}$	62,02	20,00
Коефіцієнт перетворення	ϕ		$j = \frac{Q_k}{N_{км}}$	4,239	4,181
Потужність компресора	$N_{км}$	кВт	$N_{км} = \frac{G_{xa} \times H_p}{\eta_{ем}}$	2055,45	672,01
Потужність випарника	Q_v	кВт	$Q_v = Q_k - N_{км}$	6656,66	2137,99
Витрата води у випарнику	G_v	кг/с	$G_v = \frac{Q_v}{C_p \times (t'_B - t''_B) \times \eta_{то}}$	108,073	34,71
Витрата води в конденсаторі	G_k	кг/с	$G_k = \frac{Q_k}{C_p \times (t_{тну} - t_{вв})}$	99,012	20,957

Результати розрахунків обраного варіанту застосування ТНУ в програмі SOLKANE показані в таблиці 3.2.

3.2 Розрахунок теплових потужностей утилізаторів

Результати розрахунку теплових потужностей утилізаторів, проведеного за методикою з джерел [18-20], показані у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Результати розрахунку теплових потужностей утилізаторів

Показник	Позначення	Одиниця вимірювання	Формула	МР	РСР
Електрична потужність двигуна	$N_{\text{двз}}$	МВт	З розрахунку ТНУ	2,055	0,672
Витрата природного газу	$B_p^{\text{д}}$	м ³ /с	$B_p^{\text{д}} = \frac{B_y^{\text{д}} \times Q_{\text{ну}}^{\text{р}}}{Q_{\text{н}}^{\text{р}}}$	0,052	0,067
Масова витрата відхідних газів після двигуна	$G_{\text{вг}}$	кг/с	$G_{\text{вг}} = B_p^{\text{д}} \times M_{\text{сум}}$	1,263	1,636
Потужність утилізатора теплоти відхідних газів	$Q_{\text{ут}}$	МВт	$Q_{\text{ут}} = G_{\text{вг}} \times C_{p_{\text{г}}} \times (t_{\text{д}} - t_{\text{ут}}) \times \eta_{\text{то}}$	0,467	0,605
Потужність системи охолодження двигуна	$Q_{\text{ох}}$	МВт	$Q_{\text{ох}} = 0,2 \times B_p^{\text{д}} \times Q_{\text{н}}^{\text{р}} \times \eta_{\text{то}}$	0,347	0,449
Потужність теплоутилізаційного устаткування	$\Sigma Q_{\text{ут}}$	МВт	$\Sigma Q_{\text{ут}} = Q_{\text{ут}} + Q_{\text{ох}}$	0,814	1,054
Витрата води в утилізаторі	$G_{\text{ут}}$	кг/с	$G_{\text{ут}} = \frac{Q_{\text{ут}}}{C_p \times (t_2 - t_1)}$	4,95	6,42

Результати розрахунку теплових потужностей утилізаторів, проведеного за методикою з джерел [18-20], показані у таблиці 3.2.

3.3 Вибір теплонасосного обладнання. Розробка технології монтажу

Для запропонованого варіанту застосування ТНУ на теплоті від конденсаторів холодильних машин в модернізованій тепловій схемі котельні було підібрано нове обладнання на основі [21-24].

В тепловій схемі парової промислово-опалювальної котельні передбачається встановлення теплового насосу виробництва компанії GEA з теплопродуктивністю 3000 кВт, який працюватиме в двох запроєктованих режимах. Привід компресора ТНУ буде забезпечено від двигуна–генератора 11ГД100М з потужністю електрогенератора 1000 кВт.

Розроблено технологію монтажу пластинчастого теплообмінника на основі джерел [25 - 34], результати розрахунків представлено в Додатку В.

Висновки

Для запропонованого варіанту застосування ТНУ на теплоті від конденсаторів холодильних машин в модернізованій тепловій схемі котельні було підібрано нове обладнання

Розроблено технологію монтажу пластинчастого теплообмінника на основі джерел.

4 ОЦІНКА ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ КОТЕЛЬНОЇ

4.1 Оцінка енергетичної ефективності роботи теплової схеми котельні

Результати оцінки ефективності роботи теплової схеми котельні за обраним варіантом застосування парокомпресійної ТНУ (за методикою з [18-20]), показані в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Оцінка енергетичної ефективності теплової схеми котельні

Показник	Позначення	Одиниця вимірювання	Формула	МР	РСР
1	2	3	4	5	6
Витрата робочого палива на котел	V_{pk}	м ³ /с	$V_{pk} = Q_k / (Q_H^p \times \eta_k)$	0,4218	0,137
Загальна потужність ТНУ та утилізаторів ДВЗ	ΣQ	кВт	За попередніми розрахунками	13195	4286
Витрата робочого палива на ДВЗ	$V_{двз}$	м ³ /с	За попередніми Розрахунками	0,2399	0,079
Загальна витрата палива на котельню	V_3	м ³ /с	$V_3 = V_k + V_{двз}$	0,2399	0,079
Економія палива за рахунок модернізації	ΔB	%	$\Delta B = \frac{B_{існ} - B_3}{B_{існ}} \times 100\%$	43,116	42,339

Результати оцінки ефективності роботи теплової схеми котельні за обраним варіантом застосування парокомпресійної ТНУ (за методикою з [18-20]), показані в табл. 4.1.

4.2 Аналіз показників економічної ефективності роботи теплової схеми парової котельні з ТНУ

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

Таблиця 4.2 – Показники економічної ефективності роботи теплової схеми парової котельні з ТНУ

Показник	Позначення	Одиниця вимірювання	Формула	Значення
Інші витрати до модернізації	$C_{інші}$	грн/рік	$C_{інші} = 0,06 \times (C_{п} + C_{ел} + C_{в} + C_{з.п.})$	15979685
Інші витрати після модернізації	$C_{інші}^M$	грн/рік	$C_{інші}^M = 0,06 \cdot (C_{п}^M + C_{ел}^M + C_{в}^M + C_{ам} + C_{з.п.} + C_{пр})$	9890979
Експлуатаційні витрати до модернізації	C_e	грн/рік	$C_e = C_{п} + C_{ел} + C_{в} + C_{з.п.} + C_{інші}$	282307776
Експлуатаційні витрати після модернізації	C_e^M	грн/рік	$C_e^M = C_{п}^M + C_{ел}^M + C_{в}^M + C_{ам} + C_{з.п.} + C_{пр} + C_{інші}^M$	174740640
Зменшення експлуатаційних витрат	ΔC_e	грн/рік	$\Delta C_e = C_e - C_e^M$	107567136
Собівартість відпущеної теплоти	$CB_{негод}$	грн/ГДж	$CB_{негод} = C_e / Q_{річ}$	1036,74
Собівартість відпущеної теплоти після модернізації	$CB_{год.}$	грн/ГДж	$CB_{год.} = C_e^M / Q_{річ}$	641,71
Економічна ефективність	$E_{ф}$	млн. грн/рік	$E_{ф} = (CB_{негод} - CB_{год.}) \times Q_{річ.}$	107567136
Термін окупності	T	рік	$T = K_{н.о.} / E_{ф}$	0,89

