

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 Дзвиняцького лісокомбінату**»

Виконав: студент 2 курсу, групи ТЕ-21мс
 спеціальності 144 – Теплоенергетика
Хмара С. В.
 (прізвище та ініціали)

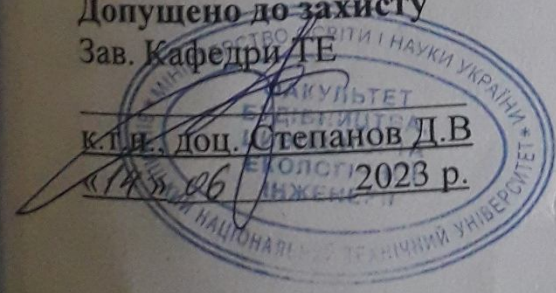
Керівник к.т.н., доц.
Остапенко О. П.
 (прізвище та ініціали)

« 12 » 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
 « 17 » 06 2023 р.



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 ТТ

Степанов Д.В.

"23" 03 2023 року

ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Хмарі Сергію Валерійовичу

1. Тема роботи «Парокомпресійна теплонасосна установка в тепловій схемі котельні Дзвиняцького лісокомбінату»
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 теплофікацію 0,13 кг/с; на перший промисловий споживач 0,19 кг/с; відпуск пари на другий промисловий споживач 0,4 кг/с; повернення конденсату від теплофікації 95 %; повернення конденсату від першого промислового споживача 90 %; конденсат від другого промислового споживача не повертається; температура повернення конденсату від теплофікації 73 °С; температура повернення конденсату від першого промислового споживача 83 °С температура додаткової води 5-20 °С; витрата пари на власні потреби 6,5 %.
4. Зміст текстової частини: огляд літературних джерел; багатоваріантний аналіз та техніко-економічне обґрунтування для варіанту модернізації; результати оцінки ефективності роботи теплової схеми котельні з ТНУ; розрахунок та оцінка ефективності теплової схеми котельні з ТНУ; охорона праці
5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): схема котельні теплової модернізована, схема монтажної аксонометричної, план розташування обладнання та трубопроводів, розрізи А-А, Б-Б.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-4	Остапенко О.П., к. т. н., доцент каф. ТЕ	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>
5	Віштак І. В., к. т. н., доцент каф. БЖД/ПБ	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>
Нормоконтроль	Співак О.Ю., к.т.н., доцент каф. ТЕ	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>

7. Дата видачі завдання 22.03.2023р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Студент

Керівник роботи

[Signature]

(підпис)

[Signature]

(підпис)

Хмара С. В.

(прізвище та ініціали)

Остапенко О.П.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

УДК 621.577

Хмара С. В. Парокомпресійна теплонасосна установка в тепловій схемі котельні Дзвиняцького лісокомбінату. Бакалаврська кваліфікаційна робота зі спеціальності 144 – теплоенергетика, освітня програма – теплоенергетика. Вінниця: ВНТУ, 2023. 52 с.

Бібліогр. : рис.: 29; табл. 14.

В бакалаврській дипломній роботі запропоновано заходи із забезпечення енерго- та ресурсозбереження, а також поліпшення техніко-економічних показників роботи теплової схеми промислово-опалювальної котельні Дзвиняцького лісокомбінату 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

Khmara S. V. Steam compression heat pump installation in the thermal scheme of the boiler house of the Dzvynyach woodworking 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 13.

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 circuit of the industrial heating boiler room of the Dzvynyach woodworking 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 ДЛЯ ВАРІАНТУ МОДЕРНІЗАЦІЇ.....	15
2.1 Показники роботи теплової схеми котельні	15
2.2 Багатоваріантний аналіз	16
2.3 Техніко-економічне обґрунтування для обраного варіанту.....	21
2.4 Математичне та програмне забезпечення розрахунків теплової схеми з котельні з теплонасосною установкою	23
3 РЕЗУЛЬТАТИ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ КОТЕЛЬНОЇ З ТНУ	30
3.1 Розрахунок контактного утилізатора теплоти відхідних газів котельні	30
3.2 Розрахунок теплонасосної установки для теплової схеми котельні	31
3.3 Розрахунок потужностей утилізаторів газового двигуна внутрішнього згорання.....	32
3.4 Підбір теплонасосного та допоміжного обладнання для обраного варіанту ТНУ. Розробка технології монтажу обладнання.....	33
4 РОЗРАХУНОК ТА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ КОТЕЛЬНОЇ З ТНУ.....	34
4.1 Розрахунок та оцінка енергетичної ефективності теплової схеми котельні з ТНУ	34
4.2 Аналіз економічної ефективності теплової схеми котельні.....	35
5 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	39
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 ТЕПЛОВОГО НАСОСУ ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ КОТЕЛЬНІ.....	61
Додаток Г (обов'язковий). ІЛЮСТРАТИВНІ МАТЕРІАЛИ	73
Додаток Д. ГРАФІЧНА ЧАСТИНА	74

ВСТУП

На основі аналізу світових, європейських та українських літературних джерел визначено, що в оглядовій перспективі теплонасосна технологія займатиме ключову роль задля забезпечення енергетичної та екологічної стабільності української та європейської енергетичних систем.

У липні 2020 року Європейська Комісія визначила Стратегію Інтеграції енергосистеми, що визначає розподіл різних видів енергоносіїв за секторами кінцевого використання (будівництво, промисловість, транспорт).

Цією стратегією передбачено, що у Європі до 2030 року прогнозується використання опалення на основі електроенергії у 40% житлових і 65% комерційних будівель. Передбачається, що це має забезпечуватись за умов широкого використання теплових насосів.

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

Задачами БДР є:

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

Об'єктом роботи є парокомпресійна ТНУ в тепловій схемі промислово-опалювальної парової котельні Дзвиняцького лісокомбінату, 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 Дзвиняцького лісокомбінату..

Практична цінність роботи – забезпечено зниження енерго- та ресурсоемності вироблення теплоти в котельні шляхом встановлення парокомпресійної ТНУ в тепловій схемі котельні Дзвиняцького лісокомбінату.

1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

Розглянемо принцип роботи теплового насосу. Тепловий насос (рис. 1) – це окремий клас установок, що здатні використовувати у своїй роботі теплофізичну властивість речовин поглинати або видводити теплоту у разі зміни агрегатного стану. В тепловому насосі низькотемпературна теплота від джерел з навколишнього середовища або вторинних енергоресурсів чи теплових викидів промисловості перетворюється у високотемпературну теплову енергію, яку можливо використовувати в системах теплопостачання. Розподіл енергетичних потоків в тепловому насосі показаний на рис. 1 [1].

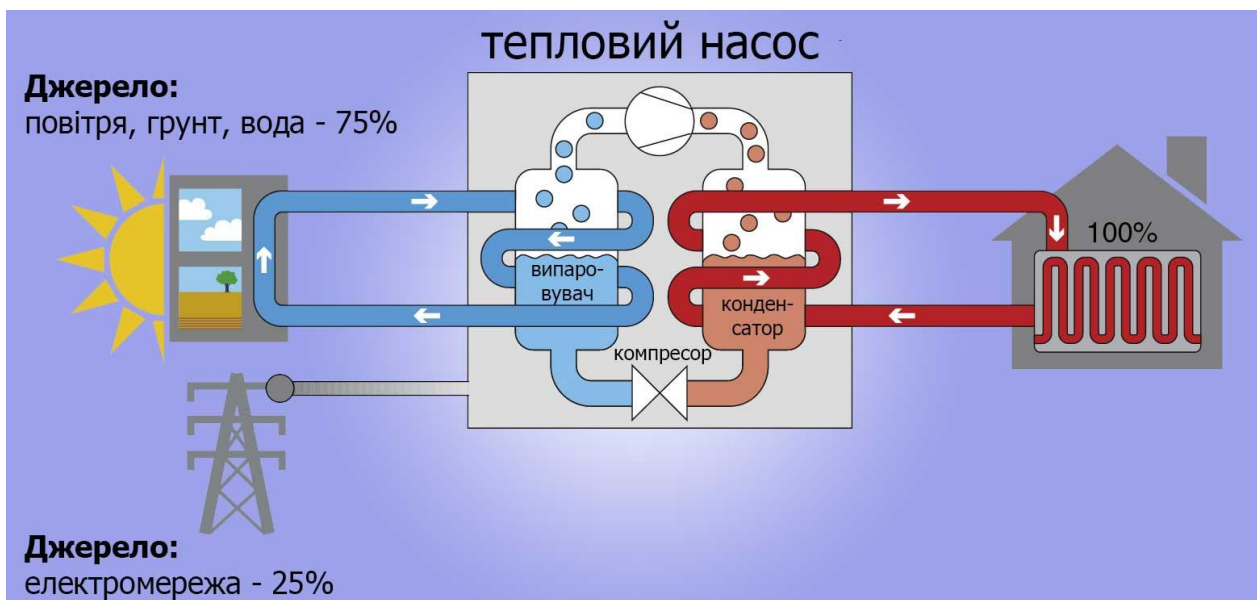


Рисунок 1.1 – Розподіл енергетичних потоків в тепловому насосі

Для перенесення теплоти в тепловому насосі з низького температурного рівня (випарника) на вищий температурний рівень (конденсатора) необхідно затратити зовнішню енергію (електричну, механічну, теплову, хімічну). Тепловий насос дозволяє ефективно використати майже непридатну до іншого використання низькотемпературну теплоту природних джерел та промислових та антропогенних теплових викидів.

Для ефективної реалізації систем теплопостачання з тепловими насосами необхідною умовою є наявність джерела низькотемпературної теплоти та забезпечення достатніх для конкурентоспроможності теплового насосу енергетичних та економічних показників. Важливою перевагою теплового насоса є той факт, що тепла енергія генерується безпосередньо у місці встановлення обладнання та не потребує транспортування [2].

Суттєва увага впровадженню теплових насосів та вирішенню екологічних та кліматичних проблем приділяється у Європі. Зокрема, значний внесок у розвиток теплонасосного теплопостачання закладає ЕНРА (European Heat Pump Association) - Європейська асоціація з теплових насосів.

У липні 2020 року Європейська Комісія визначила Стратегію Інтеграції енергосистеми, що визначає розподіл різних видів енергоносіїв за секторами кінцевого використання (будівництво, промисловість, транспорт).

Цією стратегією передбачено, що у Європі до 2030 року прогнозується використання опалення на основі електроенергії у 40% житлових і 65% комерційних будівель. Передбачається, що це має забезпечуватись за умов широкого використання теплових насосів.

Європейська асоціація теплових насосів ЕНРА забезпечує необхідну підтримку, що посилить ринок теплових насосів та дозволить здійснити оптимізацію та декарбонізацію енергетичного сектору.

Європейським Союзом закріплена ціль нульового чистого викиду до 2050 року. У зв'язку з цим розроблено країнами-членами ЄС національні кліматичні та енергетичні плани, а також, довгострокові стратегії, що забезпечуватимуть скорочення викидів парникових газів у рамках Паризької угоди та цілей ЄС [3].

Європейська асоціація теплових насосів ЕНРА підтримує цілі зі скорочення викидів парникових газів, використання відновлюваних джерел енергії та підтримки енергоефективності, адже технології теплових насосів забезпечують рішення для досягнення цих цілей.

Крім того, Європейська асоціація теплових насосів ЕНРА підтримує національні дії із забезпечення сприятливого середовища для впровадження теплових насосів [4].

У 2022 році європейський ринок теплових насосів досяг нового рекорду у продажах теплових насосів - близько 3 мільйонів одиниць.

Згідно з даними європейської асоціації теплових насосів, у 2022 році відбулось зростання ринку теплових насосів майже на 38%. Загальна кількість встановлених в Європі теплових насосів для потреб опалення та гарячого водопостачання в Європі зараз становить майже 20 мільйонів. Вони використовуються для опалення приблизно 16% будівель у житловому і комерційному секторах у Європі. Обсяг продажів теплових насосів у 2022 році, дозволить витіснити майже 4 мільярди кубометрів природного газу, та зменшити кількість викидів CO₂ на 8 мільйонів тонн. Весь обсяг встановлених у Європі теплових насосів дозволяє уникнути до 54 млн. тонн CO₂. Зростання обсягів встановлення теплових насосів буд продовжуватись, з огляду на необхідність декарбонізації та відмови від викопного палива [5].

Суттєве зростання обсягів встановлених теплових насосів у 2022 році є свідченням інноваційного прориву та забезпечення сталого розвитку. З точки зору обсягів зростання продажів теплових насосів Польща займає лідируючу позицію з приростом до +100% (у порівнянні з 2021 роком), потім лідирують: Чехія (99%), Нідерланди (+80%), Бельгія (+66%), Швеція (+60%), Австрія (+59%), Німеччина (+53%) і Фінляндії (+52%). Решта країн демонструє зростання від 20 до 40%. Це: Великобританія (40%); Італія (+37%), Норвегія (+25%), Іспанія (+21%), Швейцарія (+22%), Данія і Франція (+20%) [6].

Все більше країн вдаються до заборони використання викопного палива в системах опалення. Так, Франція забороняє використання газових котлів в нових будівлях з 2023 року, в Данії планується, щоб усі будівлі були підключені до централізованого опалення або теплових насосів до 2029 року [7].

Швидке та широкомасштабне впровадження теплових насосів в Європі допоможе зменшити витрати на імпортований газ, а також покращити екологічні та економічні показники. Результати попередніх досліджень показують, що попит на газ у будівлях буде зменшено на 40% у період між 2022 і 2030 роками, за умови, що буде досягнуто цілі ЄС зі збільшення обсягів встановлення теплових насосів на 60 мільйонів до 2030 року.

Планується, що до 2030 року обсяги імпорту енергії в Європу будуть зменшені на 60 мільярдів євро, а витрати на опалення домогосподарств будуть зменшені на 20% до 2030 року.

Слід зазначити, що теплові насоси протягом терміну експлуатації працюють на 30% економічніше, ніж газові котли. Встановлені в європейських країнах котли, які працюють на викопному паливі, є головною причиною суттєвої залежності ЄС від газу. Європейська комісія внесла пропозицію заборонити продаж нових котлів на викопному паливі з вересня 2029 року.

Моделювання Cambridge Econometrics, проведене у співпраці з Європейським кліматичним фондом та Європейською асоціацією теплових насосів виявило досягнення цілей, закладених у REPowerEU для теплових насосів до 2030 року. Результати цього дослідження було оновлено у 2022 році з урахуванням поточних та прогнозованих підвищених цін на енергоносії, що було зумовлено російським вторгненням в Україну. Це дослідження моделює цілі REPowerEU стосовно 30 мільйонів гідравлічних (водяних) теплових насосів, які мають бути встановлені до 2030 року, що забезпечить додаткове встановлення ще приблизно 60 мільйонів теплових насосів, включаючи теплові насоси типу «повітря-повітря» [8]. .

Щоб досягти запланованих кліматичних цілей ЄС, сектору будівництва потрібно буде забезпечити до 60% скорочення викидів парникових газів у періоді між 2015 і 2030 роками та повністю декарбонізувати сектор до 2050 року. Прогнозується, що викиди від виробництва енергії у сфері житлового фонду ЄС будуть зменшені на 11% у період між 2022 і 2030 роками.

Висновки

На основі аналізу світових, європейських та українських літературних джерел визначено, що в оглядовій перспективі теплонасосна технологія займатиме ключову роль задля забезпечення енергетичної та екологічної стабільності української та європейської енергетичних систем.

2 БАГАТОВАРІАНТНИЙ АНАЛІЗ ТА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ДЛЯ ВАРІАНТУ МОДЕРНІЗАЦІЇ

2.1 Показники роботи теплової схеми котельні

В бакалаврській дипломній роботі розглядається схема парової промислово-опалювальної котельні Дзвиняцького лісокомбінату при закритій системі теплопостачання. Котельня призначена для виробництва водяної пари для промислового споживання та теплопостачання системи опалення та гарячого водопостачання офісів та цехів. В котельні встановлені два сталевих парових котла 2.5-0.9 ГМ, які працюють на природному газі. Котельня забезпечує відпуск пари з температурою 130 °С для промислових потреб, системи опалення та гарячого водопостачання.

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

Розрахунки показників роботи теплової схеми промислово-опалювальної парової котельні Дзвиняцького лісокомбінату для трьох режимів проведені за методикою з [9]. Показники роботи котельні показані в таблиці 2.1-2.3.

