

Вінницький національний технічний університет

Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії

Кафедра теплоенергетики

БАКАЛАВРСЬКА ДИПЛОМНА РОБОТА

на тему: « Переведення котельні приватного акціонерного товариства
“Гніванський завод спецалізобетону” на спалювання біомаси »

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

Глеба Я.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доц., доцент каф. ТЕ

Степанова Н.Д.

(прізвище та ініціали)

« 14 » серпня 2023 р.

Рецензент: к.т.н., доц., доцент каф. БМГА

Андрухов В.М.

(прізвище та ініціали)

« 14 » серпня 2023 р.

Допущено до захисту

В. о. зав. кафедри ТЕ

Степанов Д.В.

« 14 » серпня 2023 р.



Вінниця ВНТУ - 2023 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



ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ ДІПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Глебі Ярославу Олександровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Переведення котельні приватного акціонерного товариства "Гніванський завод спецалізобетону" на спалювання біомаси
керівник роботи Степанова Наталія Дмитрівна, к. т. н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ВНТУ від 20.03.2023 р. № 67

2. Термін подання студентом роботи : 15.06.2023

3. Вихідні дані до роботи: Тиск насиченої пари на виході з котла $P_p = 11 \cdot 10^5$ Па;
витрата пари на підігрівника гарячого водопостачання $D_{гвп} = 0,56$ т/год;
потужність підігрівника опалення $Q_{оп} = 300$ кВт; температури живильної води
 $t_{жв} = 102$ °С; паливо – природний газ з $Q^p_{п} = 33$ МДж/кг.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки : аналіз теплової схеми котельні і
шляхів підвищення її ефективності; дослідження показників роботи
пароводяного кожухотрубного теплообмінника; розрахунок елементів теплової
схеми парової котельні; технологія монтажу теплообмінника для підігріву
мережної води; охорона праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): схема котельні теплової принципова; парогенератор ДКВР 20-13;
пароводяний теплообмінник потужністю 245 кВт; схема монтажна
аксонометрична.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1-4	Степанова Н.Д к.т.н., доцент кафедри ТЕ	21.03.2023 <i>[підпис]</i>	14.06.2023 <i>[підпис]</i>
Охорона праці	Віштак І.В., к.т.н., доцент кафедри БЖДПБ	<i>[підпис]</i>	<i>[підпис]</i>
Нормоконтроль	Співак О.Ю., к.т.н., доцент кафедри ТЕ	<i>[підпис]</i>	

7. Дата видачі завдання 21 березня 2023р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва та зміст етапу	Термін виконання		Примітка
		Початок	Закінчення	
1.	Аналіз теплової схеми котельні і шляхів підвищення її ефективності	21.03.2023	10.04.2023	<i>вик</i>
2.	Дослідження показників роботи пароводяного кожухотрубного теплообмінника	10.04.2023	28.04.2023	<i>вик</i>
3.	Розрахунок елементів теплової схеми парової котельні	28.04.2023	19.05.2023	<i>вик</i>
4.	Технологія монтажу теплообмінника для підігріву мережної води	19.05.2023	29.05.2023	<i>вик</i>
5.	Охорона праці	29.05.2023	09.06.2023	<i>вик</i>
6.	Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу	09.06.2023	13.06.2023	<i>вик</i>

Студент *[підпис]*
(підпис)

Глеба Я.О.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи *[підпис]*
(підпис)

Степанова Н.Д.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

УДК 621.33.221

Глеба Я.О. Переведення котельні приватного акціонерного товариства “Гніванський завод спецалізобетону” на спалювання біомаси. Бакалаврська дипломна робота зі спеціальності 144 – теплоенергетика, освітня програма - теплоенергетика. Вінниця: ВНТУ, 2023. 93 с. Укр. мовою. Бібліогр.: 41 назв; рис.: 3; табл. 11.

У бакалаврській дипломній роботі здійснено переведення котельні приватного акціонерного товариства “Гніванський завод спецалізобетону” на спалювання біомаси. У роботі виконано розрахунок теплової схеми котельні, розраховано витрати пари, конденсатів та води, визначена потужність парових котлів. Виконано багатоваріантний аналіз і техніко-економічне обґрунтування модернізації. Розробка математичної моделі і реалізація її у вигляді дослідження роботи кожухотрубного теплообмінника з різними геометричними характеристиками теплообмінної поверхні. Графічна частина складається з 4 креслень і 1 плакату із результатами багатоваріантного аналізу і математичного моделювання. Розроблено монтажну схему теплообмінника для потреб тепlopостачання. Визначено склад і об’єми робіт, потребу в машинах, механізмах та в матеріальних ресурсах. Загальна маса основного обладнання та матеріалів склала 1439 кг, а допоміжних матеріалів – 78,6 кг. Вибрано машини і механізми, що застосовуються для монтажу системи, загальна маса яких – 62 кг. У розділі охорони праці було проаналізовано умови праці, під час експлуатації обладнання котельні також визначено шкідливі та небезпечні фактори.

Ключові слова: біомаса, теплообмінник, альтернативне паливо, багатоваріантний аналіз.

ABSTRACT

UDC 621.33.221

Hleba Y.O. Conversion of the boiler house of the private joint-stock company "Gnivansky special reinforced concrete plant" to burning biomass. Bachelor thesis on specialty 144 - thermal power engineering, educational program - thermal power engineering. Vinnytsia: VNTU, 2023. 93 p.

Ukr. language. Bibliography: 41 titles; Fig.: 3; table 11.