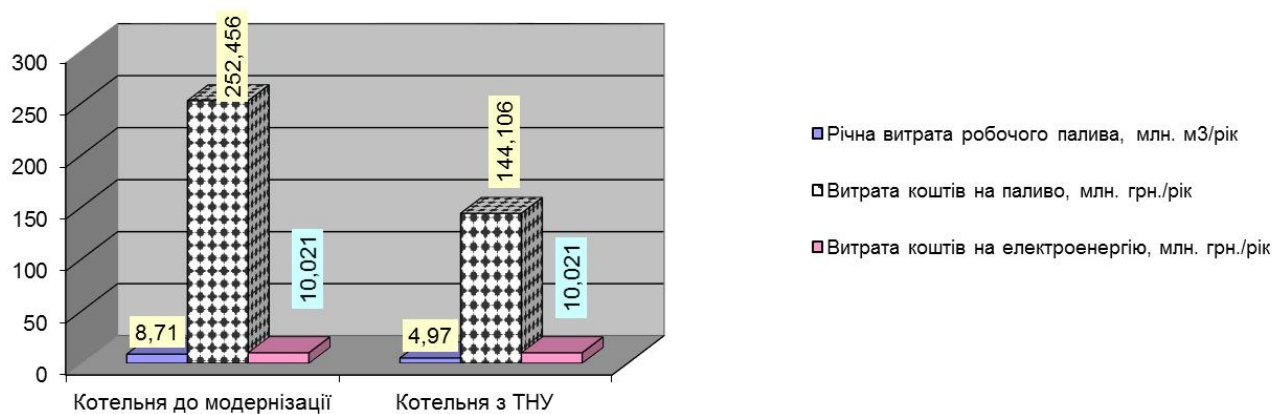


Рисунок 4.1 – Визначені техніко-економічні показники

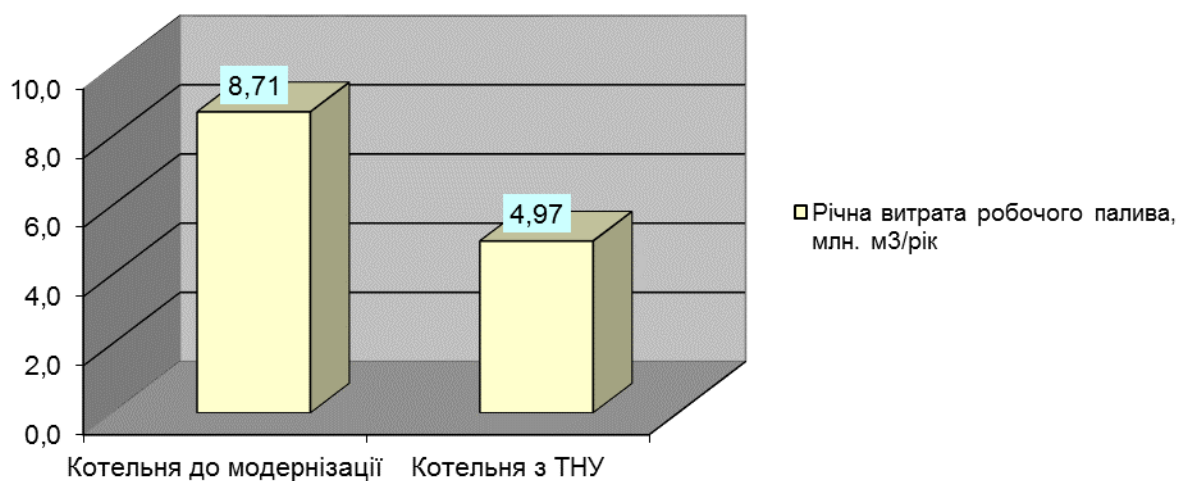


Рисунок 4.2 – Визначені техніко-економічні показники

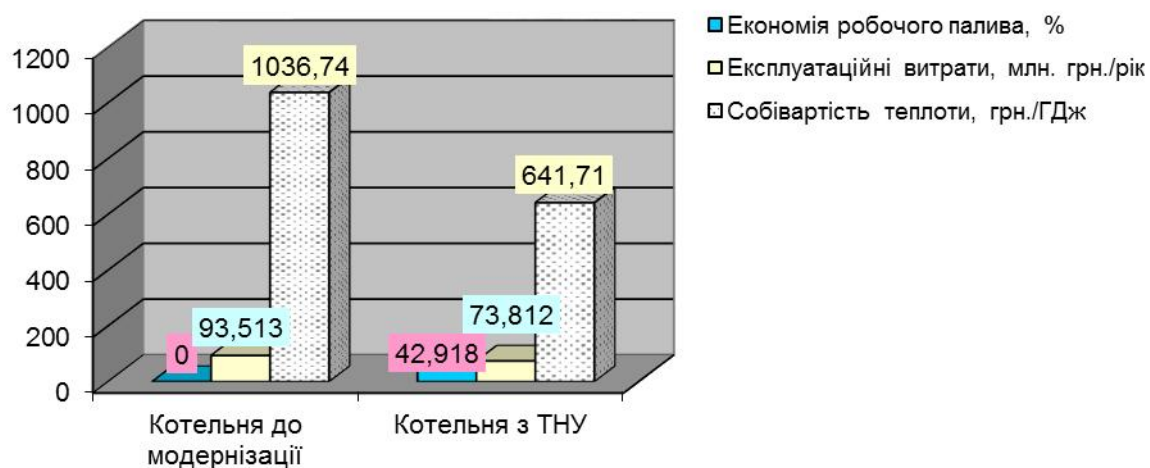


Рисунок 4.3 – Визначені техніко-економічні показники

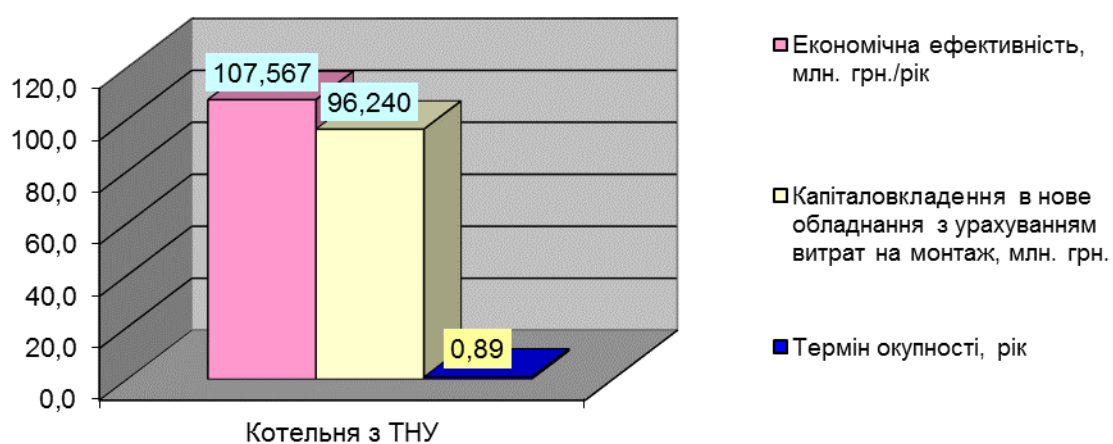


Рисунок 4.4 – Визначені техніко-економічні показники

Висновки

За результатами виконаного економічного аналізу було встановлено, що використання теплоти конденсаторів холодильних машин в ТНУ в схемі парової промислово-опалювальної котельні забезпечить економію природного газу в обсязі 42,918%, знизить експлуатаційні витрати на 107,567 млн. грн. в рік та знизить собівартість виробленої теплоти. Капіталовкладення в нове обладнання для обраного варіанту теплової схеми котельні з ТНУ становитимуть 96,24 млн. грн., розрахунковий термін окупності капіталовкладень становитиме 0,89 року.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

У цьому розділі розглянуто питання охорони праці, що стосуються убезпечення працівників під час монтажу та обслуговування електрообладнання теплонасосної установки у паровій котельні. На оперативно-ремонтний персонал, що здійснює монтаж та обслуговування електрообладнання теплонасосної установки, впливають фізичні, хімічні та трудового процесу небезпечні та шкідливі виробничі фактори [38, 39].

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); іонізація повітря.

Хімічні фактори: речовини хімічного походження, аерозолі фіброгенної дії (пил).

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

Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта.

Технічні рішення з безпечної організації робочих місць.

Живлення силового обладнання та системи освітлення здійснюється від п/ст 10/0,4 кВ кабельними лініями, що прокладені в траншеях. Для живлення використовується трифазна чотирьохпровідна мережа із заземленою нейтраллю напругою 380/220 В. Відповідно з ГОСТ ПБЕ [40, 41, 42] умови праці за ступенем

небезпеки ураження працівників електричним струмом є умовами з підвищеною небезпекою, тому що підлога у приміщеннях, що будуються, є струмопровідною.

Виводи обмоток, кабельні воронки та всі обертові частини електродвигунів (контактні кільця, шків, муфти, вентилятори) слід огорожувати. Забороняється знімати ці огороження під час роботи електродвигуна.

Вмикати та вимикати електродвигуни пусковою апаратурою з приводами ручного керування необхідно в діелектричних рукавичках.

У разі виконання роботи на електродвигуні або механізмі, який приводиться ним у рух, що пов'язана з дотиком до струмовідних або обертових частин, з електродвигуна слід зняти напругу, а кабель, що живить його, слід заземлити. Роботи, що не пов'язані з дотиком до струмовідних або обертових частин електродвигуна чи механізму, який приводиться ним у рух, можуть проводитись на працюючому електродвигуні за розпорядженням або в порядку поточної експлуатації.