Таблиця 2.1 – Теплоенергетичні показники роботи котельні для максимального режиму

Показник	Значення
Паровидатність $D_{пг}$, кг/с	0,72
Теплова потужність котельні Q^6 , МВт	1,81
ККД брутто η_k	0,88
Витрата робочого палива V_p , м ³ /с	0,056
Витрата умовного палива V_y , кг/с	0,07

Таблиця 2.2 – Теплоенергетичні показники роботи котельні для середньоопалювального режиму

Показник	Значення
Паровидатність $D_{пг}$, кг/с	0,78
Теплова потужність котельні $Q^б$, МВт	1,95
ККД брутто η_k	0,85
Витрата робочого палива V_p , м ³ /с	0,056
Витрата умовного палива V_y , кг/с	0,073

Таблиця 2.3 - Теплоенергетичні показники роботи котельні для міжопалювального режиму

Показник	Значення
Паровидатність $D_{пг}$, кг/с	0,73
Теплова потужність котельні $Q^б$, МВт	1,82
ККД брутто η_k	0,8
Витрата робочого палива V_p , м ³ /с	0,056
Витрата умовного палива V_y , кг/с	0,068

Визначені розрахункові дані потрібні для оцінювання ефективності застосування ТНУ у тепловій схемі промислово-опалювальної котельні Дзвиняцького лісокомбінату.

2.2 Багатоваріантний аналіз

В цьому підрозділі БДР виконаний багатоваріантний аналіз з визначення ефективності чотирьох варіантів модернізації теплової схеми котельні Дзвиняцького лісокомбінату, де аналізуються показники енергетичної і ефективності, на основі використання наукових результатів та методик з літературних джерел [10-13].

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

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

1 – застосування ТНУ в тепловій схемі котельні Дзвиняцького лісокомбінату для роботи в трьох сезонах;

2 – застосування ТНУ в тепловій схемі котельні Дзвиняцького лісокомбінату для роботи в першому та другому сезонах;

3 – застосування ТНУ в тепловій схемі котельні Дзвиняцького лісокомбінату для роботи в другому та третьому сезонах;

4 – застосування ТНУ в тепловій схемі котельні Дзвиняцького лісокомбінату для роботи в першому та третьому сезонах.

Результати багатоваріантного аналізу застосування теплового насосу в тепловій схемі парової котельні Дзвиняцького лісокомбінату показані на рис. 2.1 – 2.6.

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

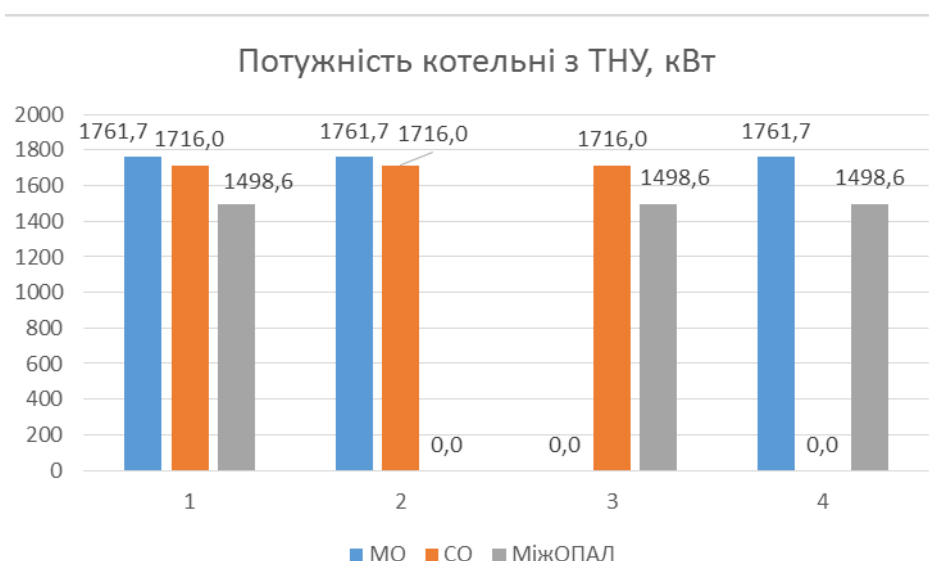


Рисунок 2.1 – Потужність котельні з ТНУ

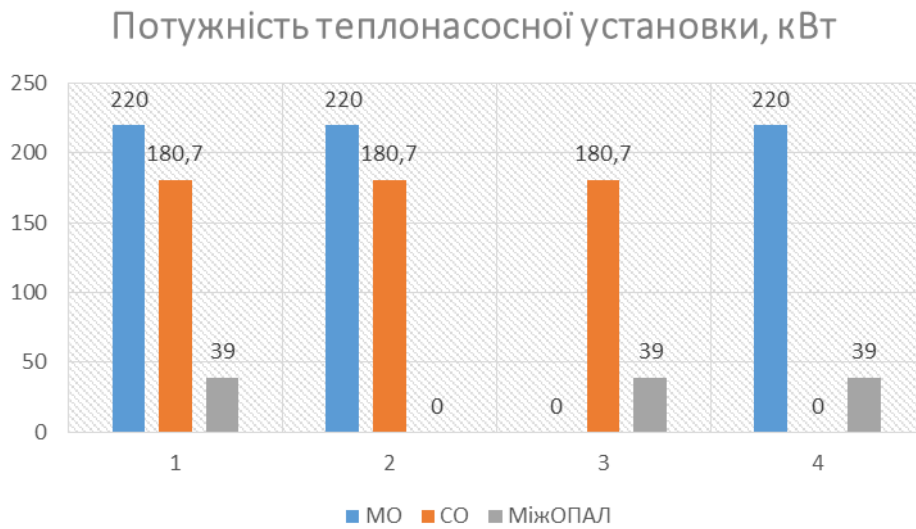


Рисунок 2.2 – Потужність теплонасосної установки



Рисунок 2.3 – Споживана електрична потужність ТНУ

Загальна потужність ТНУ та утилізаційного устаткування ДВЗ, кВт

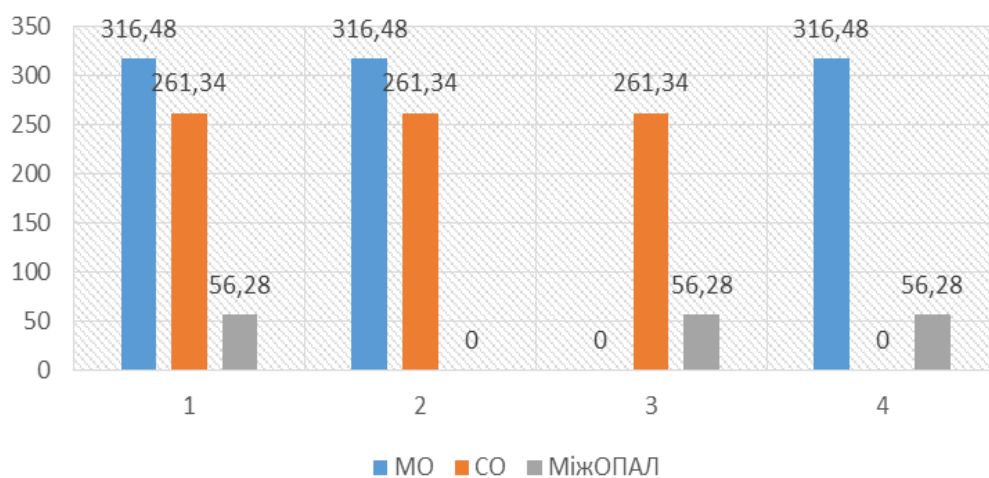


Рисунок 2.4 – Загальна потужність ТНУ та утилізаційного устаткування ДВЗ

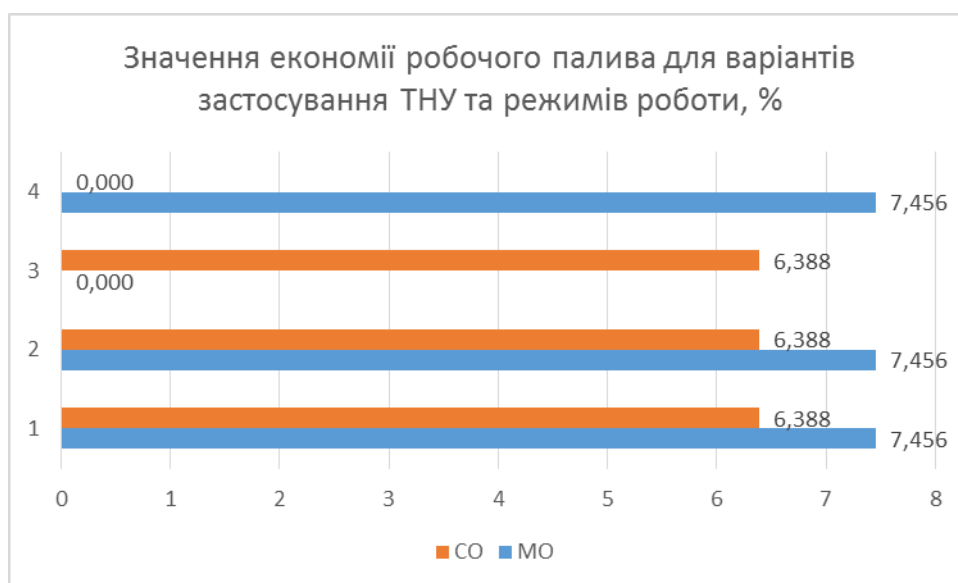


Рисунок 2.5 – Значення економії робочого палива для варіантів застосування ТНУ та режимів роботи, %



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

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

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

2.3 Техніко-економічне обґрунтування для обраного варіанту

В цьому підрозділі БДР була оцінена техніко-економічна ефективність застосування альтернативної ТНУ в тепловій схемі промислово-опалювальної парової котельні Дзвиняцького лісокомбінату з утилізацією теплоти вторинних енергоресурсів, ця ефективність обумовлена досяжними та прийнятними значеннями показників техніко-економічної ефективності у порівнянні із базовим варіантом енергопостачання Дзвиняцького лісокомбінату [14-15].

Визначені техніко-економічні показники ефективності показані на рис. 2.7 - 2.10

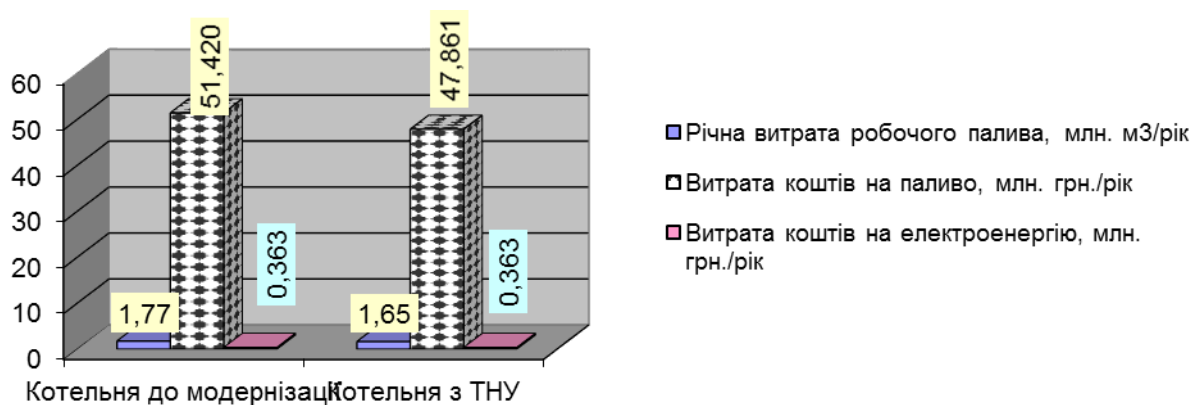


Рисунок 2.7 – Показники ефективності варіанту модернізації

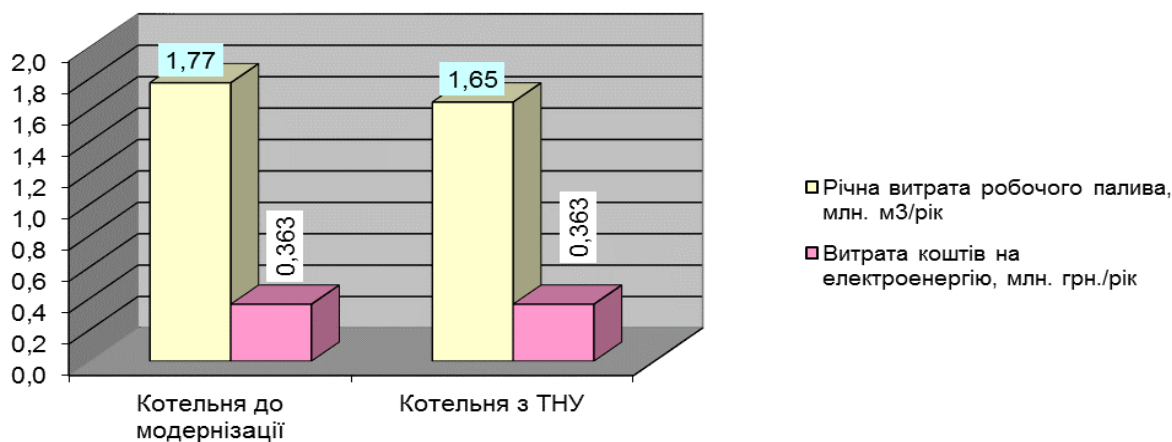


Рисунок 2.8 – Показники ефективності варіанту модернізації

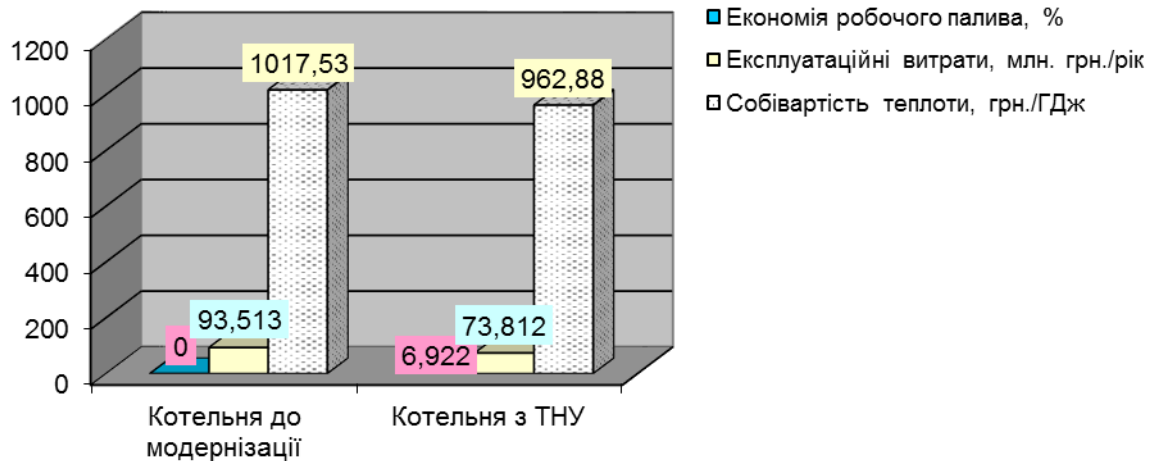


Рисунок 2.9 – Показники ефективності варіанту модернізації

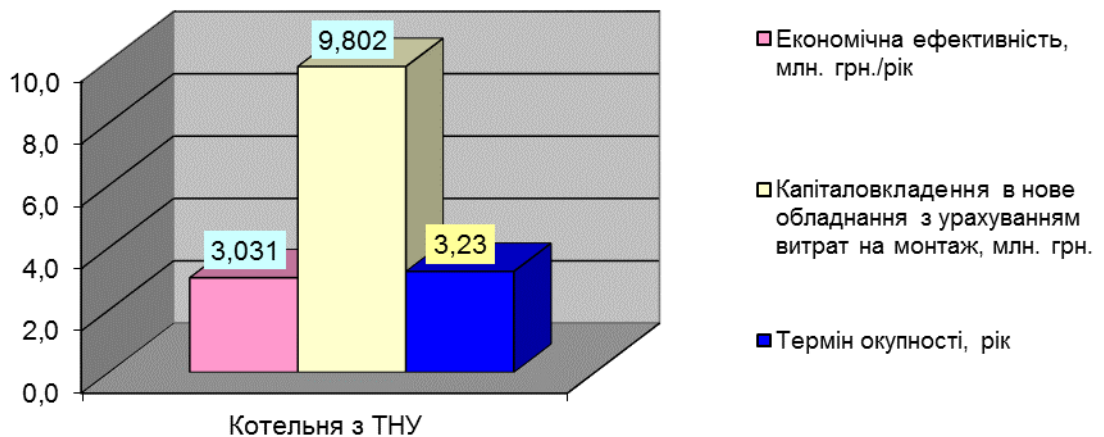


Рисунок 2.10 – Показники ефективності варіанту модернізації

За результатами багатоваріантного аналізу та розробленого на основі нього техніко-економічного обґрунтування було визначено, що застосування альтернативної ТНУ в схем котельні Дзвиняцького лісокомбінату обумовить економію природного газу в обсязі 6,92%, забезпечить зниження експлуатаційних витрат на 3,031 млн. грн. та зниження собівартості теплоти. Капіталовкладення в нове обладнання за альтернативним варіантом схеми котельні з ТНУ будуть становити 9,802 млн. грн., термін окупності оцінений у 3,23 року.