In the bachelor's thesis, the conversion of the boiler house of the private joint-stock company "Gnivanskyi zavod spetsalizozobotu" to burning biomass was carried out. In the work, the thermal scheme of the boiler room was calculated, the consumption of steam, condensate and water was calculated, and the power of steam boilers was determined. A multivariate analysis and technical-economic justification of modernization was performed. Development of a mathematical model and its implementation in the form of a study of the operation of a shell-and-tube heat exchanger with different geometric characteristics of the heat exchange surface. The graphic part consists of 4 drawings and 1 poster with the results of multivariate analysis and mathematical modeling. An assembly diagram of a heat exchanger for heat supply needs has been developed. The composition and scope of work, the need for machines, mechanisms and material resources have been determined. The total mass of the main equipment and materials amounted to 1439 kg, and auxiliary materials - 78.6 kg. Machines and mechanisms used for the installation of the system were selected, the total weight of which is 62 kg. Working conditions were analyzed in the labor protection section, harmful and dangerous factors were also identified during the operation of the boiler room equipment.

Key words: biomass, heat exchanger, alternative fuel, multivariate analysis.

ЗМІСТ

ВСТУП.	8
1 АНАЛІЗ ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ КОТЕЛЬНІ І ШЛЯХІВ ПІДВИЩЕННЯ ЇЇ ЕФЕКТИВНОСТІ	9
1.1 Теплова схема парової котельні	9
1.2 Розрахунок теплової схеми котельні.	9
1.3 Перевірка основного та допоміжного обладнання.	17
1.4 Техніко-економічні показники роботи котельні	22
1.5 Багатоваріантний аналіз та вибір альтернативного палива для котельні...	25
2 ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ ПАРОВОДЯНОГО КОЖУХОТРУБНОГО ТЕПЛООБМІННИКА.....	29
2.1 Розробка математичної моделі тепломасообмінних та гідродинамічних процес в у кожухотрубному пароводяному теплообміннику.	29
2.2 Дослідження роботи кожухотрубного теплообмінника з різними геометричними характеристиками теплообмінної поверхні.....	33
3 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ ПАРОВОЇ КОТЕЛЬНІ... 35	35
3.1 Тепловий розрахунок парогенератора ДКВР-20-13 на трісці деревини. 35	35
3.2 Тепловий розрахунок секційного теплообмінника	58
3.3 Гідравлічний розрахунок теплообмінника.....	64
4 ТЕХНОЛОГІЯ МОНТАЖУ ТЕПЛООБМІННИКА ДЛЯ ПІДІГРІВУ МЕРЕЖНОЇ ВОДИ.	65
4.1 Аналіз об'єкту монтажу.....	65
4.2 Визначення об'єму робіт і складу робіт. Вибір механізмів, типів машин, пристосувань і конструкцій.....	66
4.3 Визначення об'єму робіт і складу робіт. Вибір механізмів, типів машин, пристосувань і конструкцій	70
5 ОХОРОНА ПРАЦІ	76

5.1 Технічні рішення з безпечного проведення досліджень.	76
5.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії	80
5.3 Технічні рішення з пожежної безпеки.	84
ВИСНОВКИ.	86
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.	88
Додаток А (обов'язковий). Протокол перевірки бакалаврської дипломної роботи на наявність текстових запозичень.	89 93
Додаток Б (обов'язковий). Технічне завдання.....	94
Додаток В (обов'язковий). Відомість БДР.....	98
Додаток Г (обов'язковий). Графічна частина.....	99

ВСТУП

Україна, як країна-учасник ООН та член Європейського енергетичного співтовариства задекларувала свою свідому участь у глобальній політиці, спрямованій на сталий розвиток та зменшення шкідливого впливу на довкілля. Серед цілей цієї політики важливе місце займають заходи по широкому використанню відновлювальних джерел енергії (ВДЕ), до яких відносять енергію сонця, вітру, геотермальну енергію, енергію, що отримують з біомаси, різних видів відходів, тощо.

На сьогоднішній день, в світовій енергетиці все більш виразно простежується тренд, який відображає прагнення провідних країн світу по заміщенню традиційних енергетичних ресурсів відповідними аналогами рослинного походження.

Нині біомаса застосовується в різних галузях паливно-енергетичного комплексу – від опалення житла до виробництва електроенергії і пального для автомобілів. Найбільш доцільним, як з економічної, так і з екологічної точки зору, вважається її використання для виробництва теплової енергії.

Вторинна біомаса, або «покрощене біопаливо»: пелети та брикети – утворюється в результаті переробки первинної біомаси. Для їх виробництва підходить практично любий вид первинної біомаси. Завдяки технології виробництва, тверде біопаливо з вторинної біомаси має меншу вологість, що дозволяє отримувати більший вихід теплоти при спалюванні. Крім того, воно має вищу (в кілька разів) щільність в об'ємних величинах ($\text{кг}/\text{м}^3$), тому більш придатне до транспортування, зберігання та використання в автоматизованих системах опалення.

Заміщення традиційних для України газу та вугілля на біопаливо, матиме суттєві позитивні наслідки для навколишнього середовища.

Метою даної роботи є зменшення споживання викопних енергоресурсів для забезпечення технології виробництва залізобетону шляхом впровадження технологій спалювання біомаси.

1 АНАЛІЗ ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ КОТЕЛЬНОЇ І ШЛЯХІВ ПІДВИЩЕННЯ ЇЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

1.1 Теплова схема котельні парової

1.1.1 Аналіз теплової схеми парової котельні

На котельні ПрАТ "Гніванський завод спеціалізованої бетону" встановлено три парогенератори марки ДКВР-20/13 паровидатністю 11 т/год кожен. Розрахунковий тиск насиченої пари 1,1 МПа.