У разі виконання роботи на електродвигуні заземлення можна встановлювати на будь-якій ділянці кабельної лінії, що з'єднує електродвигун з РУ (збіркою). У разі виконання робіт на механізмі, не пов'язаних з дотиком до частин, що обертаються, та у разі роз'єднання з'єднувальної муфти заземлювати кабельну лінію не вимагається.

У разі від'єднання кабелю від електродвигуна необхідно на жили кабелю з боку електродвигуна встановити переносне заземлення. У тому разі, коли переріз жил кабелю не дозволяє застосовувати переносні заземлення, допускається в електродвигунах напругою до 1000 В заземлювати кабельну лінію мідним провідником перерізом, не меншим за переріз жили кабелю, або з'єднувати між собою жили кабелю та ізолювати їх. Таке заземлення та з'єднання жил кабелю слід враховувати в оперативній документації нарівні з переносним заземленням.

Перед допуском працівників до роботи на електродвигунах насосів, димососів та вентиляторів, якщо можливе обертання електродвигунів від

з'єднаних з ними механізмів, слід закрити і зачинити на замок засувки та шибери останніх, а також вжити заходів щодо гальмування роторів електродвигунів.

На однотипних або близьких за габаритом електродвигунах, встановлених поряд з тим, на якому проводиться робота, слід вивішувати плакати "Стій! Напруга" незалежно від того, перебувають вони в роботі чи в резерві.

Випробування електродвигуна спільно з виконавчим механізмом слід проводити з дозволу начальника зміни технологічного цеху, в якому вони встановлені. Про видавання дозволу слід робити запис в оперативному журналі технологічного цеху, а про отримання цього дозволу - в оперативному журналі цеху (дільниці), що проводить випробування.

Ремонт та налагодження схеми керування електродвигуном, не з'єднаним з виконавчим механізмом, можна проводити за розпорядженням. Випробування схеми керування виконується за дозволом працівника, який видав розпорядження. Запис про це слід зробити тоді, коли реєструється розпорядження.

Електробезпека.

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

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

В процесі роботи із застосуванням електрозахисних засобів (ізолювальні штанги та кліщі, електровимірювальні кліщі, покажчики напруги) допускається

наближення працівника до струмопровідних частин на відстань, яка визначається довжиною ізолювальної частини цих засобів. Без застосування електрозахисних засобів забороняється торкатися ізоляторів електроустановки, що перебуває під напругою.

В електроустановках забороняється працювати у зігнутому стані, якщо в разі випрямлення відстань до струмопровідних частин буде меншою від допустимих. В процесі виконання робіт біля необгороджених струмопровідних частин забороняється розташовуватися таким чином, щоб ці частини знаходилися позаду чи з двох боків.

Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії.

Мікроклімат.

