

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)
Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра теплоенергетики
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

БАКАЛАВРСЬКА ДИПЛОМНА РОБОТА

на тему: «Використання альтернативних джерел енергії в тепловій схемі
промислово-опалювальної пароводогрійної котельні»

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

(шифр і назва спеціальності)

Чорнобай О.С.

(прізвище та ініціали)

Керівник : к.т.н., доцент кафедри ТЕ

Степанова Н.Д.

(прізвище та ініціали)

« 12 » 06 2024 року

Рецензент : к.т.н., доцент кафедри БМГА

Попович М. М.

(прізвище та ініціали)

« 17 » 06 2024 року

Допущено до захисту

Зав. кафедри ТЕ

к.т.н., доц. Степанов Д. В.

(прізвище та ініціали)

« 18 » 06 2024 р.

Вінниця – 2024 рік

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТЕ

Дмитро СТЕПАНОВ

“12” 03 2024 року

З А В Д А Н Н Я НА БАКАЛАВРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Чорнобаю Олександр Сергійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Використання альтернативних джерел енергії в тепловій схемі промислово-опалювальної пароводогрійної котельні

Керівник роботи Степанова Наталія Дмитрівна, к. т. н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

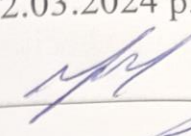
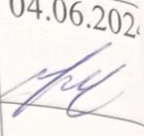
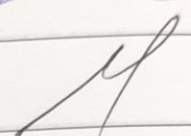
затверджені наказом ВНТУ від 11.03.2024 р. № 80

2. Термін подання студентом роботи : 04.06.2024

3. Вихідні дані до роботи: теплова потужність технологічних споживачів у максимальному режимі $Q_{\text{техн}} = 7,31$ МВт, тиск насиченої пари $P_{\text{нп}} = 1,12$ МПа, температура пари $t_{\text{нп}} = 185$ °С, теплова потужність систем вентиляції та опалення у максимальному режимі $Q_{\text{оп}} = 4,44$ МВт, потужність гарячого водопостачання у максимальному режимі $Q_{\text{ог}} = 0,145$ МВт, частка повернення конденсату $\alpha_k = 0,8$; температура конденсату $t_k = 60$ °С, температура живильної води $t_{\text{жв}} = 102$ °С, температура сирі води $t_{\text{св}} = 5$ °С.

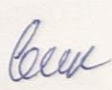
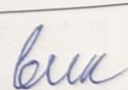
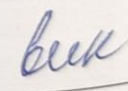
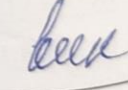
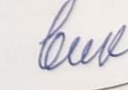
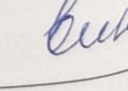
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки : багатоваріантний аналіз і обґрунтування вибору альтернативного джерела енергії для промислово-опалювальної пароводогрійної котельні; розробка секційного теплообмінника для потреб гарячого водопостачання; розробка елементів теплової схеми пароводогрійної котельні; організаційно-технологічне забезпечення прийнятих рішень; охорона праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): схема котельні теплова принципова; складальне креслення секційного водяного теплообмінника потужністю 104 кВт; фрагмент плану котельні з теплообмінниками гарячого водопостачання; схема теплообмінників гарячого водопостачання монтажна аксонометрична.

6. Консультанти розділів роботи		Підпис, дата	
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	завдання ви- дав	завдання прийняв
Розділи 1 - 4	Степанова Н. Д., доцент кафедри ТЕ	12.03.2024 р. 	04.06.2024 
Охорона праці	Кобилянський О.В., д.пед.н., професор, зав. кафедри БЖДПБ		
Нормоконтроль	Співак О. Ю., доцент кафедри ТЕ		

7. Дата видачі завдання 12.03.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва та зміст етапу	Термін виконання		Примітка
		початок	закінчення	
1.	Багатоваріантний аналіз і обґрунтування вибору альтернативного джерела енергії для промислово-опалювальної пароводогрійної котельні	12.03.2024	04.04.2024	
2.	Розробка секційного теплообмінника для потреб гарячого водопостачання	05.04.2024	14.04.2024	
3.	Розробка елементів теплової схеми пароводогрійної котельні	15.04.2024	30.04.2024	
4.	Організаційно-технологічне забезпечення прийнятих рішень	1.05.2024	12.05.2024	
5	Охорона праці	13.05.2024	22.05.2024	
6.	Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу	23.05.2024	04.06.2024	

Студент

(підпис)

Чорнобай О.С.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Степанова Н.Д.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

УДК 621.1

Чорнобай О.С. Використання альтернативних джерел енергії в тепловій схемі промислово-опалювальної пароводогрійної котельні. Бакалаврська дипломна робота зі спеціальності 144 – Теплоенергетика, освітня програма – Теплоенергетика. Вінниця: ВНТУ, 2024. 65 с.

Бібліогр. :36 назв; табл. 19.

У бакалаврській дипломній роботі виконано багатоваріантний аналіз і обґрунтування вибору альтернативного джерела енергії для промислово-опалювальної пароводогрійної котельні потужністю 12,041 МВт. В результаті розгляду альтернативних видів палива, таких як буре вугілля, паливні гранули з деревини, тріска деревини, паливні гранули з соломи, обрано оптимальне паливо і доцільну частину котельні для проведення реконструкції. Визначені показники роботи котельні за обраного варіанту. Розроблений секційний водо-водяний теплообмінник для підігріву води на потреби гарячого водопостачання. Розроблено монтажну схему та технологію монтажу теплообмінників для забезпечення потреб гарячого водопостачання. Складені комплектувальні відомості на виконання монтажних робіт. У розділі з охорони праці розглянуті питання охорони праці під час монтажу обладнання теплової схеми. Графічна частина складається з 4 креслень.

Ключові слова: пароводогрійна котельня, паливні гранули з деревини, секційний теплообмінник, монтажна схема.

ABSTRACT

Chornobai O.S. Use of alternative energy sources in the thermal scheme of an industrial heating steam and hot water boiler house. Bachelor's degree in specialty 144 – Heat power engineering, educational program – Heat power engineering. Vinnytsia: VNTU, 2024. 65 p.

Bibliogr. : 36 titles; table 19.

In the bachelor's thesis, a multivariate analysis and justification of the choice of an alternative energy source for an industrial heating steam-water heating boiler house with a capacity of 12,041 MW was performed. As a result of consideration of alternative types of fuel, such as brown coal, fuel pellets from wood, wood chips, fuel pellets from straw, the optimal fuel and appropriate part of the boiler room for reconstruction were selected. The indicators of the operation of the boiler room for the selected option are determined. A sectional water-water heat exchanger was developed for heating water for the needs of hot water supply. An assembly diagram and installation technology of heat exchangers to meet the needs of hot water supply have been developed. Compiled assembly information for installation work. In the section on labor protection, issues of labor protection during the installation of thermal circuit equipment are considered. The graphic part consists of 4 drawings.

Key words: steam water heating boiler room, wood fuel pellets, capacitive heat exchanger, assembly scheme.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1 БАГАТОВАРІАНТНИЙ АНАЛІЗ І ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ ДЛЯ ПРОМИСЛОВО-ОПАЛЮВАЛЬНОЇ ПАРОВОДОГРІЙНОЇ КОТЕЛЬНІ	6
1.1 Загальні капіталовкладення в пароводогрійну котельню	6
1.2 Витрати коштів на паливо, електроенергію, воду	6
1.3 Амортизаційні відрахування та витрати на поточний ремонт ...	9
1.4 Витрати коштів на заробітну плату обслуговуючому персоналу.	11
1.5 Річні витрати коштів на експлуатацію обладнання котельні та собівартість виробництва теплоти	12
1.6 Вибір оптимального варіанту джерела теплоти	13
1.7 Висновки до розділу 1.	14
2 РОЗРОБКА СЕКЦІЙНОГО ТЕПЛООБМІННИКА ДЛЯ ПОТРЕБ ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ	16
2.1 Тепловий розрахунок секційного теплообмінника	16
2.2 Гідравлічний розрахунок теплообмінника ГВП	24
2.3 Висновки до розділу 2.	25
3 РОЗРОБКА ЕЛЕМЕНТІВ ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ ПАРОВОДОГРІЙНОЇ КОТЕЛЬНІ	26
3.1 Розрахунок теплової схеми пароводогрійної котельні для різних режимів	26
3.2 Перевірка основного та допоміжного обладнання пароводогрійної котельні	34
3.3 Висновки до розділу 3.	38
4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРИЙНЯТИХ РІШЕНЬ	39

4.1 Загальна характеристика об'єкту, що підлягає монтажу	39
4.2 Складання комплектувальних відомостей для монтаної схеми теплообмінників гарячого водопостачання	40
4.3 Обґрунтування і визначення об'ємів робіт з монтажу теплообмінників	45
4.4 Засоби механізації праці для монтажу теплообмінників	46
4.5 Висновки до розділу 4.	48
5 ОХОРОНА ПРАЦІ	50
5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта	50
5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії	53
5.3 Пожежна безпека	57
5.4 Висновки до розділу 5	59
ВИСНОВКИ.	60
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	62
ДОДАТОК А (обов'язковий) Протокол перевірки кваліфікаційної ро- боти на наявність текстових запозичень.	90
ДОДАТОК Б (обов'язковий) Технічне завдання.	91
ДОДАТОК Г (обов'язковий) Графічна частина.	96

ВСТУП

Підприємство, для забезпечення потреб якого збудована розглянута котельня, виробляє понад 50 найменувань одиниць фармацевтичної продукції, тому належить до об'єктів критичної інфраструктури. Більшість із виробленої продукції є складними сольовими розчинами.

Теплозабезпечення фармацевтичних виробництв є важливим аспектом, який впливає на якість та безпеку продукції. Правильне теплове управління забезпечує необхідні умови для виробничих процесів, включаючи контроль температури, вологості та стерильності. Виконання всіх цих вимог є критично важливим для забезпечення високої якості фармацевтичної продукції, відповідності нормативним вимогам та безпеки працівників

Для забезпечення потреб систем мікроклімату виробництва і технологічних потреб на підприємстві встановлена пароводогрійна котельня.

Важливою умовою виконання основних функцій підприємством є правильна технічна експлуатація обладнання, що обумовлюється оптимальним режимом роботи устаткування. Теплотехнічне обладнання забезпечує безперервність та якість виробництва основної продукції.

Технологічні споживачі потребують насиченої водяної пари, теплові потреби системи опалення та гарячого водопостачання задовільняються підготовною гарячої води у водогрійних теплогенераторах та теплообмінниках. Теплова енергія виробляється в котельні, що на даний момент працює на природному газі.

Метою роботи є скорочення споживання викопних енергоресурсів в тепловій схемі промислово-опалювальної пароводогрійної котельні шляхом впровадження технології спалювання паливних гранул з деревини.

Завдання бакалаврської дипломної роботи:

- виконати багатоваріантний аналіз та обґрунтувати вибір альтернативного джерела енергії для промислово-опалювальної пароводогрійної котельні;
- визначити показники роботи теплової схеми та перевірити відповідність умовам роботи основного і допоміжного обладнання;

- виконати розрахунок водо-водяного секційного теплообмінника для потреб гарячого водопостачання потужністю 104 кВт;
- розробити технологію монтажу секційних теплообмінників для потреб гарячого водопостачання;
- розробити заходи з охорони праці.

1 БАГАТОВАРІАНТНИЙ АНАЛІЗ І ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ ДЛЯ ПРОМИСЛОВО-ОПАЛЮВАЛЬНОЇ ПАРОВОДОГРІЙНОЇ КОТЕЛЬНІ

1.1 Загальні капіталовкладення в пароводогрійну котельню

Балансова вартість існуючої пароводогрійної котельні з газовими котлами складає $K_1 = 46000$ тис. грн.

На котельні встановлено 3 котли «Ferrolі», марки Varoprex 4000 [1] паровидатністю 4 т/год кожен та три водогрійні котлоагрегати «Ferrolі», марки Prextherm 1480 теплопродуктивністю 1480 кВт кожен.

Тобто для переведення парогенераторів на спалювання твердого палива потрібні додаткові капіталовкладення на систему паливоподачі та передтопки $K_{2д} = 2100$ тис. грн, а для переведення водогрійних котлів – $K_{3д} = 1350$ тис. грн.

1.2 Витрати коштів на паливо, електроенергію, воду

Річне виробництво теплоти [2]

$$Q_{\text{рік}} = (Q_{\text{кот}} \cdot \tau_{\text{макс}} + Q_{\text{сер}} \cdot \tau_{\text{сер}} + Q_{\text{між}} \cdot \tau_{\text{між}}) \cdot 3600, \quad (1.1)$$

$$Q_{\text{рік}}^{\text{пар}} = (8239 \cdot 30 + 6789 \cdot 4246 + 6194 \cdot 4484) \cdot 3600 \cdot 10^{-6} = 204649,8 \text{ (ГДж/рік)}.$$

$$Q_{\text{рік}}^{\text{вод}} = (3802 \cdot 30 + 2639 \cdot 4246 + 446 \cdot 4484) \cdot 3600 \cdot 10^{-6} = 47948,8 \text{ (ГДж/рік)}.$$

Річна витрата палива [2]

$$B_p^{\text{рік}} = \frac{Q_{\text{рік}}}{Q_H^p \cdot \eta_k}, \quad (1.2)$$

Результати розрахунку річної витрати палива зведені у табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Річна витрата палива (альтернативного палива-а) тис. м³ (тон)

Вид палива	Переведена частина на альтернативне паливо	
	парова	водогрійна
Природний газ	8045,83	
Паливні гранули з деревини – а	1527,28 (13698,11)	6518,55 (3209,43)
Паливні гранули з соломи – а	1527,28 (16604,44)	6518,55 (3890,37)
Тріска деревини – а	1527,28 (22799,66)	6518,55 (5341,89)
Буре вугілля – а	1527,28 (16378,53)	6518,55 (3837,44)

Сезонні витрати на паливо пароводогрійної котельні

$$C_{\Pi} = C_{\Pi} \cdot V_p^{річ} \cdot k_{вп}, \quad (1.3)$$

де C_{Π} – ціна палива для котельні, приймаємо для природного газу 15,712 грн/м³; для тріски деревини 3,7 грн/кг, для бурого вугілля 6,5 грн/кг, для паливних гранул з деревини 4,8 грн/кг, для паливних гранул з соломи 5,4 грн/кг;

$k_{вп}$ – коефіцієнт, яким враховують втрати палива.

Результати розрахунку сезонних витрат на паливо зведені у табл. 1.2.

Річна витрата електроенергії на функціонування системи [2]

$$EE^{річ} = N_{вп}^{макс} \cdot \tau_{макс} + N_{вп}^{сер} \cdot \tau_{сер} + N_{вп}^{міжопал} \cdot \tau_{між}, \quad (1.4)$$

$$EE_{річ} = 86 \cdot 30 + 74,2 \cdot 4246 + 49,4 \cdot 4484 = 538246 \text{ (кВт·год/рік)}.$$

Таблиця 1.2 – Сезонні витрати на паливо (альтернативне паливо-а)

Вид палива	Переведена частина на альтернативне паливо, млн. грн.	
	парова	водогрійна
Природний газ	127,17	
Паливні гранули з деревини – а	24,14 (66,74)	103,03 (15,64)
Паливні гранули з соломи – а	24,14 (91,01)	103,03 (21,32)
Тріска деревини – а	24,14 (85,62)	103,03 (20,06)
Буре вугілля – а	24,14 (106,06)	103,03 (25,32)

Додаткові витрати електроенергії для роботи системи паливоподачі при переведенні на альтернативне паливо парової частини

$$EE_{\text{річ}}^{\text{пар}} = 18 \cdot (30 + 4246 + 4484) = 157680 (\text{кВт} \cdot \text{год} / \text{рік}).$$

Додаткові витрати електроенергії для роботи системи паливоподачі при переведенні на альтернативне паливо водогрійної частини

$$EE_{\text{річ}}^{\text{вод}} = 18 \cdot 30 + 12 \cdot 4246 + 6 \cdot 4484 = 78396 (\text{кВт} \cdot \text{год} / \text{рік}).$$

Річна витрата електроенергії для роботи котельні при переведенні на альтернативне паливо парової частини

$$EE_{\text{річ}}^{\text{а-пар}} = 157680 + 538246 = 695926 (\text{кВт} \cdot \text{год} / \text{рік}).$$

Річна витрата електроенергії для роботи котельні при переведенні на альтернативне паливо водогрійної частини

$$EE_{\text{річ}}^{\text{а-вод}} = 78396 + 538246 = 616642 (\text{кВт} \cdot \text{год} / \text{рік}).$$

Сезонні витрати коштів на електроенергію пароводогрійною котельнею [2]

$$C_{\text{еe}} = EE_{\text{річ}} \cdot \Pi_{\text{еe}}, \quad (1.5)$$

- за умови роботи повністю на природному газі

$$C_{\text{еe}} = 538246 \cdot 5,93 = 3191,8 \text{ (тис. грн./рік);}$$

- за умови переведення на альтернативне паливо парової частини

$$C_{\text{еe}} = 695926 \cdot 5,93 = 4126,84 \text{ (тис. грн./рік);}$$

- за умови переведення на альтернативне паливо водогрійної частини

$$C_{\text{еe}} = 616642 \cdot 5,93 = 3656,69 \text{ (тис. грн./рік).}$$

Витрати на воду [2]

$$C_{\text{в}} = G_{\text{річ}} \cdot \Pi_{\text{в}}, \quad (1.6)$$

$$C_{\text{в}} = 18065 \cdot 15,56 = 281,09 \text{ (тис. грн./рік).}$$

1.3 Амортизаційні відрахування та витрати на поточний ремонт

Витрати на амортизацію [3]

$$C_{\text{а}} = K_{\text{а}} \cdot K, \quad (1.7)$$

- для пароводогрійної котельні з газовими котлами

$$C_a = 0,075 \cdot 46000000 = 3450 \text{ (тис. грн/рік);}$$

- за умови переведення на альтернативне паливо парової частини

$$C_a^{\text{пар}} = 0,075 \cdot 48100000 = 3607,5 \text{ (тис. грн/рік);}$$

- за умови переведення на альтернативне паливо водогрійної частини

$$C_a^{\text{вод}} = 0,075 \cdot 47350000 = 3551,25 \text{ (тис. грн/рік);}$$

Витрати на поточний ремонт розраховуються як 20% від амортизаційних відрахувань [3]

$$C_{\text{пр}} = 0,2 \cdot C_a, \quad (1.8)$$

- для пароводогрійної котельні з газовими котлами

$$C_{\text{пр}} = 0,2 \cdot 3450000 = 690 \text{ (тис. грн/рік);}$$

- за умови переведення на альтернативне паливо парової частини

$$C_{\text{пр}}^{\text{пар}} = 0,2 \cdot 3607500 = 721,5 \text{ (тис. грн/рік);}$$

- за умови переведення на альтернативне паливо водогрійної частини

$$C_{\text{пр}}^{\text{вод}} = 0,2 \cdot 3551250 = 710,25 \text{ (тис. грн/рік);}$$

1.4 Витрати коштів на заробітну плату обслуговуючому персоналу

Середній річний фонд заробітної плати на одного працівника складає $\Phi_{\text{зп}} = 122400$ грн.

