

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: «Парокомпресійна теплонасосна установка в тепловій схемі котельні заводу «Оболонь»»»

Виконав: студент 2 курсу, групи ТЕ-21мс
спеціальності 144 – Теплоенергетика

Сич Д. С.

(прізвище та ініціали)

Керівник к.т.н., доц.

Остапенко О. П.

(прізвище та ініціали)

« 14 » 06

2023 р.

Рецензент к. т. н., доц. Андрухов В. М.

(прізвище та ініціали)

« 14 » 06

2023 р.

Допущено до захисту

Зав. Кафедри ТЕ

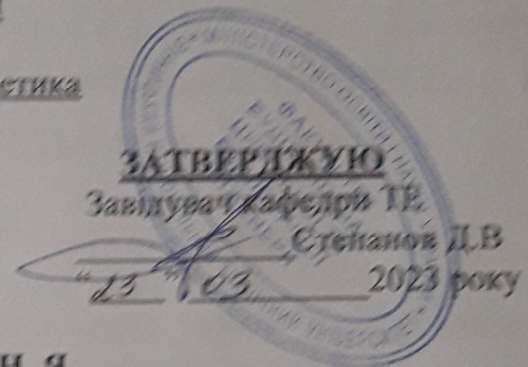
к.т.н., доц. Степанов Д.В.

« 14 » 06 2023 р.

Вінниця ВНТУ - 2023 рік

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

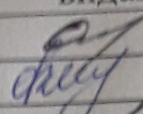
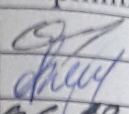
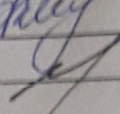
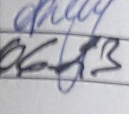
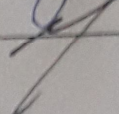
Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії
 Кафедра теплоенергетики
 Рівень вищої освіти I (бакалаврський)
 Галузь знань 14 – електрична інженерія
 Спеціальність 144 – Теплоенергетика
 Освітньо-професійна програма Теплоенергетика



ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Сичу Дмитру Сергійовичу

1. Тема роботи «Парокомпресійна теплонасосна установка в тепловій схемі котельні заводу «Оболонь»»
керівник роботи к.т.н., доц. Остапенко Ольга Павлівна
затверджені наказом ВНТУ від 20.03.2023 року №67
2. Термін подання студентом роботи 08.06.2023 р.
3. Вхідні дані до роботи: відпуск пари на потреби гарячого водопостачання 0,056 кг/с; відпуск пари на технологію 1,194 кг/с; відпуск пари на опалення 0,739 кг/с; сумарний відпуск пари 2,024 кг/с; повернення конденсату від гарячого водопостачання 95%; повернення конденсату від технології 90%; повернення конденсату від споживачів опалення 95%; температура конденсату від технології та споживачів 80 °С; температура додаткової води 5-20 °С; витрата пари на власні потреби 3,5%.
4. Зміст текстової частини: огляд літературних джерел; багатоваріантний аналіз та техніко-економічне обґрунтування; розрахунок показників ефективності теплової схеми котельні з ТНУ; результати оцінки ефективності роботи теплової схеми котельні з ТНУ; охорона праці
5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): схема котельні теплова модернізована, схема монтажна аксонометрична, план розташування обладнання та трубопроводів розрізи А-А, Б-Б

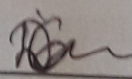
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-4	Остапенко О. П., к. т. н., доцент каф. ТЕ		
5	Віштак І. В., к. т. н., доцент каф. БЖДПБ		
Нормоконтроль	Співак О. Ю., к. т. н., доцент каф. ТЕ		14.06.23

7. Дата видачі завдання 22.03.2023р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва та зміст етапу	Термін виконання		Примітка
		початок	закінчення	
1	Огляд літературних джерел	28.03.23	02.04.23	вик
2	Багатоваріантний аналіз та техніко-економічне обґрунтування	30.03.23	07.04.23	вик
3	Розрахунок показників ефективності теплової схеми котельні з ТНУ	06.04.23	20.05.23	вик
4	Результати оцінки ефективності роботи теплової схеми котельні з ТНУ	13.04.23	29.05.23	вик
5	Охорона праці	27.05.23	09.06.23	вик
6	Перевірка на антиплагіат	12.06.23	13.06.23	вик
7	Оформлення БДР, підготовка презентації	05.06.23	07.06.23	вик
8	Попередній захист	08.06.23	08.06.23	вик
9	Нормативний контроль	12.06.23	12.06.23	вик
10	Рецензування	13.06.23	13.06.23	вик
11	Подача БДР в електронний архів університету та на випускову кафедру	14.06.23	14.06.23	вик
12	Захист БДР	15.06.23	15.06.23	вик

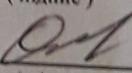
Студент


(підпис)

Сич Д. С.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Остапенко О.П.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

УДК 621.577

Сич Д. С. Парокомпресійна теплонасосна установка в тепловій схемі котельні заводу «Оболонь». Бакалаврська кваліфікаційна робота зі спеціальності 144 – теплоенергетика, освітня програма – теплоенергетика. Вінниця: ВНТУ, 2023. 52 с.

Бібліогр. : рис.: 29; табл. 15.

В бакалаврській дипломній роботі запропоновано заходи із забезпечення енерго- та ресурсозбереження, а також поліпшення техніко-економічних показників роботи теплової схеми промислово-опалювальної котельні заводу «Оболонь» шляхом встановлення парокомпресійної теплонасосної установки (ТНУ). Забезпечене зниження енерго- та ресурсоемності вироблення теплоти в котельні шляхом встановлення парокомпресійної ТНУ в тепловій схемі промислово-опалювальної парової котельні.

Проведений багатоваріантний аналіз низки варіантів модернізації теплової схеми котельні. На основі багатоваріантного аналізу нами обрано до проектування варіант альтернативної ТНУ в тепловій схемі промислово-опалювальної котельні з використанням низькотемпературної теплоти вторинних енергоресурсів котельні. Для обраного варіанту модернізації теплової схеми котельні з ТНУ було підібрано нове обладнання: В бакалаврській дипломній роботі здійснено розробку технології монтажу теплообмінника, призначеного для додаткового контуру випарника ТНУ.

За результатами економічного аналізу визначено, що застосування альтернативної 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

Sych D. S. Steam compression heat pump installation in the thermal scheme of the boiler house of the «Obolon» plant. Bachelor's qualification work in specialty 144 - heat power engineering, educational program - heat power engineering. Vinnytsia: VNTU, 2023. 52 p.

Bibliogr. : fig.: 29; table 15.

In the bachelor's thesis, measures are proposed to ensure energy and resource conservation, as well as to improve the technical and economic performance of the thermal scheme of the industrial heating boiler room of the «Obolon» plant by installing a steam-compression heat pump unit (HPI). Ensured reduction of energy and resource intensity of heat generation in the boiler room by installing a steam compression HPI in the thermal scheme of the industrial heating steam boiler room.

A multivariate analysis of a number of options for modernization of the thermal scheme of the boiler room was carried out. On the basis of a multivariate analysis, we have chosen for design an alternative HPI option in the thermal scheme of an industrial heating boiler room using low-temperature heat from secondary energy resources of the boiler room. New equipment will be selected for the chosen variant of modernization of the thermal scheme of the boiler house with HPI. In the bachelor's thesis, the technology of installing a heat exchanger intended for the additional circuit of the evaporator of HPI was developed.

Based on the results of the economic analysis, it was determined that the use of an alternative HPI in the scheme of this boiler house will lead to the saving of natural gas, will ensure a decrease in operating costs and a decrease in the cost of heat.

Labor protection measures were analyzed.

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

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	10
2 БАГАТОВАРІАНТНИЙ АНАЛІЗ ТА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	14
2.1 Показники роботи базового варіанту теплової схеми котельні	14
2.2 Багатоваріантний аналіз	15
2.3 Техніко-економічне обґрунтування варіанту застосування ТНУ...	19
2.4 Математичне програмне забезпечення для розрахунків модернізованої теплової схеми з котельні з ТНУ	21
3 РОЗРАХУНОК ПОКАЗНИКІВ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ КОТЕЛЬНІ З ТНУ	28
3.1 Розрахунок контактного утилізатора теплоти	28
3.2 Розрахунок теплонасосної установки	29
3.3 Розрахунок утилізаційних потужностей газового двигуна внутрішнього згорання.....	30
3.4 Підбір обладнання для обраного варіанту модернізації. Розробка технології монтажу обладнання.....	31
4 РЕЗУЛЬТАТИ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ТЕПЛОВОЇ 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
5 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	36
ВИСНОВКИ.....	46
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	48
Додаток А (обов'язковий). ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ.....	54

Додаток Б (обов'язковий). ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ.....	55
Додаток В.ТЕХНОЛОГІЯ МОНТАЖУ ПЛАСТИНЧАСТОГО ТЕПЛООБМІННИКА В КОНТУРІ ВИПАРНИКА ТЕПЛООВОГО НАСОСУ ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ КОТЕЛЬНІ.....	61
Додаток Г (обов'язковий). ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА	70
Додаток Д. ГРАФІЧНА ЧАСТИНА.....	71

ВСТУП

На основі аналізу літературних джерел визначено, що впровадження теплових насосів у промисловості та енергетиці дозволить досягти цілей ЄС. Встановлення теплових насосів у поєднанні із заходами з енергоефективності та електрифікацією дозволять заощадити в Європі до 49 мільярдів кубічних метрів газу до 2030 року. Крім того, теплові насоси впливають на зменшення змін клімату, що відбувається шляхом заміни ними викопного палива, що виділяє вуглець при згоранні.

Метою бакалаврської дипломної роботи є забезпечення енерго- та ресурсозбереження, а також поліпшення техніко-економічних показників роботи теплової схеми котельні заводу «Оболонь» шляхом встановлення парокомпресійної теплонасосної установки

Задачами БДР є:

- 1) обґрунтування варіанту застосування ТНУ в тепловій схемі котельні заводу «Оболонь»;
- 2) оцінка ефективності ТНУ в тепловій схемі котельні заводу «Оболонь»;
- 3) обґрунтування вибору нового обладнання для модернізованої схеми котельні заводу «Оболонь»;
- 4) визначення техніко-економічних показників котельні заводу «Оболонь» з ТНУ.

Об'єктом роботи є парокомпресійна ТНУ в тепловій схемі промислово-опалювальної парової котельні заводу «Оболонь», що забезпечує теплові потужності технологічних споживачів, системи опалення та гарячого водопостачання.

Предметом роботи є зменшення ресурсовитратності генерування теплоти із забезпеченням економії коштів за рахунок встановлення парокомпресійної ТНУ в тепловій схемі котельні заводу «Оболонь».

Практична цінність роботи – забезпечено зниження енерго- та ресурсоемності вироблення теплоти в котельні шляхом встановлення парокompресійної ТНУ в тепловій схемі котельні заводу «Оболонь».

1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

Теплові насоси (рис. 1) перетворюють низькотемпературну теплоту та різні скидні потоки теплоти в теплоту більш високого потенціалу, придатну, для теплопостачання. Тепловий насос працює на основі зворотного термодинамічного циклу [1].

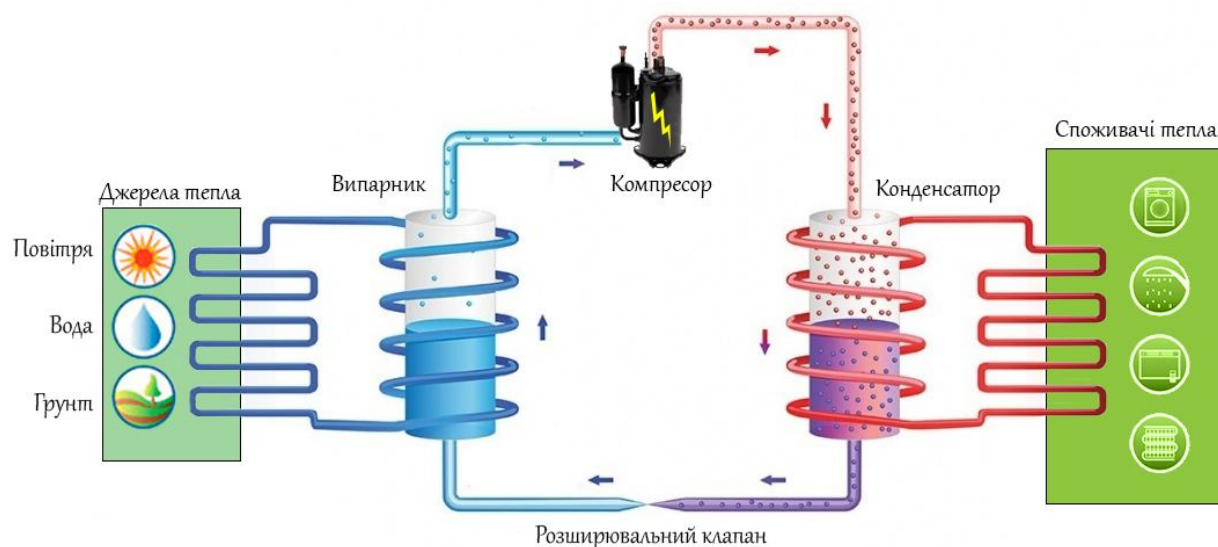


Рисунок 1.1 – Принцип перенесення теплоти у тепловому насосі

План, схвалений лідерами ЄС, що називається «REPowerEU» і запропонований для скорочення використання викопного палива шляхом запровадження в Європі заходів з енергозбереження та використання відновлюваних джерел енергії. Він також передбачає диверсифікацію з газу на водень. Теплові насоси, які повинні замінити котли на викопному паливі, становлять ключову частину цього плану. REPowerEU прогнозує, що ЄС повинен забезпечити подвійне зростання швидкості впровадження теплових насосів у Європі протягом наступних п'яти років. Цей план встановлює цілі зі встановлення водяних теплових насосів, кількість яких повинна досягнути 20 мільйонів до 2027 року та 60 мільйонів теплових насосів до 2030 року [2].

Європейський ринок теплових насосів в останні роки швидко зростає. Так, у 2021 році було встановлено понад 2,1 мільйона теплових насосів, що перевищує показник 2021 року на 25%.

Впровадження теплових насосів у промисловості та енергетиці дозволить досягти цілей ЄС. Встановлення теплових насосів у поєднанні із заходами з енергоефективності та електрифікацією дозволять заощадити в Європі до 49 мільярдів кубічних метрів газу до 2030 року. Крім того, теплові насоси впливають на зменшення змін клімату, що відбувається шляхом заміни ними викопного палива, що виділяє вуглець при згоранні.

REPowerEU підвищує цільовий показник енергозбереження ЄС до 13% до 2030 року, порівняно з 9% для 2020 року, пропонує більш суворі правила екодизайну, в зв'язку з чим до 2029 року на ринку буде припинено продаж будьяких котлів, що працюватимуть лише на викопному паливі. Також підвищується ціль впровадження відновлюваних джерел енергії до 45% станом до 2030 року. Цей план вимагає прискорити у ЄС промислове та регіональне використання теплових насосів і забезпечити гранти для заміни газових і рідкопаливних котлів [3].

Сектор теплових насосів підтримує поступове виведення з експлуатації до 2029 року котлів на викопному паливі:

Індустрія теплових насосів в Європі швидко розвивається, про що свідчить рекордна відвідуваність Генеральної асамблеї Європейської асоціації теплових насосів ЕНРА. Планується декарбонізувати галузі опалення та охолодження в Європі. Зокрема, на 2022 – 2025 роки у Європі заплановано залучити понад 5 мільярдів євро інвестицій для впровадження нових теплових насосів.

Ключовим заходом для залучення подальших інвестицій у теплонасосну галузь у Європі є необхідність довгострокової чіткої політики,

ЕНРА працює над програмою з прискорення впровадження теплових насосів в ЄС. Цілі ЄС, висвітлені у REPowerEU, вимагають щорічного подвоєння обсягів встановлених теплових насосів. За прогнозними оцінками ЕНРА, це зумовить встановлення до 60 мільйонів теплових насосів більше до 2030 року, ніж

у порівнянні з 17 мільйонами одиниць, що були встановлені на момент публікації REPowerEU у 2021 році. Станом на сьогодні в Європі встановлено близько 20 мільйонів теплових насосів [4].

Європейська комісія планує розробку «Плану дій щодо теплових насосів», який буде опубліковано до кінця 2023 року. ЕНРА та інші організації працюють над створенням документа, який визначатиме перешкоди та пропонуватиме рішення для швидшого розгортання сектору теплових насосів [5].