Основними нормативними документами, що регламентують параметри мікроклімату виробничих приміщень, є ДСН 3.3.6.042-99 [43]. Мікроклімат цеху характеризується наступними чинниками: температурою повітря, відносною вологістю повітря, швидкістю руху повітря, інтенсивністю теплового випромінювання. Допустимі норми температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень наведені в таблиці 5.1. Робота з монтажу системи опалення та її обладнання відноситься до категорії Пб по важкості праці.

Таблиця 5.1 – Допустимі норми параметрів повітря на непостійних робочих місцях

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

Склад повітря робочої зони.

Забруднення повітря робочої зони регламентується гранично допустимими концентраціями (ГДК) в мг/м^3 [43].

Під час монтажу системи опалення виділяється пил нетоксичний. При роботі системи вентиляції, провітрюванні у приміщенні може попадати пил та інші шкідливі речовини, які виділяються при технологічних процесах в цеху і знаходяться повітрі навколишнього середовища. Їх ГДК відповідно до [43] наведено в таблиці 5.2.

Для забезпечення допустимих показників мікроклімату та складу повітря робочої зони відповідно до ДБН проектом передбачені наступні рішення [44]: застосування пиловідсмоктуючих агрегатів з рукавними фільтрами, які встановленні безпосередньо на ділянках біля обладнання із яких очищене повітря поступає у виробниче приміщення; необхідно здійснювати контроль за ГДК шкідливих речовин у приміщенні; застосовувати природну вентиляцію: організовану та неорганізовану.

Таблиця 5.2 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин для повітря атмосфери в робочій зоні монтажника

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

Виробниче освітлення

Приміщення забезпечене природним освітленням в денний проміжок часу, але вечері постає проблема в штучному освітленні [45].

Характеристика зорових робіт – середньої точності. Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 [46] розряд зорової роботи IV, підрозряд «г». Нормовані значення освітленості наведені в таблиці 5. 3.

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

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

Таблиця 5.3 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

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

Виробничий шум

Під час монтажу системи опалення на будівництві джерелом шуму є будівельне обладнання, машини, механізми та переносний електроінструмент – механічний шум.

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

Допустимі рівні звукового тиску, рівні звуку і еквівалентні рівні звуку на робочих місцях приймаються за вимогами ДСН 32.23-85 [47] і наведені в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Допустимі рівні звукового тиску

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

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.

Виробничі вібрації

Вібрацією називають механічні коливання пружних тіл або систем, коли відбувається переміщення центра їх ваги в просторі відносно статичного стану. Загальна вібрація передається на тіло через опорні поверхні людини, що стоїть чи сидить (підшви ніг або сидниці). Допустимі рівні загальної вібрації на робочих місцях приймаються за вимогами ДСН 32.23-85 [48] і 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 5.5 – Допустимі рівні вібрації на постійних місцях

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

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

Пожежна безпека

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

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, приміщення будівель, що підлягають реконструкції, за вибухонебезпекою та пожежонебезпекою відноситься до категорії Г (помірнопожежонебезпечна) – горючі речовини і/або матеріали утилізуються у вигляді палива; з зонами П-III (місця, де зберігаються тверді горючі речовини).

Будівлі котельні характеризується III та IIIa ступенями вогнестійкості.

До III ступеня вогнестійкості відносяться будинки з несучими та огорожувальними конструкціями з природних або штучних кам'яних матеріалів,

бетону, залізобетону. Для перекриттів дозволяється застосовувати дерев'яні конструкції, захищені штукатуркою або негорючими листовими, плитними матеріалами, або матеріалами груп горючості Г1 (низької горючості), Г2 (помірної горючості). До елементів покриттів не висуваються вимоги щодо межі вогнестійкості, поширення вогню, при цьому елементи горищного покриття з деревини повинні мати вогнезахисну обробку; а до IIIа ступеня вогнестійкості відносяться будинки переважно з каркасною конструктивною схемою. Елементи каркаса – з металевих незахищених конструкцій. Огороджувальні конструкції – з металевих профільованих листів або інших негорючих листових матеріалів з негорючим утеплювачем або утеплювачем груп горючості Г1 (низької горючості), Г2 (помірної горючості).

Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвиликах) та максимальні межі поширення вогню по них (см) за ДБН В.1.1.7-2016 [52] наведено в таблиці 5.6.

Межі вогнестійкості самонесучих стін, які враховуються в розрахунках жорсткості та стійкості будинку, приймають, як для несучих стін. Будівельні конструкції класифікують за вогнестійкістю та здатністю поширювати вогонь. Показником вогнестійкості є межа вогнестійкості конструкції, що визначається часом (у хвиликах) від початку вогневого випробування за стандартним температурним режимом до настання одного з граничних станів конструкції: втрати несучої спроможності (R); втрати цілісності (E); втрати тепло та ізолювальної спроможності (I).

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

Ступінь вогнестійкості будинків	Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвилинах) і максимальні межі поширення вогню по них (см)								
	стіни				коло-ни	сходові площадки, костури, сходи, балки, марші сходових кліток	пере-криття між поверхові (у т.ч. горищні та над підвалами)	елементи суміщених покриттів	
	несучі та сходових кліток	само-несучі	зовнішні не-несучі	внутрішні не-несучі (перегородки)				плити, насти-ли, прого-ни	балки, ферми, арки, рами
III	REI 120 M0	REI 60 M0	E 15 M0, E 30, M1	E1 15 M1	R 120 M0	R 60 M0	REI 45 M1	Не нормується	
IIIa	REI 60 M0	REI 30 M0	E 15 M1	E1 15 M1	R 15 M0	R 60 M0	REI 15 M0	RE 15 M1	R 15 M0

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

Таблиця 5.7 – Протипожежні перешкоди та мінімальні межі їх вогнестійкості

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

Протипожежні відстані між житловими, громадськими, адміністративно-побутовими будинками промислових підприємств, гаражами слід приймати за таблицею 5.8 (чисельник). В умовах забудови, що склалася, протипожежні відстані між житловими будинками та від житлових будинків до будівель і споруд

іншого призначення слід визначати згідно з протипожежними вимогами даних норм, наведеними у таблиці 5.8. Протипожежні відстані від житлових, громадських, адміністративно-побутових будинків промислових підприємств, гаражів до виробничих, складських будинків і споруд слід приймати за таблицею 5.8 (знаменник) [52].

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

Ступінь вогнестійкості будинку	Відстані при ступені вогнестійкості будинків, м		
	I, II	III	IIIa, IIIб, IV, IVa, V
III	8/9	8/12	10/15
IIIa	10/12	10/15	15/18

Будівлі котельні повинні мати не менше двох переносних (порошкових, водопінних або водяних) вогнегасників з масою заряду вогнегасної речовини 5 кг і більше, зокрема ВП-5 (ВВП-5), а в разі площі поверху більше 100 м² кількість вогнегасників приймаються з розрахунку 1 кг вогнегасної речовини на кожні 10 м² площі підлоги [53].