Витрати на заробітну плату [3]

$$C_{\text{зп}} = Q_{\text{вст}} \cdot k_{\text{шт}} \cdot \Phi_{\text{зп}} \cdot k_{\text{дод}} \text{ [млн.грн./рік]}, \quad (1.9)$$

де $Q_{\text{вст}}$ – встановлена теплова потужність котельні, МВт;

$k_{\text{шт}}$ – штатний коефіцієнт (чисельність персоналу котельні);

$k_{\text{дод}}$ – коефіцієнт, що враховує додаткові нарахування, $k_{\text{дод}} = 1,47$.

- для пароводогрійної котельні з газовими котлами

$$C_{\text{зп}} = 12,041 \cdot 2,8 \cdot 122400 \cdot 1,47 = 5782,32 \text{ (тис. грн./рік)}.$$

- за умови переведення на альтернативне паливо парової частини

$$C_{\text{зп}} = (3,802 \cdot 2,8 + 8,239 \cdot 3,5) \cdot 122400 \cdot 1,47 = 6771,45 \text{ (тис. грн./рік)}.$$

- за умови переведення на альтернативне паливо водогрійної частини

$$C_{\text{зп}} = (3,802 \cdot 3,5 + 8,239 \cdot 2,8) \cdot 122400 \cdot 1,47 = 6238,77 \text{ (тис. грн./рік)}.$$

Інші витрати

$$C_{\text{ін}} = 0,06 \cdot (C_{\text{а}} + C_{\text{зп}} + C_{\text{пр}} + C_{\text{се}} + C_{\text{в}} + C_{\text{пал}}), \quad (1.10)$$

Результати розрахунку інших витрат на котельні зведені у табл. 2.3.

Таблиця 1.3 – Інші витрати на котельні

Вид палива	Переведена частина на альтернативне паливо, тис. грн.	
	парова	водогрійна
Природний газ	8434,18	
Паливні гранули з деревини – а	6383,17	7986,5
Паливні гранули з соломи – а	7839,47	8327,71
Тріска деревини – а	7516,38	8252,01
Буре вугілля – а	8862,38	8567,37

1.5 Річні витрати коштів на експлуатацію обладнання котельні та собівартість виробництва теплоти

Загальні експлуатаційні витрати коштів [3, 4]

$$C_{\text{річ}} = C_a + C_{\text{зп}} + C_{\text{пр}} + C_{\text{се}}^c + C_v + C_{\text{п}} + C_{\text{ін}}, \quad (2.11)$$

Результати розрахунку загальних експлуатаційних витрат на пароводогрійній котельні зведені у табл. 1.4.

Таблиця 1.4 – Загальні експлуатаційні витрати на котельні

Вид палива	Переведена частина на альтернативне паливо, тис. грн.	
	парова	водогрійна
Природний газ	149003,85	
Паливні гранули з деревини – а	141094,79	112769,28
Паливні гранули з соломи – а	147122,8	138497,35
Тріска деревини – а	145785,45	132789,44
Буре вугілля – а	151356,86	156568,67

Згідно розрахунків теплової схеми котельні річне виробництво теплоти на ній складатиме $Q_{\text{річ}} = 252598,6$ ГДж.

Собівартість теплової енергії [5, 6]

$$CB_{\text{тепл}} = C_{\text{річ}} / Q_{\text{річ}}, \quad (1.12)$$

Результати розрахунку собівартості виробництва теплоти на котельні зведені у табл. 1.5.

Таблиця 1.5 – Собівартість виробництва теплоти на котельні

Вид палива	Переведена частина на альтернативне паливо, грн./ГДж	
	парова	водогрійна
Природний газ	589,99	
Паливні гранули з деревини – а	446,44	558,57
Паливні гранули з соломи – а	548,29	582,44
Тріска деревини – а	525,69	577,14
Буре вугілля – а	619,83	599,2

1.6 Вибір оптимального варіанту джерела теплоти

Аналізуючи результати наведених вище розрахунків можна зробити наступні висновки:

- найнижчі капіталовкладення в обладнання подавання палива в котельню у випадку переведення водогрійних котлів на спалювання альтернативного палива;
- найнижчі експлуатаційні затрати має варіант – переведення водогрійних котлів на спалювання паливних гранул з деревини;

- найвищу собівартість теплоти має варіант – переведення парогенераторів на спалювання бурого вугілля (619,83 грн./ГДж), а найнижчу – переведення парогенераторів на спалювання паливних гранул з деревини (446,44 грн./ГДж).

Приймаючи до уваги вище сказане найкращим джерелом теплоти для промислово-опалювальної пароводогрійної котельні є паливні гранули з деревини у випадку переведення на їх спалювання парогенераторів.

Враховуючи те, що під час спалювання паливних гранул з деревини утворюється зола, необхідно розробити заходи по зменшенню вмісту золи у відхідних газах після парогенераторів.

1.7 Висновки до розділу 1

В розділі роботі проведено розрахунки техніко-економічних показників різних джерел енергії для промислово-опалювальної пароводогрійної котельні потужністю 12,041 МВт.

Розглянуті варіанти влаштування котельні на природному газі та впровадження альтернативних видів палива або в парогенераторах або у водогрійних котлах. Розглядалися такі види альтернативного палива : буре вугілля, паливні гранули з деревини, тріска деревини, паливні гранули з соломи.

В результаті узагальнення розрахункових даних виявлено, що найменшу собівартість теплоти має варіант переведення парогенераторів на спалювання паливних гранул з деревини з автоматизованим подаванням палива (446,44 грн./ГДж).

Порівняно невисоку собівартість має також теплота отримана від варіант переведення парогенераторів на спалювання тріски деревини, що складає 525,69 грн./ГДж.

Переведення як парогенераторів так і водогрійних котлів на спалювання бурого вугілля економічно недоцільна через низьку теплотворну здатність палива і відповідно високу його витрату. Собівартість теплоти такого варіанту 619,83 і 599,2 грн./ГДж.

Котельня на природному газі має ряд переваг у експлуатації у порівнянні з іншими варіантами, але через високу вартість палива є нерентабельною. Собівартість теплоти 589,99 грн./ГДж.

Як джерело теплоти для котельні обрано паливні гранули з деревини і варіант спалювання їх у парогенераторах.

2 РОЗРОБКА СЕКЦІЙНОГО ТЕПЛООБМІННИКА ДЛЯ ПОТРЕБ ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

2.1 Тепловий розрахунок секційного теплообмінника

Вихідні дані для розрахунку теплообмінника гарячого водопостачання (ГВП):

- конструкція – секційний;
- гарячий теплоносіє (ГТ) – конденсат;
- холодний теплоносіє (ХТ) – вода для потреб гарячого водопостачання;
- температура ГТ на вході $t_{11} = 185\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- температура ГТ на виході $t_{12} = 90\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- температура ХТ на вході $t_{21} = 5\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- температура ХТ на виході $t_{22} = 55\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- витрата ХТ $G_2 = 1,79\text{ т/год}$;
- довжина секції теплообмінника $L_{\text{сек}} = 600\text{ мм}$;
- діаметр трубки теплообмінника $8 \times 0,2\text{ мм}$.

Середня температура ГТ у підігрівнику ГВП

$$\bar{t}_1 = 0,5 \cdot (t_{11} + t_{12}), \quad (2.1)$$

$$\bar{t}_1 = 0,5 \cdot (185 + 90) = 137,5\text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Середня температура ХТ у підігрівнику ГВП складає $\bar{t}_2 = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Потужність теплообмінника ГВП

$$Q_{\text{то}} = G_2 \cdot C_{p2} \cdot (t_{21} - t_{22}), \quad (2.2)$$

де $C_{p2} = 4,179$ кДж/(кг·К) – ізобарна теплоємність ХТ за середньої температури $\bar{t}_2$;

$$Q_{\text{то}} = 1,79 \cdot 4,179 \cdot (55 - 5) / 3,6 = 104 \text{ (кВт)}.$$

Витрата конденсату у теплообміннику ГВП

$$G_1 = \frac{Q_{\text{то}}}{C_{p1} \cdot (t_{11} - t_{12}) \cdot \eta_{\text{то}}}, \quad (2.3)$$

де $C_{p1} = 4,282$ кДж/(кг·К) – ізобарна теплоємність ХТ за середньої температури $\bar{t}_1$ [5];

$$G_1 = \frac{104}{4,282 \cdot (185 - 90) \cdot 0,98} = 0,26 \text{ (кг/с)}.$$

Об'ємна витрата ХТ у теплообміннику ГВП

$$V_2 = G_2 / \rho_2, \quad (2.4)$$

де $\rho_2 = 995,2$ кг/м³ - густина ХТ за середньої температури $\bar{t}_2$ [6];

$$V_2 = 1,79 / (3,6 \cdot 995,2) = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ (м}^3\text{/с)}.$$

Більша різниця температур між ГТ та ХТ [7]

$$\Delta t_6 = t_{11} - t_{22}, \quad (2.5)$$

$$\Delta t_6 = 185 - 55 = 130 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Менша різниця температур між ГТ та ХТ [7]

$$\Delta t_M = t_{12} - t_{21}, \quad (2.6)$$

$$\Delta t_M = 90 - 5 = 85 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Середньологарифмічний температурний напір між ГТ та ХТ [7]

$$\Delta t_{cp} = (\Delta t_6 - \Delta t_M) / (\ln(\Delta t_6 / \Delta t_M)), \quad (2.7)$$

$$\Delta t_{cp} = (130 - 85) / (\ln(130 / 85)) = 105,91 \text{ } (^\circ\text{C}).$$

Оскільки швидкість руху води на потреби гарячого водопостачання в трубках теплообмінника невідома, приймаємо її в першому наближенні $w_2 = 1,6 \text{ м/с}$ і визначаємо площу поперечного перерізу та кількість трубок в секції [7].

Площа поперечного перерізу теплообмінних трубок для проходу ХТ

$$F_2 = V_2 / w_2, \quad (2.8)$$

$$F_2 = 0,5 \cdot 10^{-3} / 1,6 = 0,313 \cdot 10^{-3} \text{ (м}^2\text{)}.$$

Згідно завдання внутрішній діаметр трубок в теплообміннику $d_{\text{вн}} = 0,0076 \text{ м}$.

Кількість трубок в теплообміннику ГВП

$$n = 4F_2 / (\pi d_{\text{вн}}^2), \quad (2.9)$$

$$n = 4 \cdot 0,313 \cdot 10^{-3} / (3,14 \cdot 0,0076^2) = 6,9 .$$

Отже кількість труб у теплообміннику ГВП складе $n = 7$.

Уточнена швидкість ХТ у трубках теплообмінника ГВП

$$w_2 = 4 \cdot V_2 / (n \cdot \pi \cdot d_{\text{BH}}^2), \quad (2.10)$$

$$w_2 = 4 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} / (7 \cdot 3,14 \cdot 0,0076^2) = 1,575 \text{ (м/с)}.$$

Критерій Рейнольдса для ХТ [6]

$$\text{Re}_2 = (w_2 \cdot d_{\text{BH}}) / \nu_2, \quad (2.11)$$

де $\nu_2 = 0,83 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ – кінаметична в'язкість ХТ за середньої температури $\bar{t}_2$ [6];

$$\text{Re}_2 = (1,575 \cdot 0,0076) / (0,83 \cdot 10^{-6}) = 14425.$$

Температура стінки труби у першому наближенні $t_{\text{ст}} = 82 \text{ }^\circ\text{C}$, тоді число Прандтля $\text{Pr}_{\text{ст}} = 2,16$.

Критерій Нуссельта (для $\text{Re}_2 > 10^4$) для ХТ за умови гладких труб [8]

$$\text{Nu}_{\text{гл2}} = 0,021 \cdot \text{Re}_2^{0,8} \cdot \text{Pr}_2^{0,43} \cdot (\text{Pr}_2 / \text{Pr}_{\text{ст}})^{0,25}, \quad (2.12)$$

$$\text{Nu}_{\text{гл2}} = 0,021 \cdot 14425^{0,8} \cdot 5,67^{0,43} \cdot (5,67 / 2,16)^{0,25} = 119,8.$$

Профільно-виті труби мають визначальний розмір [7]

$$S_* = (S^2 + d_{\text{зн}}^2)^{0,5}, \quad (2.13)$$

де $d_{\text{зн}} = 0,008 \text{ м}$ – зовнішній діаметр профільно-витої труби;

$S = 0,005 \text{ м}$ – крок між виступами;

$$S_* = (0,005^2 + 0,008^2)^{0,5} = 0,0094 \text{ (м)}.$$

Для ХТ критерій Нуссельта за умов профільно-витих труб [7]

$$Nu = \frac{Nu_{\text{гл2}} [1 + 592h/S_* + 7053(h/S_*)^2]}{Re^{0,94}(h/S_*)^{0,34}}, \quad (2.14)$$

де $h = 0,0001$ м – висота виступів,

$$Nu_2 = \frac{119,8 \cdot [1 + 592 \cdot 0,0001/0,0094 + 7053 \cdot (0,0001/0,0094)^2]}{14425^{0,94} \cdot (0,0001/0,0094)^{0,34}} = 142,1.$$

Коефіцієнт тепловіддачі від поверхні теплообміну до ХТ складе [8]

$$\alpha_2 = (Nu_2 \cdot \lambda_2)/d_{\text{вн}}, \quad (2.15)$$

$$\alpha_2 = (142,1 \cdot 0,617)/0,0076 = 11535,2 \text{ (Вт/м}^2\cdot\text{К)}.$$

Згідно попередніх розрахунків кількість теплообмінних трубок з $d_{\text{зн}}/d_{\text{вн}} = 8/7,6$ мм у секції теплообмінника має складати $n = 7$, тоді діаметр кожуха теплообмінника доцільно прийняти $D_{\text{зн}}/D_{\text{вн}} = 32/27$ мм.

Для проходження ГТ, враховуючи вищенаведене, міжтрубний простір матиме площу поперечного перерізу

$$F_{\text{мтп}} = \pi \cdot D_{\text{в}}^2/4 - n \cdot \pi \cdot d_{\text{б}}^2/4, \quad (2.16)$$

$$F_{\text{мтп}} = 3,14 \cdot 0,027^2/4 - 7 \cdot 3,14 \cdot 0,008^2/4 = 0,00022 \text{ (м}^2\text{)}.$$

ГТ теплообмінника ГВП має об'ємну витрату

$$V_1 = G_1 / \rho_1, \quad (2.17)$$

де $\rho_1 = 928,2$ кг/м³ – густина ГТ за середньої температури $\bar{t}_1$ [5];

$$V_1 = 0,26 / 928,2 = 0,28 \cdot 10^{-3} \text{ (м}^3\text{/с)}.$$

ГТ у міжтрубному просторі рухається зі швидкістю

$$w_1 = V_1 / F_{\text{МТП}} , \quad (2.18)$$

$$w_1 = 0,00028 / 0,00022 = 1,27 \text{ (м/с)}.$$

Міжтрубний простір має еквівалентний діаметр

$$D_e = 4 \cdot F_{\text{МТП}} / (\pi \cdot D_B + n \cdot \pi \cdot d_3) , \quad (2.19)$$

$$D_e = 4 \cdot 0,00022 / (3,14 \cdot 0,027 + 7 \cdot 3,14 \cdot 0,008) = 0,0034 ,$$

Критерій Рейнольдса для ГТ у теплообміннику ГВП

$$Re_1 = w_1 \cdot D_e / \nu_1 , \quad (2.20)$$

$$Re_1 = 1,27 \cdot 0,0034 / (0,221 \cdot 10^{-6}) = 19404 .$$

Критерій Нуссельта для ГТ за умови гладких труб [7]

$$Nu_{\text{гг1}} = 0,021 \cdot Re_1^{0,8} \cdot Pr_1^{0,43} \cdot (Pr_1 / Pr_{\text{ст}})^{0,25} , \quad (2.21)$$

$$Nu_{\text{гг1}} = 0,021 \cdot 19404^{0,8} \cdot 1,286^{0,43} \cdot (1,286 / 2,16)^{0,25} = 55,36 .$$

Для ГТ критерій Нуссельта за умов профільно-витих труб [7]

$$Nu_1 = \frac{Nu_{\text{гл}} [1 + 592h/S_* + 7053(h/S_*)^2]}{Re_1^{0,94}(h/S_*)^{0,34}}, \quad (2.22)$$

$$Nu_1 = \frac{55,36 \cdot [1 + 592 \cdot 0,0001/0,0094 + 7053 \cdot (0,0001/0,0094)^2]}{19404^{0,94} \cdot (0,0001/0,0094)^{0,34}} = 61,87.$$

Від ГТ до теплообмінної поверхні коефіцієнт тепловіддачі складе

$$\alpha_1 = Nu_1 \cdot \lambda_1 / D_e, \quad (2.23)$$

$$\alpha_1 = 61,87 \cdot 0,685 / 0,0034 = 12465 \text{ (Вт/(м}^2\text{·К))}.$$

Теплообмінник ГВП має коефіцієнт теплопередачі [5]

$$K = 1/[(1/\alpha_1) + (\delta_{\text{ст}}/\lambda_{\text{ст}}) + (1/\alpha_2)], \quad (2.24)$$

$$K = 1/[(1/12465) + (0,0002/17) + (1/11535,2)] = 5596,6 \text{ (Вт/(м}^2\text{·К))}.$$

Теплообмінник ГВП має площу поверхні нагріву (розрахункову)

$$F = Q/(K \cdot \Delta t_{\text{cp}}), \quad (2.25)$$

$$F = 104 \cdot 10^3 / (5596,6 \cdot 105,91) = 0,1755 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Поверхня нагріву однієї секції довжиною $l = 1$ м складе

$$f_1 = \pi \cdot d_3 \cdot l \cdot n, \quad (2.26)$$

$$f_1 = 3,14 \cdot 0,008 \cdot 1 \cdot 7 = 0,1758 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Розрахункова кількість секцій в теплообміннику ГВП

$$z = F/f_1, \quad (2.27)$$

$$z = 0,1755/0,1758 = 0,998 \text{ (секцій)}.$$

Приймаємо до встановлення $n = 1$ (шт.) секції довжиною 1,0 м.