У документі REPowerEU Європейська комісія акцентує увагу на заходах для нарощування обсягів виробництва обладнання для теплових насосів, налагодження доступу сектору теплових насосів до фінансування, а також ставить акцент на освіті та навчанні спеціалістів.

Європейська Комісія, зокрема, планує посилити вимоги до енергоефективності будівель. Так, до 2029 року планується припинення використання «автономних» котлів і продукції, що працюють на викопному паливі.

У березні 2023 року Європейська комісія видала «Закон про нульову чисту промисловість», який включає теплові насоси до ключових галузей, для яких забезпечуватиметься підтримка. Однак, цей закон потребує доопрацювання, що дозволить повністю підтримати сектор теплових насосів, що допомагатиме декарбонізувати європейські житлове будівництво та промисловість [6].

Значна увага Єврокомісії зосереджена на водяних (так званих «гідравлічних») теплових насосах, передбачається, що до 2026 року буде встановлено 10 мільйонів таких теплових насосів. Початково REPowerEU встановило ціль щодо встановлення до 30 мільйонів теплових насосів до 2030 року. Очікується, що така тенденція буде спостерігатись і для повітряних теплових насосів, оцінено, що прогнозовані значення зі встановлення теплових насосів для ринку ЄС подвоїться. Це означає встановлення додаткових 20 мільйонів одиниць теплових насосів до 2026 року та 60 мільйонів одиниць до 2030 року. У той час, у 2021 році, обсяги встановлення складали близько 17 мільйонів одиниць теплових насосів [7].

Висновки

На основі аналізу літературних джерел визначено, що впровадження теплових насосів у промисловості та енергетиці дозволить досягти цілей ЄС. Встановлення теплових насосів у поєднанні із заходами з енергоефективності та електрифікацією дозволять заощадити в Європі до 49 мільярдів кубічних метрів газу до 2030 року. Крім того, теплові насоси впливають на зменшення змін клімату, що відбувається шляхом заміни ними викопного палива, що виділяє вуглець при згоранні.

2 БАГАТОВАРІАНТНИЙ АНАЛІЗ ТА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

2.1 Показники роботи базового варіанту теплової схеми котельні

В бакалаврській дипломній роботі розглядається схема парової промислово-опалювальної котельні при закритій системі тепlopостачання. Котельня призначена для виробництва водяної пари для промислового споживання та тепlopостачання системи опалення та гарячого водопостачання офісів та цехів. В котельні встановлені два котла LOOS UL-S-IE 8000 та LOOS UL-S-IE 6000 (резервний), які працюють на природному газі.

Паровидатність $D = 8$ (т/год) = 2,22 (кг/с).

Температура живильної води $t_{жв} = 90$ (°C).

Частка безперервної продувки $p = 0,68$ (%).

Коефіцієнт корисної дії котла $\eta_{\text{н}}^{\text{к}} = 95,4$.

Теплота згоряння палива $Q_{\text{н}}^{\text{п}} = 34186$ (кДж/м³).

Паливо – природний газ.

Початкові дані до розрахунку теплової схеми:

- відпуск пари на потреби гарячого водопостачання $D_{\text{гвп}} = 0,056$ (кг/с);
- відпуск пари на технологію $D_{\text{т}} = 1,194$ (кг/с);
- відпуск пари на опалення $D_{\text{оп}} = 0,739$ (кг/с);
- сумарний відпуск пари $D_0 = 2,024$ (кг/с);
- повернення конденсату від гарячого водопостачання $\alpha_{\text{гвп}} = 95$ (%);
- повернення конденсату від технології $\alpha_{\text{т}} = 90$ (%);
- повернення конденсату від споживачів опалення $\alpha_{\text{оп}} = 95$ (%);
- температура конденсату від технології та споживачів $t_{\text{к}} = 80$ (°C);
- температура додаткової води $t_{\text{дв}} = 5-20$ (°C);
- витрата пари на власні потреби $\alpha_{\text{вп}} = 3,5$ (%).

Показники роботи теплової схеми існуючої котельні показані в таблиці 1.1. Розрахунок теплової схеми проведений за методикою з [8].

Таблиця 1.1- Показники роботи теплової схеми котельні

Назва показника	Розрахункові режими		
	I сезон	II сезон	III сезон
Теплова потужність котельні Q_k , МВт	4,87	4,704	3,08
Витрата умовного палива на котли V_y , кг/с	0,174	0,168	0,11
Витрата робочого палива на котли V_p , м ³ /с	0,149	0,144	0,094
ККД котельні η_k	0,947	0,948	0,941

Визначено показники роботи котельні для трьох періодів для базового варіанту, отримані дані будуть використовуватися для порівняння та аналізу ефективності роботи теплової схеми котельні з ТНУ

2.2 Багатоваріантний аналіз

Вконаний багатоваріантний аналіз з визначення ефективності для чотирьох варіантів теплової схеми котельні заводу «Оболонь» на основі використання наукових результатів досліджень з літературних джерел [9-12].

Для аналізу ефективності варіантів модернізації теплової схеми котельні з використанням ТНУ нами розглянуто ефективність для чотирьох варіантів:

1 – застосування ТНУ в тепловій схемі котельні заводу «Оболонь» для роботи в трьох сезонах;

2 – застосування ТНУ в тепловій схемі котельні заводу «Оболонь» для роботи в першому та другому сезонах;

3 – застосування ТНУ в тепловій схемі котельні заводу «Оболонь» для роботи в другому та третьому сезонах;

4 – застосування ТНУ в тепловій схемі котельні заводу «Оболонь» для роботи в першому та третьому сезонах.

Результати виконаних розрахунків для багатоваріантного аналізу ефективності застосування теплового насосу в тепловій схемі котельні заводу «Оболонь» показані на рис. 2.1 – 2.6. Тут позначено режими роботи котельні - МО – опалювальний максимальний, СО – опалювальний середній, МіжОПАЛ – міжопалювальний режим.

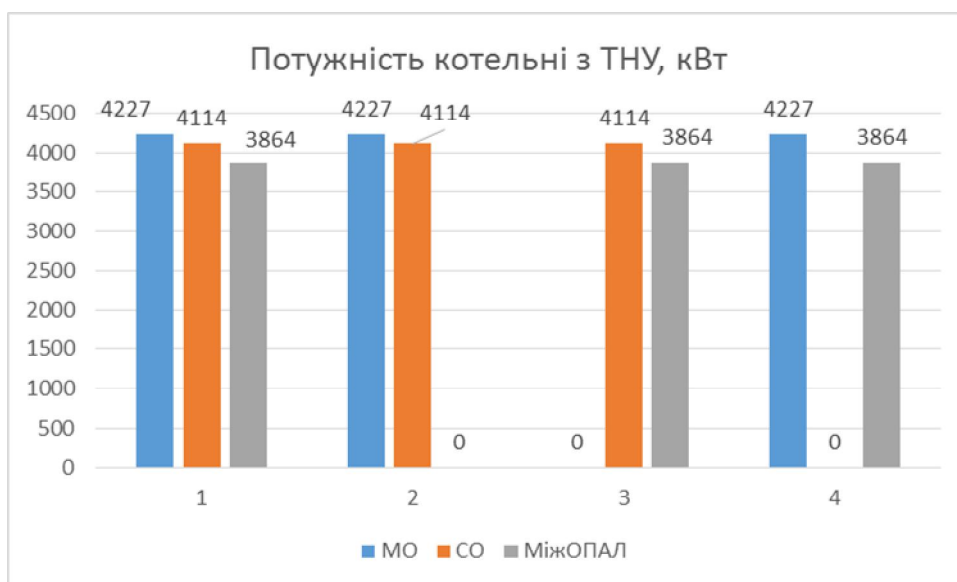


Рисунок 2.1 – Результати розрахунку потужності котельні з ТНУ

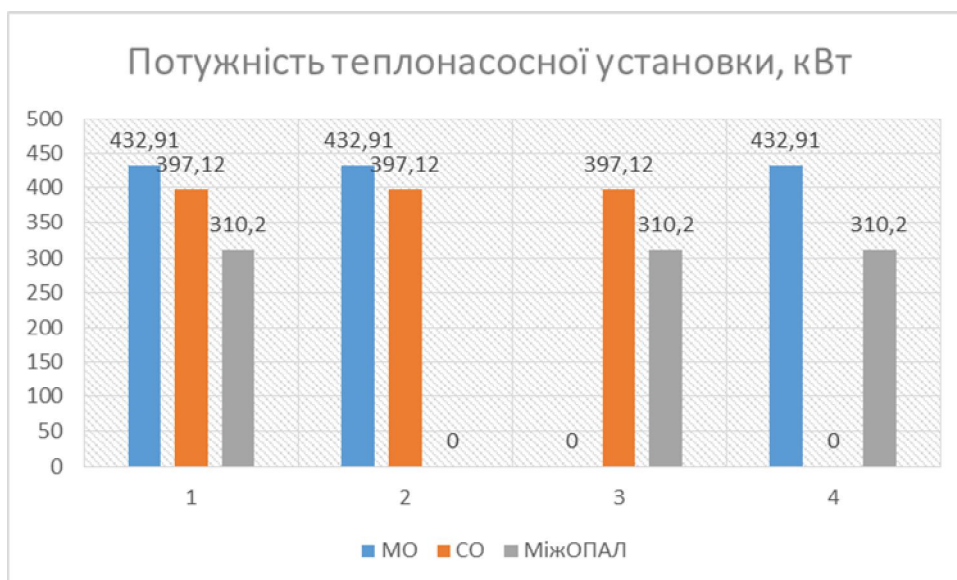


Рисунок 2.2 – Результати розрахунку потужності теплонасосної установки

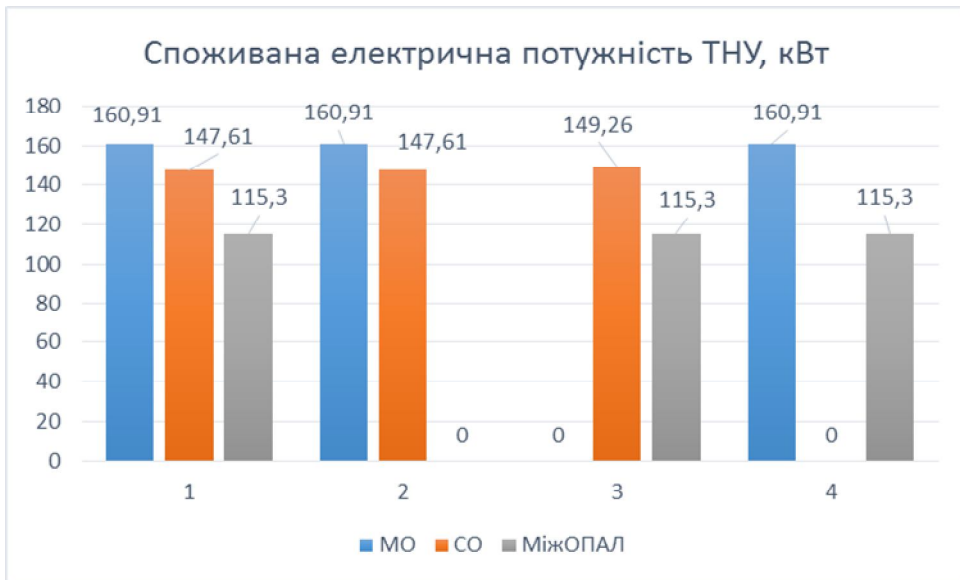


Рисунок 2.3 – Результати розрахунку споживаної електричної потужності ТНУ

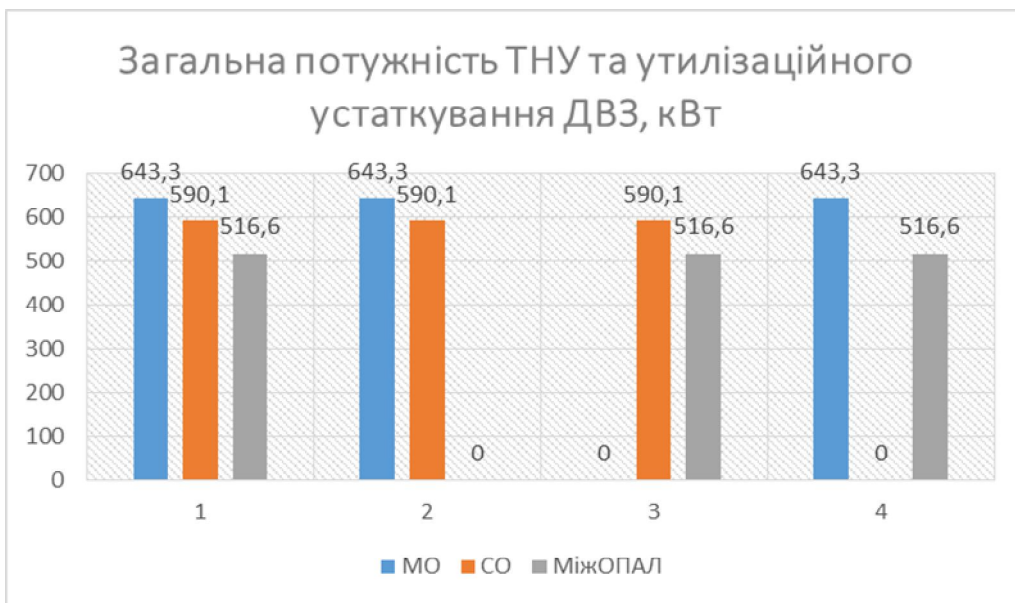


Рисунок 2.4 – Результати розрахунку загальної потужності ТНУ та утилізаційного устаткування ДВЗ

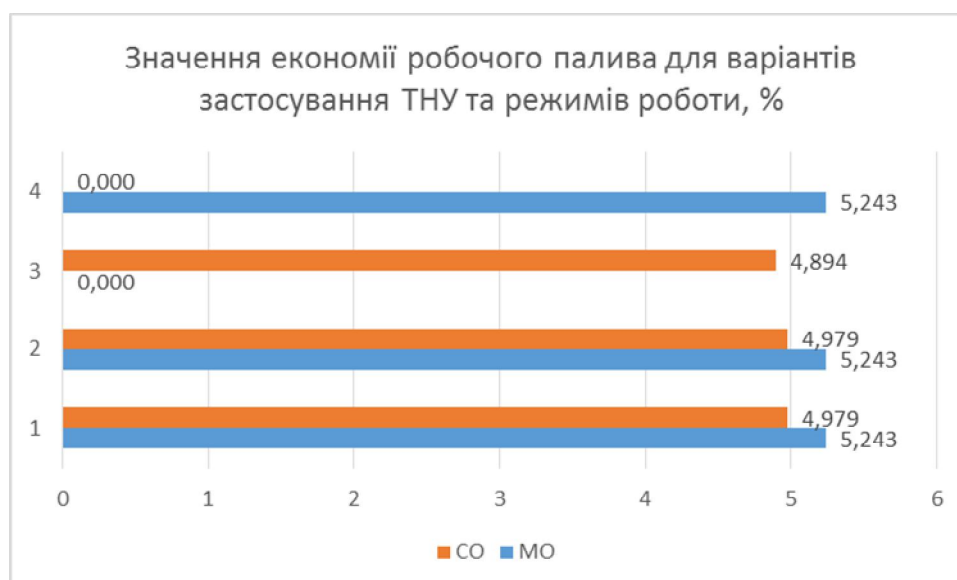


Рисунок 2.5 – Результати розрахунку значень економії робочого палива для варіантів застосування ТНУ та режимів роботи, %

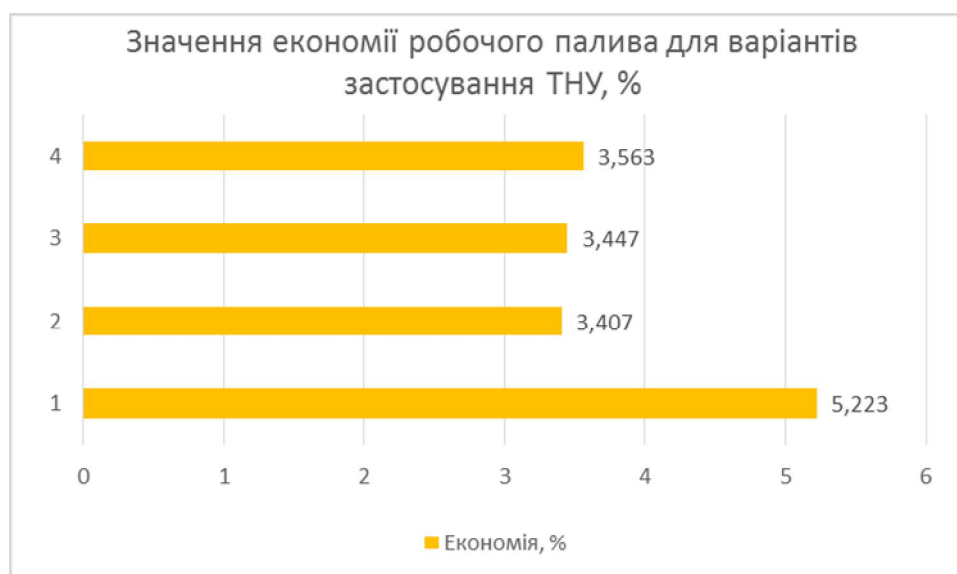


Рисунок 2.6 – Результати розрахунку значень економії робочого палива для варіантів застосування ТНУ, %

Як видно з 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 спостерігається незначна зміна

потужності ТНУ при роботі в ріжних режимах. Тому ми обираємо до впровадження варіант номер 1, для якого економія робочого палива складає 5,22% та ТНУ працює в трьох сезонах.