ВИСНОВКИ

В бакалаврській дипломній роботі запропоновано заходи з енерго- та ресурсозбереження в тепловій схемі промислово-опалювальної парової котельні, забезпечено покращення техніко-економічних показників роботи теплової схеми промислово-опалювальної парової котельні з встановленням парокомпресійної ТНУ з використанням теплоти конденсаторів холодильних машин підприємства. Шляхом встановлення в котельні парокомпресійної ТНУ на теплоті конденсаторів холодильних машин буде забезпечене зниження енерго- та ресурсоемності вироблення в котельні теплової енергії.

За результатами багатоваріантного аналізу варіантів проектних рішень з модернізації теплової схеми промислово-опалювальної котельні з ТНУ було обрано варіант використання ТНУ на теплоті від конденсаторів холодильних машин з приводом від газового двигуна на природному газі при роботі в РСРП – режимі.

За результатами представлених багатоваріантного аналізу проектних рішень та техніко-економічного обґрунтування ефективності обраного варіанту було встановлено, що використання теплоти конденсаторів холодильних машин в ТНУ в схемі парової промислово-опалювальної котельні забезпечить економію природного газу в обсязі 42,918%, знизить експлуатаційні витрати на 107,567 млн. грн. в рік та знизить собівартість виробленої теплоти. Капіталовкладення в нове обладнання для обраного варіанту теплової схеми котельні з ТНУ становитимуть 96,24 млн. грн., розрахунковий термін окупності капіталовкладень становитиме 0,89 року.

В бакалаврській дипломній роботі проведені дослідження ефективності низки варіантів застосування ТНУ на теплоті від конденсаторів холодильних машин в тепловій схемі промислово-опалювальної парової котельні проводилось методом математичного моделювання за допомогою програми SOLKANE, яка широко використовується з метою моделювання роботи парокомпресійних ТНУ:

розрахунків циклів з різними холодоагентами та схемними рішеннями. Дослідження проводилось з урахуванням режимів роботи теплової схеми промислово-опалювальної котельні, враховувались значення високотемпературного та низькотемпературного рівнів теплоти ТНУ, які відповідають температурним рівням теплоти від конденсаторів холодильних машин та рівню споживача теплоти.

В тепловій схемі парової промислово-опалювальної котельні передбачається встановлення теплового насосу виробництва компанії GEA з теплопродуктивністю 3000 кВт, який працюватиме в двох запроєктованих режимах. Привід компресора ТНУ буде забезпечено від двигуна-генератора 11ГД100М з потужністю електрогенератора 1000 кВт.

Розроблено технологію монтажу пластинчастого теплообмінника на основі джерел.

За результатами виконаного економічного аналізу було встановлено, що використання теплоти конденсаторів холодильних машин в ТНУ в схемі парової промислово-опалювальної котельні забезпечить економію природного газу в обсязі 42,918%, знизить експлуатаційні витрати на 107,567 млн. грн. в рік та знизить собівартість виробленої теплоти. Капіталовкладення в нове обладнання для обраного варіанту теплової схеми котельні з ТНУ становитимуть 96,24 млн. грн., розрахунковий термін окупності капіталовкладень становитиме 0,89 року.

Проаналізовано заходи з охорони праці.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Теплові насоси. Енергія з «відпрацьованого тепла». URL: <https://www.friotherm.com/applications/district-heating-heat-pumps/> (Дата звертання 03.06.24).
2. Тепловий насос Unitop – дуже міцний і ефективний. URL: <https://www.friotherm.com/products/unitop/> (Дата звертання 03.06.24).
3. Unitop 22. Теплові насоси та чиллери. URL: <https://www.friotherm.com/products/unitop/unitop-22/> (Дата звертання 03.06.24).
4. Heat Roadmap Europe: Potentials for Large-Scale Heat Pumps in District Heating. URL: <https://heatpumpingtechnologies.org/annex47/wp-content/uploads/sites/54/2019/07/heat-roadmap-europe.pdf> (Дата звертання 03.06.24).
5. IEA Heat Pumping Technologies Annex 47 Heat Pumps in District Heating and Cooling Systems Task 2: Demonstration projects. URL: <https://heatpumpingtechnologies.org/annex47/wp-content/uploads/sites/54/2019/07/task-2-summary-report.pdf> (Дата звертання 03.06.24).
6. IEA Heat Pumping Technologies Annex 47 Heat Pumps in District Heating and Cooling Systems Task 3: Review of concepts and solutions of heat pump integration URL: <https://heatpumpingtechnologies.org/annex47/wp-content/uploads/sites/54/2019/03/task3-report.pdf> (Дата звертання 03.06.24).
7. Теплові насоси в централізованих системах опалення та охолодження. URL: <https://heatpumpingtechnologies.org/heat-pumps-in-district-heating-and-cooling-systems/> (Дата звертання 03.06.24).
8. Досягнення цілей ЄС щодо теплових насосів зменшить рахунки за опалення на 20% – звіт. URL: https://www.ehpa.org/2023/04/26/ehpa_news/meeting-eu-heat-pump-goals-will-slash-20-off-heating-bills-report/ (Дата звертання 03.06.24).
9. Ткаченко С. Й., Чепурний М. М., Степанов Д. В. Розрахунки теплових схем і основи проектування джерел теплопостачання : навч. посіб. Вінниця: ВНТУ, 2005. 137 с.

10. Остапенко О. П. Високоєфективні системи енергозабезпечення з когенераційно-теплонасосними установками: енергетичний, економічний та екологічний аспекти ефективності. Енергоефективність та енергозбереження: економічний, технічний та агроекологічний аспекти: колект. моногр. Полтава: ПП Астроя, 2019. С. 526 – 530.

11. Остапенко О. П. Методичні основи з оцінювання енергоекономічної ефективності систем енергозабезпечення з когенераційно-теплонасосними установками та піковими джерелами теплоти. Наукові праці ОНАХТ. 2017. Т. 81. Вип. 1. С. 136 – 141.

12. Остапенко О. П. Методичні основи з комплексного оцінювання енерго-еколого-економічної ефективності систем енергозабезпечення з когенераційно-теплонасосними установками та піковими джерелами теплоти . Наукові праці ВНТУ. 2017. № 3. URL: <https://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/515/507> (Дата звертання 03.06.24).