2.4 Математичне та програмне забезпечення розрахунків теплової схеми з котельні з теплонасосною установкою

Для розрахунків ефективності варіантів теплової схеми з ТНУ виконувалось моделювання, було використано програму SOLKANE SoftWare 8.0 [16], яка застосовується для моделювання та розрахунків показників циклів парокомпресійних ТНУ з різними холодоагентами та схемними рішеннями. Виконувалось моделювання роботи ТНУ в температурних рівнях, що відповідають рівнені теплоти вторинних енергоресурсів котельні (вторинна теплота відхідних газів від контактного утилізатора газів котельні).

Результати моделювання роботи альтернативної ТНУ на теплоті вторинних енергоресурсів котельні, здійсненого в програмі SOLKANE SoftWare 8.0, проілюстровані на рис. 2.11 – 2.15.

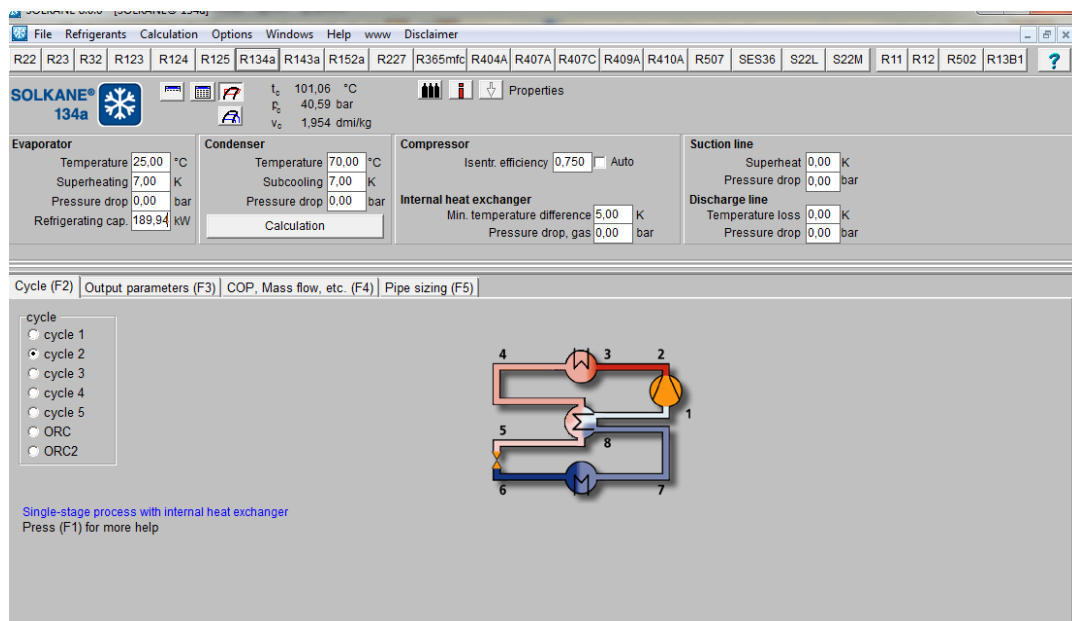


Рисунок 2.11 – Задання початкових даних для певного схемного рішення ТНУ в програмі SOLKANE SoftWare 8.0

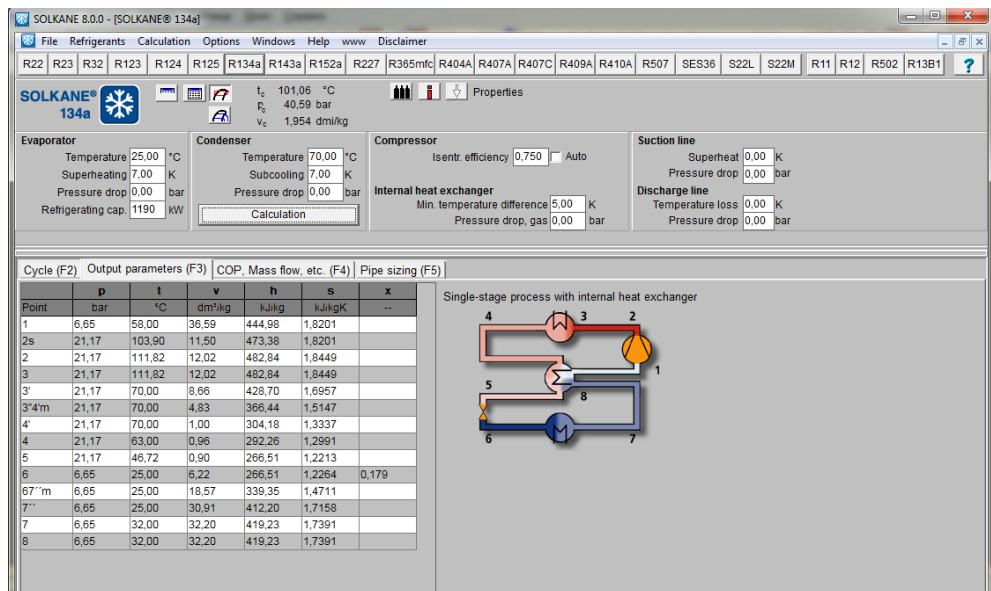


Рисунок 2.12 – Визначення параметрів холодоагенту ТНУ в програмі SOLKANE SoftWare 8.0

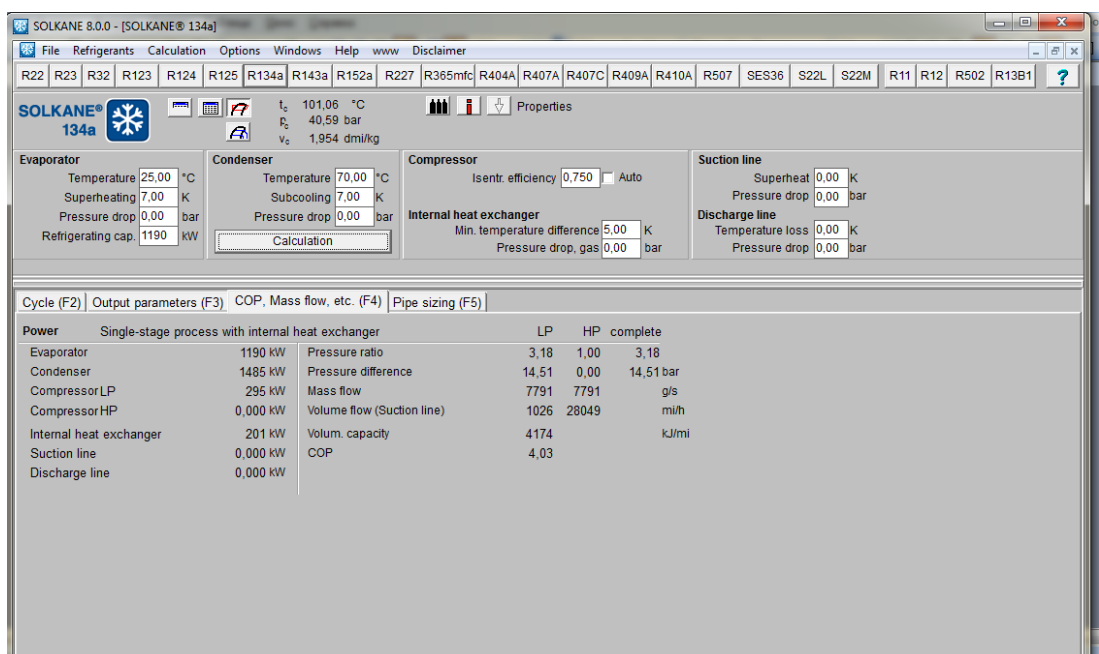


Рисунок 2.13 – Розраховані показники термодинамічної ефективності циклу ТНУ

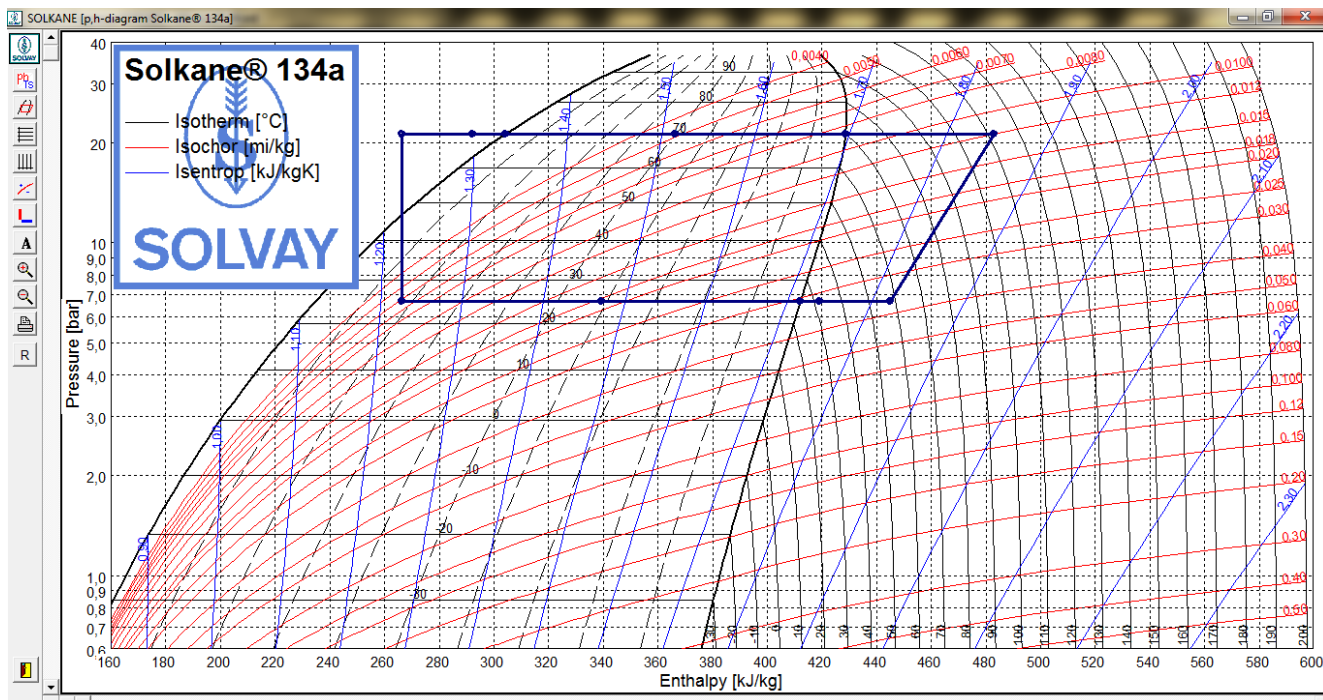


Рисунок 2.14 – P-h діаграма з побудованим циклом ТНУ в
SOLKANE SoftWare 8.0

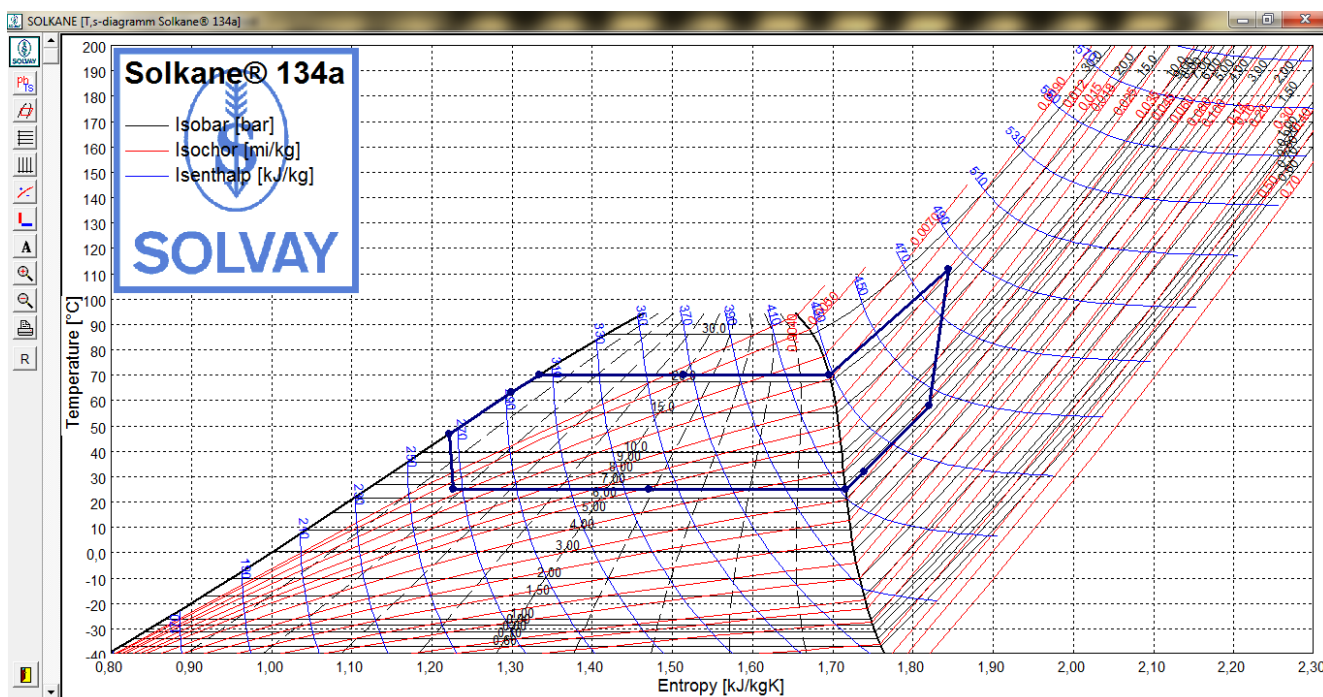


Рисунок 2.15 – T-s діаграма з побудованим циклом ТНУ в
SOLKANE SoftWare 8.0

В бакалаврській дипломній роботі виконано моделювання ефективності варіантів застосування ТНУ в тепловій схемі промислово-опалювальної котельні в програмі SOLKANE SoftWare 8.0..

Результати виконаних досліджень показані на рис. 2.16 – 2.21.