В якості основного палива використовують природний газ. Допоміжне обладнання включає: деаератор, збірник конденсату, розширник безперервної продувки, системи опалення та ГВП, насоси (живильної води, парові, сольові, хімічно очищеної води).

В схемі котельні встановлений збірник конденсату, з якого конденсат йде в атмосферний деаератор. В деаератор також направляється хімічно очищена вода.

В тепловій схемі котельні встановлений сепаратор безперервної продувки, випар з якого направляється в деаератор, а конденсат через охолодник в збірник дренажу.

З деаератора живильна вода окремими насосними групами подається в парогенератори.

На котельні використовується система хімічно очищення з п'ятиступеневими натрій-катионітовими фільтрами. Очищена вода через лічильники подається на парові частини котельні.

1.2 Розрахунок теплової схеми котельні

1.2.1 Режим роботи максимально-опалювальний

Відповідно до початкових даних витрати пари на групи споживачів складають:

- на опалення $Q_{оп} = 300$ кВт;
- на гаряче водопостачання $D_{гвп} = 0,56$ т/год = 0,15 кг/с ;
- на ямну пропарювальну камеру $D_{япк1} = 2,65$ т/год = 0,74 кг/с;

- на ямну пропарювальну камеру $D_{\text{япк2}} = 1,42 \text{ т/год} = 0,39 \text{ кг/с}$;
- на пропарювальний пост $D_{\text{пп1}} = 0,6 \text{ т/год} = 0,17 \text{ кг/с}$;
- на пропарювальний пост $D_{\text{пп2}} = 0,64 \text{ т/год} = 0,18 \text{ кг/с}$.

Тиск насиченої пари 1,1 МПа, температура пари 184 °С.

Конденсат має такі показники:

- частка повернення $\alpha_k = 0,9$;

Температура живильної води $t_{\text{жв}} = 102^\circ\text{С}$.

Температура сирії води $t_{\text{дв}} = 10^\circ\text{С}$.

Частка продувки $p = 3\%$.

Тиск в розширнику безперервної продувки 1,5 бар.

Температура хімічно очищеної води, що надходить у деаератор $t_{\text{дв}} = 10^\circ\text{С}$.

Температура зливання з охолодника продувальної води $t_{\text{зл}} = 40^\circ\text{С}$.

З таблиць термодинамічних властивостей водяної пари і води визначимо ентальпії потоків води, пари і конденсату, кДж/кг

$$h_0 = h_{\text{сп}} = 2781, h'_k = 781, h'_{\text{жв}} = 439, h_{\text{св}} = 42, h'_{\text{кв}} = 798, h'_{\text{рбп}} = 467, h''_{\text{рбп}} = 2693, h'_{\text{дв}} = 335, h'_{\text{зл}} = 168.$$

Витрати пари для опалення

$$D_{\text{оп}} = \frac{Q_{\text{оп}}}{[(h_0 - h'_k) + (1 - \alpha_k) \cdot (h'_k - h'_{\text{св}})]}, \quad (1.1)$$

$$D_{\text{оп}} = \frac{300}{[(2781 - 781) + (1 - 0,9) \cdot (781 - 42)]} = 0,14 \text{ (кг/с) або } 0,504 \text{ (т/год)}.$$

Витрата теплоти на систему водопостачання гарячого теплоносія

$$Q_{\text{гвп}} = D_{\text{гвп}} \cdot [(h_0 - h'_k) + (1 - \alpha_k) \cdot (h'_k - h'_{\text{св}})], \quad (1.2)$$

$$Q_{\text{гвп}} = 0,15 \cdot [(2781 - 781) + (1 - 0,9) \cdot (781 - 42)] = 311 \text{ (кВт)}.$$

Сумарна витрата пари для споживання технологічного

$$D_{\text{техн}} = D_{\text{япк1}} + D_{\text{япк2}} + D_{\text{пп1}} + D_{\text{пп2}}, \quad (1.3)$$

$$D_{\text{техн}} = 0,74 + 0,39 + 0,17 + 0,18 = 1,48 \text{ (кг/с) або } 5,33 \text{ (т/год)}.$$

Витрата теплоти для систем технічних споживачів

$$Q_{\text{тех}} = D_{\text{тех}} \cdot [(h_o - h'_k) + (1 - \alpha_k) \cdot (h'_k - h'_{\text{св}})] , \quad (1.4)$$

$$Q_{\text{тех}} = 1,48 \cdot [(2781 - 781) + (1 - 1) \cdot (781 - 42)] = 2960 \text{ (кВт)}.$$

Витрата конденсату на опалення

$$G_{\text{коп}} = D_{\text{оп}} \cdot \alpha_k = 0,14 \cdot 0,9 = 0,13 \text{ (кг/с) або } 0,47 \text{ (т/год)}. \quad (1.5)$$

Витрата конденсату на ГВП

$$G_{\text{кГВП}} = D_{\text{ГВП}} \cdot \alpha_k = 0,15 \cdot 0,9 = 0,135 \text{ (кг/с) або } 0,49 \text{ (т/год)}. \quad (1.6)$$

Розрахункова паровидатність котельні парової

$$D_0 = D_{\text{оп}} + D_{\text{техн}} + D_{\text{ГВП}} + D_{\text{д}}, \quad (1.7)$$

$$D_0 = 0,14 + 0,15 + 1,48 + D_{\text{д}} = 1,77 + D_{\text{д}} .$$

Визначимо витрату води живильної

$$G_{\text{жв}} = D_0 + (1 + p) , \quad (1.8)$$

$$G_{\text{жв}} = (1,77 + D_{\text{д}}) + (1 + 0,03) = 1,82 + 1,03 \cdot D_{\text{д}} .$$