Через 1 м² теплообмінника тепловий потік складе

$$q = K \cdot \Delta t_{cp}, \quad (2.28)$$

$$q = 5596,6 \cdot 105,91 = 592736 \text{ (Вт/м}^2\text{)}.$$

Внутрішня стінка теплообмінної трубки має температуру

$$t_{ct} = \bar{t}_2 + q / \alpha_2, \quad (2.29)$$

$$t_{ct} = 30 + 592736 / 11535,2 = 81,4 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Розрахункова температура стінки $t_{ct}=82 \text{ }^\circ\text{C}$ близька до прийнятої у першому наближенні ($t_{ct}=82 \text{ }^\circ\text{C}$), розрахунок завершено.

Швидкість ГТ в штуцері приймаємо на рівні 0,8 м/с.

Тоді, поперечний переріз фланця матиме площу

$$f_{шт} = V_1 / w_{шт}, \quad (2.30)$$

$$f_{шт} = 0,00028 / 0,8 = 0,00035 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Теплообмінник ГВП має діаметр штуцерів [7]

$$d_{шт} = \sqrt{4 \cdot f_{шт} / \pi}, \quad (2.31)$$

$$d_{шт} = \sqrt{4 \cdot 0,00035 / 3,14} = 0,021 \text{ (м)}.$$

Приймаємо штуцер з діаметром 32/27 мм.

2.2 Гідравлічний розрахунок теплообмінника ГВП

Коефіцієнт гідравлічного тертя для ХТ складе [6]

$$\lambda_2 = 0,3164 / Re_2^{0,25}, \quad (2.32)$$

$$\lambda_2 = 0,3164 / 14425^{0,25} = 0,0289.$$

Під час руху ГТ і ХТ у теплообміннику сумарний коефіцієнт місцевих опорів складе

$$\Sigma \xi = n \cdot (\xi_{вх} + \xi_{вих}), \quad (2.33)$$

де $\xi_{вх}=1$ – коефіцієнт місцевого опору для входу у трубу;

$\xi_{вих}=0,5$ – коефіцієнт місцевого опору для виходу з труби [6];

$$\Sigma \xi = 1 \cdot (1 + 0,5) = 1,5.$$

Під час руху ХТ в теплообміннику втрати тиску складуть

$$\Delta P_2 = (n \cdot \lambda_2 \cdot l / d_{вн} + \Sigma \xi) \cdot \rho_2 \cdot w_2^2 / 2, \quad (2.34)$$

$$\Delta P_2 = (1 \cdot 0,0289 \cdot 1,0 / 0,0076 + 1,5) \cdot 995,2 \cdot 1,575^2 / 2 = 6545,35 \text{ (Па)}.$$

Коефіцієнт гідравлічного тертя для ГТ складе [6]

$$\lambda_1 = 0,3164 / \text{Re}_1^{0,25}, \quad (2.35)$$

$$\lambda_1 = 0,3164 / 19404^{0,25} = 0,0268.$$

Під час руху ГТ в теплообміннику втрати тиску складуть

$$\Delta P_1 = (n \cdot \lambda_1 \cdot l / D_e + \Sigma \xi) \cdot \rho_1 \cdot w_1^2 / 2, \quad (2.36)$$

$$\Delta P_1 = (1 \cdot 0,0268 \cdot 1,0 / 0,0034 + 1,5) \cdot 928,2 \cdot 1,27^2 / 2 = 7023,13 \text{ (Па)}.$$

2.3 Висновки до розділу 2

У розділі 2 розроблений секційний водо-водяний теплообмінник для підігріву води на потреби ГВП з 5 °С до 55 °С. Грійним теплоносієм виступив конденсат із початковою температурою 185 °С і кінцевою – 90 °С. Під час теплового розрахунку визначені: коефіцієнт тепловіддачі від ГТ до стінки теплообмінника з профільно-витих труб із нержавіючої сталі $\alpha_1 = 12465 \text{ Вт/(м}^2 \text{ К)}$, коефіцієнт тепловіддачі від стінки теплообмінника до ХТ – $\alpha_2 = 11535,2 \text{ Вт/(м}^2 \text{ К)}$, а коефіцієнт теплопередачі $K = 5596,6 \text{ (Вт/(м}^2 \cdot \text{К))}$. Трубки теплообмінника розроблені з діаметром 8/7,6 мм та довжиною 1000 мм. Розрахункова площа теплообміну для теплообмінника потужністю 104 кВт склала $F = 0,1755 \text{ м}^2$. Визначено кількість теплообмінних профільно-витих труб в секції – 7, а кількість секцій – 1.

В результаті гідравлічного розрахунку секційного теплообмінника визначено втрати тиску під час руху вздовж секції ХТ – 6545,35 Па, а для ГТ – 7023,13 Па.

3 РОЗРОБКА ЕЛЕМЕНТІВ ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ ПАРОВОДОГРІЙНОЇ КОТЕЛЬНОЇ

3.1 Розрахунок теплової схеми пароводогрійної котельні для різних режимів

Розглядувана котельня працює для технологічних потреб підприємства і для потреб теплопостачання тому розрахунок ведеться для максимального, середньо-опалювального і міжопалювального режимів.

На пароводогрійній котельні встановлено парогенератори, що відпускають кожен 4 т/год насиченої пари з тиском 1,12 МПа. Марка парогенераторів «Ferroli» Varoprex 4000, кількість – 3 шт.

Водогрійна частина котельні складається із трьох водогрійних котлоагрегатів, що відпускають воду у мережу з параметрами 90/60 °С і мають теплопродуктивність 1480 кВт кожен. Марка котлоагрегатів «Ferroli» Prextherm 1480. Крім того додатково встановлено резервний електрокотел з тепловою потужністю 120 кВт КЕО 120/380 Б.

До впровадження заходів основним паливом котельні був природний газ. Котельня має наступне допоміжне обладнання : збірник конденсату, деаератор, теплообмінники систем опалення та гарячого водопостачання, розширник безперервної продувки, теплообмінники охолодження продувальної та живильної води, насоси (живильної води, конденсатні, підживлювальної води, циркуляційні систем опалення і гарячого водопостачання).

Для ефективного збирання конденсату в тепловій схемі котельні встановлений збірник конденсату. Після збірника конденсат направляють в атмосферний деаератор, куди також направляється вода після хімводоочищення (ХВО). Перед надходженням у деаератор вода з ХВО підігрівається в охолодниках живильної та продувальної води.

В тепловій схемі котельні для ефективного використання теплоти продувальної води встановлено сепаратор безперервної продувки (СБП). Випар із СБП направляється в деаератор, а залишкова вода в збірник дренажу через охолодник.

Живильна вода з деаератора окремими насосними групами через економайзери направляється в парогенератори.

У збірник конденсату надходять також і дренажі з паропроводів, парових грєбінок та пароводяних підігрівників опалення та гарячого водопостачання.

Система хімводоочищення на розглянутій котельні має двоступеневі натрій-катіонітові фільтри. Очищена вода через лічильники подається на поновлення втрат водогрійної та парової частини котельні.

Початкові дані для розрахунку теплової схеми котельні у різних періодах наведено у табл 3.1.

Таблиця 3.1 – Вихідні дані для розрахунку теплової схеми котельні

Показник роботи		Позначення	Розмірність	Режим роботи		
				Максимальний	Сереньо-опалювальний	Міжопалювальний
Потужності	Технологічних споживачів	$Q_{\text{техн}}$	МВт	7,31	6,72	6,1
	Систем опалення та вентиляції	$Q_{\text{оп}}$	МВт	4,44	2,49	0,46
	Гарячого водопостачання	$Q_{\text{гвп}}$	МВт	0,145	0,06	0,092
Температури	Прямої мережної води	$t_{\text{пмв}}$	°C	90	70	70
	Зворотної мережної води	$t_{\text{змв}}$	°C	60	50	40
	Живильної води	$t_{\text{жв}}$	°C	102		
	Конденсату	$t_{\text{к}}$	°C	60		
	Сирої води	$t_{\text{св}}$	°C	5	8	10
	Хімочищеної води на вході в деаератор	$t_{\text{дв}}$	°C	80		
	Зливної води з охолодника продувальної води	$t_{\text{зл}}$	°C	40		
Частка повернення конденсату		$\alpha_{\text{к}}$		0,8		
Частка продувки		p	%	3		
Тиск у розширнику безперервної продувки		$P_{\text{рбп}}$	бар	1,2		

Необхідні ентальпії теплоносіїв теплової схеми пароводогрійної котельні наведені у табл 3.2.

Таблиця 3.2 – Ентальпії теплоносіїв у тепловій схемі котельні

№ з/п	Теплоносій	Позначення	Ентальпія, кДж/кг
1	Насичена пара після парогенератора	h_0	2781
2	Пара з розширника безперервної продувки	$h''_{рбп}$	2694
3	Живильна вода	$h'_{жв}$	436
4	Конденсат	$h'_к$	252
5	Хімоочищена вода на вході у деаератор	$h'_{дв}$	335
6	Вода, що зливається з охолодника продувальної води	$h'_{зл}$	168
7	Вода з розширника безперервної продувки	$h'_{рбп}$	458,5
8	Зливна вода після підігрівника сирої води	$h_{злв}$	251,4
9	Сира вода в максимальному режимі	$h_{св}$	21
	в середньо-опалювальному режимі		33,5
	в міжнопалювальному режимі		41,9

Методика розрахунку теплової схеми наведена нижче.

Технологічні споживачі потребують пари у кількості [2], кг/с

$$D_{\text{техн}} = \frac{Q_{\text{техн}}}{[(h_0 - h'_к) + (1 - \alpha_k) \cdot (h'_к - h'_{св})]}. \quad (3.1)$$

Для підігріву води системи ГВП у пароводяниму теплообміннику необхідно затратити пари, кг/с

$$D_{\text{ГВП}} = \frac{Q_{\text{ГВП}}}{[(h_o - h'_k) + (1 - \alpha_k) \cdot (h'_k - h'_{\text{св}})]} \quad (3.2)$$

Витрата пари, що може бути використана для підігріву води систем опалення та вентиляції, кг/с

$$D_{\text{оп}} = D_{\text{з котлів}} - D_{\text{техн}} - D_{\text{ГВП}} \quad (3.3)$$

Теплова потужність, що витрачається парогенераторами для систем опалення та вентиляції [2], кВт

$$Q_{\text{оп пк}} = D_{\text{оп}} \cdot [(h_o - h'_k) + (1 - \alpha_k) \cdot (h'_k - h'_{\text{св}})] \quad (3.4)$$

Теплова потужність, що витрачається водогрійними котлами для систем опалення і вентиляції

$$Q_{\text{оп вк}} = Q_{\text{оп}} - Q_{\text{оп пк}} \quad (3.5)$$

Масова витрата мережної води (охолодження теплоносіїв в мережах по 0,5°C) для систем опалення та вентиляції від водогрійної частини котельні, кг/с

$$G_{\text{мв}} = \frac{Q_{\text{оп вк}}}{C_p \cdot (t'_k - t''_k)} \quad (3.6)$$

Витрата хімоочищеної води для підживлення системи опалення та вентиляції, кг/с

$$G_{\text{підж}} = 0,001 \cdot G_{\text{мв}} \quad (3.7)$$

Паровидатність парогенераторів котельні

$$D_0 = D_{\text{оп пк}} + D_{\text{техн}} + D_{\text{гвп}} . \quad (3.8)$$

Для парогенераторів котельні необхідно живильної води у кількості, кг/с

$$G_{\text{жв}} = D_0 + p \cdot D_0 , \quad (3.9)$$

Пара вторинного скипання у деаератор з розширника безперервної продувки надходить у кількості, кг/с

$$D_{\text{рбп}} = p \cdot D_0 \cdot (h'_{\text{кв}} - h'_{\text{рбп}}) / (h''_{\text{рбп}} - h'_{\text{рбп}}) . \quad (3.10)$$

З розширника безперервної продувки зливається вода у стані насичення в кількості, кг/с

$$G_{\text{рбп}} = p \cdot D_0 - D_{\text{рбп}} . \quad (3.11)$$

Рівняння матеріального балансу деаератора

$$G_{\text{жв}} = G_{\text{к}} + D_{\text{д}} + D_{\text{рбп}} + G_{\text{дв}} . \quad (3.12)$$

Рівняння теплового балансу деаератора

$$G_{\text{жв}} \cdot h'_{\text{жв}} = G_{\text{к}} \cdot h'_{\text{к}} + D_{\text{д}} \cdot h_0 + D_{\text{рбп}} \cdot h''_{\text{рбп}} + G_{\text{дв}} \cdot h'_{\text{дв}} . \quad (3.13)$$

Результатом розв'язання системи рівнянь (3.7) – (3.13) визначаємо витрати пари з парогенераторів D_0 , живильної води $G_{жв}$, пари $D_{рбп}$ та зливної води $G_{рбп}$ з розширника безперервної продувки, сирої (додаткової) води $G_{дв}$.

Охолодник продувальної води має розрахункову теплову потужність, кВт

$$Q_{опв} = G_{рбп} \cdot (h'_{рбп} - h'_{зл}). \quad (3.14)$$

Із балансу підігрівання додаткової води після хімоводоочищення у двох паралельних теплообмінниках – охолоднику живильної води ОЖВ та охолоднику продувальної води ОПВ маємо теплову потужність охолодника живильної води, кВт

$$Q_{ожв} = G_{дв} \cdot C_p \cdot (t_{дв} - t_{св}) - Q_{опв}. \quad (3.15)$$

Після охолодника ОЖВ живильна вода має температуру, °С

$$t_{жв2} = t_{жв} - Q_{ожв} / (G_{жв} \cdot C_p). \quad (3.16)$$

Потужність парогенераторів з врахуванням вищенаведеного, кВт

$$Q_{пг} = D_0 \cdot (h_0 - h'_{жв}) + D_0 \cdot p \cdot (h'_{кв} - h'_{жв}). \quad (3.17)$$

Після додавання підживлювальної води мережна вода має температуру, °С

$$t_{мн} = \frac{G_{зв} \cdot t_{зв} + G_{підж} \cdot t_{св}}{G_{мв}}. \quad (3.18)$$

Перед водогрійними котлами для забезпечення температури води на вході в котел не менше 60°С передбачена лінія рециркуляції, витрата води в якій, кг/с

$$G_{\text{рец}} = G_{\text{мн}} \frac{t'_{\text{кот}} - t_{\text{мн}}}{t''_{\text{кот}} - t'_{\text{кот}}}. \quad (3.19)$$

Через водогрійні котли циркулює мережна вода у кількості, кг/с

$$G_{\text{кот}} = G_{\text{рец}} + G_{\text{мн}}. \quad (3.20)$$

З врахуванням $G_{\text{кот}}$ потужність водогрійних котлів складає, кВт

$$Q_{\text{кот}} = G_{\text{кот}} \cdot C_p \cdot (t_{\text{пр}} - t'_{\text{кот}}), \quad (3.21)$$

Витрата (розрахункова) робочого палива (природного газу) складає, м³/с

$$B_p = \frac{Q_{\text{кот}}}{Q_{\text{н}}^p \cdot \eta_k}, \quad (3.22)$$

де $Q_{\text{н}}^p = 33,7$ МДж/м³ – теплота згорання палива (природного газу);

$\eta_k = 0,91$ – ККД котла.