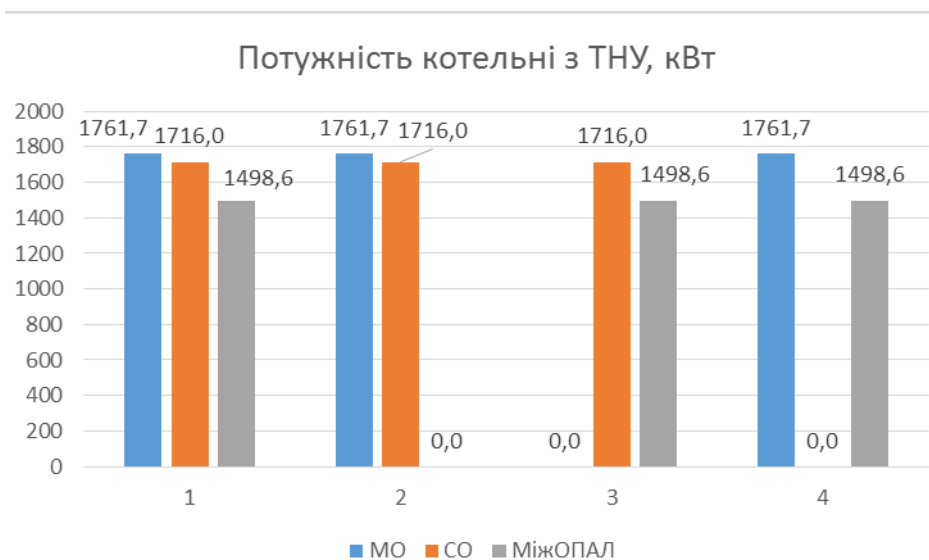


Рисунок 2.16 – Результати моделювання потужності котельні з ТНУ

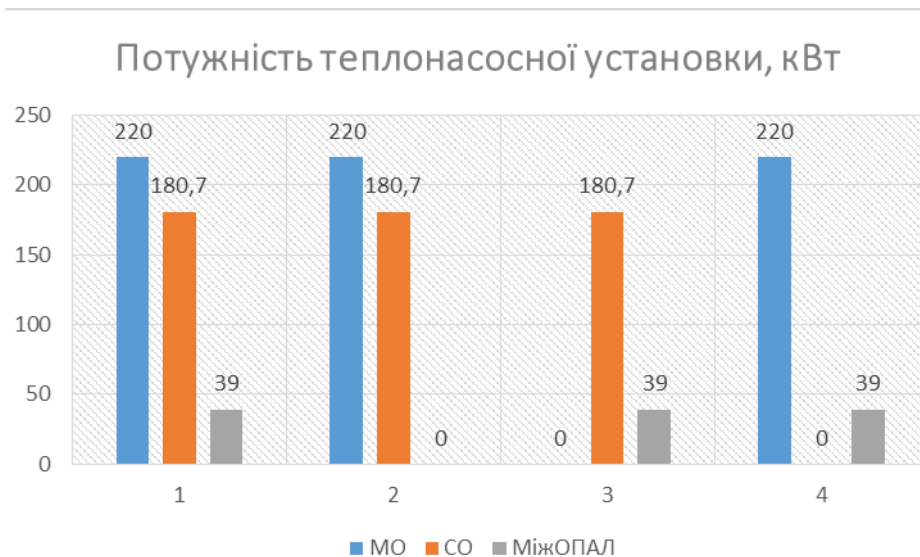


Рисунок 2.17 – Результати моделювання потужності теплонасосної установки



Рисунок 2.18 – Результати моделювання споживаної електричної потужності ТНУ

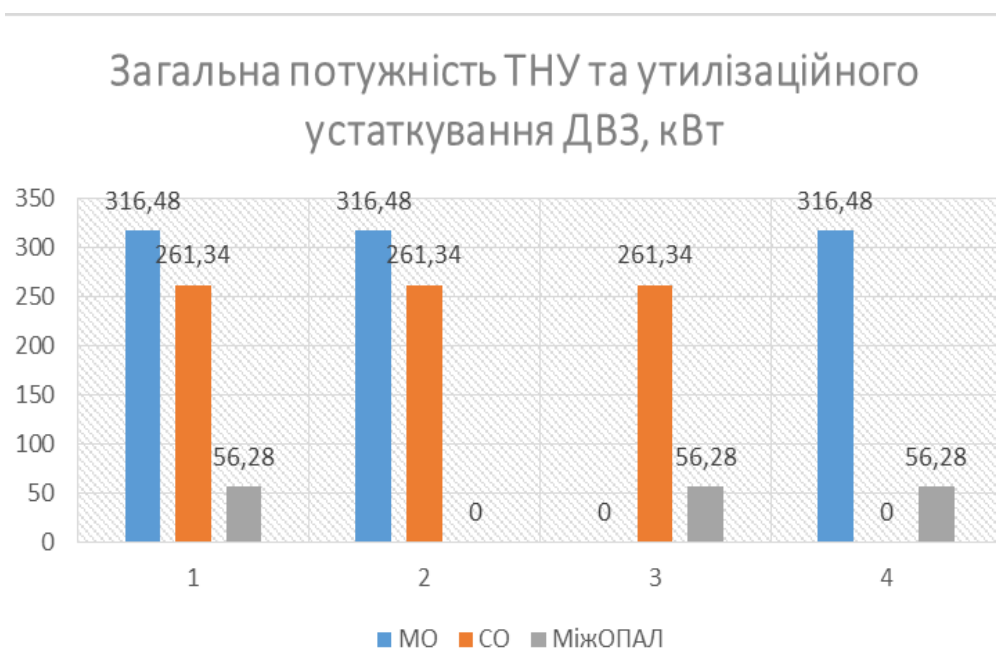


Рисунок 2.19 – Результати моделювання загальної потужності ТНУ та утилізаційного устаткування ДВЗ

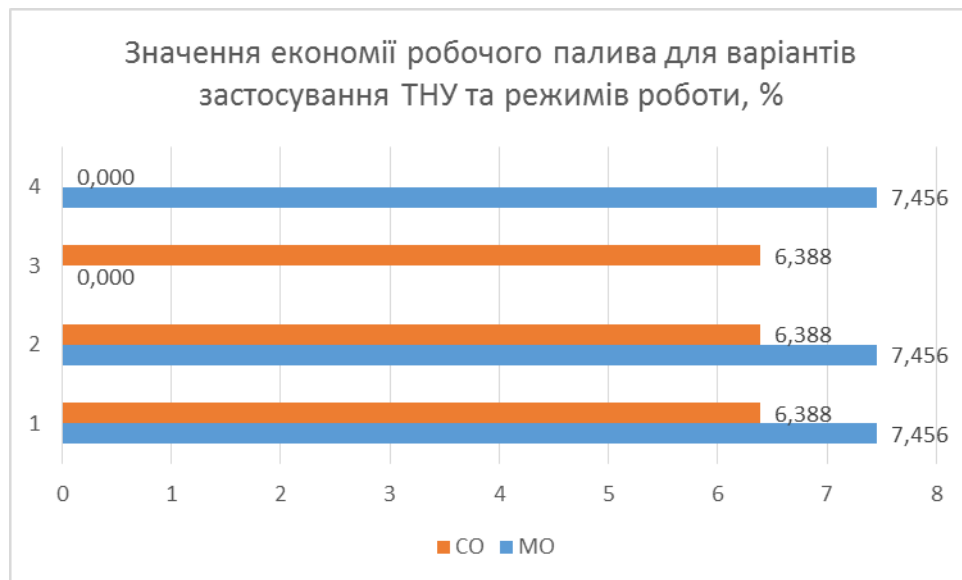


Рисунок 2.20 – Результати моделювання з визначенням зачень економії робочого палива для варіантів застосування ТНУ та режимів роботи, %

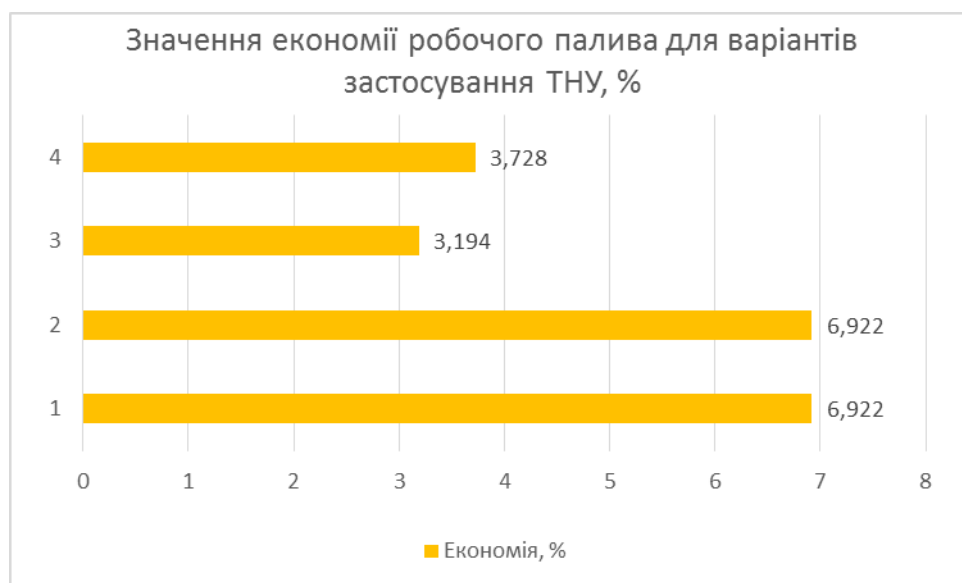


Рисунок 2.21 – Результати моделювання з визначенням значень економії робочого палива для варіантів застосування ТНУ, %

Висновки

За результатами багатоваріантного аналізу та розробленого на основі нього техніко-економічного обґрунтування було визначено, що застосування

альтернативної ТНУ в схем котельні Дзвиняцького лісокомбінату обумовить економію природного газу в обсязі 6,92%, забезпечить зниження експлуатаційних витрат на 3,031 млн. грн. та зниження собівартості теплоти. Капіталовкладення в нове обладнання за альтернативним варіантом схеми котельні з ТНУ будуть становити 9,802 млн. грн., термін окупності оцінений у 3,23 року.

В бакалаврській дипломній роботі виконано моделювання ефективності варіантів застосування ТНУ в тепловій схемі промислово-опалювальної котельні в програмі SOLKANE SoftWare 8.0..

3 РЕЗУЛЬТАТИ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ КОТЕЛЬНОЇ З ТНУ

3.1 Розрахунок контактної утилізатора теплоти відхідних газів котельні

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

Таблиця 3.1 – Результати розрахунку потужності утилізатора

Показник	Позначення	Одиниця вимірювання	Формула	Режим роботи	
				МО	СО
Витрата робочого палива котельнею	V_p	м ³ /с	Приймаємо часткову утилізацію	0,0135	0,0128
Потужність утилізатора теплоти відхідних газів котельні	Q_{yt}	МВт	$Q_{yt} = C_p \cdot (t_{вг} - t'_{вг}) \cdot 0,001$	0,030	0,028
Потужність за рахунок конденсації водяних парів	Q_k	МВт	$Q_k = r_{H_2O} \cdot 1,5 \cdot (2500 \times 2,33 \cdot t_{вг}) \cdot V_p \cdot 0,001$	0,104	0,097
Загальна потужність утилізаторів	$Q_{заг. yt}$	МВт	$Q_{заг. yt} = Q_{yt} + Q_{оп}$	0,104	0,097
Масова витрата води через утилізатор	G_{yt}	кг/с	$G_{yt} = Q_{заг. yt} \cdot 1000 / ((t_1 - t_2) \cdot 4,19)$	2,14	1,988
Потужність пластинчастого теплообмінника	$Q_{то}$	МВт	$Q_{заг. yt}$	0,135	0,125

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

3.2 Розрахунок теплонасосної установки для теплової схеми котельні

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

Таблиця 3.2 – Результати розрахунку теплонасосної установки

Показник	Позначення	Одиниця вимірювання	Формула	Періоди роботи ТНУ	
				МО	СО
Робочий тепलोперепад	H_p	кДж/кг	$H_p = \frac{H_a}{\eta_{oi}^{KM}}$	40	40
Питома теплота, яка відводиться з конденсатора	q_k	кДж/кг	$q_k = h_2 - h_3$	153	153
Питома теплота, яка підводиться у випарник	q_b	кДж/кг	$q_b = h_1 - h_4$	73	73
Теплова потужність ТНУ	Q_k	кВт	Задаємося	198	189
Витрата холодоагента	G_{xa}	кг/с	$G_{xa} = \frac{Q_k}{q_k \cdot \eta_{TO}}$	1,92	1,83
Коефіцієнт перетворення	φ		$\varphi = \frac{Q_k}{N_{KM}}$	3,27	3,27
Потужність компресора	N_{KM}	кВт	$N_{KM} = \frac{G_{xa} \cdot H_p}{\eta_{EM}}$	60	57,8
Потужність випарника	Q_b	кВт	$Q_b = Q_k - N_{KM}$	138	131
Витрата води у випарнику	G_b	кг/с	$G_b = \frac{Q_b}{C_p \cdot (t'_b - t''_b) \cdot \eta_{TO}}$	2,24	2,13
Витрата води в конденсаторі	G_k	кг/с	$G_k = \frac{Q_k}{C_p \cdot (t_{THU} - t_{3B})}$	0,0031	0,0029

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

3.3 Розрахунок потужностей утилізаторів газового двигуна внутрішнього згорання

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

Таблиця 3.3 – Результати розрахунку газопоршневого ДВЗ та потужності утилізаторів

Показник	Позначення	Одиниця вимірювання	Формула	МО	СО
Електрична потужність ДВЗ	$N_{\text{ДВЗ}}$	кВт	З розрахунку ТНУ	60	57,8
Витрата робочого палива (газу)	$V_{\text{P}}^{\text{д}}$	м ³ /с	$V_{\text{P}}^{\text{д}} = \frac{B_{\text{y}}^{\text{д}} \cdot Q_{\text{HY}}^{\text{P}}}{Q_{\text{H}}^{\text{P}}}$	0,0048	0,0046
Масова витрата відхідних газів після ДВЗ	$G_{\text{ВГ}}$	кг/с	$G_{\text{ВГ}} = V_{\text{P}}^{\text{д}} \cdot M_{\text{CUM}}$	0,117	0,112
Теплова потужність утилізатора відхідних газів	$Q_{\text{УТ}}$	кВт	$Q_{\text{УТ}} = G_{\text{ВГ}} \cdot C_{\text{PГ}} \cdot (t_{\text{д}} - t_{\text{УТ}}) \cdot \eta_{\text{ГО}}$	42,1	40,1
Теплова потужність системи охолодження	$Q_{\text{ОХ}}$	кВт	$Q_{\text{ОХ}} = 0,2 \cdot V_{\text{P}}^{\text{д}} \cdot Q_{\text{H}}^{\text{P}} \cdot \eta_{\text{ГО}}$	33,99	32,29
Теплова потужність теплоутилізаційного устаткування	$\sum Q_{\text{УТ}}$	кВт	$\sum Q_{\text{УТ}} = Q_{\text{УТ}} + Q_{\text{ОХ}}$	76,1	72,3
Масова витрата води в утилізаторі	$G_{\text{УТ}}$	кг/с	$G_{\text{УТ}} = \frac{Q_{\text{УТ}}}{C_{\text{P}} \cdot (t_2 - t_1)}$	0,005	0,005

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

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

Для обраного варіанту схеми котельні з ТНУ підбираємо нове обладнання з джерел [21-24]. В тепловій схемі передбачено встановлення теплового насосу OCHSNER ISWS_330ER2 S0/W35 потужністю 230 кВт, який працюватиме тільки в опалювальному режимі (максимальне та середнє навантаження). Привід компресора теплового насосу буде забезпечено від газопоршневого двигуна–генератора Generac SG-100 з номінальною потужністю електрогенератора 80 кВт; Для вироблення теплоти для контура випарника ТНУ підібрано КТАН-утилізатор марки КТАН-0,8УГ (теплопродуктивність варіюється 0,1-1 МВт).

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

Висновки

Для обраного варіанту схеми з ТНУ виконано необхідні розрахунки та підібрано нове обладнання. Розроблено технологію монтажу теплообмінника пластинчастого, що використовується в контурі випарника теплового насосу з використанням літературних джерел [25 - 34], результати цих розрахунків показані в Додатку В.

4 РОЗРАХУНОК ТА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ КОТЕЛЬНІ З ТНУ

4.1 Розрахунок та оцінка енергетичної ефективності теплової схеми котельні з ТНУ

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

Таблиця 4.1 – Результати розрахунку теплової схеми котельні з ТНУ

Показник	Позначення	Одиниця вимірювання	Формула	Режим 1	Режим 2	Режим 3
1	2	3	4	5	6	7
Теплова потужність котельні	Q_k	кВт	$Q_k = G_k \cdot c_v \cdot (t_k'' - t_k') \cdot 10^{-3}$	1761,7	1716,0	1498,6
Витрата робочого палива на котел	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	316,48	261,34	0
Витрата робочого палива на ДВЗ	$V_{двз}$	м ³ /с	За попередніми Розрахунками	0,0052	0,0043	0
Загальна витрата палива на котельню	V_3	м ³ /с	$V_3 = V_k + V_{двз}$	0,061	0,052	0,049
Економія палива за рахунок модернізації	ΔB	%	$\Delta B = \frac{V_{існ} - V_3}{V_{існ}} \cdot 100\%$	7,456	6,388	0
Середньорічна економія палива	$\Delta B_{річ}^{срд}$	%		6,92		

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

4.2 Аналіз економічної ефективності теплової схеми котельні

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

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

Показник	Позначення	Одиниця Вимірювання	Формула	Значення
Інші витрати до модернізації	$C_{інші}$	грн/рік	$C_{інші} = 0,06 \cdot (C_{п} + C_{ел} + C_{в} + C_{з.п})$	3194440
Інші витрати після модернізації	$C_{інші}^M$	грн/рік	$C_{інші}^M = 0,06 \cdot (C_{п}^M + C_{ел}^M + C_{в}^M + C_{ам} + C_{з.п.} + C_{пр})$	3022874
Експлуатаційні витрати до модернізації	C_e	грн/рік	$C_e = C_{п} + C_{ел} + C_{в} + C_{з.п.} + C_{інші}$	3194440
Експлуатаційні витрати після модернізації	C_e^M	грн/рік	$C_e^M = C_{п}^M + C_{ел}^M + C_{в}^M + C_{ам} + C_{з.п.} + C_{пр} + C_{інші}^M$	3022874
Зменшення експлуатаційних витрат	ΔC_e	грн/рік	$\Delta C_e = C_e - C_e^M$	3030999
Собівартість відпущеної теплоти	$CB_{негод}$	грн/ГДж	$CB_{негод} = C_e / Q_{річ}$	1017,53
Собівартість відпущеної теплоти після модернізації	$CB_{год.}$	грн/ГДж	$CB_{год.} = C_e^M / Q_{річ}$	962,88
Економічна ефективність	$E_{ф}$	млн. грн/рік	$E_{ф} = (CB_{негод.} - CB_{год.}) \cdot Q_{річ.}$	3030999
Термін окупності	T	рік	$T = K_{н.о.} / E_{ф}$	3,23