Витрата з розширника безперервної продувки пари вторинного скипання

$$D_{\text{рбп}} = p \cdot D_0 \cdot (h'_{\text{кв}} - h'_{\text{рбп}}) / (h''_{\text{рбп}} - h'_{\text{рбп}}) , \quad (1.9)$$

$$D_{\text{рбп}} = 0,03 \cdot (1,77 + D_{\text{д}}) \cdot (798 - 467) / (2693 - 467) = 0,00704 + 0,00398 \cdot D_{\text{д}} .$$

Витрата з розширника безперервної продувки води у стані насичення

$$G_{\text{рбп}} = p \cdot D_0 - D_{\text{рбп}} , \quad (1.10)$$

$$G_{\text{рбп}} = 0,03 \cdot (1,77 + D_{\text{д}}) - (0,00704 + 0,00398 \cdot D_{\text{д}}) = 0,0461 + 0,0260 \cdot D_{\text{д}} .$$

Запишемо матеріальний баланс деаератора

$$G_{\text{жв}} = G_{\text{коп}} + G_{\text{кгвп}} + D_{\text{д}} + D_{\text{рбп}} + G_{\text{дв}} , \quad (1.11)$$

$$\text{або } 1,82 + 1,03 \cdot D_{\text{д}} = 0,13 + 0,135 + D_{\text{д}} + G_{\text{дв}} + (0,00704 + 0,00398 \cdot D_{\text{д}}) ,$$

$$\text{або } G_{\text{дв}} = 1,51 + 0,0260 \cdot D_{\text{д}} .$$

Складемо баланс деаератора тепловий

$$G_{\text{жв}} \cdot h'_{\text{жв}} = G_{\text{коп}} \cdot h'_{\text{к}} + G_{\text{кгвп}} \cdot h'_{\text{к}} + D_{\text{д}} \cdot h_0 + D_{\text{рбп}} \cdot h''_{\text{рбп}} + G_{\text{дв}} \cdot h'_{\text{дв}} , \quad (1.12)$$

$$(1,82 + 1,03 \cdot D_{\text{д}}) \cdot 439 = (0,13 \cdot 781) + (0,135 \cdot 781) + D_{\text{д}} \cdot 2781 +$$

$$+ (0,00704 + 0,00398 \cdot D_{\text{д}}) \cdot 2693 + (1,51 + 0,0260 \cdot D_{\text{д}}) \cdot 42,$$

$$\text{звідси } D_{\text{д}} \cdot 2341 = 509,7 , \text{ тоді } D_{\text{д}} = 0,218 \text{ (кг/с)} .$$

Тоді всі вищенаведені витрати пари та води (1.7) – (1.11)

$$D_0 = 1,77 + D_{\text{д}} = 1,77 + 0,218 = 1,99 \text{ (кг/с)} .$$

$$G_{\text{жв}} = 1,82 + 1,03 \cdot D_{\text{д}} = 1,82 + 1,03 \cdot 0,218 = 2,04 \text{ (кг)} .$$

$$D_{\text{рбп}} = 0,00704 + 0,00398 \cdot D_{\text{д}} = 0,00704 + 0,00398 \cdot 0,218 = 0,00791 \text{ (кг/с)} .$$

$$G_{\text{рбп}} = 0,0461 + 0,0260 \cdot D_{\text{д}} = 0,0461 + 0,0260 \cdot 0,218 = 0,0518 \text{ (кг/с)} .$$

$$G_{дв} = 1,51 + 0,0260 \cdot D_d = 1,51 + 0,0260 \cdot 0,218 = 1,516 \text{ (кг/с)} .$$

Враховуючи вищевказанні значення потужність парогенераторів

$$Q_{пг} = D_0 \cdot (h_0 - h'_{жв}) + D_0 \cdot p \cdot (h'_{кв} - h'_{жв}), \quad (1.13)$$

$$Q_{пг} = 1,99 \cdot (2781 - 439) + 0,03 \cdot 1,99 \cdot (781 - 439) = 4681 \text{ (кВт)}.$$

Розрахункова витрата робочого палива (природного газу)

$$B_p = \frac{Q}{Q_H^p \cdot \eta_k}, \quad (1.14)$$

де Q_H^p – теплота згорання палива, для природного газу $Q_H^p = 33 \text{ МДж/м}^3$;
 η_k – ККД котла, який дорівнює 91%.

$$\text{для котла на газу } B_p = \frac{4681}{33000 \cdot 0,91} = 0,156 \text{ (м}^3\text{/с)} = 561,6 \text{ (м}^3\text{/Год)}.$$

Витрата палива умовного на парову котельню

$$B_y = \frac{Q_{пг}}{Q_{ну}^p \cdot \eta_k}, \quad (1.15)$$

$$B_y = \frac{4681}{29,3 \cdot 0,91} = 0,175 \text{ (кг/с)} = 630 \text{ (кг/Год)}.$$

ККД котельні

$$\eta_{кот} = \frac{\sum Q_{споживачів}}{Q_{ну}^p \cdot B_y}, \quad (1.16)$$

$$\eta_{\text{кот}} = \frac{2960 + 331 + 300}{29300 \cdot 0,175} = 0,700.$$

Витрата питома умовного палива на виробництво теплоти

$$b_y = \frac{B_y}{Q_{\text{шт}}}, \quad (1.17)$$

$$b_y = \frac{0,175}{4681} = 37,4 \text{ (кг/ГДж)}.$$

1.2.2 Режим роботи середньоопалювальний

Відповідно до початкових даних витрати пари на групи споживачів складають:

- для опалення $Q_{\text{оп}} = 300$ кВт;
- для гарячого водопостачання $D_{\text{гвп}} = 0,56$ т/год = 0,15 кг/с ;
- на ямну пропарювальну камеру $D_{\text{япк1}} = 2,65$ т/год = 0,74 кг/с;
- на ямну пропарювальну камеру $D_{\text{япк2}} = 1,42$ т/год = 0,39 кг/с;
- на пропарювальний пост $D_{\text{пп1}} = 0,6$ т/год = 0,17 кг/с;
- на пропарювальний пост $D_{\text{пп2}} = 0,64$ т/год = 0,18 кг/с.