Умовне паливо для потреб пароводогрійної котельні витрачається у кількості, кг/с [2, 9]

$$B_y = \frac{Q_{\text{пг}} + Q_{\text{вк}}}{Q_{\text{н}}^p \cdot \eta_k}, \quad (3.23)$$

Коефіцієнт корисної дії пароводогрійної котельні [2]

$$\eta_{\text{кот}} = \frac{\Sigma Q_{\text{споживачів}}}{Q_{\text{ну}}^p \cdot B_y}, \quad (3.24)$$

На виробництво 1 ГДж теплоти витрачається умовного палива у кількості, кг/с

$$b_y = \frac{B_y}{Q_{\text{пг}} + Q_{\text{вк}}}, \quad (3.25)$$

Результати розрахунку показників роботи пароводогрійної котельні у різних режимах зведені у табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Зведені показники роботи теплової схеми водогрійної котельні в різних режимах роботи

Показник роботи		Позначення	Розмірність	Режим роботи		
				Максимальний	Середньопалювальний	Міжопалювальний
1		2	3	4	5	6
Температури	Живильна вода після охолодження ОЖВ	$t_{\text{жв2}}$	°C	90,3	90,2	91,3
	Мережна вода після додавання підживлювальної води	$t_{\text{мн}}$	°C	59,95	49,95	39,97
Масова витрата	Пара на технологічні потреби	$D_{\text{техн}}$	кг/с	2,839	2,61	2,37
	Пара для потреб ГВП	$D_{\text{гвп}}$	кг/с	0,0563	0,0233	0,0357
	Пара для системи опалення	$D_{\text{оп}}$	кг/с	0,299	0,561	0,789
	Мережна вода для опалення і вентилляції	$G_{\text{мв}}$	кг/с	30,2	30,48	3,71
	Пара з парогенераторів	D_0	кг/с	3,41	2,81	2,569
	Живильна вода	$G_{\text{жв}}$	кг/с	3,51	2,89	2,646

Продовження табл. 3.3.

1	2	3	4	5	6	7
Масова витрата	Пара з розширника безперервної продувки	$D_{рбп}$	кг/с	0,0155	0,0135	0,012
	Зливна вода з розширника безперервної продувки	$G_{рбп}$	кг/с	0,0869	0,0707	0,065
	Сира (додаткова) вода	$G_{дв}$	кг/с	0,725	0,598	0,546
	Вода в лінії рециркуляції	$G_{рец}$	кг/с	0,0503	30,63	7,43
	Вода через водогрійні котли	$G_{кот}$	кг/с	30,25	61,11	11,14
Теплова потужність ОЖВ		$Q_{опв}$	кВт	25,98	21,14	19,44
Теплова потужність ОПВ		$Q_{ожв}$	кВт	201,9	166,8	140,7
Потужність парогенераторів		$Q_{пг}$	кВт	8239	6789	6194
Потужність водогрійних котлів		$Q_{кот}$	кВт	3802	2639	466
ККД котельні		η		0,898	0,893	0,908
Витрата палива	Робочого	B_p				
	- природного газу (ВК)		м ³ /год	0,124	0,086	0,0152
	- паливних гранул (ПГ)		кг/год	0,584	0,481	0,439
	Умовного	B_y	кг/с	0,452	0,354	0,25
Питома умовного		b_y	кг/ГДж	37,54	37,54	37,54

3.2 Перевірка основного та допоміжного обладнання пароводогрійної котельні

Беручи до уваги розраховані у попередньому підрозділі показники роботи теплової схеми котельні викнуємо перевірку котлоагрегатів, дуттєвого обладнання, насосів та іншого устаткування.

Максимальна паровидатність парогенераторів складає $D_0 = 3,41$ кг/с тобто 12,2 т/год і відповідає максимальному режиму роботи. У середньо-опалювальному режимі паровидатність котельні складає 2,81 кг/с (10,1 т/год), а у міжопалювальному - 2,569 кг/с (9,25 т/год). Тому трьох встановлених парогенераторів «Ferroli» Varoprex 4000 паровидатністю 4 т/год кожен [1] достатньо для забезпечення потреб споживачів. Крім того, усі три парогенератори працюють в усіх режимах роботи.

Максимальна теплова потужність водогрійних котлів $Q_{\text{вк}} = 3802$ кВт і відповідає максимальному режиму роботи котельні. У середньо-опалювальному режимі потужність складає 2639 кВт, а у міжопалювальному - 466 кВт. Отже трьох встановлених котлоагрегатів «Ferrolі» Prextherm 1480 теплопродуктивністю 1480 кВт кожен достатньо для забезпечення потреб споживачів. Крім того, у максимальному режимі працюють усі три котлоагрегати, в середньому – два котлоагрегати, в міжопалювальному – один котлоагрегат.

Подача ентиляторів пальників розрахована на максимальну продуктивність парогенераторів

$$Q_{\text{в}} = k_3 \cdot 3,6 \cdot V^{\text{оп}} \cdot V^{\circ} \cdot \alpha_{\text{т}} (t_{\text{хп}} + 273)/273, \quad (3.26)$$

де k_3 – коефіцієнт запасу;

V° – теоретична витрата окислювача, для природного газу $V^{\circ} = 4,5$ м³/м³;

$V_{\text{р}}$ – витрата робочого палива на парогенератор, яка складає

$$V_{\text{р}} = \frac{4/3,6 \cdot (2781 - 378) + 0,03 \cdot 4/3,6 \cdot (814 - 378)}{16600 \cdot 0,85} = 0,1995 (\text{кг} / \text{с}).$$

Вентилятор парогенератора має розрахункову продуктивність

$$Q_{\text{в}} = 1,1 \cdot 3,6 \cdot 0,1995 \cdot 4,5 \cdot 1,4 \cdot (20 + 273)/273 = 5,34 (\text{тис. м}^3/\text{год}).$$

Приблизна потужність двигуна вентилятора парогенератора

$$N_{\text{в}} = 0,277 \cdot Q_{\text{в}} \cdot H_{\text{в}} / (\eta_{\text{в}} \cdot \eta_{\text{ем}}), \quad (3.27)$$

де $H_{\text{в}} = 1,8$ кПа – тиск, що створює вентилятор;

$\eta_{\text{в}} = 0,72$ – ККД вентилятора;

$\eta_{em} = 0,9$ – електромеханічний ККД;

$$N_B = 0,277 \cdot 5,34 \cdot 1,8 / (0,72 \cdot 0,9) = 4,11 \text{ (кВт)}.$$

Витрата природного газу на водогрійний котел складає $V_p = 0,0483 \text{ м}^3/\text{с}$. Тоді розрахункова подача вентиляторів для водогрійних котлів $Q_v = 2145 \text{ м}^3/\text{год}$.

Приблизна потужність двигуна вентилятора (розрахункова) $N_v = 1,886 \text{ кВт}$.

Виходячи із витрати живильної води подача живильних насосів із запасом у 10% складе $V_{жн} = 4,65 \text{ м}^3/\text{год}$, тому встановлених на котельні двох (1 робочий та 1 резервний) насосів Grundfoss CRT 4-19 на кожен котел, що мають подачу $5 \text{ м}^3/\text{год}$ і напір 150 м в. ст., достатньо. Потужність електродвигуна живильного насосу 3,8 кВт.

Виходячи із витрати води на підживлення подача підживлювального насоса складає $V_{пн} = 5,8 \text{ м}^3/\text{год}$. Тому встановлених на котельні встановлюємо двох (1 робочий і 1 резервний) підживлювальних насосів Grundfoss CM 10-1 з подачею $6 \text{ м}^3/\text{год}$ і напором 15 м в.ст. достатньо. Потужністю електродвигуна підживлювального насоса 0,66 кВт.

Беручи до уваги витрату мережної води визначено, що циркуляційні насоси контура опалення 1 мають подачу $V_{оп1} = 22,3 \text{ м}^3/\text{год}$. Отже встановлених двох (1 робочий і 1 резервний) циркуляційних насосів Grundfoss TPE 50-290/2 з подачею $23 \text{ м}^3/\text{год}$ і напором 25 м в.ст. достатньо для забезпечення потреб опалення. Електродвигуни циркуляційних насосів мають потужність 3 кВт.

Оскільки подача циркуляційних насосів контура опалення 2 складає $V_{оп2} = 31,1 \text{ (м}^3/\text{год)}$, то встановлених двох (1 робочий і 1 резервний) циркуляційних насосів Grundfoss TPE 50-290/2 [9] з подачею $32 \text{ м}^3/\text{год}$ та напором 25 м в.ст. достатньо. Встановлений насос має електродвигун потужністю 3 кВт.

На контурі опалення 3 встановлено три (2 робочих і 1 резервний) циркуляційних насоси Grundfoss TPE 50-290/2 [9] з подачею $26 \text{ м}^3/\text{год}$ та напором 25 м в.ст.,

що задовільняє необхідну подачу води у контур $V_{опз} = 48,6 \text{ м}^3/\text{год}$. Встановлені насоси мають електродвигуни потужністю 3 кВт.

На контурі опалення 4 встановлено три (2 робочих і 1 резервний) циркуляційних насоси Grundfoss TPE 80-270/4 [10] з подачею $65 \text{ м}^3/\text{год}$ та напором 25 м в.ст. , що задовільняє необхідну подачу води у контур $V_{оп4} = 124,4 \text{ м}^3/\text{год}$. Встановлені насоси мають електродвигуни потужністю 7,5 кВт.

У контурі ГВП необхідно забезпечити циркуляцію води у кількості $V_{гвп} = 14,0 \text{ м}^3/\text{год}$, тому встановлених двох (1 робочий і 1 резервний) циркуляційних насосів Grundfoss TPE3 40-200 з подачею $15 \text{ м}^3/\text{год}$ та напором 15 м в.ст. достатньо. Потужність електродвигуна 1,1 кВт.

Для транспортування конденсатів у кількості $V_{конд} = 12,9 \text{ м}^3/\text{год}$ (із запасом 10%) на котельні встановлено два (1 робочий і 1 резервний) циркуляційних насоси Grundfoss TPE3 32-200 з подачею $13 \text{ м}^3/\text{год}$ та напором 15 м в.ст. Такого типорозміру насосу з потужністю електродвигуна 0,75 кВт достатньо.

Для переміщення води крізь водогрійні котли необхідно мати насос з подачею $V_{вк} = 143,4 \text{ м}^3/\text{год}$. Отже встановленого на кожен котел по циркуляційного насосу Grundfoss TPE 100-250/2 з подачею $150 \text{ м}^3/\text{год}$ та напором 15 м в.ст. достатньо. Потужність електродвигуна 11 кВт.

Необхідно забезпечити циркуляцію мережної води через пароводяний теплообмінник опалення у кількості $V_{пк оп} = 215,2 \text{ м}^3/\text{год}$. Тому встановлених на котельні двох (1 робочий і 1 резервний) циркуляційних насоси Grundfoss TP 100-390/2 [11] з подачею $220 \text{ м}^3/\text{год}$ та напором 20 м в.ст. достатньо. Потужність електродвигуна 16 кВт.

Сума активних потужностей робочого обладнання (насосів, тягодуттєвого обладнання та освітлення) складає розрахункову потужність власних потреб котельні

$$N_{вп} = N_{жн} + N_{пн} + N_{оп} + N_{гвп} + N_{конд} + N_{пк оп} + N_{вк} + N_{в пк} + N_{в вк}, \quad (3.28)$$

$$N_{вп}^{макс} = 3 \cdot 3,8 + 1 \cdot 0,66 + 1 \cdot 3 + 1 \cdot 3 + 2 \cdot 3 + 2 \cdot 7,5 + 1 \cdot 1,1 + \\ + 1 \cdot 0,75 + 3 \cdot 11 + 3 \cdot 2,77 + 3 \cdot 1,886 = 86,0 \text{ (кВт)}.$$

$$N_{вп}^{сер} = 3 \cdot 3,8 + 1 \cdot 0,66 + 1 \cdot 3 + 1 \cdot 3 + 2 \cdot 3 + 2 \cdot 7,5 + 1 \cdot 1,1 + \\ + 0 \cdot 0,75 + 2 \cdot 11 + 3 \cdot 2,77 + 2 \cdot 1,886 = 74,2 \text{ (кВт)}.$$

$$N_{\text{вп}}^{\text{між}} = 3 \cdot 3,8 + 1 \cdot 0,66 + 0 \cdot 3 + 0 \cdot 3 + 0 \cdot 3 + 2 \cdot 7,5 + 1 \cdot 1,1 + \\ + 0 \cdot 0,75 + 1 \cdot 11 + 3 \cdot 2,77 + 1 \cdot 1,886 = 49,4 \text{ (кВт)}.$$

3.3 Висновки до розділу 3

В розділі проведено розрахунок теплової схеми промислово-опалювальної пароводогрійної котельні в максимальному, середньоопалювальному та міжопалювальному режимах.

Визначено потужність парових та водогрійних котлів, яка склала в максимальному режимі склала 8,24 та 3,8 МВт, в середньоопалювальному – 6,79 і 2,64 МВт, а в міжопалювальному – 6,19 і 0,47 МВт відповідно.

Розраховано витрати пари, конденсатів, води. Встановлень, що умовного палива у максимальному режимі роботи склала 0,452 кг/с, середньоопалювальному – 0,354 кг/с, а в міжопалювальному – 0,250 кг/с.

Виконано перевірку відповідності встановленого на котельні обладнання розрахунковим параметрам. Так три парогенератори «Ferroli» Varoprex 4000, три водогрійних котлоагрегати «Ferroli» Prextherm 1480, а також насоси, вентилятори пальників задовольняють показникам роботи теплової схеми. Визначено сумарну електричну потужність власних потреб пароводогрійної котельні, що складає у максимальному режимі 86 кВт, середньоопалювальному – 74,2 кВт та міжопалювальному – 49,4 кВт.

4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРИЙНЯТИХ РІШЕНЬ

4.1 Загальна характеристика об'єкту, що підлягає монтажу

У роботі розробляється варіант встановлення двох теплообмінників для забезпечення потреб гарячого водопостачання промислового підприємства загальною тепловою потужністю 151 кВт. Теплообмінник ТТАИ Псв 25/1400 першим ввімкнено за рухом грійного теплоносія. Теплообмінник ТТАИр св. 25/550 ввімкнено другим.

Підігрів води від 5 °С до 55 °С у пароводяному теплообміннику ТТАИ Псв 25/1400 відбувається внаслідок конденсації насиченої пари (температура 185 °С) від парогенераторів «Ferrolі» Varoprex 4000, що переведені на спалювання паливних гранул з деревини. Монтаж теплообмінника здійснюється горизонтально з нахилом 2 – 3 градуси у бік зливного патрубку конденсату.

Нагрівання води від 5 °С до 55 °С у водо-водяному теплообміннику ТТАИр св 25/550 відбувається внаслідок охолодження конденсату пари з першого теплообмінника від 185 °С до 90 °С.

Високий коефіцієнт теплопередачі теплообмінників ТТАИ досягається за рахунок використання особливо тонкостінних трубки малого еквівалентного діаметра, що мають спеціальний профіль.

Для циркуляції холодного теплоносія (води на гаряче водопостачання) у теплообмінних трубках встановлено циркуляційний насос Grundfoss TPE3 40-200, що має подачу $V = 20,5 \text{ м}^3/\text{год}$, напір $H = 14,9 \text{ м}$ і потужність електродвигуна $N = 1,1 \text{ кВт}$ [12]. Насос має повітряне охолодження синхронного електродвигуна на постійних магнітах з частотним перетворювачем, що дозволяє плавне регулювання частоти обертання. Монтажна довжина насоса складає 250 мм.

Для контролю температури і тиску теплоносіїв встановлено біметалеві трубчаті термометри і манометри.