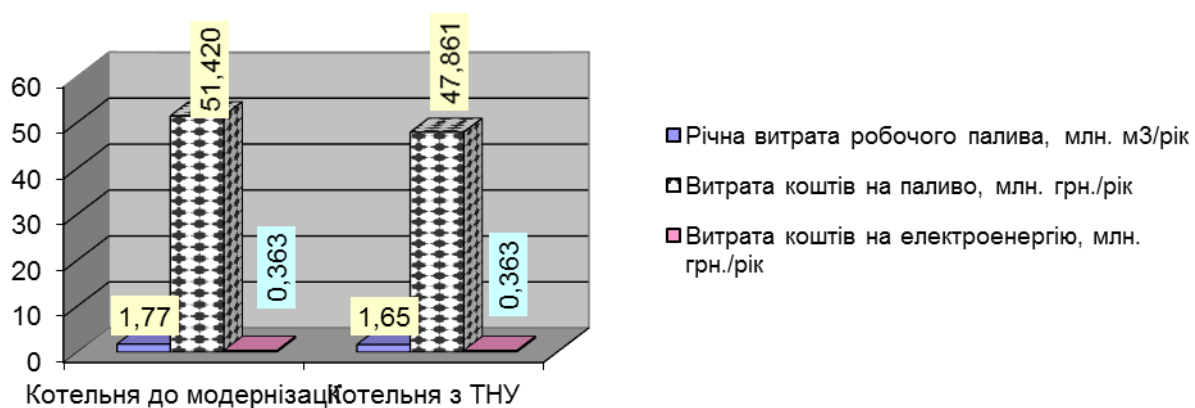


Рисунок 4.1 – Показники економічної ефективності варіантів

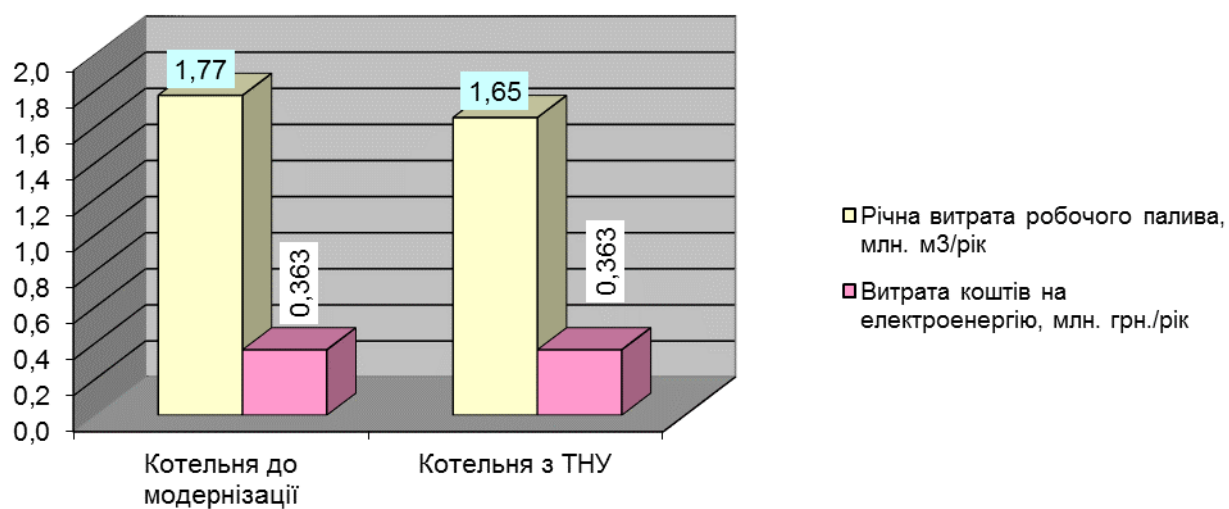


Рисунок 4.2 – Показники економічної ефективності варіантів

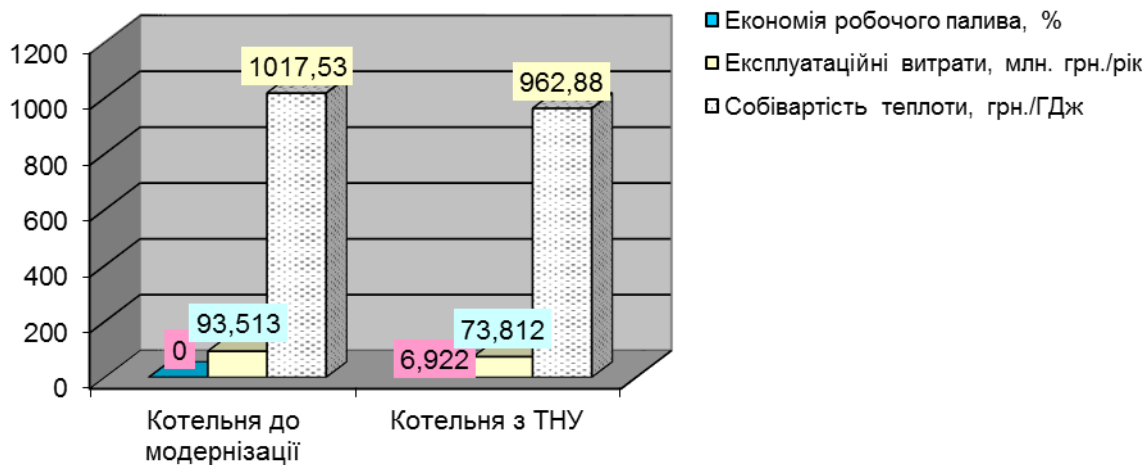


Рисунок 4.3 – Показники економічної ефективності варіантів

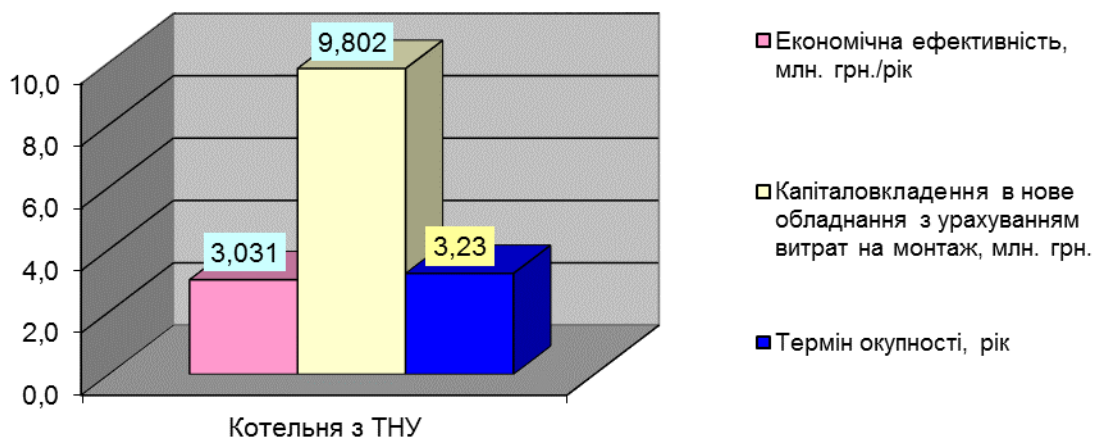


Рисунок 4.4 – Показники економічної ефективності варіантів

Висновки

За результатами економічного аналізу визначено, що застосування альтернативної ТНУ в схем котельні Дзвиняцького лісокомбінату обумовить економію природного газу в обсязі 6,92%, забезпечить зниження експлуатаційних витрат на 3,031 млн. грн. та зниження собівартості теплоти. Капіталовкладення в нове обладнання за альтернативним варіантом схеми котельні з ТНУ будуть становити 9,802 млн. грн., термін окупності оцінений у 3,23 року.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

В бакалаврській роботі розглядаються умови на робочому місці на парокompресійній теплонасосній установці в тепловій схемі котельні Дзвиняцького лісокомбінату. Загрозою для безпечної праці є шкідливі виробничі фактори, порушення технологічного процесу, вимог безпеки при експлуатації транспортних засобів та устаткування, недоліки в організації робочих місць. При виконанні будівельних робіт можуть виникати небезпечні і шкідливі виробничі фактори, які відносять до фізичної, хімічної і психологічної груп.

До групи фізичних небезпечних і шкідливих виробничих факторів відносяться:

- рухомі машини і механізми, вироби які переміщуються;
- підвищена температура поверхонь обладнання і матеріалів;
- підвищений рівень шуму і вібрацій на робочому місці;
- підвищене значення напруги електричної мережі, замикання якої може відбуватись через тіло людини;
- відсутнє або недостатнє природне освітлення;
- недостатнє освітлення робочої зони;
- підвищена загазованість повітря робочої зони, які виділяються при технологічних процесах;
- зміна мікроклімату робочої зони.

До групи хімічних фізичних небезпечних і шкідливих виробничих факторів відносяться:

- роздратовуючі (хімічні складові, що входять до складу ЗОР);
- загально токсичні (оксид вуглецю);

Психологічну групу шкідливих і небезпечних виробничих факторів складають:

- фізичні перевантаження;
- нервово-психічні перевантаження (монотонність праці).

Групи інших шкідливих факторів відсутні.

Технічні рішення щодо безпечної експлуатації об'єкта.

Технічні рішення щодо безпечної організації робочих місць.

Вимоги щодо монтажу основного обладнання Усі основні планувальні рішення по теплому пункту було прийнято з урахуванням вимог ДБН В.2.5.-39:2008 «Теплові мережі», у тому числі: Під час монтажу усі трубопроводи ізолюються. Обладнання, трубопроводи та арматуру необхідно маркувати згідно схеми, на трубопроводах позначити напрям руху теплоносія. Компоновка основного та допоміжного устаткування в приміщенні теплового пункту виконано згідно з нормативним документом

1. Проектом теплового пункту передбачена монтажна (ремонтна) площадка.

2. Кожний водо-водяний підігрівач відповідно до проекту оснащений штуцерами із запірною арматурою для випуску повітря і спуску води, відповідно вимогам.

3. Всі вимірювальні прилади передбачено встановити на щиті контролю, який знаходиться у приміщенні теплового пункту.

Електробезпека.

Передбачена проектом апаратура повинна експлуатуватися відповідно до паспортних даних, що визначають номінальні значення струму і напруги. Забезпечення техніки безпеки в силовому електроустаткуванні виконано вибором відповідного устаткування й апаратів. Всі електромонтажні роботи виконувати в суворому відповідності з діючими будівельними нормами– ДБН В.2.5.24-2003, ПУЕ з дотримання норм по охороні праці і техніки безпеки.

Електропостачання усіх технологічних струмоприймачів теплового пункту здійснюється від загального щита автоматизації. Підключення цього щита до системи електропостачання та обладнання необхідно здійснити по місцю. Блок управління насосами забезпечується наступними функціями: автоматичне відключення циркуляційного насосу у разі падіння тиску на вході насосу нижче встановленого; можливість ручного вмикання/вимикання насосу; автоматичне вмикання насосу після перерви в електропостачанні, а також інші функції, які

детально описані в технічній документації на щит автоматизації. Контролер блоку управління забезпечить можливість зв'язку з комп'ютером за допомогою інтерфейсу (RS-232, 485). Основними споживачами електроенергії в тепло пункті є електродвигуни насосних установок та джерела штучного освітлення. Електрообладнання живиться від мережі перемінного струму з глухо заземленою нейтраллю частотою 50Гц. [38].

Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії.

Мікроклімат.

Роботи, що виконуються відносяться до категорії робіт Пб - середньої важкості відповідно до [39]. Вони пов'язані з перенесенням вантажів масою до 10 кг, а також з ходінням працюючих. Ці роботи пов'язані з помірним фізичним навантаженням. Параметри, що характеризують мікроклімат в приміщенні робочої зони є: температура, відносна вологість, швидкість руху повітря. Оптимальні і допустимі норми цих параметрів визначають в залежності від категорії робіт та періоду року. Числові значення цих норм подано в табл. 1. Для нормалізації мікроклімату в приміщенні робочої зони необхідно улаштувати вентиляцію і опалення, а також використовувати технологічний процес і обладнання, які б унеможливили утворення шкідливих речовин і попаданні їх в робочу зону.

Інтенсивність опромінення $100\text{Вт}/\text{м}^2$.

Опромінення людського тіла не більше 25 %.

Таблиця 5.1 – Норми параметрів мікроклімату

Період року	Категорія	Температура, °С			Відносна вологість, %		Швидкість руху повітря, м/хв.	
		Оптимальна	Допустима		Оптимальна не більше	Допустима не більше	Оптимальна не більше	Оптимальна не більше
			Верхня гран.	Нижня гран.				
Холод	Пб	17-19	21	15	40-60	75	0,3	0,4
Тепло	Пб	20-22	27	16	40-60	70	0,4	0,5

Склад повітря робочої зони

В умовах, що розглядаються в роботі, можливим забруднювачем повітря може бути пил нетоксичний, пари мастил мінеральних, сульфонати, молібденати, граничні і неграничні вуглеводні, альдегіди, бензапірен і ін. [39].

Попадаючи в організм людини шкідливі речовини негативно діють на людину.

При роботах в приміщенні застосовується приточна вентиляція забезпечуватиме приток чистого повітря в приміщення, а витяжна вентиляція забезпечуватиме видалення забрудненого повітря назовні.

Природна вентиляція здійснюватиметься за рахунок різниці густин повітря, що виникатиме за рахунок різниці температур повітря, а також за рахунок енергії вітру [40].

Виробниче освітлення

Проектом передбачено природне (бокове двохстороннє) та штучне освітлення. При боковому освітленні коефіцієнт природного освітлення повинен бути не менше 1,5%. Штучне освітлення повинно складати 400-500 лк [41].

Таблиця 5.2 – Значення кількісних показників освітлення

Характер зорової роботи	Найменший розмір об'єкта	Розряд зорової роботи	Контракт об'єкта розрізнення	Характеристика фону	Штучне освітлення	Періодичне освітлення
					Лк	КЕО, %
						Бічне
Середньої точності	0,5-1	IVo	Великий	Світлий	500	1.5

Штучне освітлення проводиться світильниками з лампами розжарення. Вони забезпечують усунення сліпучої дії джерела світла. Освітленість проходів в виробничому приміщенні повинна складати - 75 Лк. Світильники місцевого освітлення живляться від мережі напругою 36 В, загального 220 В. Всі світильники повинні мати заземлення і бути герметичними по ступені захисту IP65.

Виробничий шум і вібрації

В зв'язку з шумом який виникає в процесі виконання будівельних робіт необхідно дотримуватися безпечних умов праці [42]. Для захисту органів слуху від шуму необхідно застосовувати антифони.

Таблиця 5.3 – Нормативні рівні звукового тиску на дільниці

Робочі місця	Рівні звукового тиску в Дб у октавних смугах із середньгеометричними частинами Гц									Еквівалент-ний рівень звуку Дб (А)
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Виконання всіх видів робіт на постійних місцях у виробничих підприємствах	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Амплітуду коливань при вібраціях вимірюють з допомогою електричних віброметрів АИН- 4. Орієнтовані заміри вібрацій виконують механічними вібрографами.

Локальна передається через руки, загальна через підшви ніг. Загальна вібрація категорії “а”, критерій оцінки - границя зниження продуктивності. Норми вібрацій приведено в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Норми вібрацій

Вид вібрації	Категорія вібрації	Напрямок дій	Нормативні коректовані по частоті та еквівалентні значення			
			Віброприскорення		Віброшвидкість	
			$a_n \text{ м/с}^2$	$L a_n \text{ Дб}$	$V_H \cdot 10^2 \text{ м/с}$	$L_{VH} \text{ Дб}$
Локальна		$X_n, \Gamma, 2_n$	2,0	125	2,0	112
Загальна	3 типа		0,1	100	0,2	90

Вібрації знижуються при використанні амортизаторів, змащувальних матеріалів та реактивних гасників пульсації [43]. Особливе значення в боротьбі з вібрацією мають фундаменти виробничих будівель, а також фундаменти під устаткуванням. На робітників може діяти локальна і загальна вібрація.

Технічні рішення з пожежної безпеки

Пожежна безпека – стан об’єкта, за якого з регламентованою імовірністю виключається можливість виникнення і розвитку пожежі та впливу на людей її небезпечних факторів, а також забезпечується захист матеріальних цінностей.

Приміщення згідно з [44] відноситься до категорії Д (пожежобезпечні – негорючі речовини та матеріали у холодному стані). Джерелом пожежі може бути спалення електроізоляції кабелю при короткому замиканні чи дії обслуговуючого персоналу, які порушують правила пожежної безпеки (використання відкритого вогню, куріння у недозволених місцях). Приміщення не відноситься до вибухонебезпечних, тому що тут не використовуються легкозаймисті речовини та немає умов для створення вибухонебезпечних сумішей [44].

Системи пожежної безпеки - це комплекс організаційних заходів і технічних засобів, спрямованих на запобігання пожежі та збитків від неї. Відповідно до [44] пожежна безпека об’єкта повинна забезпечуватися системою запобігання пожежі, системою протипожежного захисту і системою організаційно – технічних засобів. Системи пожежної безпеки мають запобігати виникненню пожежі і впливу на людей небезпечних факторів пожежі на необхідному рівні [44]. Потрібний рівень пожежної безпеки людей за допомогою зазначених систем, згідно з [45], не повинен бути меншим за 0,9 відвернення впливу на кожну людину, а допустимий рівень пожежної безпеки для людей не може перевищувати 10^{-6} впливу небезпечних факторів пожежі, що перевищують гранично допустимі значення на рік у розрахунку на кожну людину.