13. European Environment Agency. URL: <https://www.eea.europa.eu/> (Дата звертання 03.06.24).

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

15. Ostapenko Olga. Analysis of energy, ecological and economic efficiency of steam compressor heat pump installations, as compared with alternative sources of heat supply, with accounting the concept of sustainable development // Sustainable Development Under the Conditions of European Integration: Collective monograph / [editorial board Darko Bele, Lidija Weis, Nevenka Maher]. Part II. – Ljubljana: VŠPV, Visoka šola za poslovne vede = Ljubljana School of Business, 2019, 458 p. P. 312 – 329.

16. SOLKANE Refrigerants 8.0. URL: <https://solkane-refrigerants.software.informer.com/8.0/> (Дата звертання 03.06.24)..
17. Технические решения по использованию утилизаторов в котельных. URL: <http://www.norm-load.ru/SNiP/Data1/41/41822/index.htm>. (Дата звертання 03.06.24).
18. Ткаченко С. Й., Остапенко О. П. Парокомпресійні теплонасосні установки в системах теплопостачання: монографія. Вінниця : УНІВЕРСУМ – Вінниця. 2009. 176 с.
19. Остапенко О. П. Холодильна техніка та холодильна технологія. Теплові насоси : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2015. 123 с.
20. Остапенко О. П., Бакум О. В., Ющишина А. В. Энергетичний, 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. URL: <https://www.geoteplo.com.ua/ua/katalog/catalogochsnere/heating/119industrie.html> (Дата звертання 03.06.24).
23. Промислові теплові насоси GEA. URL: <https://www.gea.com/en/products/heat-pumps/> (Дата звертання 03.06.24)
24. GLONG Product Catalogue. 80 Min / 700 MB. Fujian Glong Electric Group Co. Ltd. China, 2019. 1 електрон. опт. диск (CDROM); 12 см. Назва з контейнера.
25. Теплоенергетичне обладнання ОПЕКС. URL: <https://opeks.energy.ua/plastinchastij-teploobminnik-thermaks-rta-gx-26/> (Дата звертання 03.06.24).
26. ДБН Д.2.4-15-2000 Збірник 20. Внутрішні сантехнічні роботи. Київ: Держстандарт України, 1999. 107 с.

27. ДБН Д.2.3-12-99. Збірник 12. Технологічні трубопроводи. Київ: Держстандарт України, 2000. 46 с.

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

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

30. Каталог кранів на спец 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).

Додатки

Додаток А

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Теплонасосна установка в тепловій схемі парової котельні
 Тип роботи: бакалаврська дипломна робота
 (БДР, МКР)

Підрозділ кафедра теплоенергетики, ФБЦЕІ
 (кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Unicheck

Оригінальність 86,3 Схожість 13,7

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

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

Особа, відповідальна за перевірку

(підпис)

Співак О.Ю.

(прізвище, ініціали)

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

Автор роботи

(підпис)

Кулаковський Є.Г.

(прізвище, ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Остапенко О.П.

(прізвище, ініціали)

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

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

Додаток Б
(обов'язковий)

УЗГОДЖЕНО

Степанов

_____ 2024 р.

ЗАТВЕРДЖЕНО
Завідувач кафедри ТЕ
Д. В.

_____ 2024 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ
до бакалаврської дипломної роботи
ТЕПЛОНАСОСНА УСТАНОВКА В ТЕПЛОВІЙ СХЕМІ ПАРОВОЇ КОТЕЛЬНОЇ
за спеціальністю
144 – теплоенергетика
08-15.БДР.014.00.00.000 ТЗ

Керівник бакалаврської роботи

_____ к.т.н., доц. Остапенко О. П.

“22” березня 2024 р.

Розробив студент гр. ТЕ-22мс

_____ Кулаковський Є. Г.

“22” березня 2024 р.

Вінниця ВНТУ 2024

1 Найменування і область використання продукції

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

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

2 Основа для виконання робіт

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

3 Мета та призначення розробки

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

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

4 Джерела розробки

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

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

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

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

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

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

4.6. Ostapenko O. P. Estimation of energy-ecological-economic efficiency of energy supply systems with cogeneration heat pump installations in Ukraine, in the concepts of green logistics and sustainable development. Institutional Development Mechanism Of The Financial System Of The National Economy: collective monograph. Batumi: Publishing House “Kalmosani”, 2020, 232 p. P. 52 – 66. ISBN 978-9941-9691-0-2.

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

5 Технічні вимоги

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

Забезпечення потужностей споживачів: споживання пари споживачами складає: цех 1 – 8т/год; цех 2 – 2,5 т/год; цех 3 та 4 по 1,5 т/год; гаряче водопостачання – 0,2 т/год; власні потреби котельні – 0,3 т/год. Частка повернення конденсату на котельню 92%. Паливо – природний газ, теплота згорання палива – 34,03 МДж/м³.

Забезпечення власних потреб в тепловій енергії.

6 Економічні показники

Створення об'єкту повинно вестись з малими витратами праці та з мінімальними затратами виробництва. Проаналізувати декілька варіантів застосування теплонасосної установки і вибрати оптимальний, на підставі

техніко–економічних розрахунків, здійснити економічне обґрунтування доцільності застосування теплонасосної установки, за оптимальним варіантом, визначивши річні витрати палива, визначити економію палива. Проаналізувати техніко-економічні показники роботи теплонасосної установки в тепловій схемі котельні та визначити термін окупності капіталовкладень на будівництво установки.

7 Стадії та етапи розробки

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва та зміст етапу	Термін виконання		Примітка
		початок	закінчення	
1	Аналітичний літературний огляд. Теплові насоси для рекуперації енергії. Енергія з «відпрацьованого тепла»	28.03.24	02.04.24	
2	Багатоваріантний аналіз та техніко-економічне обґрунтування	30.03.24	07.04.24	
3	Результати розрахунку теплової схеми промислово-опалювальної котельні з парокомпресійною ТНУ	06.04.24	20.05.24	
4	Оцінка енергетичної ефективності теплової схеми котельні	13.04.24	29.05.24	
5	Охорона праці	27.05.24	09.06.24	
6	Перевірка на плагіат	12.06.24	13.06.24	
7	Оформлення БДР, підготовка презентації	27.05.24	04.06.24	
8	Попередній захист	04.06.24	04.06.24	
9	Нормативний контроль	12.06.24	12.06.24	
10	Рецензування	13.06.24	13.06.24	
11	Подача БДР в електронний архів університету та на випускову кафедру	14.06.24	14.06.24	
12	Захист БДР	15.06.24	15.06.24	

Дата видачі завдання «22» березня 2024 р.

Крайні терміни виконання «04» червня 2024 р.

8 Порядок контролю та прийняття

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

9 Корегування технічного завдання допускається з дозволу керівника БДР.