Тиск насиченої пари 1,1 МПа, температура пари 184 °С.

Характеристики конденсату, що повертається:

- частка повернення $\alpha_k = 0,9$;

Температура води живильної $t_{\text{жв}} = 102$ °С.

Температура сирі води $t_{\text{св}} = 5$ °С.

Розрахункова температура внутрішнього повітря $t_{\text{вн}} = 18$ °С.

Середня температура для опалювального періоду $t_{\text{оп з}} = 5$ °С.

Температура зовнішнього повітря $t_{\text{з о}} = -7$ °С.

Частка продувки $p = 3\%$.

Тиск безперервної продувки в розширнику 1,5 бар.

Температура хімічно очищеної води, що надвходить в деаератор

$$t_{дв} = 5^{\circ}\text{C}.$$

Температура зливання з охолодника продувальної води $t_{зл} = 40^{\circ}\text{C}$.

Ентальпії пари, конденсату та води залишаються такі ж, як в максимально-опалювальному режимі, крім ентальпії сирії води, яка складає $h'_{св} = 21$ кДж/кг.

1.2.3 Режим роботи міжопалювальний

Відповідно до початкових даних витрати пари на групи споживачів складають:

- для гарячого водопостачання $D_{гвп} = 0,56$ т/год = $0,15$ кг/с ;
- на ямну пропарювальну камеру $D_{япк1} = 2,65$ т/год = $0,74$ кг/с;
- на ямну пропарювальну камеру $D_{япк2} = 1,42$ т/год = $0,39$ кг/с;
- на пропарювальний пост $D_{пп1} = 0,6$ т/год = $0,17$ кг/с;
- на пропарювальний пост $D_{пп2} = 0,64$ т/год = $0,18$ кг/с.

Тиск насиченої пари 1,1 МПа, температура пари 184°C .

Характеристики конденсату, що повертається:

- частка повернення $\alpha_k = 0,9$;

Температура живильної води $t_{жв} = 102^{\circ}\text{C}$.

Температура сирії води $t_{св} = 5^{\circ}\text{C}$.

Розрахункова температура внутрішнього повітря $t_{вн} = 18^{\circ}\text{C}$.

Середня температура для опалювального періоду $t_{опз} = 5^{\circ}\text{C}$.

Температура зовнішнього повітря $t_{зо} = -7^{\circ}\text{C}$.

Частка продувки $p = 3\%$.

Тиск безперервної продувки в розширнику 1,5 бар.

Температура хімічно очищеної води, що надвходить в деаератор

$$t_{дв} = 5^{\circ}\text{C}.$$

Температура зливання з охолодника продувальної води $t_{зл} = 40^{\circ}\text{C}$.

Ентальпії пари, конденсату та води залишаються такі ж, як в максимально-опалювальному режимі, крім ентальпії сирії води, яка складає $h'_{св} = 21$ кДж/кг.

Таблиця 1.1- Розрахунок теплової схеми парової котельні в трьох режимах роботи

Розрахункова величина	Позначення	Розмірність	Режим котельні		
			Максимально-опалувальний	Середньоопалувальний	Міжопалувальний
1	2	3	4	5	6
Сумарна витрата пари на технологічне споживання	$D_{\text{техн}}$	кг/с	1,48	1,48	1,48
Витрата теплоти для систем гарячого водопостачання	$Q_{\text{ГВП}}$	кВт	311	311,4	311,4
Витрата теплоти для систем технічних споживачів	$Q_{\text{тех}}$	кВт	2960	3072	3072
Витрата конденсату на ГВП	$G_{\text{КГВП}}$	кг/с	0,135	0,135	0,135
Паровидатність котельні парової	D_o	кг/с	1,99	1,94	1,88
Витрата води живильної	$G_{\text{жв}}$	кг/с	2,04	2	1,934
Витрата пари з розширника безперервної продувки вторинного скипання	$D_{\text{рбп}}$	кг/с	0,00791	0,00867	0,00840
Витрата води з розширника безперервної продувки у стані насичення	$G_{\text{рбп}}$	кг/с	0,0518	0,0495	0,0479
Витрата води з деаератора	$G_{\text{дв}}$	кг/с	1,516	1,55	1,55
Потужність парогенераторів	$Q_{\text{пг}}$	кВт	4681	4563	4422

Продовження табл. 1.1

1	2	3	4	5	6
Потужність парогенераторів	$Q_{\text{пг}}$	кВт	4681	4563	4422
Розрахункова витрата робочого палива (природного газу)	V_p	м ³ /с	0,156	0,152	0,147
Витрата умовного палива на котельню парову	V_y	кг/с	0,175	0,171	0,166
ККД для котельні	$\eta_{\text{кот}}$		0,700	0,710	0,700
Витрата питома умовного палива на виробництво теплоти	b_y	кг/ ГДж	37,4	37,5	37,54

1.3 Перевірка основного та допоміжного обладнання

Перевірку насосів, котлоагрегатів, дуттєвого обладнання та іншого устаткування виконують за результатами розрахунку схеми котельні теплової.