За результатами проведеного багатоваріантного аналізу було обрано варіант застосування ТНУ на холодоагенті R134a з приводом кои́мпресора від поршневого двигуна на природному газі. Як джерело низькотемпературної теплоти буде використана теплота від контактного утилізатора. Зазначений варіант модернізації теплової схеми котельні заводу «Оболонь» для був обраний до проектування.

2.3 Техніко-економічне обґрунтування варіанту застосування ТНУ

Оцінено техніко-економічну ефективність для альтернативного варіанту теплової схеми з ТНУ котельні заводу «Оболонь», передбачено утилізацію теплоти вторинних енергоресурсів котельні в ТНУ. Ефективність обраного варіанту визначається прийнятними значеннями показників техніко-економічної ефективності альтернативного варіанту у порівнянні із базовим варіантом [13-14]. Техніко-економічні показники ефективності цих варіантів показані на рис. 2.7 - 2.10

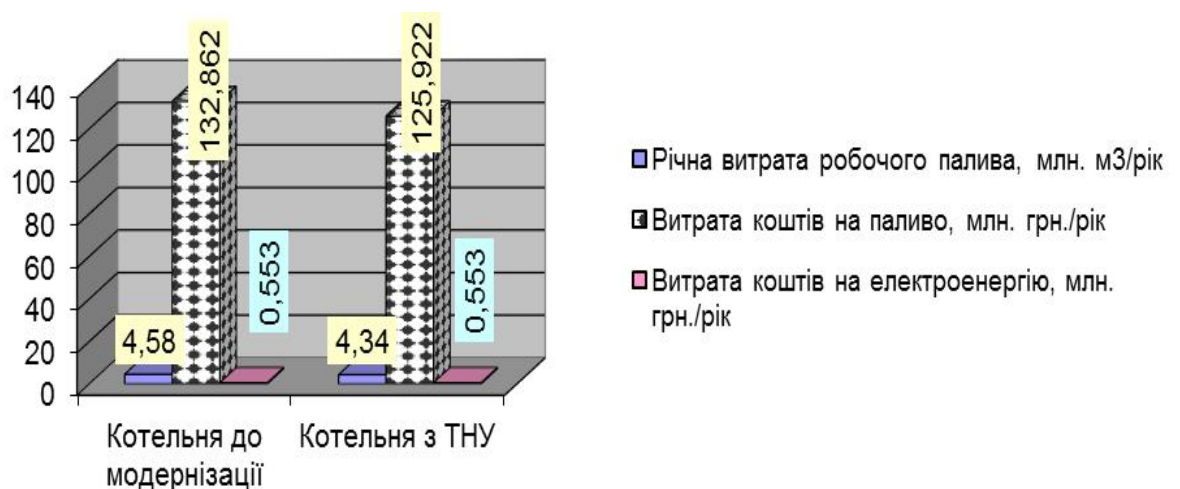


Рисунок 2.7 – Показники ефективності варіантів

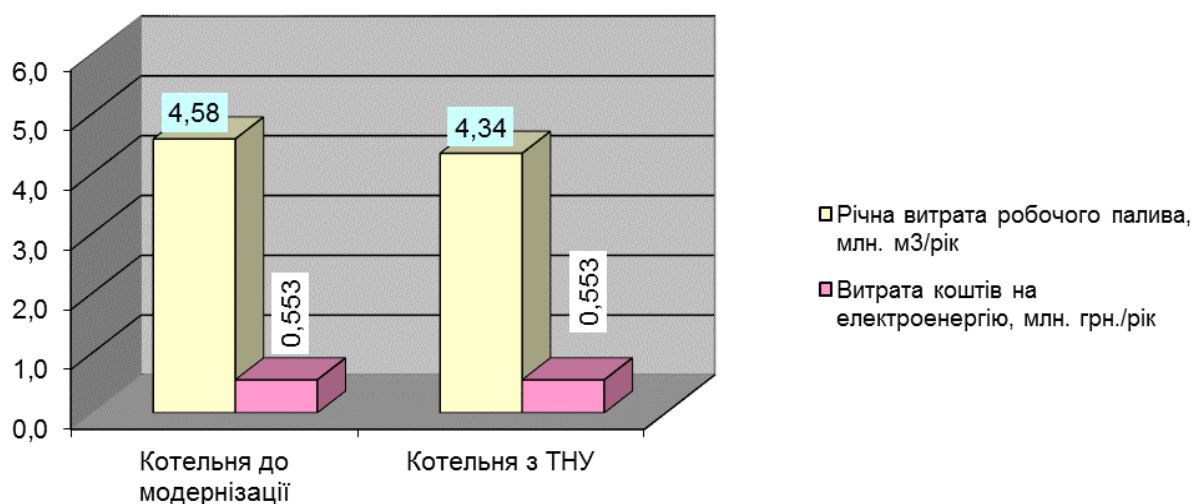


Рисунок 2.8 – Показники ефективності варіантів

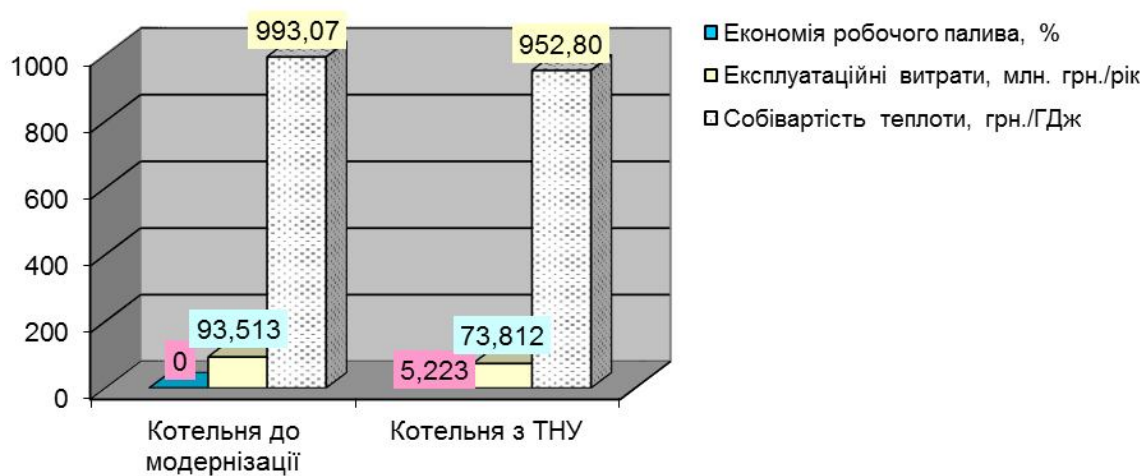


Рисунок 2.9 – Показники ефективності варіантів

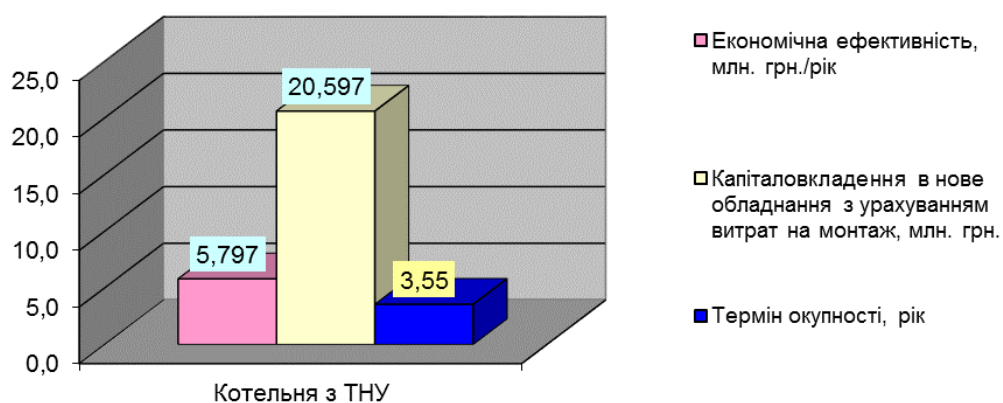


Рисунок 2.10 – Показники ефективності варіантів

За результатами виконаних багатоваріантного аналізу та техніко-економічного обґрунтування нами визначено, що застосування ТНУ в схемі котельні заводу «Оболонь» зумовить економію 5,797 млн. грн. та буде забезпечено зниження собівартості виробленої котельнею теплоти. Капіталовкладення в нове обладнання для теплової схеми котельні з ТНУ будуть становити 20,597 млн. грн., термін окупності цього варіанту буде 3,55 року.

2.4 Математичне програмне забезпечення для розрахунків модернізованої теплової схеми з котельні з ТНУ

Для розрахунків та досліджень ефективності варіантів модернізації теплової схеми котельні з ТНУ здійснювалось моделювання режимів роботи ТНУ з використанням програми SOLKANE SoftWare 8.0 [15], що дозволяє здійснювати моделювання та визначення показників роботи парокompресійних ТНУ з різними холодоагентами та схемними рішеннями. Моделювання роботи ТНУ виконувалось в температурних рівнях, що відповідають рівневі теплоти вторинних енергоресурсів котельні (вторинна теплота відхідних газів від контактного утилізатора газів котельні).

Результати математичного моделювання роботи ТНУ в схемі котельні, з використанням теплоти вторинних енергоресурсів котельні, здійсненого в програмі SOLKANE SoftWare 8.0, показані на рис. 2.11 – 2.15.

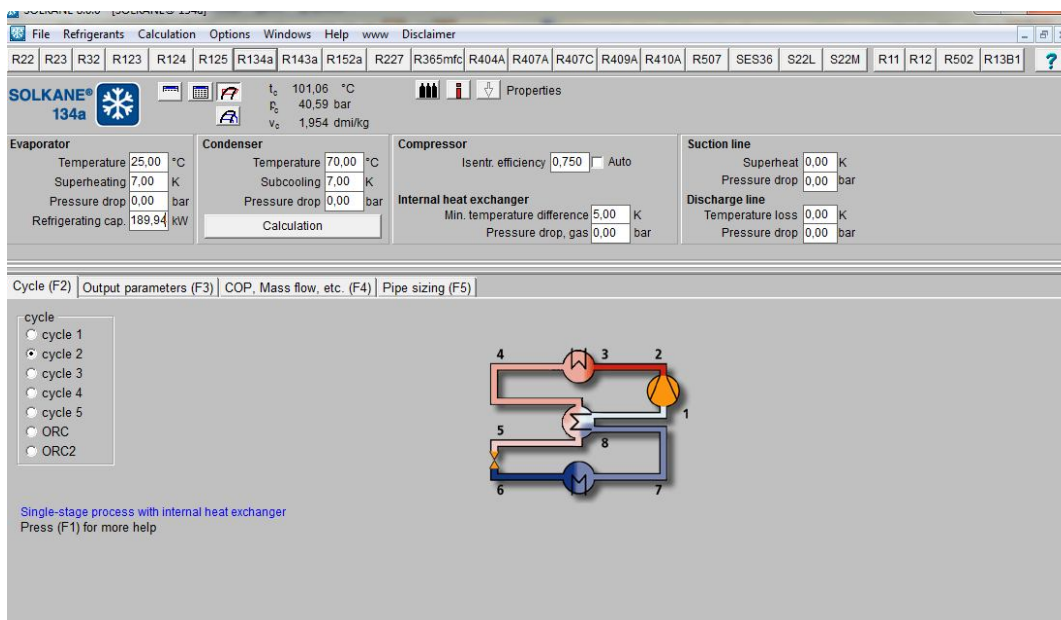


Рисунок 2.11 – Обрання циклу ТНУ з введенням початкових даних в програмі SOLKANE SoftWare 8.0