4.2 Складання комплектувальних відомостей для монтажної схеми теплообмінників гарячого водопостачання

Розрахунок і комплектування основних та допоміжних матеріалів і виробів показано у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 Комплектувальна відомість до монтажної схеми теплообмінників

№ п.п	Найменування обладнання, Матеріалу чи виробу	Одиниці вимірю- вання	Кількість	Маса одиниці, кг	Маса, кг
1	2	3	4	5	6
Основне обладнання, матеріали і вироби					
1	Теплообмінник пароводяний ТТАИ Псв 25/1400 потужністю 47 кВт	шт	1	12,2	12,2
2	Теплообмінник водо-водяний ТТАИр св 25/550 потужністю 104 кВт	шт	1	9,35	9,35
3	Насос системи теплопостачання Grundfoss TPE3 40-200	шт	1	31	31
4	Конденсатовідвідник FLT25, DN 25	шт	1	11,9	11,9
5	Кран кульовий Ду25, фланцевий	шт.	3	3,22	9.66
6	Кран кульовий Ду32, фланцевий	шт	8	4,31	34.48
7	Фільтр грубого очищення, Ду25	шт	1	4,5	4,5
9	Клапан зворотний пружинний Ду32, фланцевий	шт	2	7,0	14
10	Манометр технічний	шт	2+3	0,27	1,35
11	Термометр біметалевий трубча- стий	шт	2	0,13	0.26

Продовження табл. 4.1

1	2	3	4	5	6
12	Переривач вакууму, Ду20	шт.	1	0.5	0.5
13	Повітровідвідник ТА-22ML, Ду20	шт.	1	0.4	0.4
14	Клапан регулюючий Clorius H1Fз електроприводом AVM321K001, Ду25	шт	1	7,6	7,6
15	Труби сталеві електрозварні ДСТУ 8943:2019, Ду25	м	3,5	1,76	6,16
16	Труби сталеві електрозварні ДСТУ 8943:2019, Ду32	м	17,5	2,15	37,63
17	Теплоізоляційний циліндр із ба- зальтової вати марки ТехІзол , діаметром 38 мм, товщиною 30 мм	м	17,5	0,544	9,52
18	Теплоізоляційний циліндр із ба- зальтової вати марки ТехІзол , діаметром 32 мм товщиною 30 мм	м	3,5	0,496	1,74
Допоміжні матеріали і вироби					
монтаж теплообмінників [13]					
19	Болти з гайками та шайбами, d= 16 мм	т	2	0,00254	5,1
20	Азбестовий картон загального призначення, δ=2 мм	т	2	0,0027	5,4
21	Пластина пресована гумова тех- нічна	кг	2	0,01	0,02
22	Оліфа натуральна	кг	2	0,02	0,04
23	Електроди марка E42A, d=4 мм,	т	2	0,00055	1,1
24	Фланці плоскі приварні із сталі ВСт3сп2, ВСт3сп3, тиск 1,0 МПа, діаметр 25 мм	шт	4	0,89	3,56

Продовження табл. 4.1

1	2	3	4	5	
25	Фланці плоскі d=20 мм, приварні із сталі ВСт3сп2, ВСт3сп3, тиск 1,0 МПа,	шт	4	0,74	2,84
26	Пароніт	т	2	0,00022	0,44
27	Сурик свинцевий	т	2	0,00008	0,16
28	Вода	м ³	2	0,26	520
монтаж шарових кранів, зворотних клапанів, клапану регулювального з електроприводом [14]					
29	Болти з гайками з шестигранною головкою d= 12 (14) мм	т	1 0,4	0,017 0,0084	20,36
30	Пластина вулканізована гумова рулонна	кг	1 0,4	0,6 0,3	0,72
31	Фланці плоскі d=32мм, приварні із сталі ВСт3сп2, ВСт3сп3, тиск 1,0 МПа	шт	20	1,4	28
32	Фланці плоскі d=25 мм, приварні із сталі ВСт3сп2, ВСт3сп3, тиск 1,0 МПа	шт	8	0,89	7,12
монтаж трубопроводів [14]					
33	Круги d= 180 x 6 мм, армовані абразивні зачисні	шт	0,0731	0,36	0,36
34	Пароніт	т	0,043	0,01	4,3
35	Дріт d=2 мм зварний легований	т	0,043	0,0023	0,099
36	Фланці плоскі d= 32 мм, приварні із сталі ВСт3сп2, ВСт3сп2, тиск 1,0 МПа	шт	2	1,4	2,8
монтаж насосу [13]					
37	Болти з гайками та шайбами, діаметр 16 мм	т	1	0,00127	1,27
38	Прокладки гумові (пластина гумова технічна пресована)	кг	1	0,07	0,07

Продовження табл. 4.1

1	2	3	4	5	6
39	Електроди d=4 мм, марка Е42	т	1	0,00039	0,39
40	Анкерні деталі із прямих або гнутих круглих стрижнів з різьбою (у комплекті із шайбами і гайками)	т	1	0,0022	2,2
41	Фланці плоскі d=32 мм, приварні із сталі ВСт3сп2, ВСт3сп3, тиск 1 МПа [10 кгс/см ²]	шт	2	1,4	2,8
монтаж теплової ізоляції трубопроводів [15]					
42	Гвинти самонарізні оцинковані	т	2,05	0,0002	0,41
43	Листи алюмінієві δ=1 мм, марка АД1Н	кг	2,05	0,37	0,759
44	Сталь листова оцинкована, δ=0,8 мм	кг	2,05	0,86	1,763
гідравлічне випробування трубопроводів [13]					
45	Прядиво лляне	т	0,205	0,00002	0,004
46	Білила МА-011-1 густо терті цинкові	т	0,205	0,00005	0,01
47	Оліфа натуральна	кг	0,205	0,02	0,004
48	Вода технічна	м ³	0,205	1	205
монтаж конденсатовідвідника [13]					
49	Розчин для кладки важкий цементний, М50	м3/кг	1	0,001	2,1
50	Прядиво лляне	т	1	0,00001	0,01
51	Електроди, діаметр 4 мм, марка Е42	т	1	0,00002	0,02
52	Оліфа натуральна	кг	1	0,02	0,02
53	Фланці плоскі d= 25 мм, приварні із сталі ВСт3сп2, ВСт3сп2, тиск 1,0 МПа	шт	2	0,89	1,78

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	5	6
54	Пароніт	т	1	0,00005	0,05
55	Болти з гайками та шайбам, діаметр 12 м	т	1	0,00066	0,66
56	Кронштейни та підставки під обладнання із сортової сталі	кг	1	0,98	0,98
57	Сурик свинцевий	т	1	0,00003	0,03
монтаж термометрів і манометрів [13]					
58	Масло індустріальне И-20А	т	2	0,00011	0,22
59	Оліфа натуральна	кг	7	0,01	0,07
60	Болти з гайками та шайбами, діаметр 12 мм	т	5	0,00016	0,8
61	Прядиво лляне	т	7	0,00001	0,07
62	Пароніт	т	5	0,00004	0,2
63	Сурик свинцевий	т	7	0,00001	0,07
монтаж фільтру грубої очистки [13]					
64	Електроди d= 4 мм, марка Е42	т	1	0,00007	0,07
68	Фланці плоскі d=25 мм, прива- рні із сталі ВСт3сп2, ВСт3сп2, тиск 1,0 МПа	шт	2	0,89	1,78
монтаж повітровідвідника та переривача вакууму [13]					
70	Прядиво лляне	т	2	0,00001	0,02
69	Оліфа натуральна	кг	2	0,01	0,02
71	Сурик свинцевий	т	2	0,00001	0,02

Маса основного обладнання і матеріалів – 190,75кг.

Маса допоміжних матеріалів (без води) – 100,9 кг.

Необхідна кількість води – 725 кг.

4.3 Обґрунтування і визначення об'ємів робіт з монтажу теплообмінників

Об'єми робіт визначалися згідно нормативних матеріалів [13 – 15].

1. Доставка виробів, матеріалів та допоміжного обладнання на місце монтажу. Одиниці вимірювання – тони. Загальна маса виробів і деталей 405,6 кг (0,405 т). Отже, $V=0,405$.

2. Розмітка місць прокладання трубопроводів. Одиниці вимірювання – 100 м. Довжина трубопроводів обв'язки теплообмінників складає $L=21$ м. Отже, $V=0,21$.

3. Монтаж теплообмінників. Одиниці вимірювання в штуках. До монтажу подається 2 теплообмінника, поверхнею нагріву до 4 м^2 кожен. Отже, $V=2$.

4. Прокладання сталевих електрозварних трубопроводів Ду 32. Одиниці вимірювання в тонах. Вага труб з діаметром $38\times 2,5$ мм складає 36,98 кг. Отже, $V=0,03698$.

5. Монтаж конденсатовідвідника. Одиниці вимірювання – штуки. У схемі обв'язки теплообмінників передбачено 1 конденсатовідвідник. Отже, $V=1$.

6. Встановлення у монтажне положення насоса. Одиниці вимірювання – штуки. В роботі виконуємо монтаж одного насосу масою до 100 кг. Отже, $V=1$.

7. Монтаж запірно-регулюювальної арматури, зворотних клапанів Ду 32. Одиниці вимірювання – 10 штук. У монтажній схемі встановлено 8 кульових кранів та 2 зворотних клапани. Отже, $V=1$.

8. Прокладання сталевих електрозварних трубопроводів Ду 32. Одиниці вимірювання – тони. Маса труб вказаного типорозміру складає 5,808 кг. Отже, $V=0,0058$.

9. Монтаж запірно-регулюючої арматури Ду 25; Одиниці вимірювання – 10 штук. У монтажній схемі встановлено 3 шарових крани та 1 клапан регулюючий Clorius. Отже, $V=0,4$.

10. Встановлення фільтра грубого очищення Ду 25. Одиниці вимірювання в штуках. У монтажній схемі встановлено один фільтр. Отже, $V=1$.

11. Монтаж термометрів; Одиниці вимірювання – штуки. У монтажній схемі передбачено 2 термометри. Отже, $V=2$.

12. Монтаж манометрів. Одиниці вимірювання – штуки. У монтажній схемі передбачено 5 манометрів. Отже, $V=5$.

13. Встановлення у монтажне положення повітровідвідника та переривача вакууму. Одиниці вимірювання – штуки. У схемі обв'язки теплообмінників передбачається один переривач вакууму та один повітровідвідник. Отже, $V=2$.

14. Гідравлічні випробування трубопроводів на міцність та щільність. Одиниці вимірювання – 100 м. Загальна довжина трубопроводів обв'язки теплообмінників становить 21 м. Отже, $V=0,21$

15. Накладання ізоляції на трубопроводи діаметром 38 мм, товщина 30 мм. Одиниці вимірювання – 10 м. Довжина трубопроводу вказаного типорозміру складає 17,5 м. Отже, $V=1,75$.

14. Накладання ізоляції на трубопроводи діаметром 32 мм, товщина 30 мм. Одиниці вимірювання – 10 м. Довжина трубопроводу вказаного типорозміру складає 3,5 м. Отже, $V=0,35$.

16. Повернення допоміжного обладнання на склад. Одиниці вимірювання в тонах . Загальна вага усіх деталей 113,95 кг. Отже, $V= 0,114$.

4.4 Засоби механізації праці для монтажу теплообмінників

Завезення труб, деталей, матеріалів та виробів здійснюється централізовано автомобілем Mercedes Sprinter 313 CDI [16], що має технічні характеристики, наведені в таблиці 4.2.

Для виконання зварювальних робіт використовуємо зварювальний інвертор СПІКА Stick 250 Pulse [17], що має такі технічні характеристики:

- напруга 220 В;
- споживана потужність 4,5кВт;

- діаметр електрода 1,6 – 5,0 мм;
- максимальний струм 250 А;
- маса 4,5 кг

Таблиця 4.2 – Технічні характеристики " Mercedes Sprinter " [16]

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Вантажопідйомність	кг	до 3500
Кількість осей:		
всього	шт	2
ведучих	шт	1
Вантажна висота	мм	2300
Найбільша швидкість	км/год	160
Радіус повороту	м	6,4
Колія колес:		
передні	мм	1800
задні	мм	1750
Витрата палива	л/100 км	9,5
Габарити:		
Довжина		6590
Ширина		1933
Висота		2570
Маса	кг	2125

Виготовлення вузлів і монтаж трубопроводів виконують за допомогою кутової шліфмашини Bosch GWS 2200 Professional [18] з такими технічними характеристиками:

- коло $d = 180$ мм;
- потужність 2,2 кВт;
- частота обертання 8500 об/хв;
- маса 5,2 кг.

Для гідравлічних випробувань трубопроводів застосовується опресувальний насос ROTHENBERGER RP PRO III [19], що має такі характеристики :

- максимальний робочий тиск 40 бар;
- продуктивність 0,006 м³/хв;
- з'єднання R ½”;
- мережна напруга 230 В;
- маса 17,5 кг.

Для переїщення обладнання та трубопроводів застосовується візок гідравлічний Рокла Kion MTG 3000 з характеристиками, що вказані в таблиці 4.3

Таблиця 4.3 –Візок гідравлічний ручний спеціальний Модель DFZ [20]

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Вантажопідйомність	кг	3000
Довжина вил	мм	1150
Ширина вил	мм	550
Висота підйому	мм	200
Маса	кг	75

Ефективну роботу ланки забезпечує набір інструментів та пристосувань для монтажників (маса у переносному ящику 11,75 кг).

Загальна маса допоміжного обладнання складає 113,95 кг.

4.5 Висновки до розділу 4

У даному розділі роботи виконано розробку монтажною схеми теплообмінників системи тепlopостачання у теплову схему промислово-опалювальної пароводогрійної котельні.

Складено відомість основних та допоміжних матеріалів і виробів, необхідних для монтажу теплообмінників. Згідно із комплектувальною відомістю маса основного обладнання і матеріалів склала 190,75 кг, а допоміжного – 100,9 кг.

Визначено об'єми монтажних робіт, необхідні засоби механізації праці. Так для завезення обладнання і комунікацій використовується автомобіль Mercedes

Sprinter 313 CDI, для виготовлення вуглів трубопроводів – кутова шліфмашина
Bosch GWS 2200 Professional, для зварювальних робіт – зварювальний інвертор
СПІКА Stick 250 Pulse, для гідравлічних випробувань – опресувальний насос
ROTHENBERGER RP PRO III, для переміщення обладнання – візок гідравлічний
Рокла Kion MTG 3000. Загальна маса допоміжних засобів механізації складає
113,95 кг.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

У цьому розділі бакалаврської роботи розглянуто питання охорони праці під час монтажу обладнання теплової схеми промислово-опалювальної пароводогрійної котельні. На будівельно-монтажний персонал, що здійснює монтаж обладнання пароводогрійної котельної, впливають такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори [21, 22].

Фізичні фактори: мікроклімат (температура, вологість, швидкість руху повітря, інфрачервоне випромінювання); виробничий шум, ультразвук, інфразвук; вібрація (локальна, загальна); освітлення: природне (недостатність), штучне (недостатня освітленість, прямий і відбитий сліпучий відблиск тощо); іонізація повітря.

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

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

5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта

5.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

Під час монтажу обладнання пароводогрійної котельної монтажники повинні дотримуватися правил охорони праці в будівництві [23], відповідно до яких потрібно перебувати на раніше встановлених і надійно закріплених конструкціях чи засобах підмоцнування. Забороняється перебування людей на елементах конструкцій

і обладнання під час їх піднімання та переміщення.

Навісні монтажні площадки, сходи та інші пристосування, що необхідні для виконання робіт на висоті, потрібно встановлювати на конструкціях, які монтуються до їх піднімання. Для переходу монтажників з однієї конструкції на іншу необхідно застосовувати драбини, перехідні містки і трапи, що мають огорожі. Забороняється перехід монтажників по встановлених конструкціях та їх елементах (фермах, ригелях тощо), на яких неможливо забезпечити необхідну ширину проходу при встановлених огорожах, без застосування спеціальних запобіжних пристроїв (натягнутого уздовж ферми чи ригеля каната для закріплення карабіна запобіжного поясу). Місця і способи кріплення каната повинні бути зазначені в ПВР. Спосіб стропування елементів конструкцій та обладнання повинен забезпечувати їх подавання до місця розміщення в положенні, близькому до проектного.

Під час монтажу огорожувальних панелей необхідно застосовувати запобіжний пояс разом із запобіжними пристроями, про що слід зазначити у ПВР. Не дозволяється перебування людей під елементами конструкцій і обладнання, що монтуються.

Навісні металеві драбини довжиною більше ніж 5 м необхідно огородити металевими дугами з вертикальними зв'язками і надійно прикріпити до конструкцій чи обладнання. Піднімання робітників по навісних драбинах на висоту більше ніж 10 м допускається лише у разі їх обладнання площадками для відпочинку не менше ніж через кожних 10 м по висоті.

Розтяжки для тимчасового закріплення конструкцій, що монтуються, необхідно прикріпити до надійних опор. Кількість розчалювань, їх матеріал і перетин, способи натягування і місця закріплення визначаються у ПВР. Розтяжки необхідно розташовувати за межами габаритів руху транспорту і будівельних машин; вони не повинні мати дотику до гострих кутів інших конструкцій. Перегин розтяжок у місцях дотику їх до інших конструкцій допускається лише після перевірки міцності та стійкості цих елементів під впливом зусиль від розчалювання.

Необхідно запобігати розгойдуванню й обертанню елементів конструкцій чи

обладнання, що монтуються, під час переміщення. Стропування конструкцій і обладнання необхідно виконувати засобами, що забезпечують можливість дистанційного розстропування з робочого горизонту у разі, коли висота до замка засобу, що захоплює вантаж, перевищує 2 м.

До початку виконання монтажних робіт необхідно визначити порядок обміну умовними сигналами між особою, яка керує монтажем, та машиністом (мотористом) крана. Усі сигнали подаються лише однією особою (бригадиром монтажною бригади, ланковим, такелажником- стропальником). Лише сигнал «Стоп» може подати будь-який робітник, який помітив небезпеку.

Якщо конструкція, що монтується, знаходиться за межами поля зору машиніста крана, між ним та монтажниками повинен бути забезпечений надійний зв'язок. Якщо такої можливості немає, призначаються проміжні сигнальники з числа стропальників (такелажників).

В особливо відповідальних випадках (у разі піднімання конструкцій із застосуванням складного такелажу, методу повороту, під час насування великогабаритних і важких конструкцій; під час піднімання їх двома механізмами чи більше тощо) сигнали повинен подавати тільки керівник робіт.

Стропування елементів, що монтуються, необхідно виконувати у місцях, зазначених у робочих кресленнях, і забезпечувати їх піднімання і подавання до місця встановлення у положенні, близькому до проектного. Забороняється піднімання елементів будівельних конструкцій, що не мають монтажних петель чи отворів, маркування і позначок, які забезпечують їх правильне стропування і монтаж. Під час монтажу з транспортних засобів елементи конструкцій забороняється проносити над кабіною водія.

Під час переміщення конструкцій чи обладнання відстань від них і до частин змонтованого обладнання, конструкцій, що виступають, повинна бути по горизонталі не менше ніж 1,0 м, а по вертикалі – не менше ніж 0,5 м. Під час перерви у роботі залишати підняті елементи конструкцій і обладнання у піднятому стані заборонено.

5.1.2 Електробезпека

Живлення технологічного обладнання та системи освітлення твердопаливної водогрійної котельної здійснюється від п/ст 10/0,4 кВ кабельними лініями, що прокладені в траншеях. Для живлення використовується трифазна чотирьохпровідна мережа із заземленою нейтраллю напругою 380/220 В. Відповідно з ГОСТ ПБЕ [24, 25] умови праці за ступенем небезпеки ураження працівників електричним струмом є умовами з підвищеною небезпекою, тому що підлога у приміщеннях, що будуються, є струмопровідною.

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

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

5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

5.2.1 Мікроклімат

Основними нормативними документами, що регламентують параметри мікроклімату виробничих приміщень, є ДСН 3.3.6.042-99 [26]. Мікроклімат цеху характеризується наступними чинниками: температурою повітря, відносною вологістю повітря, швидкістю руху повітря, інтенсивністю теплового випромінювання. Допустимі норми температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій

зоні виробничих приміщень наведені в табл. 5.1. Робота з монтажу обладнання твердопаливної водогрійної котельної відноситься до категорії Пб по важкості праці.