Основні засоби попередження пожеж:

- застосування електрообладнання, яке задовольняє вимогам електростатичної електробезпеки по [44, 45];

- застосування захисту від короткого замикання на розподільчому щиті теплового пункту;

Основні технічні рішення по системі протипожежного захисту тепловий пункту:

- згідно вимог [44] для пожежної сигналізації застосовані пристрої УОТС-11, які працюють з димовими та тепловими датчиками. Датчики встановлено на стелі:

- передбачені первинні засоби пожежогасіння: вогнегасники ОУ-5 згідно вимог ДСТУ 36 75-98 IS03941-77, ящик с піском, щільна тканина, лопата. Вогнегасник розташовано біля входу у тепловий пункт;

- плавкі вставки запобіжників калібровані, з визначенням на клеймі номінального струму вставки.

ВИСНОВКИ

В бакалаврській дипломній роботі запропоновано заходи із забезпечення енерго- та ресурсозбереження, а також поліпшення техніко-економічних показників роботи теплової схеми промислово-опалювальної парової котельні Дзвиняцького ліскокомбінату шляхом встановлення парокомпресійної теплонасосної установки. Забезпечене зниження енерго- та ресурсоемності вироблення теплоти в котельні Дзвиняцького ліскокомбінату шляхом встановлення парокомпресійної ТНУ.

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

За результатами багатоваріантного аналізу та розробленого на основі нього техніко-економічного обґрунтування було визначено, що застосування альтернативної ТНУ в схемі котельні Дзвиняцького ліскокомбінату обумовить економію природного газу в обсязі 6,92%, забезпечить зниження експлуатаційних витрат на 3,031 млн. грн. та зниження собівартості теплоти. Капіталовкладення в нове обладнання за альтернативним варіантом схеми котельні з ТНУ будуть становити 9,802 млн. грн., термін окупності оцінений у 3,23 року.

В бакалаврській дипломній роботі виконано моделювання ефективності варіантів застосування ТНУ в тепловій схемі промислово-опалювальної котельні в програмі SOLKANE SoftWare 8.0..

Для обраного варіанту схеми котельні з ТНУ передбачено встановлення теплового насосу OCHSNER ISWS_330ER2 S0/W35 потужністю 230 кВт, який працюватиме тільки в опалювальному режимі (максимальне та середнє навантаження). Привід компресора теплового насосу буде забезпечено від газопоршневого двигуна-генератора Generac SG-100 з номінальною потужністю

електрогенератора 80 кВт; Для вироблення теплоти для контура випарника ТНУ підбрано КТАН-утилізатор марки КТАН-0,8УГ (теплопродуктивність варіюється 0,1-1 МВт).

Розроблено технологію монтажу теплообмінника пластинчастого, що використовується в контурі випарника теплового насосу.

За результатами економічного аналізу визначено, що застосування альтернативної ТНУ в схем котельні Дзвиняцького лісокомбінату обумовить економію природного газу в обсязі 6,92%, забезпечить зниження експлуатаційних витрат на 3,031 млн. грн. та зниження собівартості теплоти. Капіталовкладення в нове обладнання за альтернативним варіантом схеми котельні з ТНУ будуть становити 9,802 млн. грн., термін окупності оцінений у 3,23 року.

Проаналізовано заходи з охорони праці.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Теплові насоси і теплообмінники. URL: https://elib.tsatu.edu.ua/dep/mtf/ophv_2/page4.html (Дата звертання 05.06.23).
2. Теплові насоси в Україні. URL: <https://heatpump.vent.if.ua> (Дата звертання 05.06.23).
3. Енергетичне та кліматичне планування. URL: <https://www.ehpa.org/policy/european-green-deal/energy-climate-planning/> (Дата звертання 05.06.23).
4. European Heat Pump Association. URL: <https://www.ehpa.org/> (Дата звертання 05.06.23).
5. Рекорд теплового насоса: 3 мільйони одиниць продано у 2022 році, що сприяє досягненню цілей REPowerEU. URL: https://www.ehpa.org/press_releases/heat-pump-record-3-million-units-sold-in-2022-contributing-to-repowereu-targets/ (Дата звертання 05.06.23)
6. План Європейської комісії REPowerEU: стратегія в галузі теплових насосів. URL: <https://www.heatpump.com.ua/novini-i-publikatsii/novini-industrii/prodazhi-teplovikh-nasosiv-v-vropi-v-2021-rotsi-dosyagli-2-milyoniv.htm> (Дата звертання 05.06.23).
7. Які країни відмовляються від обігрівачів на викопному паливі? URL: https://www.ehpa.org/2023/04/17/ehpa_news/which-countries-are-ending-fossil-fuel-heaters/ (Дата звертання 05.06.23).
8. Досягнення цілей ЄС щодо теплових насосів зменшить рахунки за опалення на 20% – звіт. URL: https://www.ehpa.org/2023/04/26/ehpa_news/meeting-eu-heat-pump-goals-will-slash-20-off-heating-bills-report/
9. 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 агроєкологічний 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 05.06.23).

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

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 05.06.23).

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

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

19. Остапенко О. П. Холодильна техніка та холодильна технологія. Теплові насоси : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2015. 123 с.
20. Остапенко О. П., Бакум О. В., Ющишина А. В. Енергетичний, екологічний та економічний аспекти ефективності теплонасосних станцій на природних та промислових джерелах теплоти. Наукові праці ВНТУ. 2013. № 3. URL: <http://praci.vntu.edu.ua/article/viewFile/3040/4626>. (Дата звертання 05.06.23).
21. Газопоршневі двигуни. URL : <http://220volt.com.ua/generatory/generac> (Дата звертання 15.05.23).
22. Промислові теплові насоси. URL: <https://www.geoteplo.com.ua/ua/katalog/catalogochsnere/heating/119industrie.html> (Дата звертання 15.05.23).
23. Контактний утилізатор КТАН-0,8УГ. URL: <http://goct.info/Data1/41/41822/index.htm>. (Дата звертання 15.05.23)
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 05.06.23).
26. ДСТУ Б Д.2.4-15Р:2014 Збірник 15-1. Внутрішні сантехнічні роботи. Київ: Держстандарт України, 1999. 12 с.
27. ДСТУ-Н Б А.3.1-27:2014. Збірник 12. Технологічні трубопроводи. Київ: Держстандарт України, 2015. 9 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 05.06.23).
30. Каталог кранів на спец шассі URL: <http://promspectehcentr.ru/krany>. (Дата звертання 05.06.23).
31. Каталог обладнання для електричного зварювання URL: <https://dnipro-m.ua/uk/svarochnoe-oborudovanie/apparat-invertor-sab/>. (Дата звертання 05.06.23).

32. Перфоратори. URL: <https://rozetka.com.ua/makita> (Дата звертання 05.06.23).
33. Кутові шліфмашини URL: <https://rozetka.com>. (Дата звертання 05.06.23).
34. Каталог будівельних машин і інструментів URL: <http://powertools.co.nz>. (Дата звертання 05.06.23).
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 05.06.23).
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. ДСТУ Б В.2.5-82:2016 Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=65395 (Дата звертання 05.06.23).
39. 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).

40. ДБНВ.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. К. : Мінрегіонбуд України, 2013. 149 с.
41. 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).
42. 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).
43. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99>. (Дата звертання 05.06.23).
44. 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).
45. 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).

Додатки

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Парокомпресійна теплонасосна установка в тепловій схемі котельні Дзвиняцького лісокомбінату

Тип роботи: бакалаврська дипломна робота
(БДР, МКР)

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

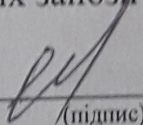
Показники звіту подібності Unicheck

Оригінальність 80,3%

Схожість 19,7%

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

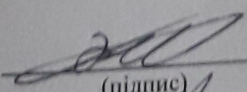
1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії 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)

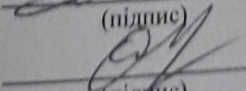
Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unicheck щодо роботи.

Автор роботи


(підпис)

Хмара С. В.
(прізвище, ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

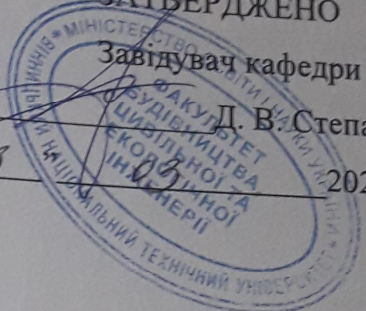
Остапенко О.П.
(прізвище, ініціали)

Додаток Б
(обов'язковий)

УЗГОДЖЕНО

" " 2023 р.

ЗАТВЕРДЖЕНО
Завідувач кафедри ТЕ
Д. В. Степанов
" 23 " 03 2023 р.



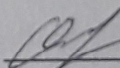
ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ
до бакалаврської дипломної роботи
ПАРОКОМПРЕСІЙНА ТЕПЛОАСОСНА УСТАНОВКА В ТЕПЛОВІЙ СХЕМІ
КОТЕЛЬНОЇ ДЗВИНЯЦЬКОГО ЛІСОКОМБІНАТУ

за спеціальністю

144 – теплоенергетика

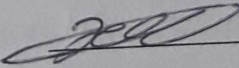
08-15.БДР.011.00.00.000 ТЗ

Керівник бакалаврської роботи

 к.т.н., доц. Остапенко О. П.

“22” березня 2023 р.

Розробив студент гр. ТЕ–21мс

 Хмара С. В..

“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 теплофікацію 0,13 кг/с; на перший промисловий споживач 0,19 кг/с; відпуск пари на другий промисловий споживач 0,4 кг/с; повернення конденсату від теплофікації 95 %; повернення конденсату від першого промислового споживача 90 %; конденсат від другого промислового споживача не повертається; температура повернення конденсату від теплофікації 73 °С; температура повернення конденсату від першого промислового споживача 83 °С температура додаткової води 5-20 °С; витрата пари на власні потреби 6,5 %.

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 для варіанту модернізації	30.03.23	07.04.23	
3	Результати оцінки ефективності роботи теплової схеми котельні з ТНУ	06.04.23	20.05.23	
4	Розрахунок та оцінка ефективності 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 ТЕПЛООВОГО 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.

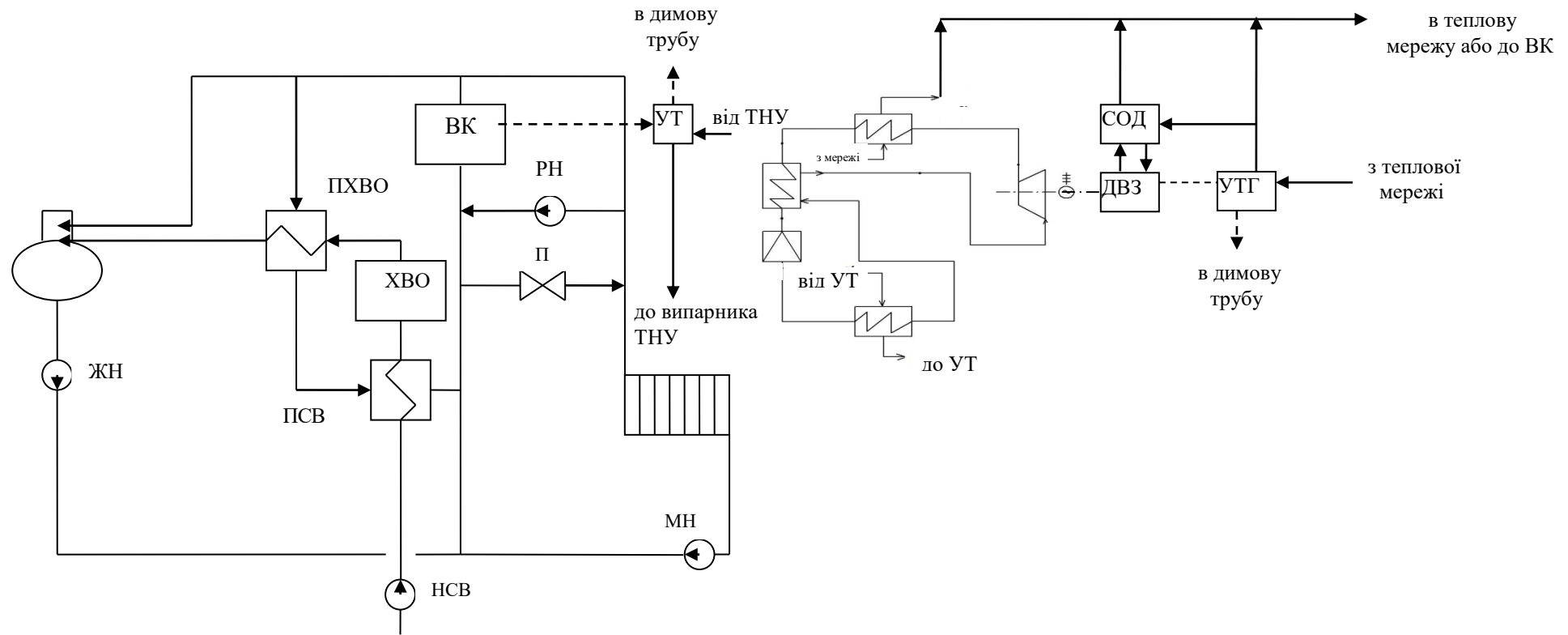


Рисунок В.1 – Теплова схема водогрійної котельні з ТНУ та ДВЗ

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

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

Розрахунок теплообмінника проміжного контуру

Теплообмінник, що проектується призначений для відбирання теплоти від ґрунтових вод.

Технічні вимоги.

Теплова потужність $Q = 31,43$ (кВт).

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

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

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

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

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

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

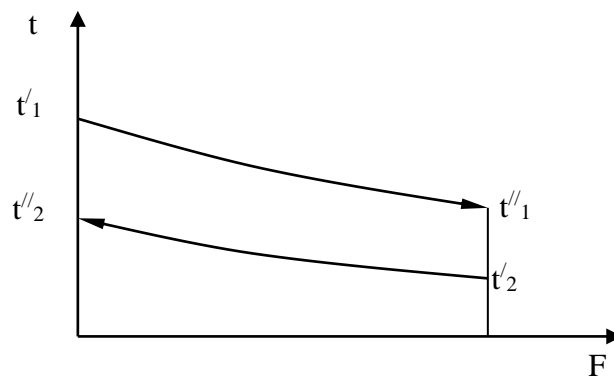


Рисунок В.1 – Схема руху теплоносіїв у теплообміннику

Середній температурний напір протитоку

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

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

Більша і менша різниці температур:

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

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

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

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

Отже середній температурний напір протитоку:

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

Площа поверхні теплообміну апарата

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

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

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

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

Приймаємо $n=8$ (шт).

Товщина пластини $\delta=0,3$ мм.

Площа теплообмінника

$$F_a = n \cdot f \quad (\text{В.6})$$

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

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

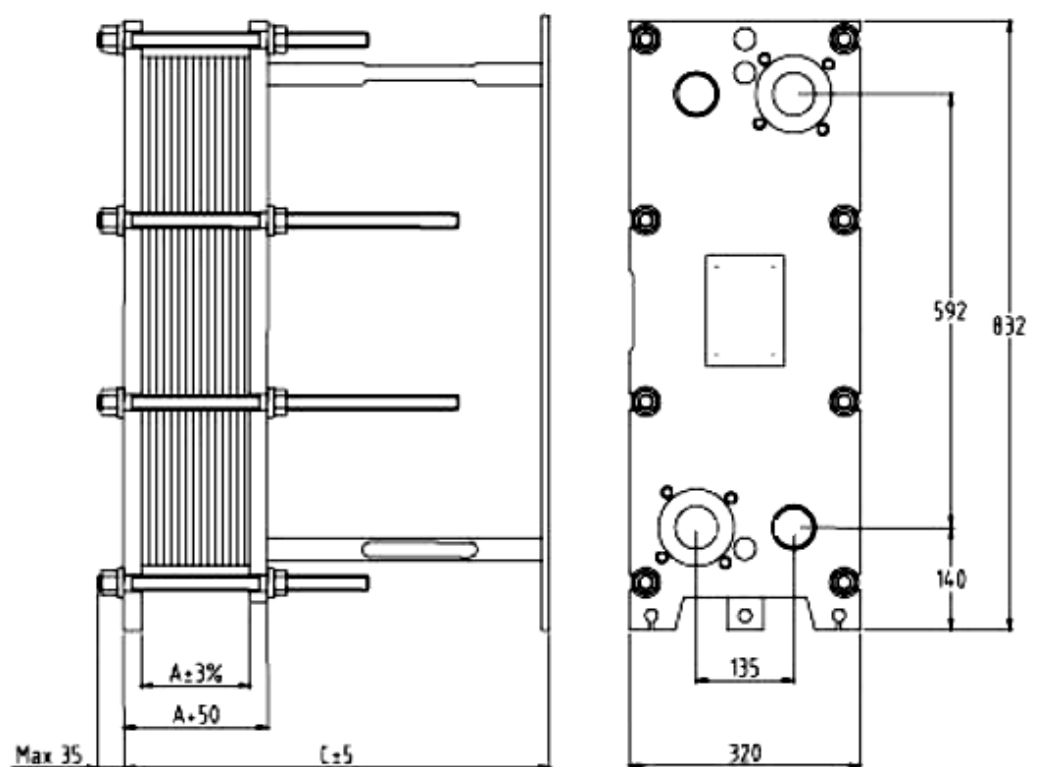


Рисунок В.2 – Теплообмінний апарат проміжного контуру.