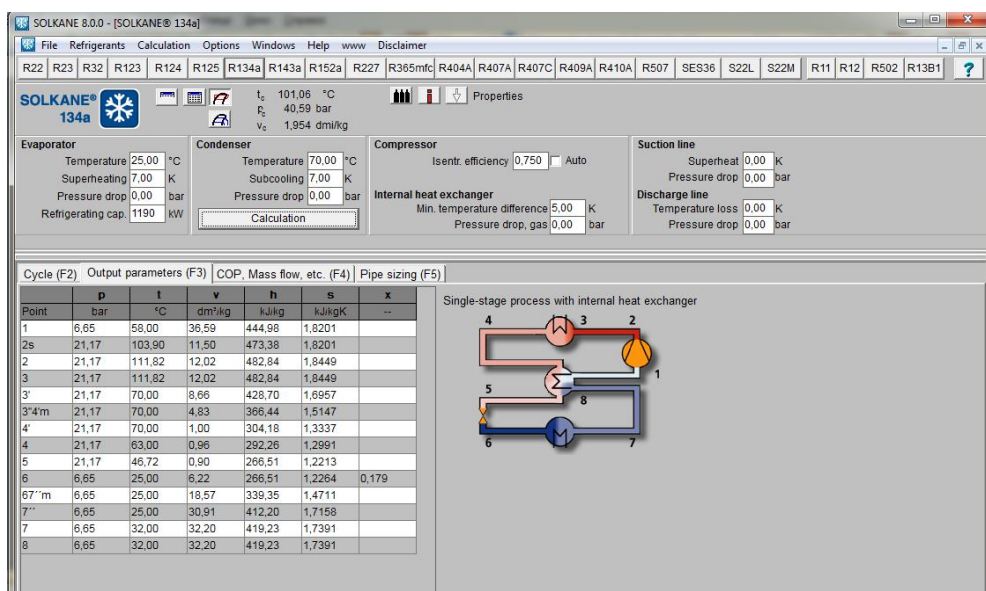


Рисунок 2.12 – Обчислені в програмі параметри холодоагенту

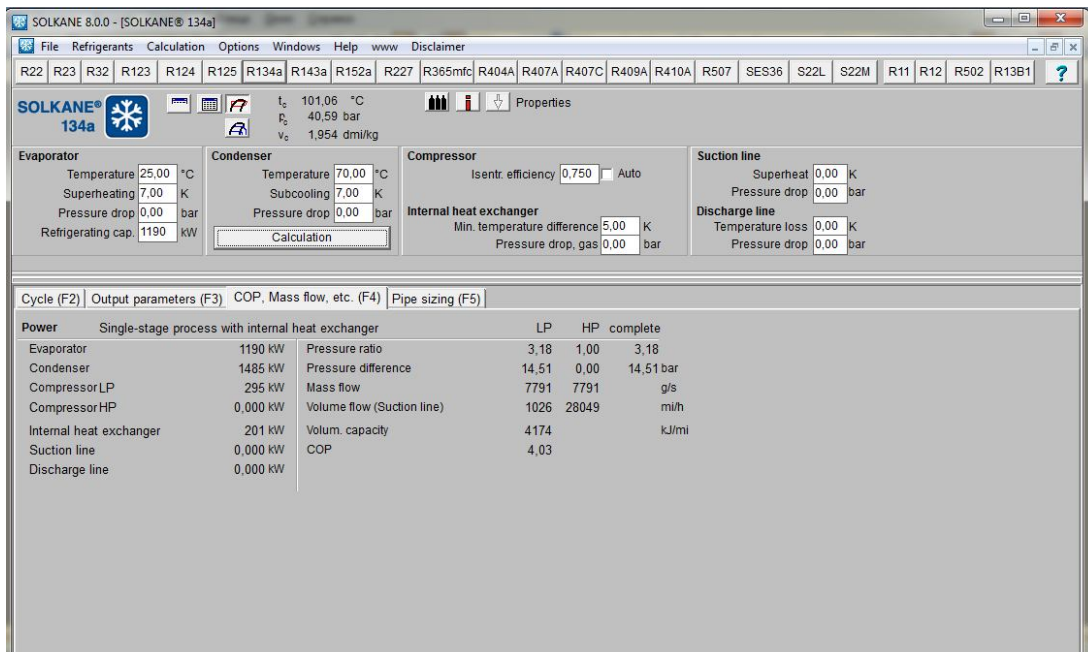


Рисунок 2.13 – Обчислені показники ефективності термодинамічного циклу

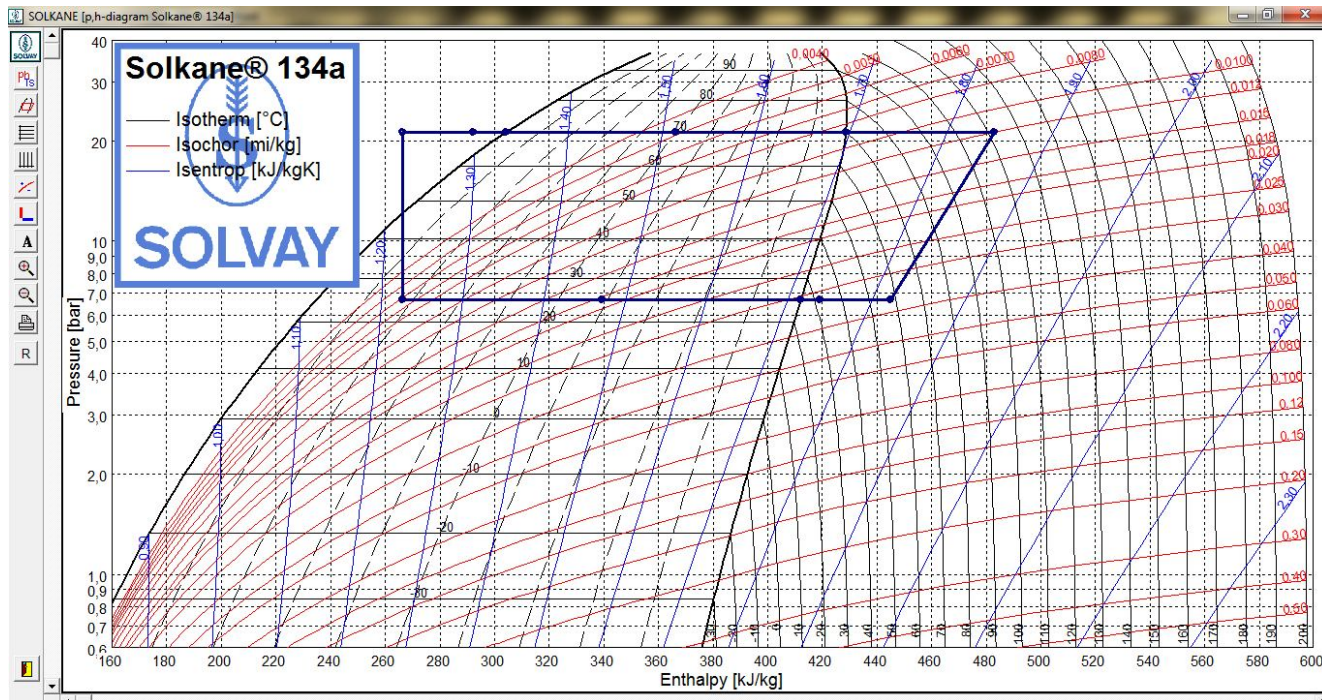


Рисунок 2.14 – Побудова циклу ТНУ у Р-h діаграмі в SOLKANE SoftWare 8.0

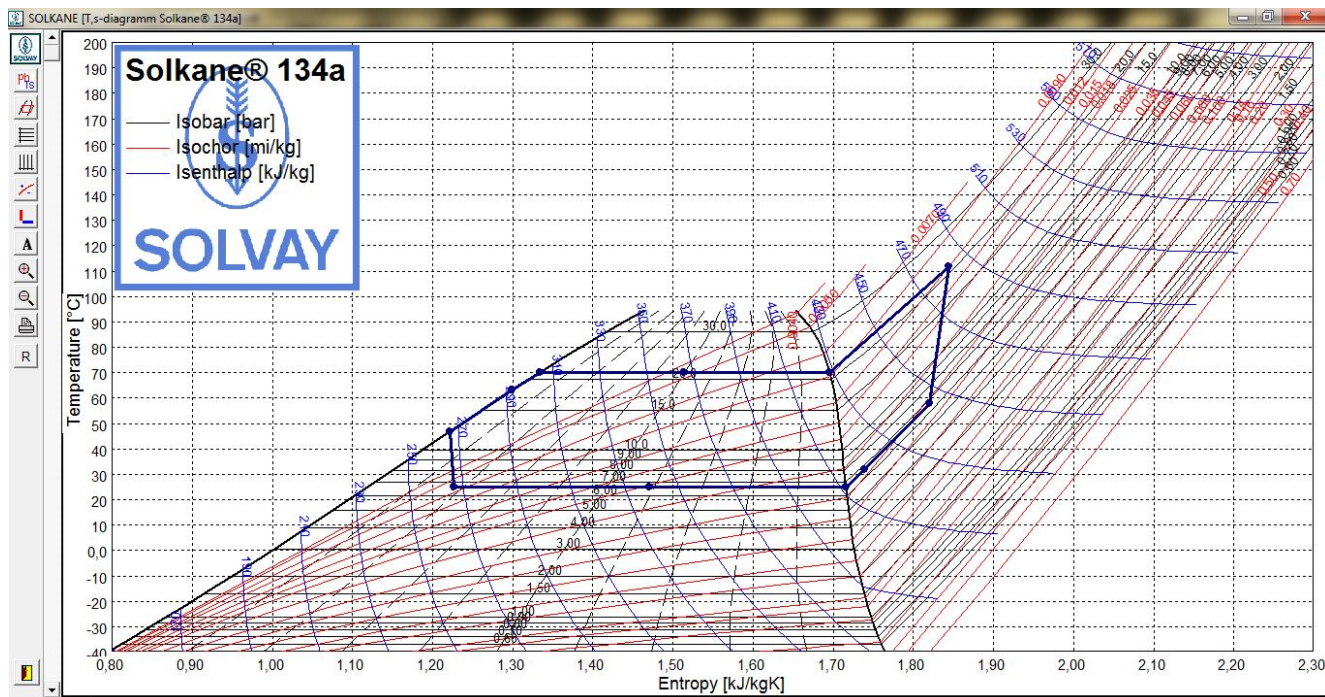


Рисунок 2.15 – Побудова циклу ТНУ у T-s діаграмі в SOLKANE SoftWare 8.0

Було здійснено моделювання роботи ТНУ в тепловій схемі котельні в програмі SOLKANE SoftWare 8.0..

Результати виконаних досліджень показані на рис. 2.16 – 2.21.

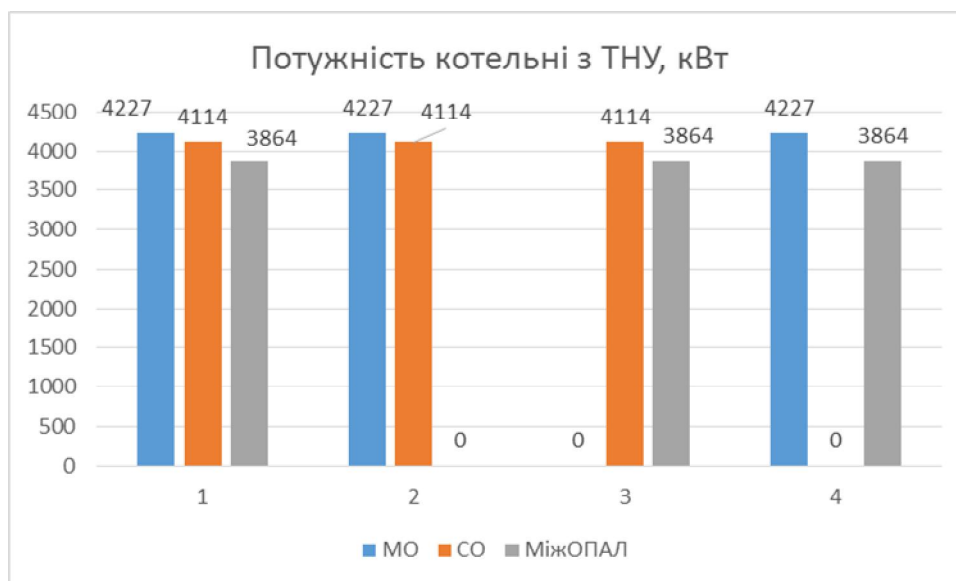


Рисунок 2.16 – Результати моделювання показників котельні з ТНУ

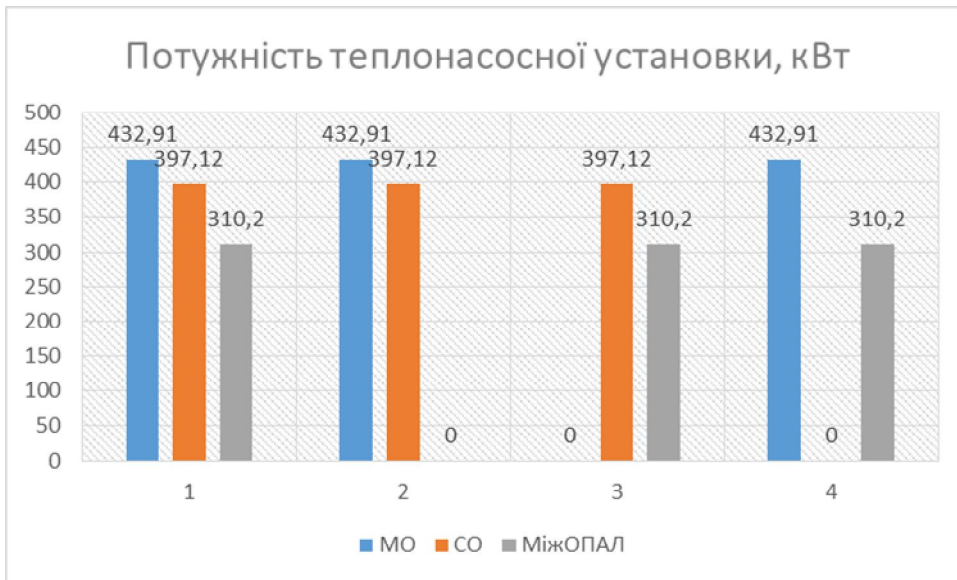


Рисунок 2.17 – Результати моделювання з визначення потужності теплонасосної установки

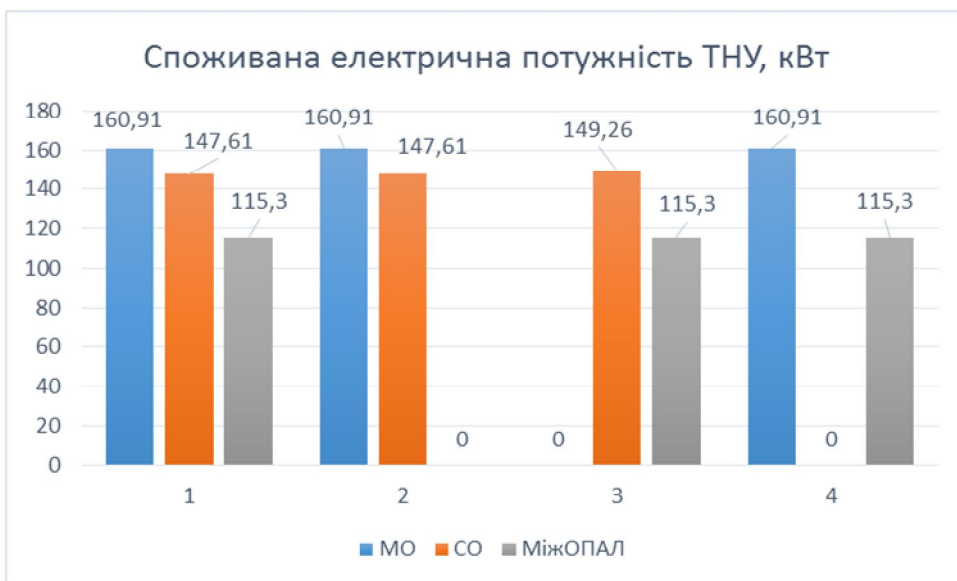


Рисунок 2.18 – Результати моделювання з визначення споживаної електричної потужності ТНУ

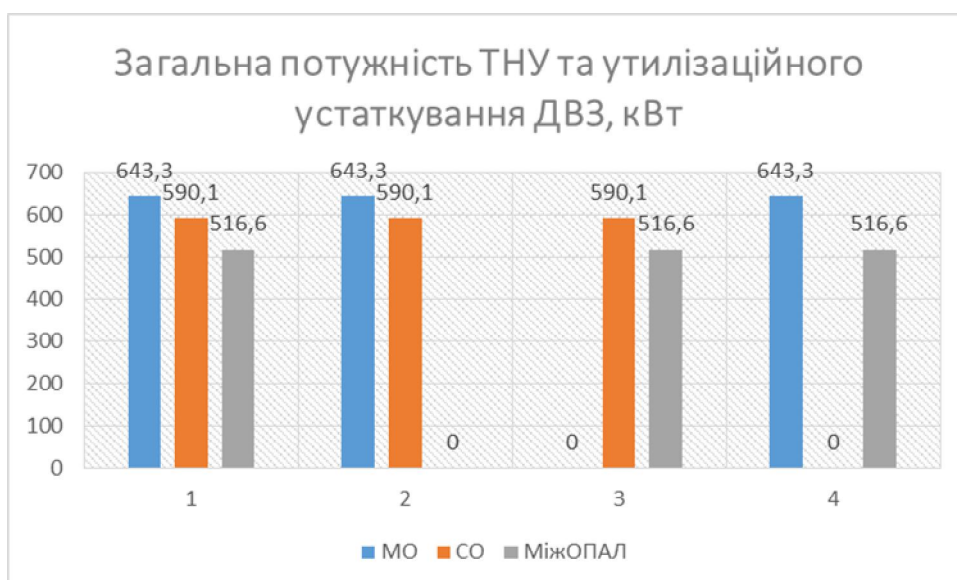


Рисунок 2.19 – Результати моделювання з визначення загальної потужності ТНУ та утилізаційного устаткування ДВЗ



Рисунок 2.20 – Результати моделювання з визначення зачень економії робочого палива для варіантів застосування ТНУ та режимів роботи, %

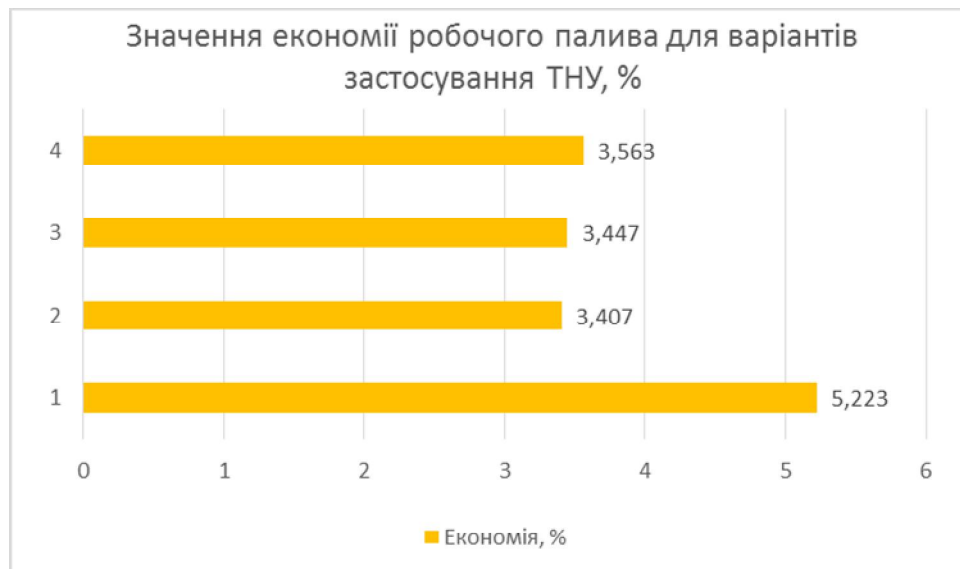


Рисунок 2.21 – Результати моделювання з визначення значень економії робочого палива для варіантів застосування ТНУ, %

Висновки

За результатами виконаних багатоваріантного аналізу та техніко-економічного обґрунтування нами визначено, що застосування ТНУ в схемі котельні заводу «Оболонь» зумовить економію 5,797 млн. грн. та буде забезпечено зниження собівартості виробленої котельнею теплоти. Капіталовкладення в нове обладнання для теплової схеми котельні з ТНУ будуть становити 20,597 млн. грн., термін окупності цього варіанту буде 3,55 року.