Таблиця 5.1 – Допустимі норми параметрів повітря на непостійних робочих місцях

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

5.2.2 Склад повітря робочої зони

Забруднення повітря робочої зони регламентується гранично допустимими концентраціями (ГДК) в мг/м³ [26].

Під час монтажу системи опалення виділяється пил нетоксичний. При роботі системи вентиляції, провітрюванні у приміщенні може попадати пил та інші шкідливі речовини, які виділяються при технологічних процесах в цеху і знаходяться повітрі навколишнього середовища. Їх ГДК відповідно до [26] наведено в табл. 5.2.

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

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

Для забезпечення допустимих показників мікроклімату та складу повітря робочої зони відповідно до ДБН проектом передбачені наступні рішення [27]:

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

5.2.3 Виробниче освітлення

Раціональне освітлення – один з основних факторів створення сприятливих робочих умов праці. Недостатнє освітлення викликає передчасне стомлення працюючих, знижує продуктивність праці, може стати причиною нещасного випадку.

Для забезпечення найбільш сприятливих умов зорової праці нормують мінімальну освітленість на найбільш темній ділянці робочої поверхні. Рівень аварійного освітлення складає 15% освітленості основної роботи. Приміщення забезпечене природним освітленням в денний проміжок часу, але вечері постає проблема в штучному освітленні.

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

Таблиця 5.3 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

Характеристика зорової роботи	Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Характеристика фону	Штучне при системі комбінованого освітлення		Природне $E_{н\text{пр}}$	Сумісне $E_{\text{сум}}$
						всього	у т. ч. від загального		
Середньої точності	Від 0,5 до 1,0 включно	IV	г	середній	світлий	-	200	4	2,4

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

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

5.2.4 Виробничий шум

Під час монтажу обладнання пароводогрійної котельної джерелом шуму є будівельне обладнання, машини, механізми та переносний електроінструмент – механічний шум.

При санітарно-гігієнічному нормуванні шуму використовують два методи:

- нормування за гранично допустимим спектром шуму;
- нормування рівня звуку за шкалою А шумоміра.

За характером спектру шум – широкосмуговий з безперервний спектром шириною більше октави; за тональною характеристикою – постійний; за походженням – гідродинамічний.

Допустимі рівні звукового тиску, рівні звуку і еквівалентні рівні звуку на робочих місцях приймаються за вимогами ДСН 32.23-85 [29] і наведені в табл. 5.4.

Таблиця 5.4 – Допустимі рівні звукового тиску

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

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

5.2.5 Виробничі вібрації

Вібрацією називають механічні коливання пружних тіл або систем, коли відбувається переміщення центра їх ваги в просторі відносно статичного стану. Загальна вібрація передається на тіло через опорні поверхні людини, що стоїть чи сидить (підшви ніг або сидниці). Допустимі рівні загальної вібрації на робочих місцях приймаються за вимогами ДСН 32.23-85 [30] і наведені в табл. 5.5.

Таблиця 5.5 – Допустимі рівні вібрації на постійних місцях

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

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

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

5.3 Пожежна безпека

Пожежну безпеку промислових і інших об'єктів регламентують Правила пожежної безпеки в Україні [31, 32]. Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів визначається за ДСТУ 8829: 2019 [33], за якою визначається категорія приміщень за вибуховою та пожежною безпекою [34].

Отже, приміщення, де встановлене обладнання водогрійної котельної, за вибухонебезпечною та пожежонебезпечною відноситься до категорії Г (помірнопожежонебезпечна) – негорючі речовини і/або матеріали у гарячому, розпеченому і/або розплавленому стані, процес обробки яких супроводжується виділенням променистого тепла, утворенням іскор і/або полум'я; горючі гази, рідини і/або тверді речовини, що спалюються або утилізуються як паливо, з зонами II-III (місця за межами цього приміщення, де зберігаються тверді горючі речовини).

Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів – сукупність властивостей, що характеризують їхню здатність до виникнення і поширення горіння. Наслідком горіння, залежно від його швидкості та умов протікання, можуть бути пожежа або вибух. Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів визначають показниками, вибір яких залежить від агрегатного стану речовини (матеріалу), та умов їхнього застосування.

Будівля, в якій розташовані ці приміщення, характеризується II ступенем вогнестійкості. До II ступеня вогнестійкості відносяться будинки з несучими та огорожувальними конструкціями з природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону, залізобетону із застосуванням листових і плитних негорючих матеріалів. Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвиликах) та максимальні межі поширення вогню по них (см) за ДБН В.1.1.7-2016 [35] наведено в табл. 5.6.

Протипожежні перешкоди і мінімальні межі їх вогнестійкості за ДБН В.1.1.7-2016 [35] наведено в таблиці 5.7.

Протипожежні відстані між житловими, громадськими, адміністративно-побутовими будинками промислових підприємств, гаражами слід приймати за табл. 5.8 (чисельник). В умовах забудови, що склалася, протипожежні відстані між житловими будинками та від житлових будинків до будівель і споруд іншого призначення слід визначати згідно з протипожежними вимогами даних норм, наведеними у табл. 5.8. Протипожежні відстані від житлових, громадських, адміністративно-побутових будинків промислових підприємств, гаражів до виробничих, складських будинків і споруд слід приймати за табл. 5.8 (знаменник) [35].

На території котельної встановлено 2 газових вогнегасника ВВК-7 і 9 порошкових вогнегасника ВВП-5 (ВП-5) [36].

Таблиця 5.6 – 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				колони	сходові площадки, конструкції, сходи, балки, марші сходових кліток	перекрыття між поверхами (у т.ч. горищні та над підвалами)	елементи суміжних покриттів	
	несучі та сходові клітки	самонесучі	зовнішні несучі	внутрішні несучі (перегородки)				плити, настали, прогони	балки, ферми, арки, рами
II	REI 120 M0	REI 60 M0	E 15 M0	E1 15 M0	R 120 M0	R 60 M0	REI 45 M0	RE 15 M0	R 30 M0

Таблиця 5.7 – 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, не нижче
Стіни	3	REI 45	2	2
Перегородки	2	EI 15	3	2
Перекриття	4	REI 15	3	2

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

Ступінь вогнестійкості будинку	Відстані при ступені вогнестійкості будинків, м		
	I, II	III	IIIa, IIIб, IV, IVa, V
I, II	6/9	8/9	10/12

5.4 Висновки до розділу 5

В даному розділі було проаналізовано технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії. Визначено шкідливі та небезпечні виробничі фактори під час експлуатації пароводогрійної котельні. Розглянуті заходи із поглинання шуму, гасіння вібрацій. Рекомендовані заходи із освітлення робочої зони, а також заходи із пожежної безпеки.

ВИСНОВКИ

В даній бакалаврській дипломній роботі розглянуто можливість використання альтернативних джерел енергії в тепловій схемі промислово-опалювальної пароводогрійної котельні.

Розглянуті варіанти влаштування котельні на природному газі та впровадження альтернативних видів палива або в парогенераторах або у водогрійних котлах. Розглядалися такі види альтернативного палива : буре вугілля, паливні гранули з деревини, тріска деревини, паливні гранули з соломи. В результаті узагальнення розрахункових даних виявлено, що найменшу собівартість теплоти має варіант переведення парогенераторів на спалювання паливних гранул з деревини з автоматизованим подаванням палива (446,44 грн./ГДж). Порівняно невисоку собівартість має також теплота отримана від варіант переведення парогенераторів на спалювання тріски деревини, що складає 525,69 грн./ГДж. Переведення як парогенераторів так і водогрійних котлів на спалювання бурого вугілля економічно недоцільна, оскільки собівартість теплоти такого варіанту 619,83 і 599,2 грн./ГДж відповідно. Під час роботи котельня на природному собівартість виробництва теплоти складе 589,99 грн./ГДж. Як джерело теплоти для котельні обрано паливні гранули з деревини і варіант спалювання їх у парогенераторах.

Спроектовано секційний теплообмінник для підігріву води на потреби гарячого водопостачання. В результаті виконано тепловий та гідравлічний розрахунок. Коефіцієнт теплопередачі склав $K = 5596,6 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$. Підігрівник спроектований з профільно-витих труб з нержавіючої сталі діаметром $8 \times 0,2 \text{ мм}$, площею теплообміну $F = 0,1755 \text{ м}^2$ на задану потужність $Q = 104 \text{ кВт}$. В результаті гідравлічного розрахунку визначені втрати тиску з боку холодного теплоносія (води), що складають 6545,35 Па та гарячого теплоносія (коненсату) – 7023 Па.

В роботі проведено розрахунок теплової схеми котельні промислово-опалювальної пароводогрійної котельні в максимальному, середньоопалювальному та

міжопалювальному режимі. Визначено потужність парових та водогрійних котлів, яка склала в максимальному режимі склала 8,24 та 3,8 МВт, в середньоопалювальному – 6,79 і 2,64 МВт, а в міжопалювальному – 6,19 і 0,47 МВт відповідно. Визначені витрати пари, конденсатів, води. Встановлено, що витрата умовного палива у максимальному режимі роботи склала 0,452 кг/с, середньоопалювальному – 0,354 кг/с, а в міжопалювальному – 0,250 кг/с. Виконано перевірку відповідності встановленого на котельні обладнання розрахунковим параметрам. Так три парогенератори «Ferroli» Varoprex 4000, три водогрійних котлоагрегати «Ferroli» Prextherm 1480, а також насоси, вентилятори пальників задовольняють показникам роботи теплової схеми. Визначено сумарну електричну потужність власних потреб пароводогрійної котельні, що складає у максимальному режимі 86 кВт, середньоопалювальному – 74,2 кВт та міжопалювальному – 49,4 кВт.

В бакалаврській роботі розроблено технологію монтажу теплообмінників системи гарячого водопостачання. Розроблено монтажну схему, складено відомість основних та допоміжних матеріалів для виконання монтажу теплообмінників із комунікаціями. Загальна маса основного обладнання і матеріалів склала 190,75 кг, а допоміжного – 100,9 кг. Визначено об'єми монтажних робіт, необхідні засоби механізації праці. Так для завезення обладнання і комунікацій використовується автомобіль Mercedes Sprinter 313 CDI, для виготовлення вуглів трубопроводів – кутова шліфмашина Bosch GWS 2200 Professional, для зварювальних робіт – зварювальний інвертор СПІКА Stick 250 Pulse, для гідравлічних випробувань – опресувальний насос ROTHENBERGER RP PRO III, для переміщення обладнання – візок гідравлічний Рокла Kion MTG 3000. Загальна маса допоміжних засобів механізації складає 113,95 кг.

В розділі «Охорона праці» було розділі було проаналізовано технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії. Визначено шкідливі та небезпечні виробничі фактори під час експлуатації пароводогрійної котельні. Розглянуті заходи із поглинання шуму, гасіння вібрацій. Рекомендовані заходи із освітлення робочої зони, а також заходи із пожежної безпеки.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. VAPOPREX HVP. URL: <https://ferroli.ua/ua/catalog/industrial/pairs/1236/> .
(дата звернення 04.06.2024 р.)
2. Ткаченко С. Й. , Чепурний М. М. , Степанов Д. В. Розрахунки теплових схем і основи проектування джерел теплопостачання : навч. посіб. Вінниця: ВНТУ, 2005. 137с.
3. О. Г. Лялюк Економіка енергетики : практикум. Вінниця: ВНТУ, 2009. 118 с.
4. Шилов Е. Й., Гойко А. Ф., Ізмайлова Е. В. Складання кошторисної документації за допомогою укрупнених показників: навч. посіб. Київ : КНУБА, 2001. 127 с.
5. Співак О. Ю., Резидент Н. В. Тепломасообмін. Частина I : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2021. 113 с.
6. Ткаченко С. Й., Степанова Н. Д. Гідрогазодинаміка в прикладах і задачах: навч. посіб. Вінниця: ВНТУ, 2012. 180 с.
7. Чепурний М. М., Ткаченко С. Й. Розрахунки тепломасообмінних апаратів. Вінниця: ВНТУ, 2006. 129 с.
8. Воронін Л.Г., Степанюк А.Р., Ружинська Л.І. Основні залежності та приклади розрахунків теплообмінних апаратів. Навч. посіб. Київ : НТУУ „КПІ”, 2011. 68 с. URL : https://ci.kpi.ua/METODA/nafta_1.pdf (дата звертання 10.06. 2024 р.)
9. TPE 50-290/2 A-F-A-BQQE-JWB. URL: <https://product-selection.grundfos.com/ua/products/tp-tpe/tpe-series-1000-tpe2/tpe-50-2902-99113936?pumpsys-temid=2373071179&tab=variant-curves> . (дата звернення 04.06.2024 р.)
10. TPE 80-270/4 A-F-A-BAQE. URL: <https://product-selection.grundfos.com/ua/products/tp-tpe/tpe-series-1000-tpe2/tpe-80-2704-96898977?pumpsys-temid=2373072227&tab=variant-curves> . (дата звернення 04.06.2024 р.)
11. TP 100-390/2 AFA-BAQE-QW1. URL: <https://product-selection.grundfos.com/products/tp-tpe/tp/tp-100-3902-99122910?pumpsys-temid=2362853308&tab=variant-curves> . (дата звернення 04.06.2024 р.).

12. ТРЕЗ 40-200 S-A-F-I-BQQE-GYC. URL: <https://product-selection.grundfos.com/ua/products/tp-tpe/tpe3-i/tpe3-40-200-98416546?pumpsystemid=2373074392&tab=variant-curves> . (дата звернення 04.06.2024 р.).

13. Ресурсні елементні кошторисні норми на ремонтно-будівельні роботи. Збірники 15. Внутрішні санітарно-технічні роботи. Чинний від 2023-02-07. Київ: Мін-регіон України, 2021. 143 с. URL: <https://e-construction.gov.ua/files/upload/725f1280-5274-11ec-aebf-af65aba18177.pdf> (дата звернення: 01.06.2024 р.).

14. Кошторисні норми України. Ресурсні елементні кошторисні норми на монтаж технологічних трубопроводів (Збірник 12). URL : <https://www.minregion.gov.ua/napryamki-diyalnosti/building/pricing/koshtorysni-normy-ukrayiny/koshtorysni-normy-ukrayiny-z-vyznachennya-vartosti-budivnycztva/koshtorysni-normy-ukrayiny-na-montazh-ustatkuvannya/> (дата звернення: 01.06.2024 р.).

15. Кошторисні норми України. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Теплоізоляційні роботи (Збірник 26). - [Чинний від 2022-01-01]. – Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2016. 83 с. URL: <https://e-construction.gov.ua/files/upload/2022-11-05/471a6f20-68a8-41de-a118-abb6654bd31a.pdf> (дата звернення: 01.06.2024 р.).

16. Mercedes-Benz Sprinter 3т Фургон 313 CDI. URL: <https://auto.online.ua/catalog/commercial-cars/mercedes-benz/sprinter/sprinter-3t-furgon/54945>. (дата звернення: 01.06.2024 р.).

17. Зварювальний інвертор СПІКА Stick 250 Pulse. URL: <https://svarmax.com.ua/ua/svarochnyj-invertor-spika-stick-250-pulse> . (дата звернення: 01.06.2024 р.).

18. Кутова шліфмашина Bosch GWS 2200 Professional. URL: <https://kwitka.ua/uglovaya-shlifmashina-bosch-gws-2200-professional-2200-vt-180-mm-06018c0320/> . (дата звернення: 01.06.2024 р.).

19. ROTHENBERGER RP PRO III ПРЕСУВАЛЬНИЙ НАСОС. URL: <https://masterboiler.com.ua/ua/rothenberger-rp-pro-iii-opressovochnyi-nasos> . (дата звернення: 01.06.2024 р.).

20. Гідравлічний візок Рокла Kion MTG 3000. URL: <https://kion.com.ua/product/gidravlichnyi-vizok-rokla-kion-mtg-3000/> (дата звернення: 01.06.2024 р.).

21. ДСНіП «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». Наказ МОЗ № 248 від 08.04.2014. [Чинний від 2014-05-30]. URL: http://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page.html?id_doc=58073.

22. ДСТУ-Н Б А 3.2-1: 2007. Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використання в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва. [Чинний від 2007-12-01]. URL: <https://profidom.com.ua/a-3/a-3-2/824-dstu-n-b-a-3-2-12007-nastanova-shhodo-viznachenna-nebezpechnih-i-shkidlivih-faktoriv->.

23. ДБН А.3.2-2-2009. ССБП. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. [Чинний від 2009-01-27]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2009. 116 с.

24. ДСТУ Б В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. [Чинний від 2017-04-01]. Вид. офіц. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 109 с.

25. НПАОП 40.1-1.32-01. (ДНАОП 0.00-1.32-01). Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. [Чинний від 2002-01-01]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01#Text>.

26. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Постанова МОЗ № 42 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>.

27. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2013. 149 с.

28. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. [Чинний від 2019-03-01]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2018. 133 с.

29. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. Постанова МОЗ № 37 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>.

30. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. Постанова МОЗ № 39 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99>.

31. НАПБ А.01.001-14. Правила пожежної безпеки в Україні. [Чинний від 2021-01-22]. Вид. офіц. К. : МВС України, 2014. 47 с.

32. ДСТУ 8828:2019. Пожежна безпека. Загальні положення. [Чинний від 2020-01-01]. Вид. офіц. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2020. 84 с.

33. ДСТУ 8829:2019. Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їхнього визначення. Класифікація. [Чинний від 2020-01-01]. Вид. офіц. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2020. 75 с.