ДОДАТОК В

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

В БДР розробляється технологія монтажу пластинчастого теплообмінника THERMAKS PTA(GX)-42 з площею теплообміну $F = 200 \text{ м}^2$, який працює в контурі випарника теплового насоса, теплової схеми котельні заводу.

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.

Передбачено встановлення одного теплообмінника з розрахунковою потужністю 1411 кВт в контур випарника теплового насоса марки GEA-3000 з розрахунковою теплопродуктивністю 1800...2800 кВт.

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

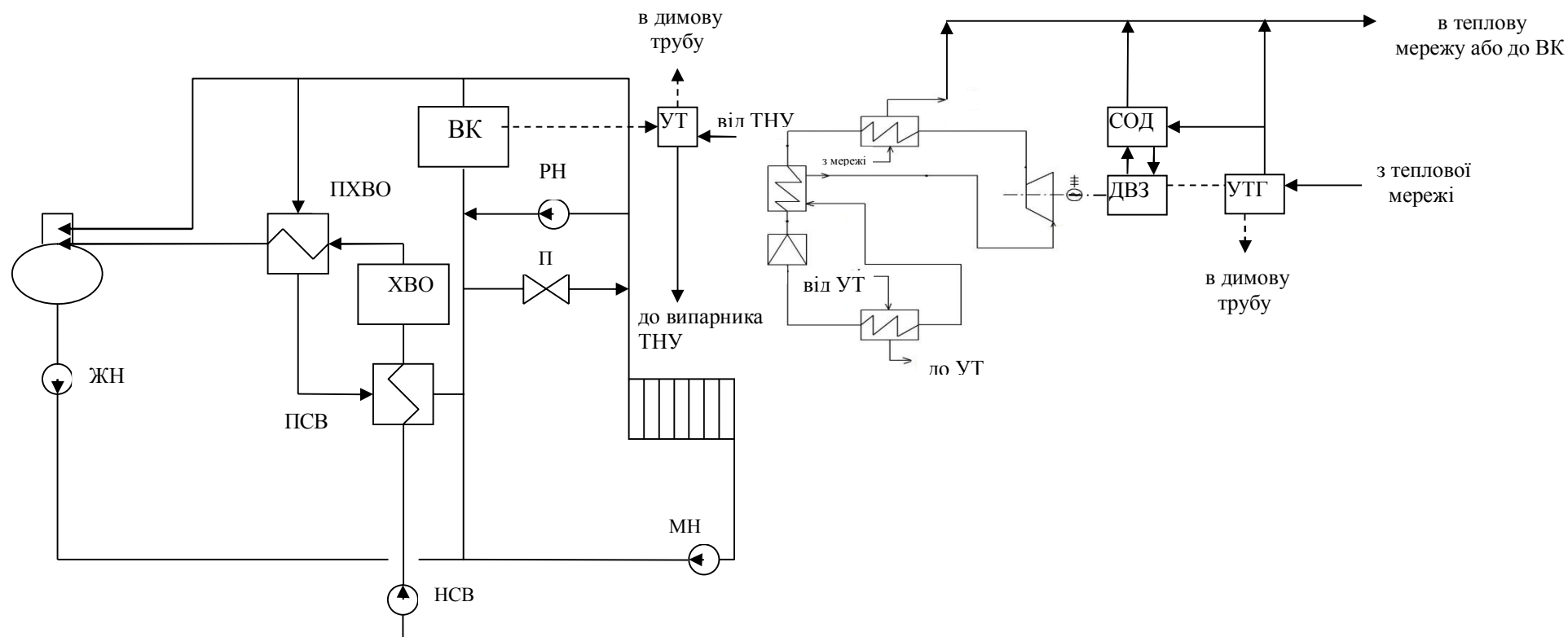


Рисунок В.1 – Теплова схема водогрійної котельні з ТНУ та ДВЗ

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

Розрахунок теплообмінника проміжного контуру

Теплообмінник, що проектується призначений для відбирання теплоти від низькотемпературного теплоносія, жддя подальшого використання цієї теплоти у випарнику.

Технічні вимоги.

Теплова потужність $Q = 1,411$ (МВт).

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

Температура грійної води на вході $t_{\text{гв}}=50$ (°C).

Температура грійної води на виході $t_{\text{гв}}= 35$ (°C).

Температура води, що нагрівається, на вході $t_{\text{в}}=30$ (°C).

Температура води, що нагрівається, на виході $t_{\text{в}}=45$ (°C).

Середній температурний напір протитоку

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

де $\Delta t_{\text{б}}$, $\Delta t_{\text{м}}$ – відповідно більша і менша різниця температур.

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

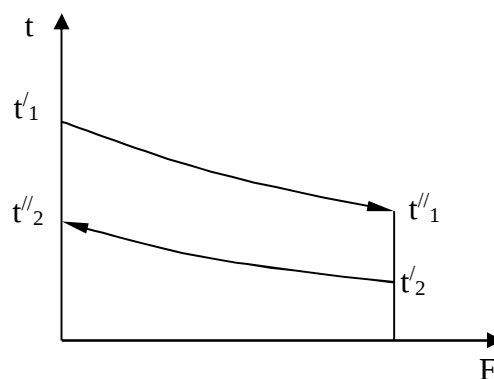


Рисунок В.2 – Протитечійна схема руху теплоносіїв.

Більша і менша різниці температур:

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

$$Dt_6 = 50 - 45 = 5 (^{\circ}\text{C}).$$

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

$$Dt_m = 35 - 30 = 5 (^{\circ}\text{C}).$$

Отже середній температурний напір протитоку

$$\Delta t_{cp} = \Delta t_6 = \Delta t_m = 5 (^{\circ}\text{C}).$$

Площа поверхні теплообміну апарата

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

$$F_a = \frac{1411 \times 10^3}{1435,3 \times 5} = 196,6 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Висновок: за даними параметрами обираємо теплообмінник THERMAKS PTA(GX)-42, потужністю 1411 кВт.

Площа однієї пластини 1,67 м². Тоді кількість пластин

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

де f – площа однієї пластини.

$$n = (196,6 + 2 \times 1,67) / 1,67 = 119,72$$

Приймаємо $n=120$ (шт).

Товщина пластини $\delta=0,3$ мм.

Площа теплообмінника

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

$$F_a = 120 \times 1,67 = 200 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Маса теплообмінного апарату $M=1300$ (кг), діаметр штуцерів $D=125$ (мм).