1.3.1 Перевірка наявних котлоагрегатів

Парові котлоагрегати

Для розрахункового режиму котельні паровидатність складає $D_0 = 1,99$ кг/с або 7,2 т/год пари. В інших режимах паровидатність котельні складає 1,94 кг/с та 1,88 кг/с або відповідно 7 т/год та 6,8 т/год.

На котельні встановлено три парогенератори марки ДКВР-20/13 паровидатністю 11 т/год кожен. Отже, встановленого обладнання достатньо для забезпечення потреб підприємства. У всіх режимах працюють три котли.

1.3.2 Перевірка дуттєвого обладнання

Котли ДКВР-20/13 комплектуються дуттєвими вентиляторними ВД-12.

Продуктивність вентилятора = 28 (тис. м³/год).

Потужність двигуна = 40 (кВт).

Розрахункова подача вентиляторів пальників

$$Q_B = k_3 \cdot 3,6 \cdot B^{оп} \cdot V^o \cdot \alpha_T (t_{пов} + 273)/273, \quad (1.18)$$

де k_3 – коефіцієнт запасу;

V^o – теоретична витрата окислювача, для природного газу $V^o = 5 \text{ м}^3/\text{м}^3$;

B_p – витрата палива на котел, яка складає

$$B_p = \frac{7,2/3,6 \cdot (2781 - 439) + 0,03 \cdot 7,2/3,6 \cdot (781 - 439)}{33000 \cdot 0,91} = 0,159 \text{ (м}^3/\text{с)}$$

Тоді розрахункова продуктивність вентилятора для парового котла

$$Q_B = 1,1 \cdot 3,6 \cdot 0,159 \cdot 5 \cdot 1,1 \cdot (18+273)/273 = 3,7 \text{ (тис. м}^3/\text{год)}.$$

Орієнтовна потужність двигуна вентилятора парового котла

$$N_B = 0,277 \cdot Q_B \cdot H_B / (\eta_B \cdot \eta_{ем}), \quad (1.19)$$

де H_B – напір вентилятора, приймаємо $H_B = 2 \text{ кПа}$;

η_B – ККД вентилятора, приймаємо $\eta_B = 0,7$;

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

$$N_B = 0,277 \cdot 3,7 \cdot 2,0 / (0,7 \cdot 0,9) = 1,29 \text{ (кВт)}.$$

Котли ДКВР-20/13 комплектуються димососами Д-13,5.

Продуктивність димососа = 45 (тис. м³/год).

Потужність двигуна = 735 (кВт).

Розрахункова подача димососів

$$Q_B = k_3 \cdot 3,6 \cdot B^{оп} \cdot V^o \cdot \alpha_T (t_{вг} + 273)/273, \quad (1.20)$$

де k_3 – коефіцієнт запасу;

V^o – теоретична витрата окислювача, для природного газу $V^o = 8 \text{ м}^3/\text{м}^3$;

V_p – витрата палива на котел, яка складає

$$V_p = \frac{7,2/3,6 \cdot (2781 - 439) + 0,03 \cdot 7,2/3,6 \cdot (781 - 439)}{33000 \cdot 0,91} = 0,159 \text{ (м}^3/\text{с)}.$$

Тоді розрахункова продуктивність димососа парового котла

$$Q_B = 1,1 \cdot 3,6 \cdot 0,159 \cdot 8 \cdot 1,1 \cdot (160 + 273) / 273 = 8,79 \text{ (тис. м}^3/\text{год)}.$$

Потужність двигуна димососа парового котла орієнтовна

$$N_B = 0,277 \cdot Q_B \cdot H_B / (\eta_B \cdot \eta_{em}), \quad (1.21)$$

де H_B – напір вентилятора, приймаємо $H_B = 2 \text{ кПа}$;

η_B – ККД вентилятора, приймаємо $\eta_B = 0,7$;

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

$$N_B = 0,277 \cdot 8,79 \cdot 2,0 / (0,7 \cdot 0,9) = 7,73 \text{ (кВт)}.$$

1.3.3 Перевірка насосів

Для роботи парових котлів встановлюють живильні насоси для забезпечення циркуляції теплоносія через котли. Його подача визначається за максимальною масовою витратою живильної води через котли. Для підвищення надійності роботи та згідно з Правилами Держтехнагляду встановлюється резервування живильного насосного обладнання

Подача насосів живильних

$$V_{жн} = \frac{1,1 \cdot G_{жв} \cdot 3600}{\rho_{жв}}, \quad (1.22)$$

де $G_{\text{жв}}$ – витрата живильної води через котел масова, кг/с;

$\rho_{\text{жв}}$ – густина живильної води на вході в котли, яка дорівнює 975 кг/м^3 при температурі 103°C .

$$V_{\text{жн}} = \frac{1,1 \cdot 1,99 \cdot 3600}{975} = 8,08 \text{ (м}^3\text{/год)}.$$

На котельні встановлено по 3 насоси ПЕ-40/250 на котел кожен подачею $40 \text{ м}^3\text{/год}$, напором 250 м , потужністю електродвигуна 45 кВт . Отже, встановлених 3 насоси ПЕ-40/250 достатньо для використання. Два працюють і один в резерві.

Подача парового насоса

$$V_{\text{п}} = V_{\text{жн}} = 8,08 \text{ (м}^3\text{/год)}.$$

Розрахункова подача насосів парових дорівнює подачі насосів живильних оскільки вони виконують функцію живильних насосів. На котельні встановлено по 2 парових насоси ПДГ 60/25 Б на котел подачею $60 \text{ м}^3\text{/год}$, напором 25 м . Отже, встановлених 2 насоси ПДГ 60/25 Б достатньо для використання. Один працює і один в резерві.