Було здійснено моделювання роботи ТНУ в тепловій схемі котельні в програмі SOLKANE SoftWare 8.0..

3 РОЗРАХУНОК ПОКАЗНИКІВ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ КОТЕЛЬНОЇ З ТНУ

3.1 Розрахунок контактної утилізатора теплоти

Результати розрахунку з визначення потужності контактної утилізатора теплоти відхідних газів котельні для ТНУ в трьох режимів роботи, проведеного за методикою з [16], узагальнені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Результати розрахунку потужності утилізатора

Показник	Позначення	Формула	Режим роботи		
			МО	СО	МіжО ПАЛ
Витрата робочого палива котельнею, м ³ /с	V_p	Приймаємо часткову утилізацію	0,1306	0,1269	0,1306
Потужність утилізатора теплоти відхідних газів котельні, МВт	$Q_{ут}$	$Q_{ут} = C_p \cdot (t_{вг} - t'_{вг}) \cdot 0,001$	0,040	0,007	0,040
Потужність за рахунок конденсації водяних парів, МВт	Q_k	$Q_k = \Gamma_{H_2O} \cdot 1,5 \cdot (2500 \times 2,33 \cdot t_{вг}) \cdot V_p \cdot 0,001$	0,232	0,243	0,232
Загальна потужність утилізаторів, МВт	$Q_{заг. ут}$	$Q_{заг. ут} = Q_{ут} + Q_{оп}$	0,272	0,250	0,272
Масова витрата води через утилізатор, кг/с	$G_{ут}$	$G_{ут} = Q_{заг. ут} \cdot 1000 / ((t_1 - t_2) \cdot 4,19)$	0,143	0,023	0,143

Результати розрахунку з визначення потужності контактної утилізатора теплоти відхідних газів котельні для ТНУ в трьох режимів роботи, проведеного за методикою з [16], узагальнені в табл. 3.1.

3.2 Розрахунок теплонасосної установки

Результати розрахунку циклу парокомпресійної теплонасосної установки на холодоагенті R134a, в програмі SOLKANE SoftWare 8., а також виконані за методикою з [17 – 19], показані в таблиці 3.2

Таблиця 3.2 – Результати розрахунку теплонасосної установки

Показник	Позначення	Формула	Періоди роботи ТНУ		
			МО	СО	МіжОПАЛ
Робочий теплоперепад, кДж/кг	H_p	$H_p = \frac{H_a}{\eta_{oi}^{KM}}$	53,33	53,33	53,33
Питома теплота, яка відводиться з конденсатора, кДж/кг	q_k	$q_k = h_2 - h_3$	166,33	166,33	166,33
Питома теплота, яка підводиться у випарник, кДж/кг	q_b	$q_b = h_1 - h_4$	93	93	93
Теплова потужність ТНУ, кВт	Q_k	Задається	432,91	397,12	397,12
Витрата холодоагента, кг/с	G_{xa}	$G_{xa} = \frac{Q_k}{q_k \cdot \eta_{то}}$	2,87	2,63	2,63
Коефіцієнт перетворення	φ	$\varphi = \frac{Q_k}{N_{KM}}$	2,69	2,69	2,69
Потужність компресора, кВт	N_{KM}	$N_{KM} = \frac{G_{xa} \cdot H_p}{\eta_{EM}}$	160,91	147,61	147,61
Потужність випарника, кВт	Q_b	$Q_b = Q_k - N_{KM}$	272	249,51	249,51
Витрата води у випарнику, кг/с	G_b	$G_b = \frac{Q_b}{C_p \cdot (t'_b - t''_b) \cdot \eta_{то}}$	4,416	4,051	4,051
Витрата води в конденсаторі, кг/с	G_k	$G_k = \frac{Q_k}{C_p \cdot (t_{THU} - t_{3B})}$	15,49	14,21	14,21

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

3.3 Розрахунок утилізаційних потужностей газового двигуна внутрішнього згорання

Результати розрахунку утилізаційних потужностей газового двигуна внутрішнього згорання, проведеного за методикою з [17-19] зведені до таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Результати розрахунку утилізаційних потужностей газового двигуна

Показник	Позначення	Формула	МО	СО	Між-ОПАЛ
Електрична потужність ДВЗ, МВт	$N_{\text{ДВЗ}}$	З розрахунку ТНУ	0,162	0,149	0,162
Витрата робочого палива (газу), м ³ /с	$V_p^{\text{д}}$	$V_p^{\text{д}} = \frac{V_y^{\text{д}} \cdot Q_{\text{нУ}}^{\text{р}}}{Q_{\text{н}}^{\text{р}}}$	0,013	0,012	0,012
Масова витрата відхідних газів після ДВЗ, кг/с	$G_{\text{вг}}$	$G_{\text{вг}} = V_p^{\text{д}} \cdot M_{\text{сум}}$	0,326	0,299	0,299
Теплова потужність утилізатора відхідних газів, кВт	$Q_{\text{ут}}$	$Q_{\text{ут}} = G_{\text{вг}} \cdot C_{\text{р}} \cdot (t_{\text{д}} - t_{\text{ут}}) \cdot \eta_{\text{то}}$	120	110	110
Теплова потужність системи охолодження, кВт	$Q_{\text{ох}}$	$Q_{\text{ох}} = 0,2 \cdot V_p^{\text{д}} \cdot Q_{\text{н}}^{\text{р}} \cdot \eta_{\text{то}}$	90	83	83
Теплова потужність теплоутилізаційного устаткування, кВт	$\Sigma Q_{\text{ут}}$	$\Sigma Q_{\text{ут}} = Q_{\text{ут}} + Q_{\text{ох}}$	210	193	193
Масова витрата води в утилізаторі	$G_{\text{ут}}$	$G_{\text{ут}} = \frac{Q_{\text{ут}}}{C_p \cdot (t_2 - t_1)}$	0,002	0,002	0,002

Результати розрахунку утилізаційних потужностей газового двигуна внутрішнього згорання, проведеного за методикою з [17-19] зведені до таблиці 3.3.

3.4 Підбір обладнання для обраного варіанту модернізації. Розробка технології монтажу обладнання

Для обраного варіанту схеми котельні з ТНУ підбираємо нове обладнання..
Вибираємо з [20] тепловий насос виробництва OCHSNER, серії IWWS460ER2, марки W10/W35 з розрахунковою теплопродуктивністю 461,1 кВт.

Встановлюємо КТАН-утилізатор марки КТАН-0,8УГ, розрахункова теплопродуктивність 0,1-1 МВт [21].

Вибираємо з [22], генератор газовий Generac SG 300 номінальної потужності 240 кВт.

В БДР розроблено технологію монтажу теплообмінника пластинчастого, що працюватиме в контурі випарника теплового насосу, розрахунки проведено з використанням літературних джерел [23 - 32], результати цих розрахунків показані в Додатку В.

Висновки

Для обраного варіанту модернізованої схеми з ТНУ виконано необхідні розрахунки та підбрано нове обладнання. В БДР розроблено технологію монтажу теплообмінника пластинчастого, що працюватиме в контурі випарника теплового насосу, розрахунки проведено з використанням літературних джерел [23 - 32], результати цих розрахунків показані в Додатку В.

4 РЕЗУЛЬТАТИ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ КОТЕЛЬНІ З ТНУ

4.1 Розрахунок та оцінка енергетичної ефективності теплової схеми котельні з ТНУ

Результати оцінки ефективності роботи теплової схеми котельні з ТНУ (за методикою з [17-19]), 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
1	2	3	4	5	6	7
Теплова потужність котельні	Q_k	кВт	$Q_k = G_k \cdot c_v \cdot (t_k'' - t_k') \cdot 10^{-3}$	4227	4114	3864
Витрата робочого палива на котел	V_{pk}	м ³ /с	$V_{pk} = Q_k / (Q_H^p \cdot \eta_k)$	0,0563	0,0549	0,0469
Загальна потужність ТНУ та утилізаторів ДВЗ	ΣQ	МВт	За попередніми розрахунками	643,3	590,1	516,6
Витрата робочого палива на ДВЗ	$V_{двз}$	м ³ /с	За попередніми Розрахунками	0,1351	0,1315	0,1235
Загальна витрата палива на котельню	V_3	м ³ /с	$V_3 = V_k + V_{двз}$	0,1475	0,1429	0,1324
Економія палива за рахунок модернізації	ΔB	%	$\Delta B = \frac{V_{існ} - V_3}{V_{існ}} \cdot 100\%$	5,243	4,979	5,447
Середньорічна економія палива	$\Delta B_{річ}^{серд}$	%		5,223		

Результати оцінки ефективності роботи теплової схеми котельні з ТНУ (за методикою з [17-19]), представлені в табл. 4.1.

4.2 Аналіз економічної ефективності варіанту модернізації

Аналіз економічної ефективності варіанту модернізації теплової схеми котельні проведено за методикою з джерел [17-19, 33-35], результати наведені в табл. 4.2 та на рис. 4.1 – 4.4

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

Показник	Позначення	Одиниця вимірювання	Формула	Значення
Інші витрати до модернізації	$C_{інші}$	грн/рік	$C_{інші} = 0,06 \cdot (C_{п} + C_{ел} + C_{в} + C_{з.п.})$	8092735
Інші витрати після модернізації	$C_{інші}^M$	грн/рік	$C_{інші}^M = 0,06 \cdot (C_{п}^M + C_{ел}^M + C_{в}^M + C_{ам} + C_{з.п.} + C_{пр})$	7764610
Експлуатаційні витрати до модернізації	C_e	грн/рік	$C_e = C_{п} + C_{ел} + C_{в} + C_{з.п.} + C_{інші}$	142971658
Експлуатаційні витрати після модернізації	C_e^M	грн/рік	$C_e^M = C_{п}^M + C_{ел}^M + C_{в}^M + C_{ам} + C_{з.п.} + C_{пр} + C_{інші}^M$	137174781
Зменшення експлуатаційних витрат	ΔC_e	грн/рік	$\Delta C_e = C_e - C_e^M$	5796877
Собівартість відпущеної теплоти	$СВ_{неמוד}$	грн/ГДж	$СВ_{неמוד} = C_e / Q_{річ}$	993,07
Собівартість відпущеної теплоти після модернізації	$СВ_{мод.}$	грн/ГДж	$СВ_{мод.} = C_e^M / Q_{річ}$	952,80
Економічна ефективність	$E_{ф}$	млн. грн/рік	$E_{ф} = (СВ_{неמוד.} - СВ_{мод.}) \cdot Q_{річ.}$	5796877
Термін окупності	T	рік	$T = K_{н.о.} / E_{ф}$	3,55

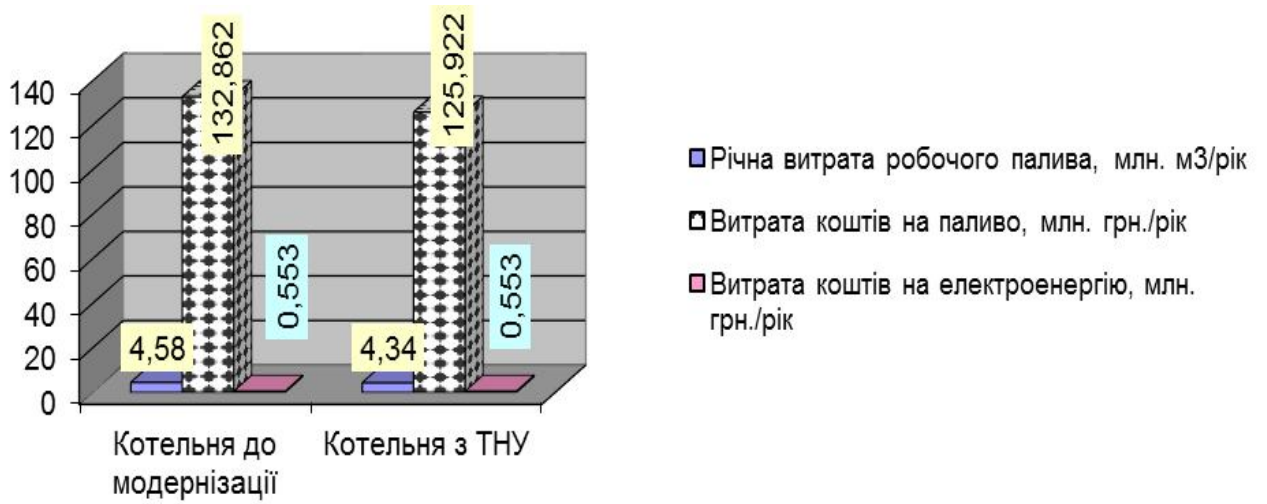


Рисунок 4.1 – Показники економічної ефективності

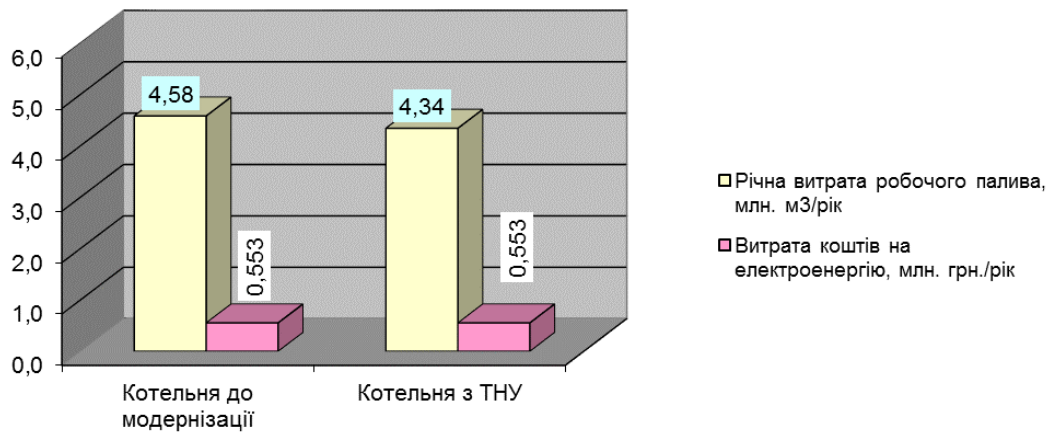


Рисунок 4.2 – Показники економічної ефективності

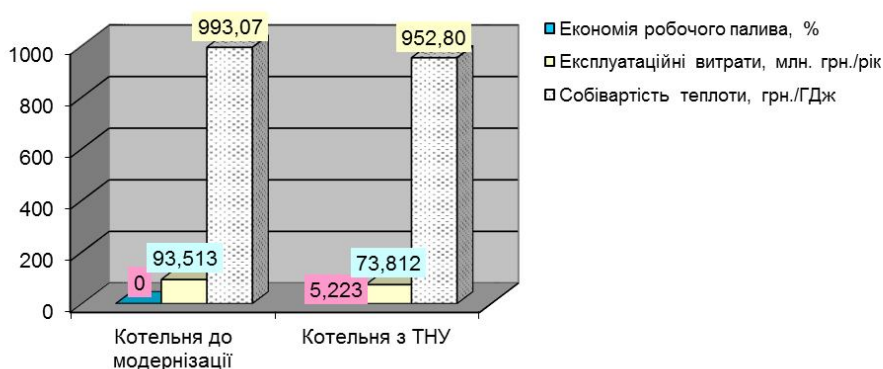


Рисунок 4.3 – Показники економічної ефективності

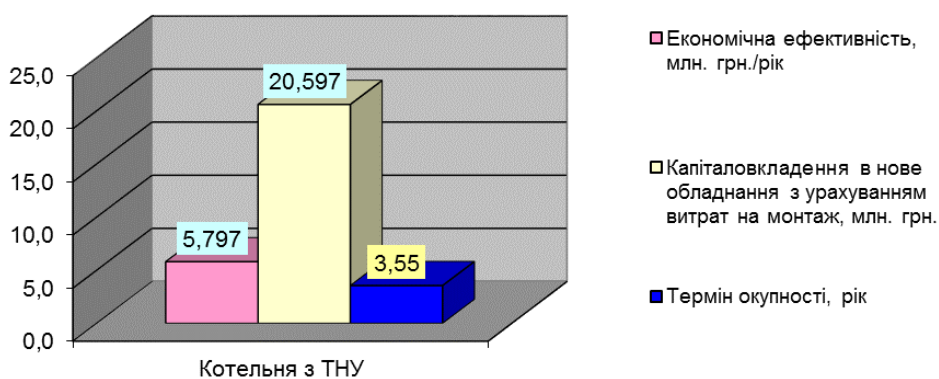


Рисунок 4.4 – Показники економічної ефективності

Висновки

За результатами економічного аналізу нами визначено, що застосування ТНУ в схемі котельні заводу «Оболонь» зумовить економію 5,797 млн. грн. та буде забезпечено зниження собівартості виробленої котельнею теплоти. Капіталовкладення в нове обладнання для теплової схеми котельні з ТНУ будуть становити 20,597 млн. грн., термін окупності цього варіанту буде 3,55 року.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

В бакалаврській роботі розробляються заходи з охорони праці в процесі роботи парокompресійної теплонасосної установки в тепловій схемі котельні заводу "Оболонь".