Підбір насосів контурів випарника, конденсатора, теплообмінника
проміжного контуру

Витрати води у контурі випарника становить 29,29 кг/с. Встановлюємо два насоси (один робочий, один резервний) марки GHE-125-125-11 з подачею 160 м³/год., напором 0,18 МПа, ККД 65%, з потужністю електродвигуна 11 кВт.

Витрати води у контурі конденсатора та (перед розгалуженням на вході) становить 21,55 кг/с. Встановлюємо два насоси (один робочий, один резервний) марки GHE-125-125-11 з подачею 120 м³/год., напором 0,18 МПа, ККД 65%, з потужністю електродвигуна 11 кВт.

Розрахунок та комплектування основних і допоміжних матеріалів та виробів,
складання відомостей

До монтажних робіт системи входить монтаж пластинчастого теплообмінника в контурі випарника теплового насосу, монтаж трубопроводів з відповідною арматурою.

В результаті аналізу конструктивних особливостей об'єкту складено перелік основних та допоміжних виробів та матеріалів. Розрахунок та комплектування основних та допоміжних матеріалів та виробів наведенні у таблиці В.2 .

Таблиця В.2 – 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)-42 , F= 200 м ²	шт	1	1300	1300
2	Насос циркуляційний GHE 125-125-11 Dy 125	шт	2	105	105
3	Насос циркуляційний GHE 125-125-11 Dy 100	шт	2	105	105
4	Трубопроводи зі сталевих труб Æ219 ´ 6 ДСТУ 10704-91	м	16,15	31,5	508,72
5	Трубопроводи зі сталевих труб Æ133 ´ 4 ДСТУ 10704-91	м	4,56	12,7	57,9
6	Трубопроводи зі сталевих труб Æ108 ´ 4 ДСТУ 10704-91	м	5,085	10,2	51,86
7	Засувка чавунна Dy 125 ГОСТ 9544	шт	3	57	171

Продовження таблиці В.2

1	2	3	4	5	6
8	Засувка чавунна Ду 100 ГОСТ 9544	шт	8	38	304
9	Фільтр грубої очистки Ду 125	шт	1	35	35
10	Фільтр грубої очистки Ду 100	шт	1	25	25
11	Клапан зворотній сталевий Ду125	шт	1	36,8	36,8
12	Клапан зворотній сталевий Ду100	шт	1	21,1	21,1
Потреба у допоміжних матеріалах					
Для монтажу теплообмінника					
1	Асбестовий картон загального призначення [КАОН - 1], товщина 2мм	т	1	0,009	9
2	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э42	т	1	0,063	63
3	Олифа натуральна	кг	1	0,06	60
4	Болти з гайками і шайбами, діаметр 16 мм	т	1	0,0318	31,8
5	Болти з гайками і шайбами, діаметр 20 - 22 мм	т	1	0,12	120
6	Прядиво лляне	т	1	0,0004	0,4
7	Пароніт	т	1	0,004	4
8	Сурик свинцевий	т	1	0,0008	0,8
Для монтажу насосів GHE 125-125-11 Ду 125					
1	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э42	т	2	0,00041	0,88
2	Прокладка гумова	кг	2	0,09	0,18
3	Анкерні деталі з прямих чи гнутих круглих стержнів	т	2	0,0022	4,4
4	Болти з гайками і шайбами, діаметр 16 мм	т	2	0,00127	2,54
6	Фланці плоскі приварні із сталі ВСт3сп2, діаметром 125 мм ДСТУ 12820-80	шт	2	5,4	10,8
Для монтажу насосів GHE 125-125-11 Ду 100					
1	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э42	т	2	0,00041	0,88

Продовження таблиці В.2

1	2	3	4	5	6
2	Прокладка гумова	кг	2	0,09	0,18
3	Анкерні деталі з прямих чи гнутих круглих стержнів	т	2	0,0022	4,4
4	Болти з гайками і шайбами, діаметр 16 мм	т	2	0,00127	2,54
6	Фланці плоскі приварні із сталі ВСт3сп2, діаметром 100 мм ДСТУ 12820-80	шт	2	3.96	7.92

Для монтажу засувки Ду 125

1	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э42	т	0,03	0,084	2,52
2	Болти з гайками і шайбами, d=16 мм	т	0,03	0,504	15,12
3	Пароніт	т	0,03	0,021	0,63
4	Фланці сталеві ДСТУ 12820-80	шт	6	5,4	32,4

Для монтажу засувки Ду 100

1	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э42	т	0,08	0,054	4,32
2	Болти з гайками і шайбами, d=16 мм	т	0,08	0,207	16,56
3	Пароніт	т	0,08	0,016	1,28
4	Фланці сталеві ДСТУ 12820-80	шт	16	3,96	63,36

Для монтажу зворотніх клапанів Ду 125

1	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э42	т	0,01	0,084	0,84
2	Болти з гайками і шайбами, діаметр 16 мм	т	0,01	0,504	5,04
3	Пароніт	т	0,01	0,021	2,1
4	Фланці сталеві ДСТУ 12820-80	шт	2	5,4	10,8

Для монтажу зворотніх клапанів Ду 100

1	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э42	т	0,01	0,054	0,54
2	Болти з гайками і шайбами, діаметр 16 мм	т	0,01	0,207	2,07
3	Пароніт	т	0,01	0,016	1,6
4	Фланці сталеві ДСТУ 12820-80	шт	2	3,96	7,92

Продовження таблиці В.2

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

Монтаж фільтрів грубої очистки Ду 125					
1	Електроди, діаметр 5 мм, марка Э42 А	т	1	0,00034	0,34
Монтаж фільтрів грубої очистки Ду 100					
1	Електроди, діаметр 5 мм, марка Э42 А	т	1	0,00028	0,28
Для монтажу трубопроводу Ду 200					
1	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э55	т	0,5087	0,007	3,56
2	Круги армовані абразивні зачисні, діаметр180х6	шт	0,022	0,45	*
3	Пароніт	т	0,5087	0,002	1,01
Для монтажу трубопроводу Ду 125					
1	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э55	т	0,0579	0,005	2,89
2	Круги армовані абразивні зачисні, діаметр180х6	шт	0,026	0,45	*
3	Пароніт	т	0,0579	0,003	1,73
Для монтажу трубопроводу Ду 100					
1	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э55	т	0,05186	0,005	2,59
2	Круги армовані абразивні зачисні, діаметр180х6	шт	0,020	0,45	0,45
3	Пароніт	т	0,05186	0,003	1,55

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

$$S_{\text{заг.}} = S_{\text{осн.обл.}} + S_{\text{доп.обл.}} = 3226,6 \text{ (кг).}$$

Додаток Г

ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

[illegible]

[illegible]

ТЕХНІШКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ