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

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

Таблиця В.1 – Відомість витрат матеріалів

№ п.п	Найменування матеріалу	Одиниці вимірювання	Кількість	Маса одиниці, кг	Маса, кг
1	2	3	4	5	6
Потреба в основних матеріалах					
1	Трубопроводи зі сталевих труб із зварними стиками, що монтуються з готових вузлів, діаметр 50 мм ГОСТ 10704-91.	м	4,1	3,5	14,35
2	Трубопроводи зі сталевих труб із зварними стиками, що монтуються з готових вузлів, діаметр 15 мм ГОСТ 10704-91.	м	23,15	0,5	11,57
3	Трубопроводи зі сталевих труб із зварними стиками, що монтуються з готових вузлів, діаметр 32 мм ГОСТ 10704-91.	м	6,7	2,15	14,4
4	Засувка чавунна Ду50 ГОСТ 9544	шт	3	18	54
5	Засувка чавунна Ду32 ГОСТ 9544	шт	6	4,3	25,8

Продовження табл. В.1

1	2	3	4	5	6
6	Засувка чавунна Ду15 ГОСТ 9544	шт	5	1	5
7	Фільтр грубої очистки Ду50	шт	1	12	12
8	Фільтр грубої очистки Ду32	шт	1	6	6
9	Насос 1,5 SCM20 Ду50	шт	1	64,4	64,4
10	Насос 1,5 SCM20 Ду50	шт	1	56	56
11	Теплообмінник пластинчастий F=13,4м ²	шт	1	51	51
12	Клапан зворотній стальний Ду50	шт	1	17,5	17,5
13	Клапан зворотній стальний Ду32	шт	1	9	9
Потреба у допоміжних матеріалах					
Матеріали для монтажу труб Ду50 Група 6					
	Біло густотерте цинкове МА-011-1	т	0,041	0,00005	0,002
	Дріт зварний легований, діаметр 4 мм	т	0,041	0,00026	0,0107
	Електроди, діаметр 5 мм, марка Э42А	т	0,041	0,001	0,041
	Оліфа натуральна	кг	0,041	0,02	0,0008
	Вода	м ³	0,041	2,75	0,113
	Прядиво лляне	т	0,041	0,00002	0,0008
Матеріали для монтажу труб Ду32 Група 6					
	Біло густотерте цинкове МА-011-1	т	0,067	0,00012	0,008

Продовження табл. В.1

1	2	3	4	5	6
	Дріт зварний легований, діаметр 4 мм	т	0,067	0,00017	0,0114
	Електроди, діаметр 5 мм, марка Э42А	т	0,067	0,0014	0,094
	Оліфа натуральна	кг	0,067	0,06	0,004
	Вода	м ³	0,067	1,13	0,076
	Прядиво лляне	т	0,067	0,00006	0,004
Матеріали для монтажу труб Ду15 Група 6					
	Білило густотерте цинкове МА-011-1	т	0,231	0,00012	0,0278
	Дріт зварний легований, діаметр 4 мм	т	0,231	0,00017	0,0393
	Електроди, діаметр 5 мм, марка Э42А	т	0,231	0,0014	0,324
	Оліфа натуральна	кг	0,231	0,06	0,014
	Вода	м ³	0,231	0,25	0,058
	Прядиво лляне	т	0,231	0,00006	0,014
Монтаж засувки чавунних Ду50 Група 15					
	Електроди, діаметр 5 мм, марка Е42А	т	3	0,00037	1,11

Продовження табл. В.1

1	2	3	4	5	6
	Болти з гайками і шайбами, діаметр 16 мм	т	3	0,0011	3,3
	Прокладки з пароніта, марка ПМБ, товщина 2 мм, діаметр 50 мм	т	3	0,002	6
	Фланці сталеві Ду 50 ГОСТ 12820-80	шт	6	2,06	12,36
Монтаж засувок чавунних Ду32 Група 15					
	Електроди, діаметр 5 мм, марка Е42А	т	6	0,00037	2,22
	Болти з гайками і шайбами, діаметр 16 мм	т	6	0,0011	6,6
	Прокладки з пароніта, марка ПМБ, товщина 2 мм, діаметр 50 мм	т	6	0,002	12
	Фланці сталеві Ду 32 ГОСТ 12820-80	шт	12	1,4	16,8
Монтаж засувок чавунних Ду15 Група 15					
	Електроди, діаметр 5 мм, марка Е42А	т	5	0,00037	1,85
	Болти з гайками і шайбами, діаметр 12 мм	т	5	0,0011	5,5
	Прокладки з пароніта, марка ПМБ, товщина 2 мм, діаметр 50 мм	т	5	0,002	10
	Фланці сталеві Ду 15 ГОСТ 12820-80	шт	10	0,51	5,1
Монтаж фільтра грубої очистки Ду50 Група 21					
	Електроди, діаметр 5 мм, марка Е42А	т	0,1	0,001	0,1

Продовження табл. В.1

1	2	3	4	5	6
Монтаж фільтра грубої очистки Ду32 Група 21					
	Електроди, діаметр 5 мм, марка Е42А	т	0,1	0,0008	0,08
Монтаж Насоса Ду50 Група 13					
	Електроди, діаметр 5 мм, марка Е42А	т	1	0,00039	0,39
	Прокладка гумова	кг	1	0,07	0,07
	Болти з гайками і шайбами, діаметр 16 мм	т	1	0,00127	1,27
	Фланці сталеві Ду 50 ГОСТ 12820-80	шт	2	2,06	4,12
Монтаж Насоса Ду32 Група 13					
	Електроди, діаметр 5 мм, марка Е42А	т	1	0,00039	0,39
	Прокладка гумова	кг	1	0,07	0,07
	Болти з гайками і шайбами, діаметр 16 мм	т	1	0,00127	1,27
	Фланці сталеві Ду 32 ГОСТ 12820-80	шт	2	1,4	2,8
Монтаж теплообмінника Група 81					
	Азбестовий картон спільного призначення , товщина 2 мм	т	1	0,004	4
	Електроди, діаметр 4 мм, марка Е42	т	1	0,0063	6,3
	Оліфа натуральна	кг	1	0,02	0,02

Продовження табл. В.1

1	2	3	4	5	6
	Болти з гайками і шайбами, діаметр 16 мм	т	1	0,0026	2,6
	Болти з гайками і шайбами, діаметр 20-22 мм	т	1	0,0052	5,2
	Пароніт	т	1	0,0004	0,4
	Сурик свинцевий	т	1	0,00008	0,08
Монтаж клапана зворотнього Ду50 Група 19					
	Електроди, діаметр 5 мм, марка Е42	т	0,01	0,037	0,37
	Болти з гайками і шайбами, діаметр 16 мм	т	0,01	0,11	1,1
	Пароніт	т	0,01	0,01	0,1
	Фланці сталеві Ду 50 ГОСТ 12820-80	шт	2	1,33	2,66
Монтаж клапана зворотнього Ду32 Група 19					
	Електроди, діаметр 5 мм, марка Е42	т	0,01	0,037	0,37
	Болти з гайками і шайбами, діаметр 12 мм	т	0,01	0,11	1,1
	Пароніт	т	0,01	0,01	0,1
	Фланці сталеві Ду 32 ГОСТ 12820-80	шт	2	1,33	2,66

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

Загальна маса становить:

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

Додаток Г
(обов'язковий)

Таблиця Г.1 – Ілюстративні матеріали

Показник	Одиниця вимірювання	Варіант схеми	
		Базовий варіант теплової схеми котельні	Модернізована теплова схема котельні з ТНУ
Витрата робочого палива	млн. м ³ /рік	1,77	1,65
Економія робочого палива	%	---	6,922
Витрати на паливо	млн. грн./рік	51,420	47,861
Експлуатаційні витрати	млн. грн./рік	56,435	53,404
Зменшення експлуатаційних витрат	млн. грн./рік	---	3,031
Капіталовкладення в нове обладнання	млн. грн.	---	9,802
Термін окупності нового обладнання	років	---	3,23

Додаток Д

ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

08-15.БДР.011.01.00.000 ТЗ

Перв. примен.

Справ. №

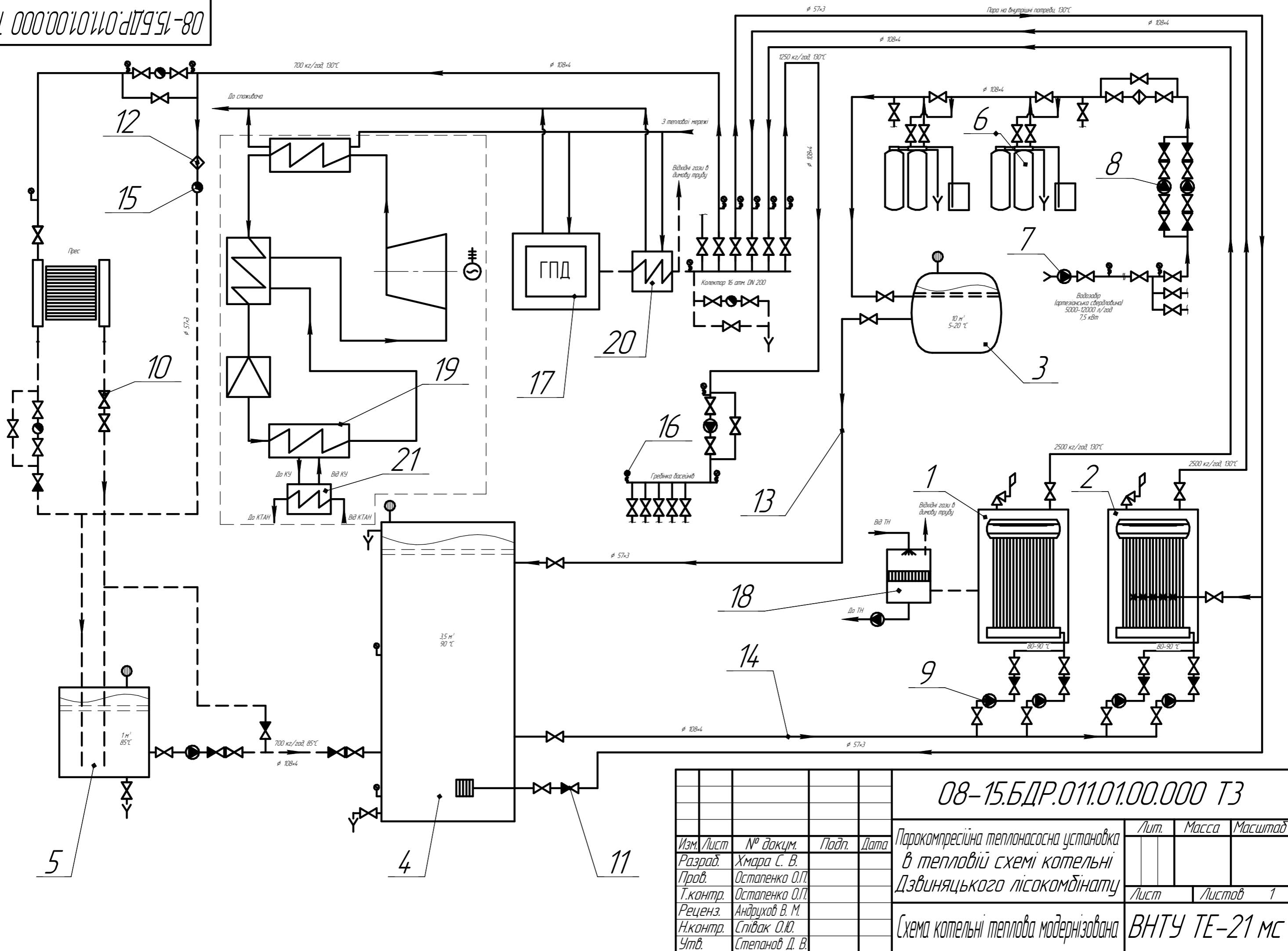
Подп. и дата

Инв. № дщдл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.



Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Хмара С. В.			
Пров.	Остапенко О. П.			
Т. контр.	Остапенко О. П.			
Реценз.	Андрухов В. М.			
Н. контр.	Співак О. Ю.			
Утв.	Степанов Д. В.			

08-15.БДР.011.01.00.000 ТЗ

Парокomppeciйна теплoнаcoсна уcтанoвкa
в теплoвiй cxeмi кoтeльнi
Дзвiняцькoгo лicoкoмбiнaту

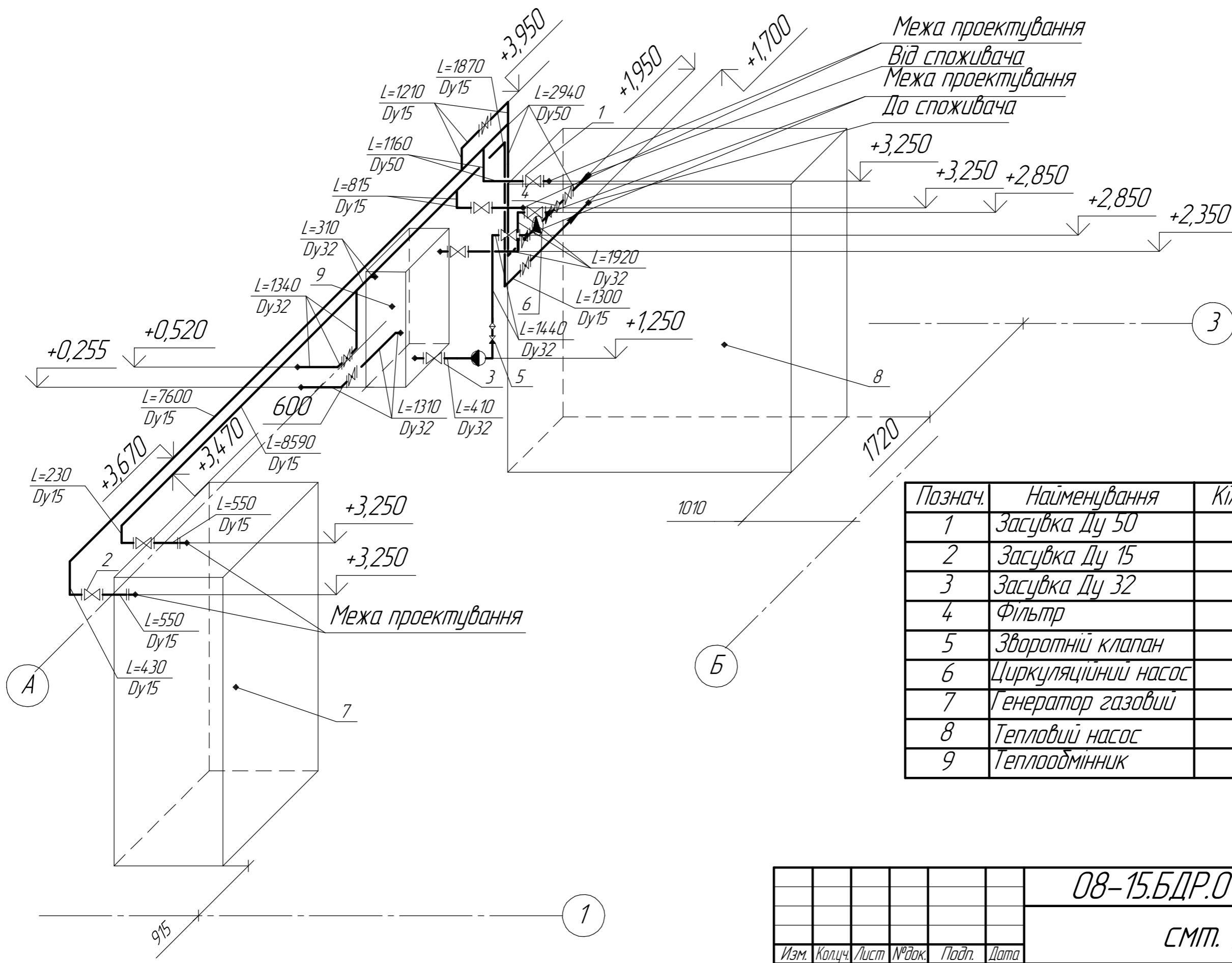
Лист	Масcа	Масштaб
Лист	Листoв	1

Сxeмa кoтeльнi теплoвa мoдepнiзoвaнa ВНТУ ТЕ-21 мс

Кoпiрoвaл Фoрмaт А3

Поз. познач.	Найменування	Кіл.	Примітка
1	Паровий котел	1	2.5-0.9ГМ
2	Паровий котел (резервний)	1	2.5-0.9ГМ
3	Бак зберігання хімоочищеної води	1	10000л
4	Конденсатний бак котельні	1	3500
5	Конденсатний бак преса	1	1000л
6	Система хімводоочистки	1	
7	Насос циркуляційний мережний	5	ЦВ-4/85
8	Насос циркуляційний підживлення	3	ЦВ-4/85
9	Насос циркуляційний живильний	4	ЦВ-4/85
10	Дросельний вентиль	92	
11	Зворотний клапан	19	
12	Фільтр	3	
13	Труба сталева електрозварна	30	Ду 57x3
14	Труба сталева електрозварна	20	Ду 108x4
15	Конденсатовідвідник	1	
16	Манометр	35	
17	Газопоршневий двигун-генератор	1	Generac SG-100
18	КТАН-утилізатор	1	КТАН-0,8УГ
19	Теплонасосна установка	1	
20	Утилізатор теплоти відхідних газів ДВЗ	1	
21	Проміжний теплообмінник	1	