34. ДСТУ Б В.1.1-36:2016. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек. [Чинний від 2017-01-01]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2016. 31 с.

35. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. [Чинний від 2017-02-01]. Вид. офіц. К. : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2016. 35 с.

36. Про затвердження Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників. Наказ МВС № 765 від 28.10.2020. [Чинний від 2021-01-26]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0225-18#Text>.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Використання альтернативних джерел енергії в тепловій схемі промислово-опалювальної пароводогрійної котельні

Тип роботи: бакалаврська дипломна робота
(БДР, МКР)

Підрозділ кафедра теплоенергетики, ФБЦЕІ
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Unichesk

Оригінальність 84,7 Схожість 15,3

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

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

Особа, відповідальна за перевірку

(підпис)

Співак О.Ю.

(прізвище, ініціали)

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

Автор роботи

(підпис)

Чорнобай О.С.

(прізвище, ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Степанова Н.Д.

(прізвище, ініціали)

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

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

ДОДАТОК Б
(обов'язковий)

Міністерство освіти, науки України
Вінницький національний технічний університет
Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії

УЗГОДЖЕНО

Керівник або заступник Назва підприємства або
установи підпис

Підпис Ініціали і прізвище

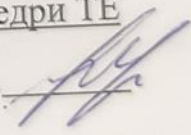
ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ТЕ
доц. Д. В. Степанов
"12" 03 2024 р.

**ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ**
на бакалаврську дипломну роботу

**ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ В ТЕПЛОВІЙ
СХЕМІ ПРОМИСЛОВО-ОПАЛЮВАЛЬНОЇ ПАРОВОДОГРІЙНОЇ КОТЕЛЬНОЇ**

08-15.БДР.017.00.00.000 ТЗ

Керівник роботи:

к.т.н., доцент кафедри ТЕСтепанова Н.Д. 

Виконавець:

Студент гр. ТЕ -22мс

Чорнобай О.С. 

Вінниця 2024 р

1 Найменування об'єкта та область застосування

Розробка стосується муніципальної теплоенергетики і присвячена питанню використання місцевих джерел енергії. Застосування місцевих джерел енергії, а саме паливних гранул з деревини дозволить зменшити витрати коштів на паливо, а використання системи золовловлення, зменшити викиди шкідливих речовин в навколишнє середовище. Отримана теплота від спалювання паливних гранул з деревини йтиме на потреби теплопостачання адміністративної будівлі у місті Бердичів.

2 Підстава для розробки

Підставою для виконання роботи є індивідуальне завдання на бакалаврський кваліфікаційний проект, вхідні дані з підприємства, наказ ректора ВНТУ про затвердження теми БДР № 80 від «11» березня 2024 року.

3 Мета і призначення розробки

Метою розробки є скорочення споживання викопних енергоресурсів в тепловій схемі промислово-опалювальної пароводогрійної котельні шляхом впровадження технології спалювання паливних гранул з деревини. Розробка включає в себе багатоваріантний аналіз і обґрунтування вибору альтернативного джерела енергії для промислово-опалювальної пароводогрійної котельні; розробка секційного теплообмінника для потреб гарячого водопостачання; розробка елементів теплової схеми пароводогрійної котельні; організаційно-технологічне забезпечення прийнятих рішень; охорона праці.

4 Джерела розробки

Основою для впровадження місцевих джерел енергії в тепловій схемі котельні є індивідуальне завдання на бакалаврську дипломну роботу, дані літературних джерел та інші технічні матеріали про ефективність застосування твердопаливних котлів в котельнях. Також для виконання роботи проводиться літературний пошук та використовується нормативна документація.

1. ДБН 2.5–77 : 2014. Котельні : [Чинний від 2015-01-01]. Київ : Мінрегіон України, 2014. 65 с.

2. Ткаченко С. Й., Чепурний М. М., Степанов Д. В. Розрахунки теплових схем і основи проектування джерел тепlopостачання : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2005. 137 с.

3. Чепурний М. М., Ткаченко С. Й. Розрахунки тепломасообмінних апаратів : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2006. 129 с.

4. Чепурний М. М., Ткаченко С. Й. Енергозбережні технології в теплоенергетиці: навч. посіб. Вінниця: ВНТУ, 2008. 115 с.

5. Степанова Н.Д., Степанов Д. В. Теплові мережі: навч. посіб. Вінниця: ВНТУ, 2009. 127 с.

5 Технічні вимоги

5.1 Технічні характеристики

- теплова потужність системи вентиляції та опалення.....	4,44 МВт
- теплова потужність гарячого водопостачання.....	145 кВт
- тиск насиченої пари	1,12 МПа
- температура пари	185 °С
- теплова потужність технологічних споживачів у максимальному режимі	7,31 МВт
- температура конденсату.....	60 °С
- температура живильної води	102 °С
- альтернативний вид палива – паливні гранули з деревини, наявна теплота	15,51 МДж/кг.

5.2 Вимоги до стандартизації та уніфікації.

Деталі та вузли обладнання котельні повинні бути по можливості стандартними та уніфікованими, щоб забезпечити можливість швидкого монтажу та можливість їх ремонту чи заміни.

5.3 Вимоги з надійності.

На ефективність роботи обладнання котельні впливають якість проекту та якість монтажу. Параметри показників надійності встановлюються у відповідних державних стандартах.

6 Економічні вимоги

Здійснити економічне обґрунтування застосування даної схеми котельні.

Визначити капітальні затрати та провести розрахунок собівартості виробництва теплоти і даній схемі котельні.

Проаналізувати техніко-економічні показники роботи даної схеми котельні.

7 Етапи розробки і терміни їх виконання

№ з/п	Назва та зміст етапу	Термін виконання етапів
1.	Багатоваріантний аналіз і обґрунтування вибору альтернативного джерела енергії для промислово-опалювальної пароводогрійної котельні	12.03.2024...04.04.2024
2.	Розробка секційного теплообмінника для потреб гарячого водопостачання	05.04.2024...14.04.2024
3.	Розробка елементів теплової схеми пароводогрійної котельні	15.04.2024...30.04.2024
4.	Організаційно-технологічне забезпечення прийнятих рішень	01.05.2024...12.05.2024
5.	Охорона праці	13.05.2024...22.05.2024
6.	Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу	23.05.2024...04.06.2024
7.	Захист БДР	12.06.2024...21.06.2024

8 Порядок контролю і приймання

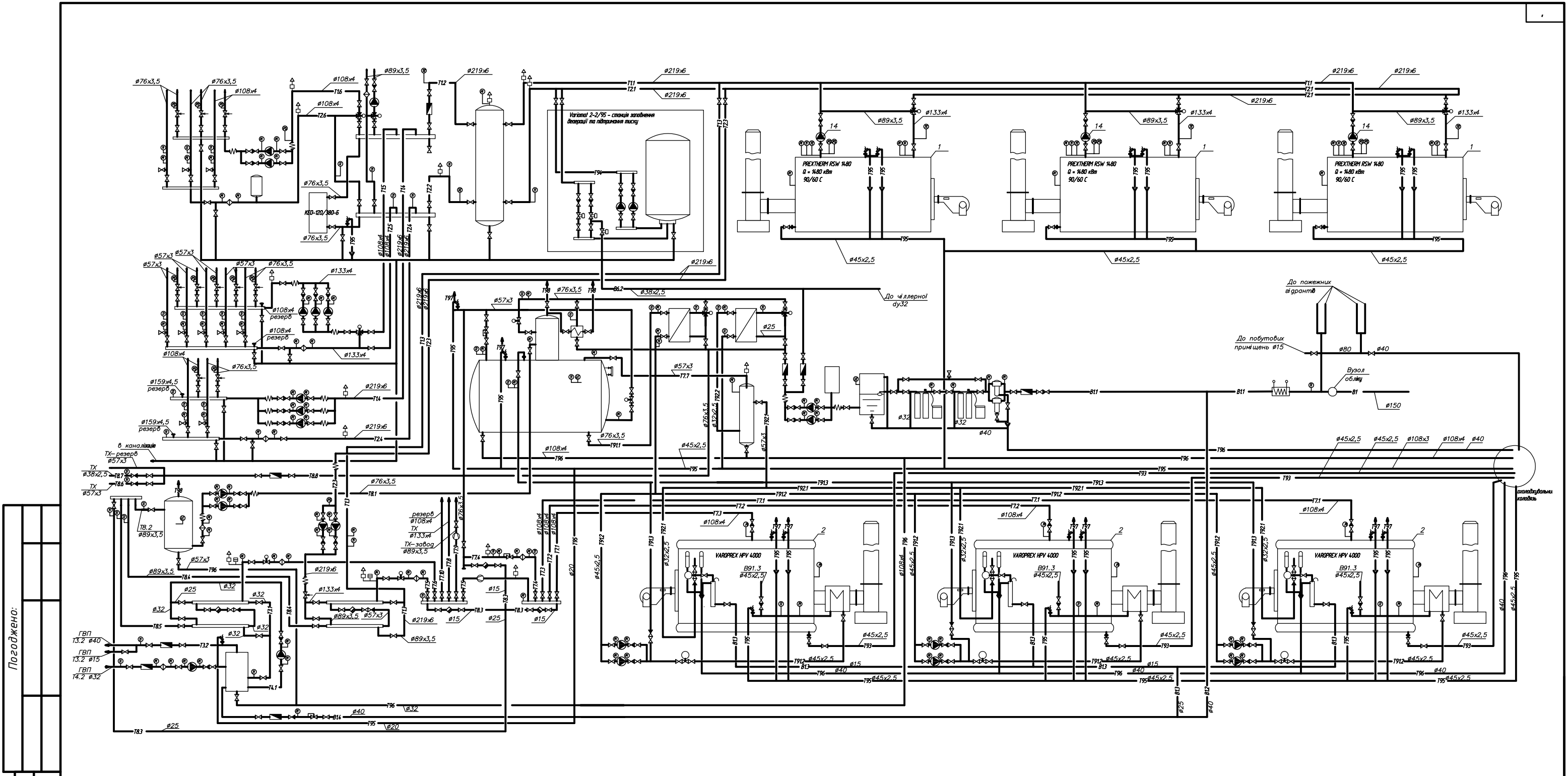
Виконання етапів графічної та розрахункової документації БДР контролюється керівником БДР згідно з графіком виконання. Приймання БДР здійснюється ЕК, затвердженою наказом ректора ВНТУ, згідно з графіком захисту.

ДОДАТОК В
(обов'язковий)

ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

**ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ В ТЕПЛОВІЙ
СХЕМІ ПРОМИСЛОВО-ОПАЛЮВАЛЬНОЇ ПАРОВОДОГРІЙНОЇ КОТЕЛ**

Перв. застос.		Поз. позначення	Найменування				Кіл.	Примітка		
		Обладнання								
		1	Котел паровий Varaprex 4000				3	шт		
		2	Котел водогрійний Prextherm 1480				3	шт		
		3	Деаератор ДА-10				1	шт		
Додатк. №		4	Насос живильний Grundfoss CRT 4-19				6	шт		
		5	Насос котлової води Grundfoss TPE 100-250/2				3	шт		
		6	Насос підживлювальний Grundfoss CM 10-1				2	шт		
		7	Циркуляційний насос контуру опалення Grundfoss TPE 50-290/2				7	шт		
		8	Циркуляційний насос контуру опалення Grundfoss TPE 80-270/4				3	шт		
		9	Циркуляційний насос контуру ГВП Grundfoss TPE3 40-200				1	шт		
		10	Конденсатний насос Grundfoss TPE3 32-200				2	шт		
		11	Насос контуру пароводяного теплообмінника Grundfoss TP 100-390/2				2	шт		
		12	Опора ковзальна тип ОПП2 Ду 150				3	шт		
		13	Труба 108х4 ГОСТ 10704-91				40	м		
		14	Опора хомутова ОПБ-2-108				3	шт		
		15	Опора ковзальна тип ОПП2 Ду 100				3	шт		
		Підп. і дата		16	Труба 89х3,5 ГОСТ 10704-91				2	м
				17	Засувка шарова фланцева Ду 80, Ру 0,6 МПа				6	шт
				18	Зворотний клапан фланцевий Ду 80, Ру 0,6 МПа				6	шт
19	Труба 57х3,5 ГОСТ 10704-91				5	м				
20	Засувка шарова фланцева Ду 50, Ру 0,6 МПа				6	шт				
Інв. № дідл.										
На зам. інв. №										
Інв. № орг.										
Зм.		Арк.	№ док.ум.	Підп.	Дата	08-15.БДР.017.0100.000				
Розроб.	Чорнобай О.С.					Схема котельні теплова принципова		Літ.	Арк.	Аркцшів
Перев.	Степанова Н.Д.							1	1	
Рецензент	Попович М.М.							ВНТУ зр. ТЕ-22мс		
Н.контр.	Слівак О.Ю.									
Затв.	Степанов Д.В.									



Погоджено:	
Замість Інв. N	
Підпис і дата	
Інв. N ориг.	

- Позначення трубопроводів

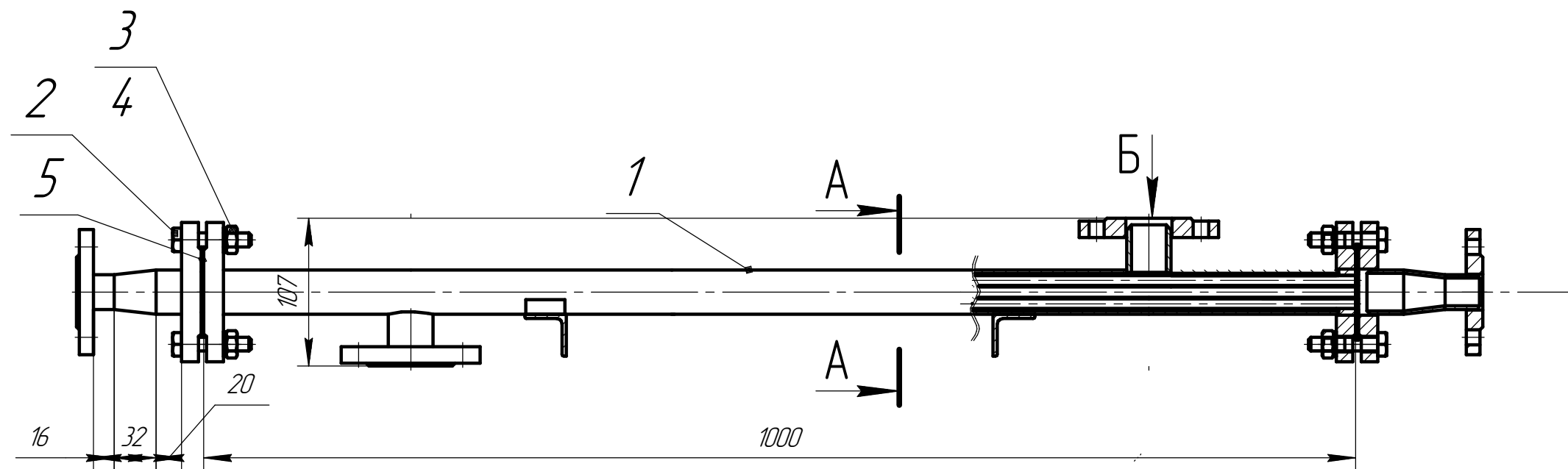
В1 – Трубопровід вхідної води
Т91 – Трубопровід живильної води
Т93 – Трубопровід періодичної продувки
Т95 – Трубопровід скидний, напірний
Т97 – Атмосферний трубопровід
Т1 – Трубопровід подавання теплоносія
Т3 – Трубопровід подавання ГВП
Т7 – Паропровід

В6 – Трубопровід пом'якшення води
Т92 – Трубопровід безперервної продувки
Т94 – Трубопровід підживлювальної води
Т96 – Трубопровід скидний, безнапірний
Т98 – Трубопровід пароподітряної суміші
Т2 – Трубопровід зворотний теплоносія
Т4 – Трубопровід рециркуляція ГВП
Т8 – Конденсатопровід
- Позначення

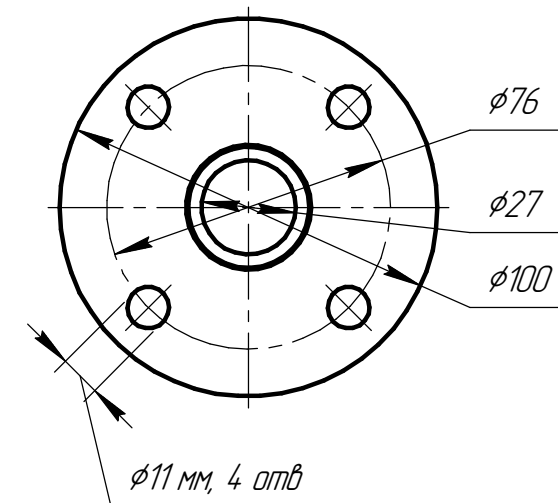
PI – Манометр показуючий
PS – Реле тиску
TI – Термометр показуючий
TE – Датчик температури погрузний
TS – Реле температури
LE – Датчик рівня

⊞ – Переривач вакууму
⬆ – Повітряспускник
⌵ – Відводставка

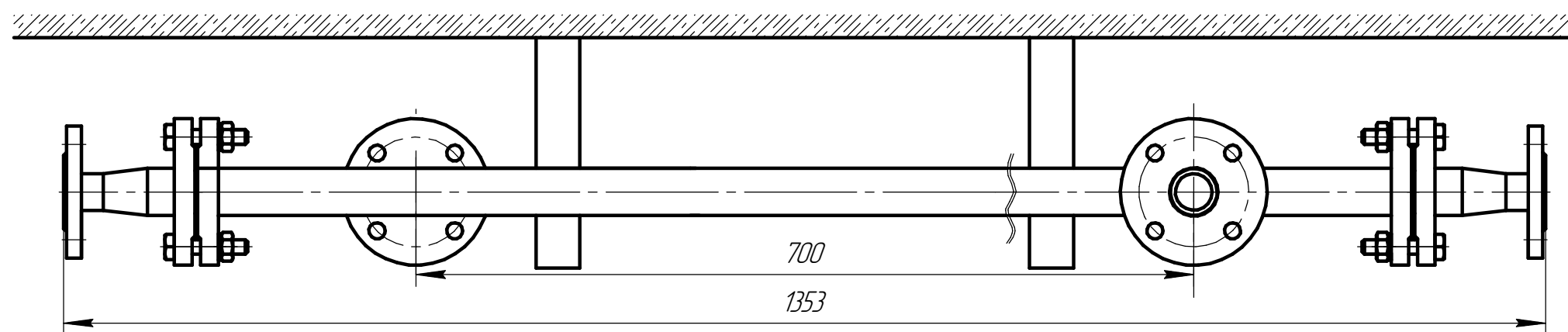
						08-15.БДР.017.01.00.000 ТЗ						
						Схема котельні теплова принципова						
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата				Лист.	Маса	бү 0 А Н В 0	
Виконав		Чорнобай О.С.										
Перевірив		Степанова Н.Д.										
Т. контр.						Аркуш			Аркушів			
Рецензент		Попович М.М.							ВНТУ, гр. ТЕ-22м			
Н. контр.		Снідак О.Ю.										
Затвердив		Степанов Д.В.										