Подача сольового насосу

Приймаємо, що на котельні встановлено 1 насос Х-45-31 подачею $45 \text{ м}^3\text{/год}$, напором 31 м , потужністю електродвигуна $18,5 \text{ кВт}$. Цього достатньо для використання.

Подача хімочищеної води

$$V_{\text{оп2}} = 1,1 \cdot 1,55 \cdot 3600 / 975 = 6,3 \text{ (м}^3\text{/год)}.$$

На котельні встановлено 1 насос L-КМ-2А максимальною подачею 90 м³/год, напором 55 м. Отже, встановлених 1 насоси L-КМ-2А достатньо для використання.

Розрахункову електричну потужність власних потреб котельні для всіх режимів знаходимо як суму активних потужностей обладнання працюючого, а саме насосів, освітлення та тягодуттєвого обладнання.

$$N_{\text{ВП}} = N_{\text{д ПК}} + N_{\text{в ПК}} + N_{\text{ЖН}} + N_{\text{с}} + N_{\text{хво}} , \quad (1.23)$$

$$N_{\text{ВП}}^{\text{макс}} = 3 \cdot 1,29 + 3 \cdot 7,73 + 3 \cdot 45 + 1 \cdot 18,5 + 1 \cdot 7 = 187,6 \text{ (кВт)}.$$

$$N_{\text{ВП}}^{\text{ср}} = 3 \cdot 1,29 + 2 \cdot 7,73 + 3 \cdot 45 + 1 \cdot 18,5 + 1 \cdot 7 = 180 \text{ (кВт)}.$$

$$N_{\text{ВП}}^{\text{між}} = 3 \cdot 1,29 + 1 \cdot 7,73 + 3 \cdot 45 + 0 \cdot 18,5 + 0 \cdot 7 = 147 \text{ (кВт)}.$$

1.3.4. Перевірка основних діаметрів трубопроводів

Для перевірки розрахуємо основні діаметри трубопроводів подавання води конденсатів та пари на котельні. Розрахунковий діаметр визначається для максимального режиму:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot G}{\pi \cdot w \cdot \rho}} \text{ (м)}. \quad (1.24)$$

де G – витрата теплоносія, кг/с;

w – розрахункова швидкість теплоносія, м/с;

ρ – густина теплоносія при середній температурі, кг/м³.

Результати розрахунку діаметрів трубопроводів наведено в таблиці 1.2

Таблиця 1.2 – Основні розрахункові діаметри трубопроводів

№ п/п	Назва трубопроводу	Витрата, кг/с	Швидкість, м/с	Густина, кг/м ³	Розрахунковий діаметр, м	Стандартний діаметр
1	паропровід з котла	1,99	10	8,33	0,123	dy150
2	живильний до котла	2,04	1	975	0,052	dy65
3	додаткової води	1,516	1	980	0,045	dy65
4	паропровід від розширника продувки	0,00791	10	8,33	0,0109	dy50
5	паропровід на деаератор	0,218	10	8,33	0,0574	dy65
6	конденсатопровід	0,265	1	985	0,0184	dy20

1.4 Техніко-економічні показники роботи котельні

Розглянемо техніко-економічні показники роботи парової котельні ПрАТ "Гніванський завод спеціалізованої продукції", яка працює на природному газі.

Для точного підрахунку капітальних вкладень на виконання робіт складається локальний кошторис. Орієнтовні капіталовкладення в парову газову котельню потужністю 4,7 МВт приймемо 15 млн. грн.

Витрати палива за рік

$$V_{\text{річ}} = (V_{\text{макс.оп.}} \cdot \tau_{\text{макс.оп.}} + V_{\text{сер.оп.}} \cdot \tau_{\text{сер.оп.}} + V_{\text{міжоп.}} \cdot \tau_{\text{міжоп.}}) \cdot 3600, \quad (1.25)$$

$$V_{\text{річ}} = (0,156 \cdot 30 + 0,152 \cdot 4246 + 0,147 \cdot 4484) \cdot 3600 = 4,7 \text{ (млн. м}^3\text{/рік)}.$$

Річне максимальне виробництво теплоти

$$Q_{\text{рік}} = (Q_{\text{кот}} \cdot \tau_{\text{макс}} + Q_{\text{сер}} \cdot \tau_{\text{сер}} + Q_{\text{між}} \cdot \tau_{\text{між}}) \cdot 3600, \quad (1.26)$$

$$Q_{\text{рік}} = (4681 \cdot 30 + 4563 \cdot 4246 + 4422 \cdot 4484) \cdot 3600 \cdot 10^{-6} = 141635 \text{ (ГДж/рік)}.$$

Розрахунок загальних витрат на паливо

$$S_{\text{пал}} = B_{\text{річ}} \cdot \text{Ц}, \quad (1.27)$$

де Ц – ціна палива

$$S_{\text{пал}} = 4,7 \cdot 14 = 65,8 \text{ (млн.грн/рік)}.$$

Загальні витрати води на підживлення

$$G_{\text{в}} = (1,515 \cdot 30 + 1,55 \cdot 4246 + 1,55 \cdot 4484) \cdot 3600 / 955 = 49123 \text{ (м}^3\text{/рік)}.$$

Розрахунок загальних витрат на воду

$$S_{\text{в}} = G_{\text{в}} \cdot \text{Ц}_{\text{в}}, \quad (1.28)$$

$$S_{\text{в}} = 49123 \cdot 31 = 1,522 \text{ (млн.грн/рік)}.$$

Розрахунок витрат на електроенергію

$$S_{\text{еє}} = (N^{\text{макс}} \cdot \tau_{\text{макс}} + N^{\text{сер}} \cdot \tau_{\text{сер}} + N^{\text{міжопал}} \cdot \tau_{\text{міжопал}}) \cdot \text{Ц}, \quad (1.29)$$

де Ц – тариф за електроенергію, дорівнює 6 грн/(кВт·год).