Під час робіт у котельні необхідно передбачаються заходи із запобігання впливу на працівників небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

Фізичні: підвищена та понижена температура повітря робочої зони, рухливість повітря, вологість повітря; підвищена запиленість повітря робочої зони, температура поверхонь обладнання; недостатня освітленість робочої зони та природного освітлення; небезпечний рівень напруги в електричному колі; підвищений рівень шуму та вібрації на робочому місці рухомі машини і механізми; незахищені рухомі елементи виробничого обладнання; тощо.

Психофізіологічні: фізичні перевантаження (динамічні); нервово–психічні перевантаження (монотонність праці, емоційні перевантаження, перенапруга аналізаторів).

Технічні рішення щодо безпечної експлуатації об'єкта.

Технічні рішення щодо безпечної організації робочих місць.

Раціональне планування робочого місця має забезпечувати: найкраще розміщення знарядь і предметів праці, не допускати загального дискомфорту, зменшувати втомлюваність працівника, підвищувати його продуктивність праці. Площа робочого місця має бути такою, щоб працівник не робив зайвих рухів і не відчував незручності під час виконання роботи. Важливо мати також можливість змінити робочу позу, тобто положення корпусу, рук, ніг. Доцільно виключати або мінімізувати всі фізіологічно неприродні і незручні положення тіла.

Так як оператор котельні має пряме відношення до контрольно-вимірювальних приладів, щитів, систем ЕОМ, то необхідно враховувати також гігієнічні вимоги, які визначають умови життєдіяльності і працездатності людини у процесі взаємодії з технікою і середовищем; показниками яких є рівень освітлення,

температура, вологість, шум, вібрація, токсичність, загазованість тощо.

Антропометричні вимоги визначають відповідність конструкцій техніки антропометричним характеристикам людини (зріст, розміри тіла та окремі рухові ланки). Показниками є раціональна робоча поза, оптимальні зони досягнення, раціональні трудові рухи.

Фізіологічні та психофізіологічні вимоги визначають відповідність техніки і середовища можливостям працівника щодо сприйняття, переробки інформації, прийняття і реалізації рішень.

Безпечність технологічного обладнання та процесу. Основними вимогами безпеки, що ставляться до конструкцій машин та механізмів, є безпека для здоров'я та життя людей, надійність та зручність експлуатації. Безпека виробничого обладнання забезпечується:

- вибором безпечних принципів дії, конструктивних схем, елементів конструкції;
- використанням засобів механізації, автоматизації та дистанційного керування; – застосуванням в конструкції засобів захисту;
- дотриманням ергономічних вимог;
- включенням вимог безпеки в технічну документацію з монтажу, експлуатації, ремонту та транспортування і зберігання обладнання;
- застосуванням в конструкції відповідних матеріалів.

Небезпечні зони виробничого обладнання (рухомі вузли, елементи з високою температурою тощо) як потенційні джерела небезпеки травматизму повинні бути огорожені відповідно до Державного реєстру нормативно-правових актів з охорони праці, а також теплоізовані або розміщені в місцях, що виключають контакт з ними персоналу.

Зажимні, вантажно-захоплювальні та вантажно-підіймальні пристрої, тощо повинні виключати можливість виникнення небезпеки при раптовому відключенні електроенергії, а також самовільну зміну стану цих пристроїв при відновленні енергоживлення.

В разі потреби, виробниче обладнання повинно бути пожежовибухобезпечним та не накопичувати зарядів статичної електрики в небезпечних для працюючих кількостях.

Виробниче обладнання, робота якого супроводжується виділенням шкідливих речовин чи організмів або пожежо- та вибухонебезпечних речовин, повинно включати у себе вмонтовані пристрої для локалізації цих виділень. За відсутності таких пристроїв, в конструкції обладнання мають бути передбачені місця для підключення автономних пристроїв локалізації виділень. За необхідності згадані пристрої мають бути виконані з урахуванням чинних вимог щодо стану повітря робочої зони та захисту довкілля.

Якщо виробниче обладнання є джерелом шуму, ультра та інфразвуку, вібрації, виробничих випромінювань (електромагнітних, лазерних тощо), то воно повинно бути виконано таким чином, щоб дія на працюючих перерахованих шкідливих виробничих факторів не перевищувала меж, встановлених відповідними чинними нормативами. Виробниче обладнання повинно бути забезпечене місцевим освітленням, виконаним відповідно до вимог чинних нормативів з урахуванням конкретних виробничих умов, якщо його відсутність може спричинювати перенапруження органів зору або інші небезпеки, пов'язані з експлуатацією цього обладнання.

Однією із складових безпеки виробничого обладнання є конструкція робочого місця, його розміри, взаємне розміщення органів управління, засобів відображення інформації, допоміжного обладнання тощо. Розробляючи конструкції робочого місця.

Електробезпека

На підприємстві прокладена трифазна чотири провідна електромережа з глухозаземленим нульовим проводом. Категорія умов із безпеки електротравматизму – без підвищеної небезпеки, тому що на робочих місцях немає факторів підвищеної та особливої небезпеки.

Основними мірами по захисту від ураження електричним струмом в проекті передбачено:

- забезпечення недоступності струмоведучих частин для випадкового доторкання;
- використання ізоляції струмоведучих частин (вид ізоляції – робоча);
- використання методів колективного захисту від ураження електричним струмом: захисного заземлення, занулення та автоматичного відключення;
- періодична перевірка опору заземлення (4 Ом);
- контроль та профілактика пошкоджень ізоляції.

Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії.

Мікроклімат.

Параметри мікроклімату в приміщенні котельні, повино бути комфортним та достатнім для категорії робіт Пб, до якої відносять роботи у котельні згідно з [36].

Основні параметри метеоумов наведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Нормування параметрів мікроклімату

Період року	Категорія робіт	Температура, °С	Відносна вологість	Швидкість руху
Теплий	Пб	17-22	70 при 25°С	0,2-0,5
Холодний	Пб	15-21	не більш 75	не більш 0,4

Для забезпечення потрібних за нормативами параметрів мікроклімату проектом передбачено: відповідно до періоду року та при роботах а приміщеннях обігрів будівлі та додаткові обігрівачі чи кондиціонери окремих приміщень залежно від напряму застосування.

Склад повітря робочої зони

В умовах, що розглядаються в проекті можливими забруднювачами повітря можуть бути частинки незгорілого палива; окисли азоту NO та NO₂; окисли сірки; сажа С; зола; продукти неповного згорання; канцерогенні речовини [36].

Концентрація шкідливих речовин у повітрі робочої не повинна перевищувати ГДК. Характерні забруднюючі речовини для виробничого приміщення наведенні в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 - Характерні забруднюючі речовини для приміщення

Найменування речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньодобова	
пил нетоксичний	0,5	0,15	4

За допомогою вентиляції зменшується або ліквідується запиленість, загазованість повітря; забезпечується збереження будівельних конструкцій та устаткування, які при значному вмісті пилу, газів, парів та вологи в повітрі передчасно руйнуються та виходять з ладу.

Виробниче освітлення

Характеристика зорових робіт – середньої точності.

Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 [37] розряд зорової роботи IV, підрозряд «г».

Природне освітлення пропонується бокове та на верхніх поверхах верхнє. Штучне освітлення в будівлі проектується загальне, за якого світильники розміщуються рівномірно у верхній зоні приміщення (загальне рівномірне освітлення). Нормовані значення виробничого освітлення наведені в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Вимоги до освітлення в приміщеннях

Х-ка зорової роботи	Найменш ий або еквівален т- ний розмір об'єкта розрізнен ня, мм	Розряд зорової роботи	Під- розряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Х-ка фону	Штучне при системі комбіновано о освітлення		Природ не Ен пр	Суміс не Е сум
						всього	у т. ч. від загально го		
Середнь ої точності	Від 0,5 до 1,0 включно	IV	г	середні й велики й велики й	світлий світлий середні й	-	200	4	2,4

Основна задача освітлення на виробництві - створення найсприятливіших умов праці щодо зору. Це завдання можна вирішити тільки освітлювальною системою, яка задовольняє наступним вимогам:

- освітленість на робочому місці має відповідати санітарно-гігієнічним нормам;
- має бути досить рівномірним розподіл яскравості-на робочій поверхні, а також у межах оточуючого простору, яскравість не може відрізнятись більш ніж у 3-5 разів;
- у полі зору не має бути прямої і відбитої блискучості (підвищена яскравість світлових поверхонь, що викликає засліплення);
- значення освітленості (чи світлового потоку) має бути постійною в часі (порушується при коливанні напруги в мережі, пульсації світлового потоку, затемненні світлових отворів тощо);

– слід вибирати оптимальну спрямованість світлового потоку і необхідний спектральний склад світла (розпізнання рельєфа поверхні та правильної кольоропередачі, кольоророзпізнання);

– всі елементи освітлювальних установок мають бути довговічними, електро- і пожежобезпечними.

Виробничий шум

Джерелами шуму [38], що розглядаються в роботі, для працівників є шум обладнання і компресорних установок. Допустимі рівні звукового тиску і рівні звуку для постійного (непостійного) широкосмугового (тонального) шуму наведено в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 Допустимі рівні звукового тиску і рівні звуку для постійного (непостійного) широкосмугового (тонального) шуму

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах зі середньгеометричними частотами (Гц)									Допустимий рівень звуку, дБА
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Основні виробничі приміщення	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Для забезпечення допустимих параметрів шуму (поліпшення шумового клімату) в приміщенні проектом передбачено:

- раціональне розташування робочих місць;
- постійний контроль режиму праці і відпочинку працівників;
- обмеження застосування обладнання та використання робочих місць, що не відповідають санітарно-гігієнічним вимогам.

Технічні рішення з пожежної безпеки

Будівля, в якій розташовані ці приміщення, характеризується III ступенем вогнестійкості. До III ступеня вогнестійкості відносяться будинки з несучими та огорожувальними конструкціями з природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону, залізобетону. До елементів покриттів не висуваються вимоги щодо межі вогнестійкості, поширення вогню, при цьому елементи горищного покриття з деревини повинні мати вогнезахисну обробку. Пожежну безпеку промислових і інших об'єктів регламентують НАПБ А.01.001-14 «Правила пожежної безпеки в Україні» [39]. Типові правила пожежної безпеки для промислових підприємств і інструкції на окремих об'єктах.

Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій та максимальні межі поширення вогню по них за [40] наведено в таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 – Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій та максимальні межі поширення вогню по них

Ступінь вогнестійкості будинків	Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвиликах) і максимальні межі поширення вогню по них (см)								
	стіни				коло-ни	сходові площадки, костури, сходи, балки, марші сходових кліток	перекрыття між поверховими горищними підвалами	елементи суміщених покриттів	
	несучі та сходових кліток	само-несучі	зовнішні не-несучі	внутрішні не-несучі (перегородки)				пли-ти, насти-ли, прого-ни	балк и, ферм и, арки, рами
III	REI 120 M0	REI 60 M0	E 15 M0	E1 15 M1	R 120 M0	R 60 M0	REI 45 M1	Не нормуються	

Протипожежні перешкоди і мінімальні межі їх вогнестійкості за [40] наведено в таблиці 5.6.

Таблиця 5.6 – Протипожежні перешкоди та мінімальні межі їх вогнестійкості

Протипожежні перешкоди	Типи протипожежних перешкод або їх елементів	Мінімальна межа вогнестійкості протипожежної перешкоди (у хвиликах)	Тип заповнення прорізів, не нижче	Тип протипожежного тамбуршлюзу, ненижче
Стіни	2	REI 60	2	1
Перегородки	2	EI 15	3	2
Перекриття	2	REI 60	2	1

Протипожежні відстані від житлових, громадських, адміністративно-побутових будинків промислових підприємств необхідно приймати за таблицею 5.7 (знаменник).

Таблиця 5.7 - Протипожежні відстані між житловими, громадськими, адміністративно-побутовими будинками промислових підприємств

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

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.

ВИСНОВКИ

В бакалаврській дипломній роботі запропоновано низку заходів із забезпечення енерго- та ресурсозбереження, а також поліпшення техніко-економічних показників роботи теплової схеми котельні заводу «Оболонь» шляхом встановлення парокompресійної теплонасосної установки. Забезпечене зниження енерго- та ресурсоємності вироблення теплоти в котельні заводу «Оболонь» шляхом встановлення парокompресійної ТНУ.

За результатами проведеного багатоваріантного аналізу ефективності варіантів модернізації було обрано варіант застосування парокompресійної ТНУ з приводом від газопоршневого двигуна, що працює на природному газі. Як джерело низькотемпературної теплоти для ТНУ буде використана теплота від контактного утилізатора теплоти газів котла. Цей варіант модернізації теплової схеми промислово-опалювальної парової котельні заводу «Оболонь» був обраний до проектування.

За результатами виконаних багатоваріантного аналізу та техніко-економічного обґрунтування нами визначено, що застосування ТНУ в схемі котельні заводу «Оболонь» зумовить економію 5,797 млн. грн. та буде забезпечено зниження собівартості виробленої котельнею теплоти. Капіталовкладення в нове обладнання для теплової схеми котельні з ТНУ будуть становити 20,597 млн. грн., термін окупності цього варіанту буде 3,55 року.

Було здійснено моделювання роботи ТНУ в тепловій схемі котельні в програмі SOLKANE SoftWare 8.0..

Для обраного варіанту схеми котельні з ТНУ підібрано нове обладнання:

- тепловий насос виробництва OCHSNER, серії IWWS460ER2, марки W10/W35 з розрахунковою теплопродуктивністю 461,1 кВт;
- КТАН-утилізатор марки КТАН-0,8УГ, розрахункова теплопродуктивність 0,1-1 МВт;
- генератор газовий Generac SG 300 номінальної потужності 240 кВт.

В БДР розроблено технологію монтажу теплообмінника пластинчастого, що працюватиме в контурі випарника теплового насосу.

За результатами економічного аналізу нами визначено, що застосування ТНУ в схемі котельні заводу «Оболонь» зумовить економію 5,797 млн. грн. та буде забезпечено зниження собівартості виробленої котельнею теплоти. Капіталовкладення в нове обладнання для теплової схеми котельні з ТНУ будуть становити 20,597 млн. грн., термін окупності цього варіанту буде 3,55 року.

Проаналізовано заходи з охорони праці.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Теплові насоси. Міфи та реальність. URL: <https://romstal.ua/uk/info/378-terplovni-nasosy-mify-i-realnist> (Дата звертання 05.06.23).
2. REPowerEU – що це означає для теплових насосів і що далі? URL: https://www.ehpa.org/2022/06/17/ehpa_news/by-jozefien-vanbecelaere-head-of-eu-affairs-european-heat-pump-association/ (Дата звертання 05.06.23).
3. Котли, що працюють на викопному паливі: сектор теплових насосів підтримує поступове виведення з експлуатації до 2029 року. URL: https://www.ehpa.org/2023/06/09/ehpa_news/fossil-fuel-boilers-heat-pump-sector-supports-2029-phase-out/ (Дата звертання 05.06.23).
4. 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)
5. 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).
6. 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).
7. 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/
8. Ткаченко С. Й., Чепурний М. М., Степанов Д. В. Розрахунки теплових схем і основи проектування джерел теплопостачання : навч. посіб. Вінниця: ВНТУ, 2005. 137 с.
9. 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.

10. 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.

11. 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 05.06.23).

12. European Environment Agency. URL: <https://www.eea.europa.eu/> (Дата звертання 05.06.23).

13. 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.

14. 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.