<i>08-15 БДР.011.01.00.000</i>				
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Хмара С. В.		
Перевір.		Остапенко О.П.		
Реценз.		Андрухов В. М.		
Н. Контр.		Співак О. Ю.		
Затверд.		Степанов Д.		
<i>Схема котельні теплова модернізована</i>				
Літ. Арк. Аркушів				
<i>ВНТУ, зд. ТЕ-21мс</i>				



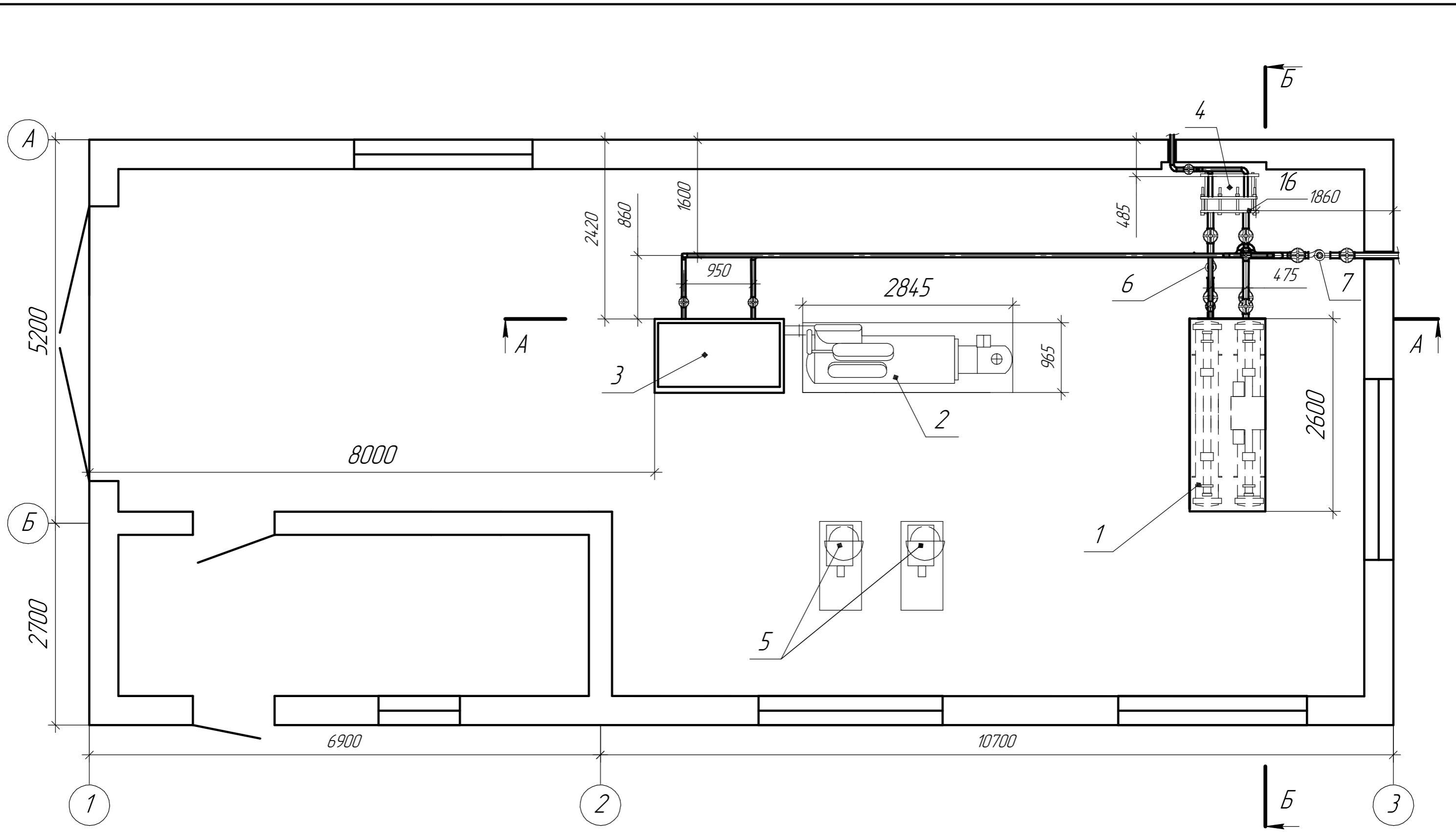
Познач.	Найменування	Кількість	Примітка
1	Засувка Ду 50	3	
2	Засувка Ду 15	5	
3	Засувка Ду 32	6	
4	Фільтр	2	
5	Зворотній клапан	2	
6	Циркуляційний насос	2	
7	Генератор газовий	1	
8	Тепловий насос	1	
9	Теплообмінник	1	

						08-15.БДР.011.02.00.000 АР			
						смт. Дзвиняч			
Изм.	Кол.ч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Парокомпресійна теплонасосна установка в тепловій схемі котельні Дзвиняцького лісокомбінату	Стадія	Лист	Листов
Розробив	Хмара С. В.								1
Перевірив	Остапенко О. П.					Схема монтажу аксонометрична	ВНТУ гр. ТЕ-21мс		
Т. контр	Остапенко О. П.								
Реценз.	Андрухов В. М.								
Н. контр	Слівак О. Ю.								
Утв.	Степанов Д. В.								

Соголасовано

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

Поз. обзначення	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Перелік елементів</i>			
1	Теплонасосна установка OCHSNER-230	1	
2	Двигун-генератор марки Generac SG-100	1	
3	Теплообмінник пластинчастий Thermaks PTA (GL)-8-P-32-34-2.4-1K	1	
4	Утилізатор теплоти	1	
5	Живильний насос KM 50-32-125	2	
6	Насос циркуляційний 1,5 SCM 20	1	
7	Насос циркуляційний SCM 22	1	
08-15.БДР.011.03.00.000			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.
Изм. № подл.	Разраб. Хмара С. В.		
	Пров. Остапенко О.П.		
	Реценз. Андрухов В. М.		
	Н.контр. Співак О.Ю.		
	Утв. Степанов Д. В.		
План розташування обладнання та трубопроводів			Лит. Лист Листов 1
			ВНТУ зр. ТЕ-21мс

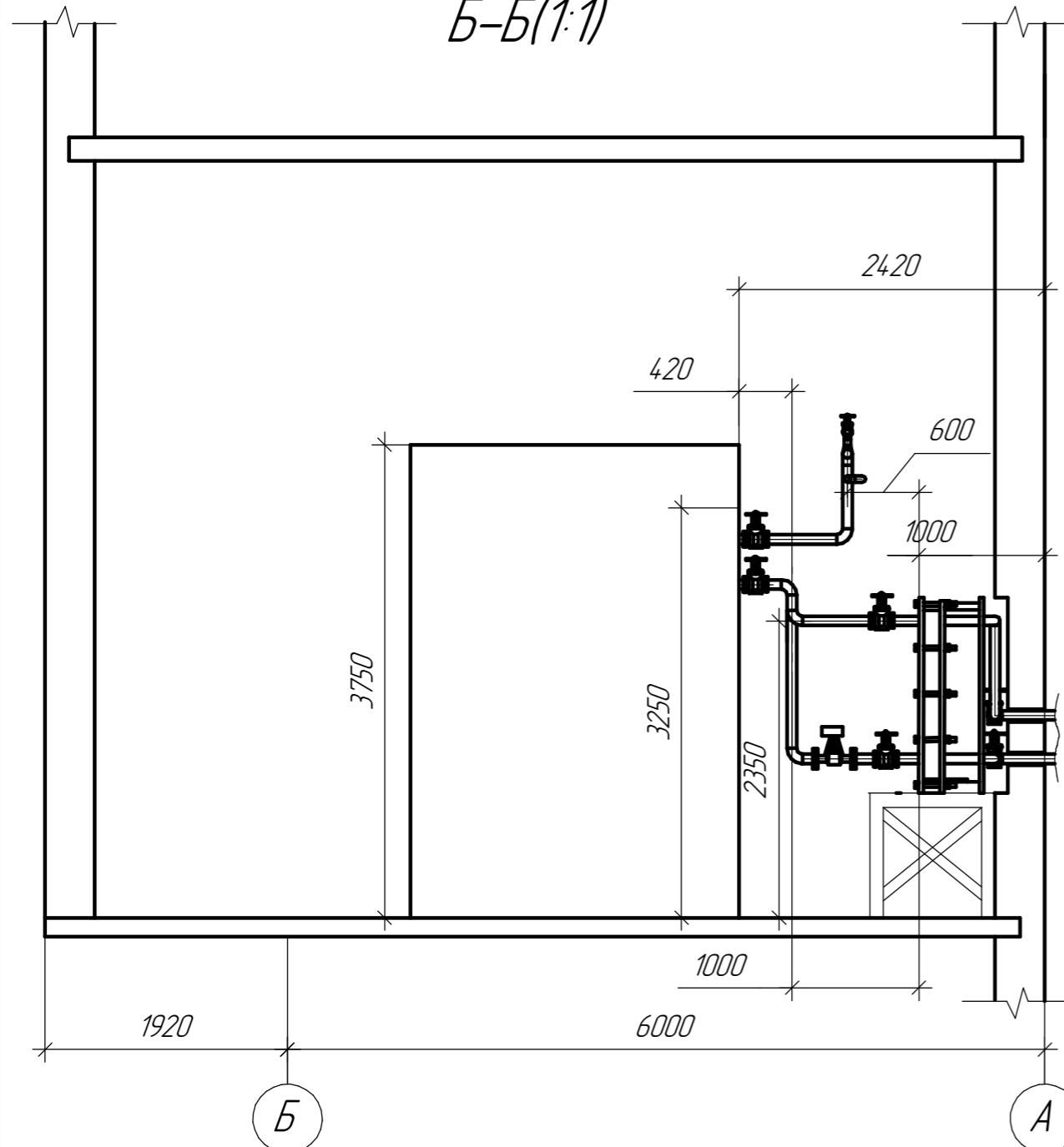


Согласовано

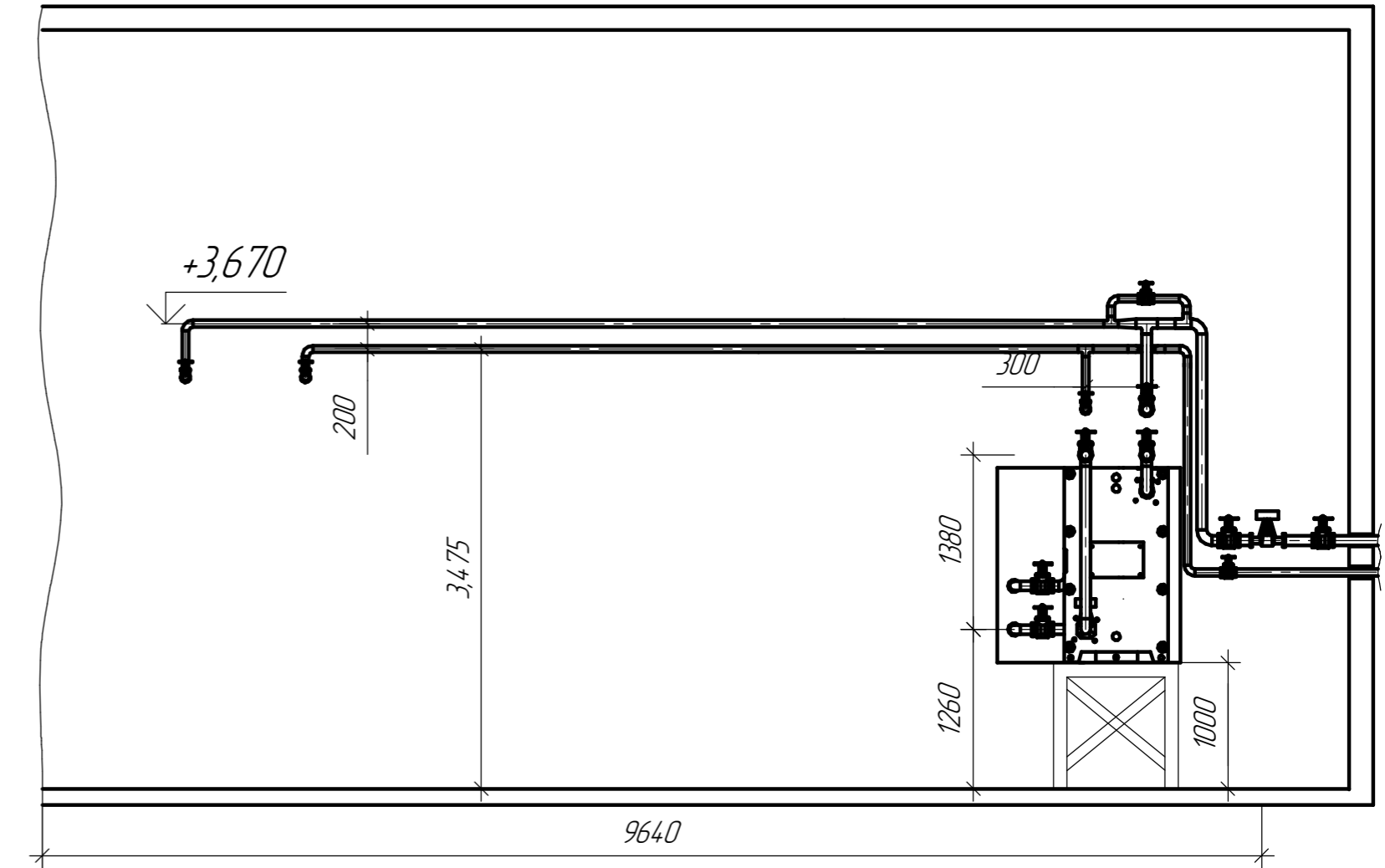
Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

						08-15.БДР.011.03.00.000 АР			
						смт. Дзвиняч			
Изм.	Кол.ч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Парокомпресійна теплонасосна установка в тепловій схемі котельні Дзвиняцького лісокомбінату	Стадія	Лист	Листов
Розробив	Хмара С. В.								1
Перевірив	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-21мс		
Утв.	Степанов Д. В.								

Б-Б(1:1)



А-А(1:1)



Согласовано

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

						08-15.БДР.011.04.00.000 АР			
						смт. Дзвиняч			
Изм.	Кол.ч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Парокомпресійна теплонасосна установка в тепловій схемі котельні Дзвиняцького лісокомбінату.	Стадія	Лист	Листов
Розробив	Хмара С. В.								1
Перевірив	Остапенко О.П.								
Т. контр.	Остапенко О.П.								
Реценз.	Андрухов В. М.								
Н. контр.	Слівак О.Ю.								
Утв.	Степанов Д. В.								
Розрізи А-А, Б-Б							ВНТУ гр. ТЕ-21 мс		

Поз. обзначення	Наименование	Кол.	Примечание	Перв. примен.	Справ. №	Подп. и дата	Инв. № дѣл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	08-15.БДР.011.04.00.000										
										Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Лист	Листов			
<i>Перелік елементів</i>																				
1	Теплонасосна установка OCHSNER-230	1																		
2	Теплообмінник пластинчастий Thermaks PTA (GL)-8-P-32-34-2.4-1K	1																		
3	Насос циркуляційний 1,5 SCM 20	1																		
4	Насос циркуляційний SCM 22	1																		
										<i>Розрізи А-А, Б-Б</i>					ВНТУ зр. ТЕ-21 МС					
										<i>Копіював</i>					<i>Формат А4</i>					