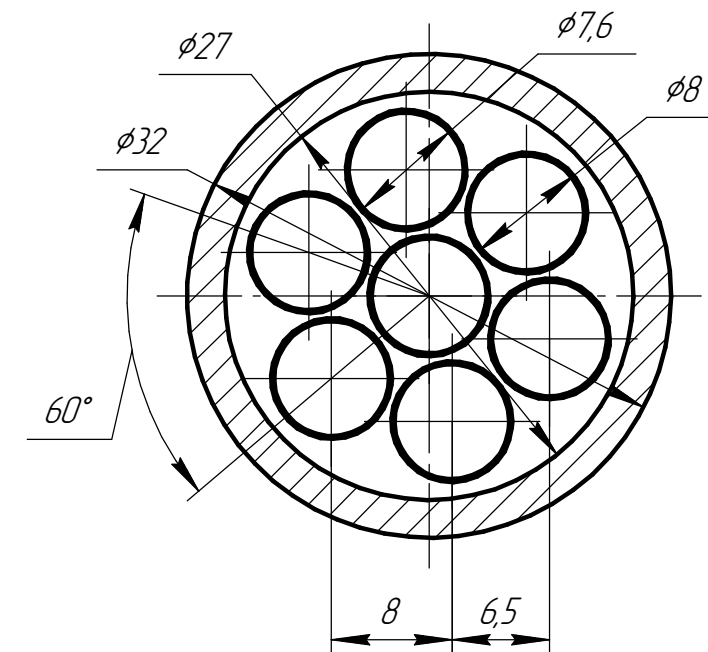
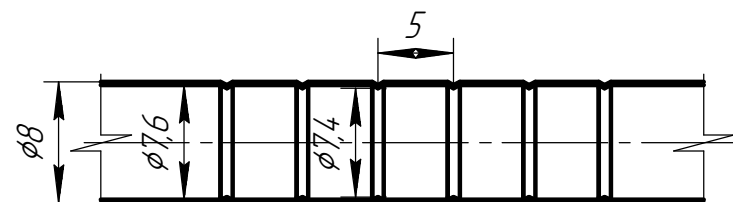
Б (1:2)



А-А (2:1)



М 2:1



Технічні вимоги:

- Зварювання виконати по місцях прилягання деталей швами згідно ГОСТ 14806-80
- Катет шва призначати за меншою товщиною деталей, які з'єднуються.
- Зовнішні поверхні зварювальних швів зачистити із плавним переходом до основного металу.
- Перевірка на герметичність.
- Протікання теплоносія недопустима.

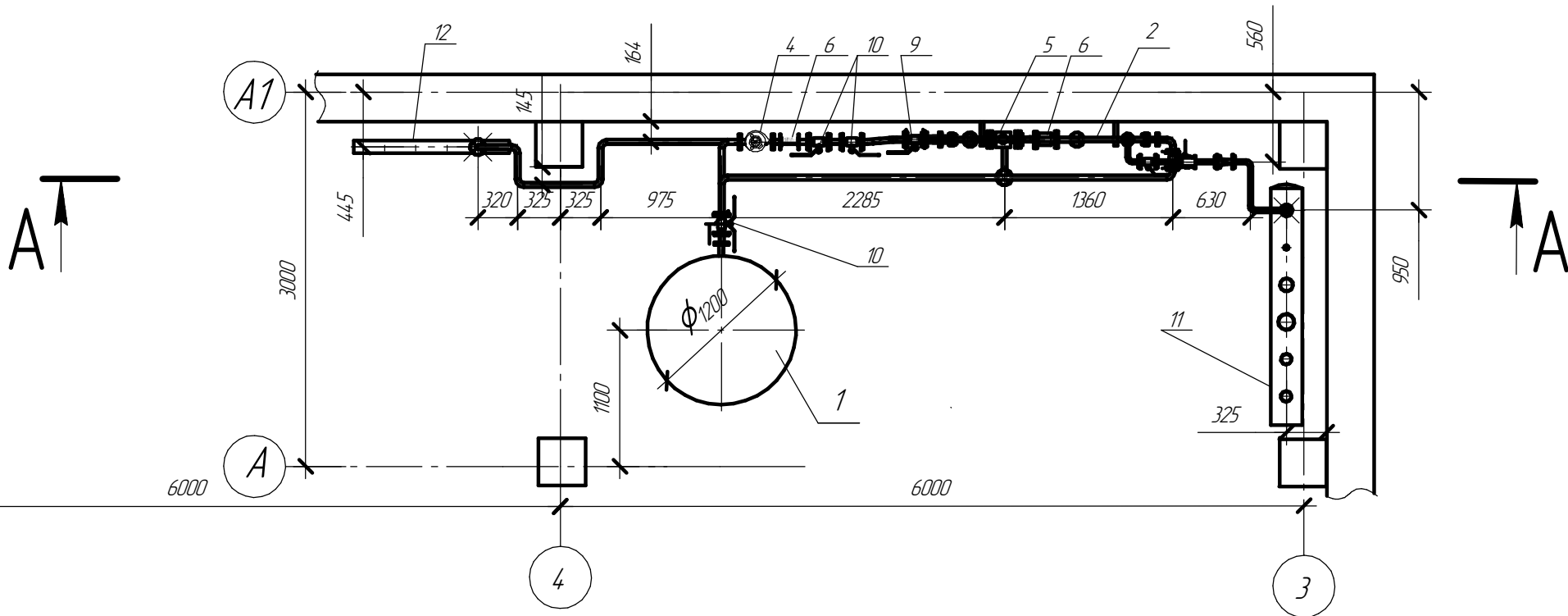
Технічні характеристики:

- Потужність нагрівника 104 кВт.
- Гарячий теплоносій – конденсат.
- Холодний теплоносій – вода.
- Температура конденсату на вході в теплообмінник 185 °С.
- Температура конденсату на виході з теплообмінника 90 °С.
- Температура води на вході в теплообмінник 5 °С.
- Температура води на виході з теплообмінника 55 °С.

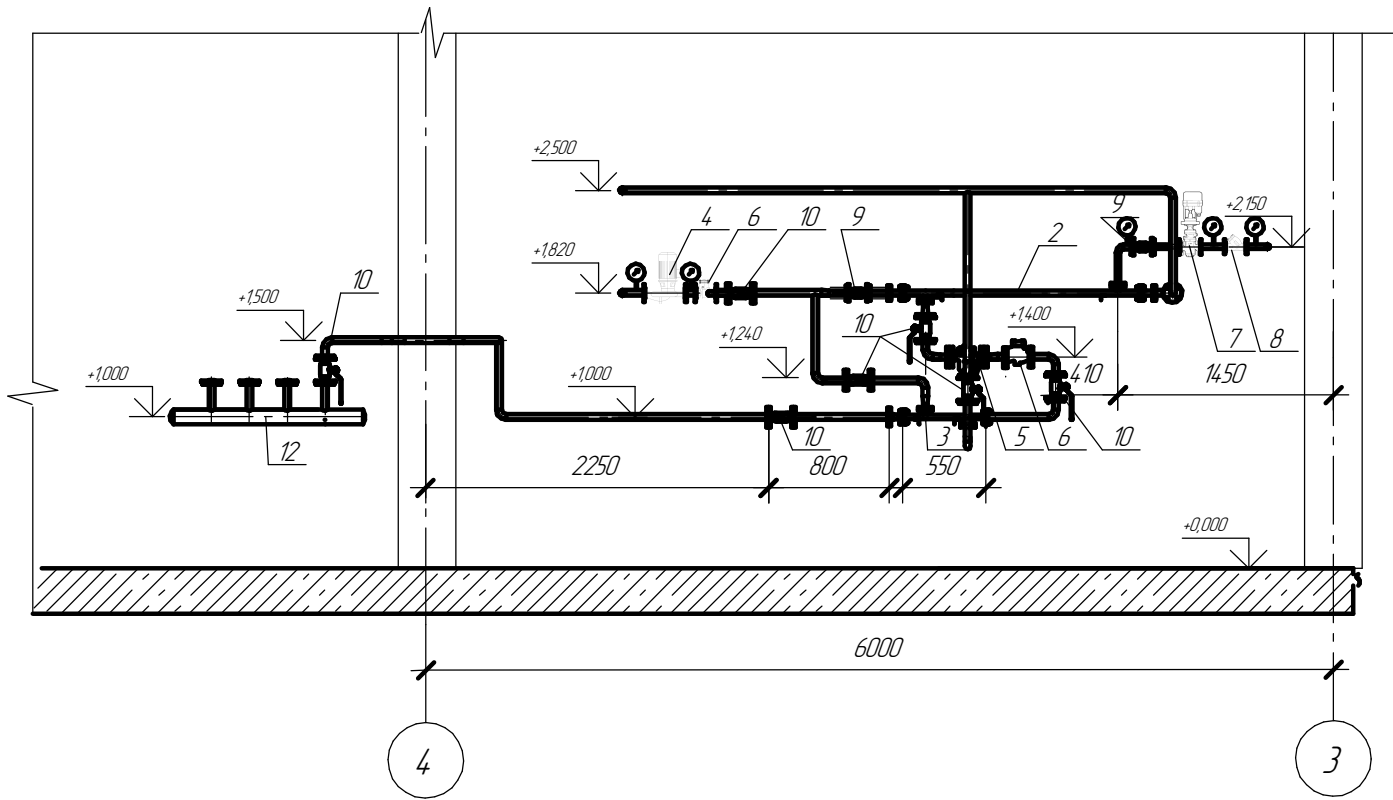
						08-15.БДР.017.02.00.000 СК				
Зм.	Кіл.лч.	Арк.	№ док.	Підп.	Дата	Секційний водо-водяний теплообмінник потужністю 104 кВт Складальне креслення	Стадія	Маса	Маштаб	
									1:4	
							Аркцш	1	Аркцшів	1
							ВНТУ, зр. ТЕ- 22м			

Формат А3

Перв. застос.	Довідк. №	Поз. позначення	Найменування			Кіл.	Примітка		
			Експлікація обладнання						
		1	Бак-акумулятор			1			
		2	Теплообмінник ТТАИ Псв 25/1400			1			
		3	Теплообмінник ТТАИр св 25/550			1			
		4	Насос Grundfoss TPE3 40-200			1			
		5	Конденсатовідвідник JF3X			1			
		6	Клапан зворотний фланцевий пружинний Ду32			2			
		7	Клапан регулюючий Clogius H1F			1			
		8	Фільтр зрубої очистки Yoshitake SY-40EN, Ду25			1			
На зам. інв. №	Підп. і дата	9	Кран шаровий фланцевий Ду25			3			
		10	Кран шаровий фланцевий Ду32			8			
		11	Колектор паровий, Ду250			1			
		12	Колектор паровий, Ду100			1			
Інв. № ориг.	Підп. і дата	08-15.БДР.017.03.00.00.000							
		Зм.	Арк.	№ докum.	Підп.	Дата			
		Розрод.	Чорнобай О.С.				Літ.	Аркуш	Аркушів
		Перев.	Степанова Н. Д.						1
		Реценз.	Попович М.М.				Фрагмент плану котельні з теплообмінниками гарячого водопостачання ВНТУ, гр. ТЕ-22мс		
		Н.контр.	Співак О.Ю.						
		Затв.	Степанов Д.В.						



A - A



Зм.	Кілч.	Арк.	№ док.	Підп.	Дата
Розробив	Чорнобай О.С.				
Перевірив	Степанова Н.Д.				
Т. контр.					
Рецензент	Попович М.М.				
Н. контр.	Слівак О.Ю.				
Затвердив	Степанов Д.В.				

08-15.БДР.017.03.00.000 АР

м. Вінниця

Використання альтернативних джерел енергії в тепловій схемі промислово-опалювальної пароводогрівної котельні

Стадія

Аркцш

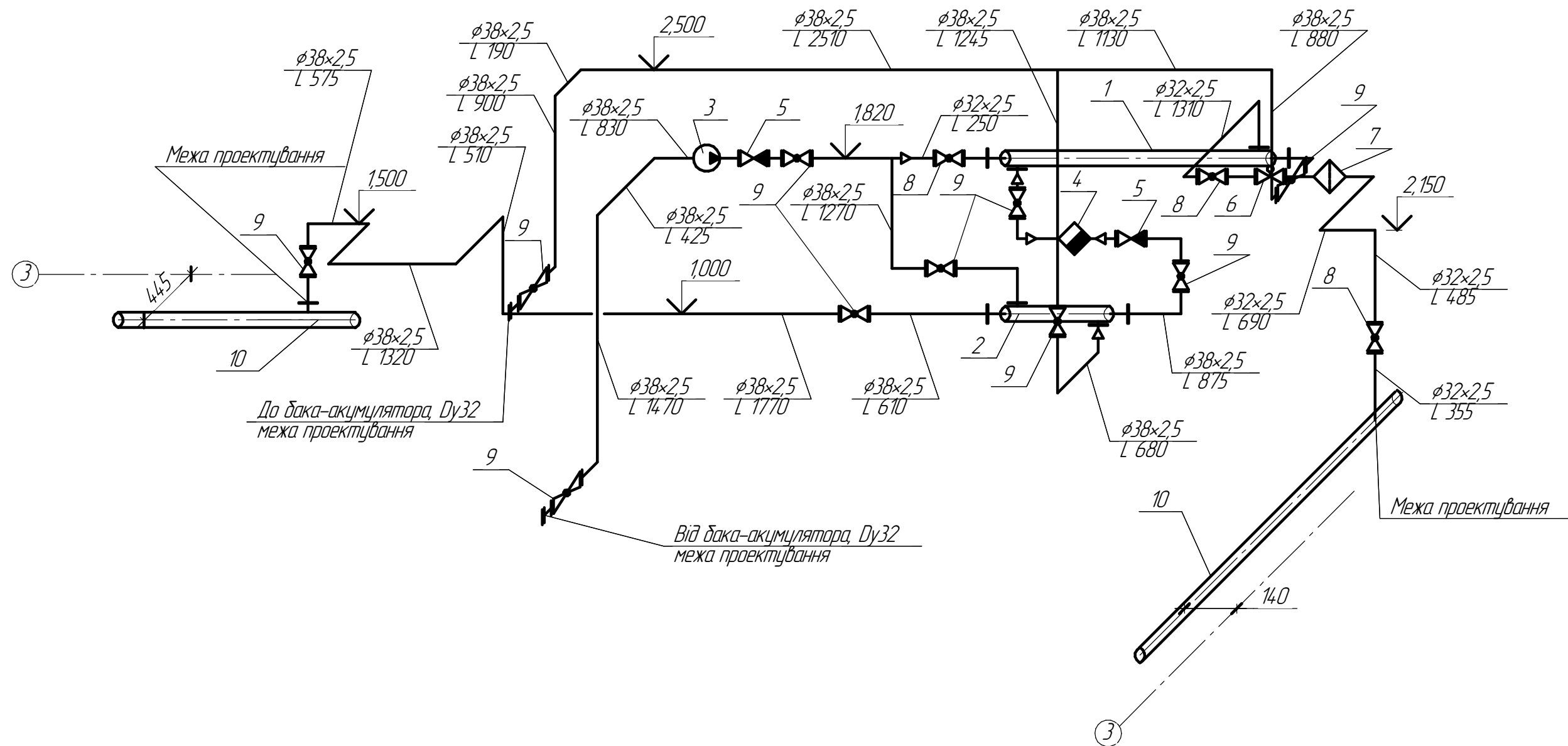
Аркцшів

3

4

Фрагмент плану котельні з теплообмінниками гарячого водообігріву

ВНТУ, ТЕ-22МС



Погоджен	0
На зам. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № орг.	

						08-15.БДР.017.04.00.000 Г5					
						м. Вінниця					
Зм.	Кіл.ч.	Арк.	№ док.	Підп.	Дата	Використання альтернативних джерел енергії в теплової схеми промислово-опалювальної пароводогрійної котельні			Стадія	Арк.цш	Арк.цшів
Розробив	Чорнобай О.С.										4
Перевірив	Степанова Н.Д.					Схема теплообмінників гарячого водопостачання монтажна аксонометрична			ВНТУ, ТЕ-22мс		
Т. контр											
Рецензент	Полович М.М.										
Норм.контр.	Слівак О.Ю.										
Затвердив	Степанов Д.В.										