15. SOLKANE Refrigerants 8.0. URL: <https://solkane-refrigerants.software.informer.com/8.0/> (Дата звертання 05.06.23).

16. Технические решения по использованию утилизаторов в котельных. URL: <http://www.norm-load.ru/SNiP/Data1/41/41822/index.htm>. (Дата звертання 05.06.23).

17. Ткаченко С. Й., Остапенко О. П. Парокомпресійні теплонасосні установки в системах теплопостачання: монографія. Вінниця : УНІВЕРСУМ – Вінниця. 2009. 176 с.
18. Остапенко О. П. Холодильна техніка та холодильна технологія. Теплові насоси : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2015. 123 с.
19. 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://praci20>
20. Газопоршневі двигуни. URL : <http://220volt.com.ua/generatory/generac> (Дата звертання 15.05.23).
21. Промислові теплові насоси. URL: <https://www.geoteplo.com.ua/ua/katalog/catalogochsnere/heating/119industrie.html> (Дата звертання 15.05.23).
22. Контактний утилізатор КТАН-0,8УГ. URL: <http://goct.info/Data1/41/41822/index.htm>. (Дата звертання 15.05.23)
23. 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.
24. Теплоенергетичне обладнання ОПЕКС. URL: <https://opeks.energy.ua/plastinchastij-teploobminnik-thermaks-rta-gx-26/> (Дата звертання 05.06.23).
25. ДБН Д.2.4-15-2000 Збірник 20. Внутрішні сантехнічні роботи. Київ: Держстандарт України, 1999. 107 с.
26. ДБН Д.2.3-12-99. Збірник 12. Технологічні трубопроводи. Київ: Держстандарт України, 2000. 46 с.
27. 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.
28. Вантажні автомобілі. Каталог. URL: <http://interdalnoboy.com/gruzoviki/zil>. (Дата звертання 05.06.23).
29. Каталог кранів на спец шассі URL: <http://promspectehcentr.ru/krany>. (Дата звертання 05.06.23).

30. Каталог обладнання для електричного зварювання URL: <https://dnipro-m.ua/uk/svarochnoe-oborudovanie/apparat-invertor-sab/>. (Дата звертання 05.06.23).
31. Перфоратори. URL: <https://rozetka.com.ua/makita> (Дата звертання 05.06.23).
32. Кутові шліфмашини URL: <https://rozetka.com>. (Дата звертання 05.06.23).
33. Каталог будівельних машин і інструментів URL: <http://powertools.co.nz>. (Дата звертання 05.06.23).
34. 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.
35. 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 05.06.23).
36. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972> (Дата звертання 05.06.23).
37. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885 (Дата звертання 05.06.23).
38. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. URL: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html> (Дата звертання 05.06.23).
39. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. URL: http://www.poliplast.ua/doc/dbn_v.1.1-7-2002..pdf (Дата звертання 05.06.23).

40. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_v_1_1_36/5-1-0-1759 (Дата звертання 05.06.23).

Додатки

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Парокомпресійна теплонасосна установка в тепловій схемі
котельні заводу «Оболонь»

Тип роботи: бакалаврська дипломна робота
(БДР, МКР)

Відділ кафедра теплоенергетики, факультет будівництва, цивільної та
екологічної інженерії
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Unicheck

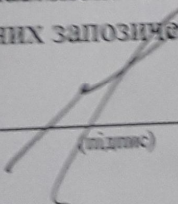
Оригінальність 72,5%

Схожість 27,5%

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)

Сич Д. С.

(прізвище, ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Остапенко О.П.

(прізвище, ініціали)

Додаток Б
(обов'язковий)

УЗГОДЖЕНО

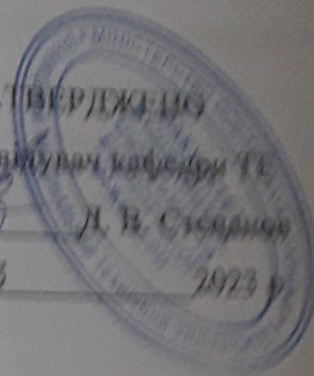
2023 р.

ЗАТВЕРДЖЕНО

Завідувач кафедри ТТ

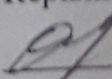
Д. В. Сисадим

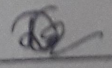
“ 23 ” 03 2023 р.



ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ
до бакалаврської дипломної роботи
ПАРОКОМПРЕСІЙНА ТЕПЛОАСОСНА УСТАНОВКА В ТЕПЛОВІЙ СХЕМІ
КОТЕЛЬНИ ЗАВОДУ «ОБОЛОНЬ»

за спеціальністю
144 – теплоенергетика
08-15.БДР.007.00.00.000 ТЗ

Керівник бакалаврської роботи
 к.т.н., доц. Остапенко О. П.
“22” березня 2023 р.

Розробив студент гр. ТЕ-21ме
 Сич Д. С.
“22” березня 2023 р.

Вінниця ВНТУ 2023

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 №67 від 20.03.2023 р. про затвердження теми БДР.

3 Мета та призначення розробки

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

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

4 Джерела розробки

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

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

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

4.3. Остапенко О. П., Бакум О. В., Ющишина А. В. Енергетичний, екологічний та економічний аспекти ефективності теплонасосних станцій на природних та промислових джерелах теплоти. Наукові праці ВНТУ. 2013. № 3. URL: <http://praci.vntu.edu.ua/article/viewFile/3040/4626>. (Дата звертання 28.03.23).

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 28.03.23).

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

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

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

5 Технічні вимоги

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

Забезпечення потужностей споживачів: відпуск пари на потреби гарячого водопостачання 0,056 кг/с; відпуск пари на технологію 1,194 кг/с; відпуск пари на опалення 0,739 кг/с; сумарний відпуск пари 2,024 кг/с; повернення конденсату від гарячого водопостачання 95%; повернення конденсату від технології 90%; повернення конденсату від споживачів опалення 95%; температура конденсату від технології та споживачів 80 °С; температура додаткової води 5-20 °С; витрата пари на власні потреби 3,5%.

Забезпечення власних потреб в тепловій енергії.

6 Економічні показники

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

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

7 Стадії та етапи розробки

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва та зміст етапу	Термін виконання		Примітка
		початок	закінчення	
1	Огляд літературних джерел	28.03.23	02.04.23	
2	Багатоваріантний аналіз та техніко-економічне обґрунтування	30.03.23	07.04.23	
3	Розрахунок показників ефективності теплової схеми котельні з ТНУ	06.04.23	20.05.23	
4	Результати оцінки ефективності роботи теплової схеми котельні з ТНУ	13.04.23	29.05.23	
5	Охорона праці	27.05.23	09.06.23	
6	Перевірка на антиплагіат	12.06.23	13.06.23	
7	Оформлення БДР, підготовка презентації	05.06.23	07.06.23	
8	Попередній захист	08.06.23	08.06.23	
9	Нормативний контроль	12.06.23	12.06.23	
10	Рецензування	13.06.23	13.06.23	
11	Подача БДР в електронний архів університету та на випускову кафедру	14.06.23	14.06.23	
12	Захист БДР	15.06.23	15.06.23	

Дата видачі завдання «22» березня 2023 р.

Крайні терміни виконання «07» червня 2023 р.

8 Порядок контролю та прийняття

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

9 Корегування технічного завдання допускається з дозволу керівника БДР.

ДОДАТОК В

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

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

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

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

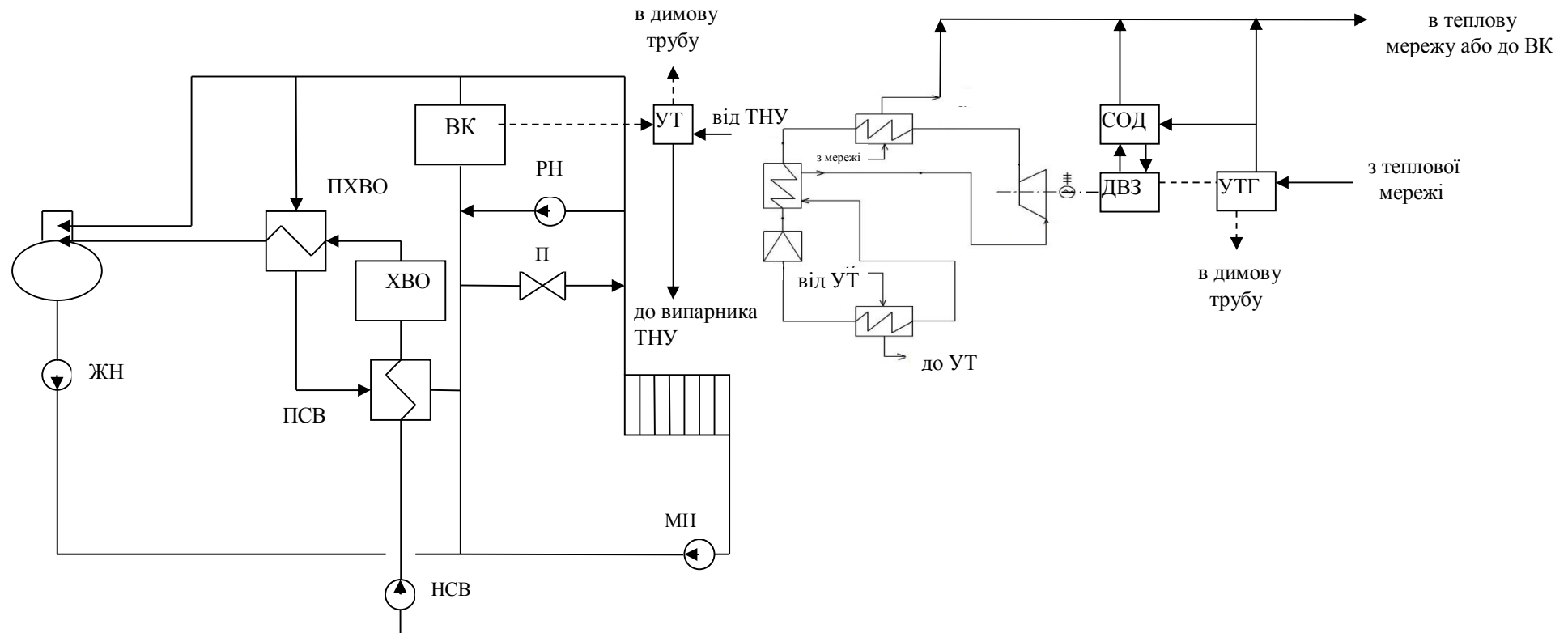


Рисунок В.1 – Теплова схема водогрійної котельні з ТНУ та ДВЗ

ЖН – живильний насос; МН – мережний насос; ПСВ – підігрівник сирої води; ПХВО – підігрівник хімоочищеної 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/м²к).

Температура грійної води на вході $t'_1 = 15$ (°C).

Температура грійної води на виході $t''_1 = 12$ (°C).

Температура води, що нагрівається, на вході $t'_2=5$ (°C).

Температура води, що нагрівається, на виході $t''_2=10$ (°C).

Середній температурний напір протитоку

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_{m}}{\ln \frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{m}}}, \quad (B.1)$$

де Δt_{δ} , Δt_{m} – відповідно більша і менша різниця температур.

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

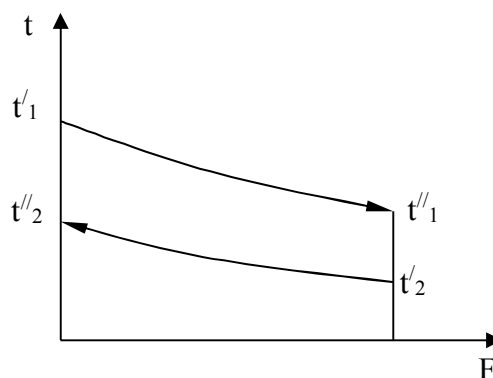


Рисунок В.2 – Протитечійна схема руху теплоносіїв.

Більша і менша різниці температур:

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

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

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

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

Отже середній температурний напір протитоку за формулою

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

Площа поверхні теплообміну апарата

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

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

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

Площа однієї пластини 1,67 м². Тоді кількість пластин

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

де f – площа однієї пластини.

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

Приймаємо $n=25$ (шт).

Товщина пластини $\delta=0,3$ мм.

Площа теплообмінника

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

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

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

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

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

Таблиця В.1 – Відомість витрат матеріалів

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

Продовження таблиці В.1

1	2	3	4	5	6
2	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э42	т	1	0,0126	12,6
3	Олифа натуральна	кг	1	0,012	12
4	Болти з гайками і шайбами, діаметр 16 мм	т	1	0,0063	6,3
5	Болти з гайками і шайбами, діаметр 20 - 22 мм	т	1	0,024	24
6	Вода	м ³	1	3,94	3940
7	Прядиво лляне	т	1	0,00008	0,008
8	Пароніт	т	1	0,0008	0,8
9	Сурик свинцевий	т	1	0,00016	0,16
Для монтажу насоса GHE 75/80					
1	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э42	т	1	0,00039	0,39
2	Прокладка гумова	кг	1	0,07	0,07
3	Анкерні деталі з прямих чи гнутих круглих стержнів	т	1	0,0022	2,2
4	Болти з гайками і шайбами, діаметр 16 мм	т	1	0,00127	1,27
5	Фланці плоскі приварні із сталі ВСтЗсп2, 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 ВСтЗсп2, діаметром 80 мм ДСТУ 12820-80	шт	2	3,19	6,38
Для монтажу засувки Ду 100					
1	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э42	т	0,08	0,054	4,32
2	Болти з гайками і шайбами, діаметр 16 мм	т	0,08	0,207	16,56
3	Пароніт	т	0,08	0,016	1,28

Продовження таблиці В.1

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

Продовження таблиці В.1

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

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

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

Додаток Г
(обовязковий)
ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ

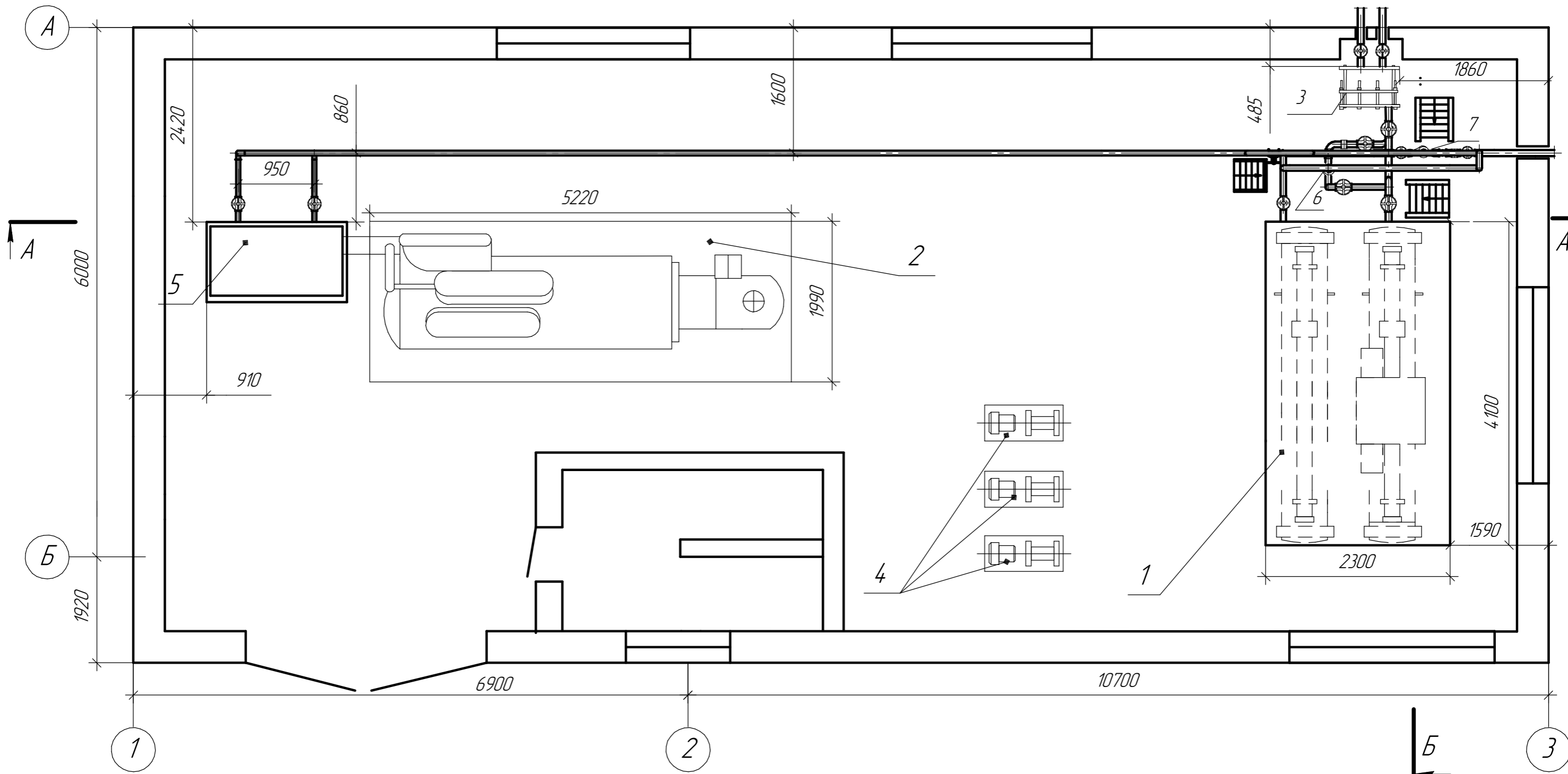
Показник	Одиниця вимірювання	Варіант схеми	
		Базовий варіант теплової схеми котельні	Модернізована теплова схема котельні з ТНУ
Витрата робочого палива	млн. м ³ /рік	4,58	4,34
Економія робочого палива	%	---	5,223
Витрати на паливо	млн. грн./рік	132,862	125,922
Експлуатаційні витрати	млн. грн./рік	142,972	137,175
Зменшення експлуатаційних витрат	млн. грн./рік	---	5,797
Капіталовкладення в нове обладнання	млн. грн.	---	20,597
Термін окупності нового обладнання	років	---	3,55

Додаток Д

ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

Поз. озна-чення	Наименование	Кол.	Примечание	Перв. примен.	Справ. №	Взам. инв. №	Инв. № дѣл.	Подп. и дата	Подп. и дата	Инв. № подл.	08-15.БДР.007.01.00.000			
											Изм.	Лист	№ докум.	Подп.
<i>Перелік елементів</i>														
1	Теплонасосна установка OCHSNER-W10/W35	1												
2	Двигун внутрішнього згорання Gепегас SG 300	1												
3	Теплообмінник пластинчастий THERMAKS PTA(GX)-26	1												
4	Живильний насос CRE 15-17	3												
5	Утилізатор теплоти	1												
6	Насос циркуляційний GHE 75/100	1												
7	Насос циркуляційний GHE 50/80	1												
											План розташування обладнання та трубопроводів			
											ВНТУ гр. ТЕ-21 мс			

План будівлі

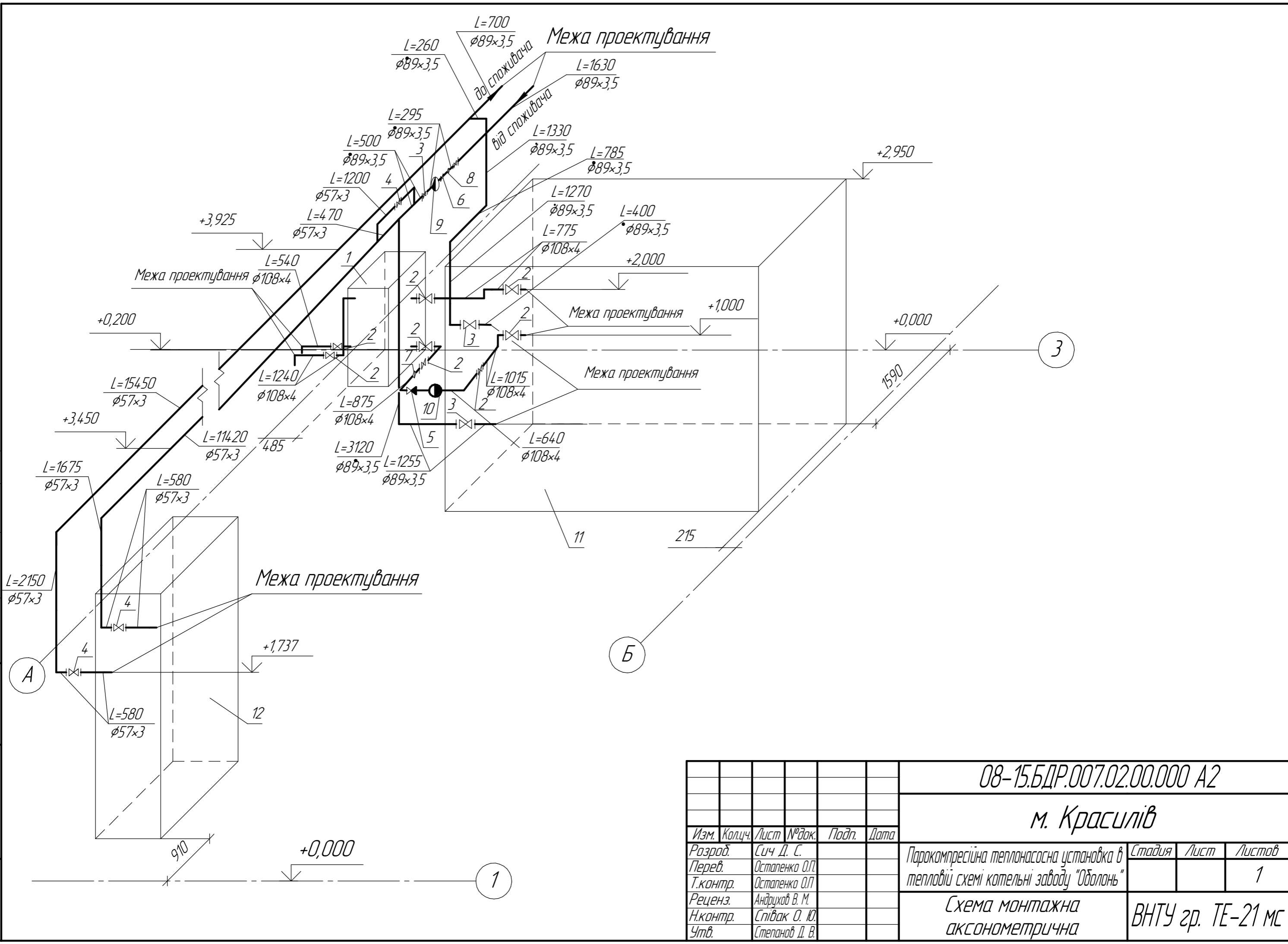


Согласовано

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

						08-15.БДР.007.01.00.000 АР			
						м. Красилів			
Изм.	Кол.ч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Парокомпрессионная тепловая установка в тепловой схеме котельной завода "Оболонь"	Стадия	Лист	Листов
Разраб.				Сич Д. С.					1
Перев.				Остапенко О.П.					
Т.контр.				Остапенко О.П.					
Реценз.				Андрухов В. М.					
Н.контр.				Слівак О. Ю.		План розташування обладнання та трубопроводів	ВНТУ гр. ТЕ-21 мс		
Утв.				Степанов Д. В.					

Поз. обозна- чення	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Перелік елементів</i>			
1	Теплообмінник пластинчастий THERMAKS PTA(GX)-26	1	
2	Засувка чавунна Ду 100	8	
3	Засувка чавунна Ду 80	4	
4	Засувка чавунна Ду 50	3	
5	Клапан зворотній стальний Ду100	1	
6	Клапан зворотній стальний Ду80	1	
7	Фільтр грубої очистки Ду100	1	
8	Фільтр грубої очистки Ду80	1	
9	Насос циркуляційний GHE 75/100	1	
10	Насос циркуляційний GHE 50/80	1	
11	Теплонасосна установка OCHSNER-W10/W35	1	
12	Утилізатор теплоти	1	
<i>08-15.БДР.007.02.00.000</i>			
<i>Схема монтажна аксонометрична</i>			
<i>ВНТУ зр. ТЕ-21мс</i>			

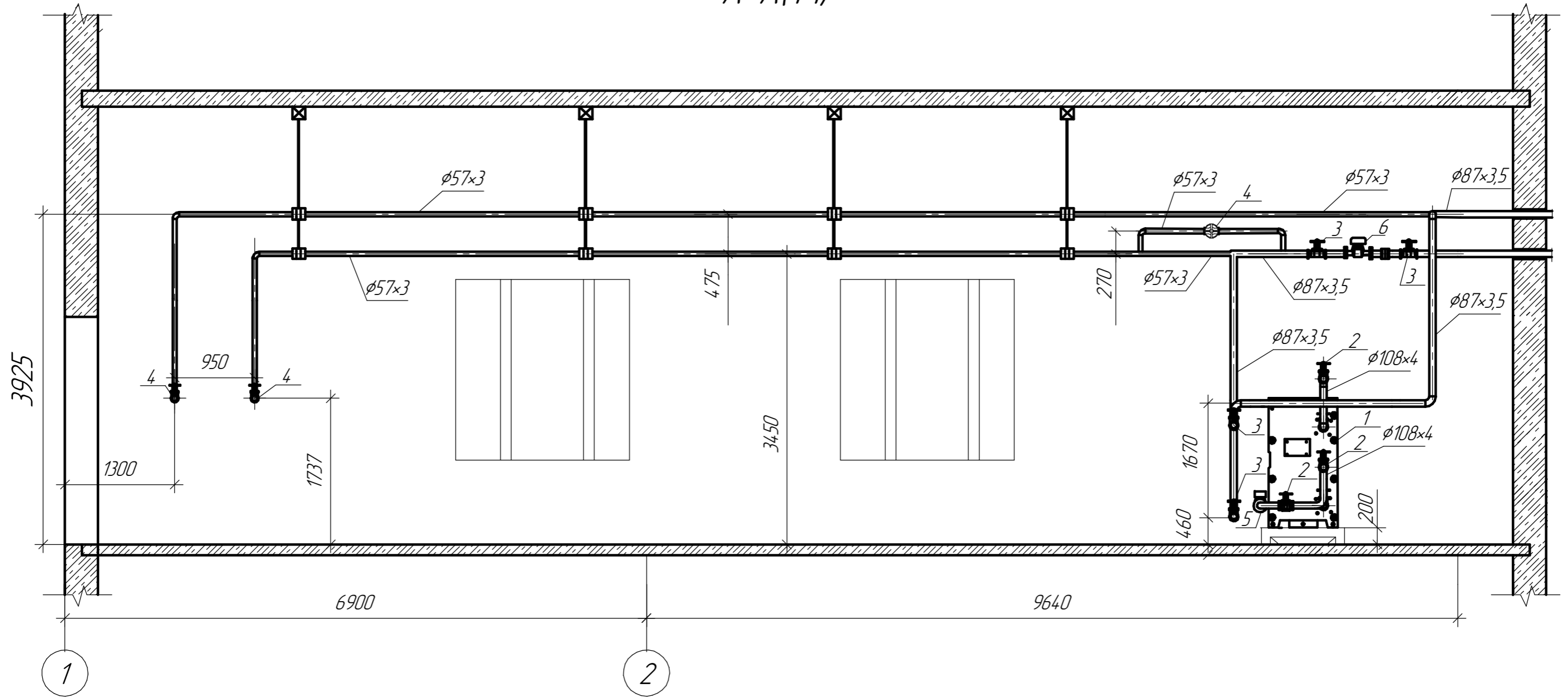


Согласовано

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

						08-15.БДР.007.02.00.000 А2			
						м. Красилів			
Изм.	Кол.ч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Парокомпресійна теплосилова установка в тепловій схемі котельні заводу "Оболонь"	Стадія	Лист	Листов
Разр.									1
Перев.									
Т.контр.									
Реценз.						Схема монтажна аксонометрична	ВНТУ зр. ТЕ-21 мс		
Н.контр.									
Утв.									

A-A(1:1)

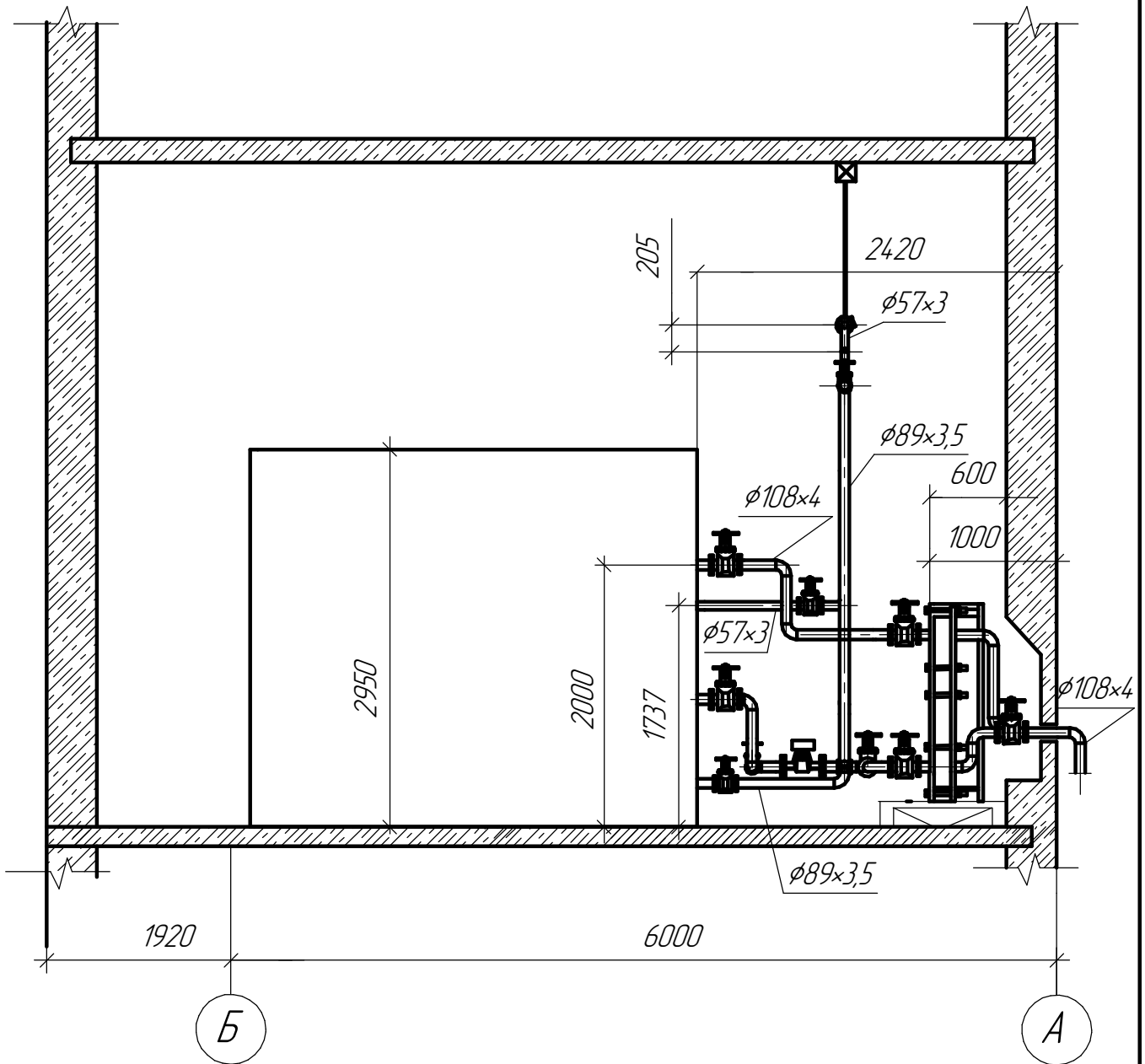


Согласовано

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

						08-15.БДР.007.03.00.000 АР			
						м. Красилів			
Изм.	Кол.ч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Парокomppeciйна теплонасосна установка в тепловій схемі котельні заводу "Оболонь"	Стадия	Лист	Листов
Разроб.									1
Перев.									
Т.контр.									
Реценз.									
Н.контр.									
Утв.									
						Разріз А-А		ВНТУ зр. ТЕ-21 мс	

Б-Б(1:1)



Согласовано

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разр.		Сич Д. С.			
Перев.		Остапенко О.П.			
Т.контр.		Остапенко О.П.			
Реценз.		Андрухов В. М.			
Н.контр.		Співак О. Ю.			
Утв.		Степанов Д. В.			

08-15.БДР.007.04.00.000 АР

м. Красилів

Парокомпресійна теплонасосна установка в тепловій схемі котельні заводу "Оболонь"

Разріз Б-Б

Стадія	Лист	Листов
		1
ВНТУ гр. ТЕ-21 мс		