$N_{\text{вп}}$ – електрична потужність власних потреб котельні, кВт.

$$S_{\text{еє}} = (187,6 \cdot 30 + 180 \cdot 4246 + 147 \cdot 4484) \cdot 6 = 8,574 \text{ (млн.грн/рік)}.$$

Розрахунок для оплати праці

$$S_{\text{зп}} = n \cdot \text{ЗП} \cdot k_{\text{відр}}, \quad (1.30)$$

де ЗП – середня плата заробітна

$$n = Q_{\text{вст}} \times k_{\text{шт}}$$

де $k_{\text{відр}}$ – значення штатного коефіцієнта котельнь

$Q_{\text{вст}}$ – встановлена теплова потужність котельні

$$S_{\text{зп}} = (5 \cdot 4,7) \cdot 16500 \cdot 12 \cdot 1,41 = 6,561 \text{ (млн.грн/рік)}.$$

Амортизаційні відрахування

$$S_A = 7,5\% \cdot K, \quad (1.31)$$

де K – капіталовкладення (вартість основних фондів).

$$S_A = 0,075 \cdot 15 = 1,125 \text{ (млн.грн/рік)}.$$

Витрати на ремонт устаткування

$$S_p = 0,2 \cdot S_A, \quad (1.32)$$

$$S_p = 0,2 \cdot 1,125 = 0,225 \text{ (млн.грн/рік)}.$$

Інші витрати

$$S_I = 0,01 \cdot (S_{\text{пал}} + S_{\text{еє}} + S_B + S_{\text{зп}} + S_A + S_p), \quad (1.33)$$

$$S_I = 0,01 \cdot (65,8 + 8,574 + 1,523 + 6,561 + 1,125 + 0,225) = 0,838 \text{ (млн.грн/рік)}.$$

Загальні витрати коштів

$$S = S_{\text{пал}} + S_{\text{еє}} + S_B + S_{\text{зп}} + S_A + S_p + S_I, \quad (1.34)$$

$$S = 65,8 + 8,574 + 1,523 + 6,561 + 1,125 + 0,225 + 0,838 = 84,6 \text{ (млн.грн/рік)}.$$

Собівартість теплоти для виробництва

$$C_B = \frac{S}{Q_{\text{рік}}}, \quad (1.35)$$

$$C_B = 84,6 \cdot 10^6 / 141635 = 597,6 \text{ (грн/ГДж)}.$$

1.5 Багатоваріантний аналіз та вибір альтернативного палива для котельні

Загальні капіталовкладення в систему теплопостачання

Для точного підрахунку капітальних вкладень на виконання робіт складається локальний кошторис. Орієнтовні капіталовкладення в парову газову котельню потужністю 4,7 МВт приймемо 15,5 млн. грн. з урахуванням додаткового встановлення предтопку.

Річне виробництво теплоти паровим котлом

$$Q_{\text{рік}} = (Q_{\text{кот}} \cdot \tau_{\text{макс}} + Q_{\text{сер}} \cdot \tau_{\text{сер}} + Q_{\text{між}} \cdot \tau_{\text{між}}) \cdot 3600, \quad (1.36)$$

Річна витрата палива на паровий котел

$$B_p^{\text{річ}} = \frac{Q_{\text{шт}}}{Q_H^p \cdot \eta_k}, \quad (1.37)$$

Сезонні витрати на паливо

$$C_{\text{п}} = C_{\text{п}} \cdot B_p^{\text{річ}} \cdot k_{\text{вп}}, \quad (1.38)$$

де $C_{\text{п}} = 37 \text{ грн/м}^3$ - ціна на газ природний;

$C_{\text{п}} = 3,7 \text{ грн/кг}$ - ціна альтернативної тріски деревини;

$C_{\text{п}} = 3,5 \text{ грн/кг}$ - ціна на буре вугілля;

$C_{\text{п}} = 12,5 \text{ грн/кг}$ - ціна на деревні пелети;

$C_{\text{п}} = 6 \text{ грн/кг}$ - ціна паливних гранул з соняшникового лушпиння;

$C_{\text{п}} = 15,75 \text{ грн/кг}$ - ціна на кам'яне вугілля (антрацит);

$B_p^{\text{річ}}$ – витрата загальна річна палива;

$k_{\text{ВП}}$ - коефіцієнт, яким враховують втрати палива.

Річна витрата електроенергії на функціонування системи

$$EE^{\text{річ}} = N_{\text{ВП}}^{\text{макс}} \cdot \tau_{\text{макс}} + N_{\text{ВП}}^{\text{сер}} \cdot \tau_{\text{сер}} + N_{\text{ВП}}^{\text{міжопал}} \cdot \tau_{\text{між}}, \quad (1.39)$$

$$C_{\text{еє}} = EE_{\text{річ}} \cdot \text{Ц}_{\text{еє}}, \quad (1.40)$$

Витрати на воду

$$C_{\text{в}} = G_{\text{річ}} \cdot \text{Ц}_{\text{в}}, \quad (1.41)$$

Витрати на амортизаційні відрахування

$$C_{\text{а}} = k_{\text{а}} \cdot K, \quad (1.42)$$

Витрати на поточний ремонт розраховуються як 20% від амортизаційних відрахувань

$$C_{\text{пр}} = 0,2 \cdot C_{\text{а}}, \quad (1.43)$$

Розрахунок оплати праці

$$C_{\text{зп}} = n \cdot \text{ЗП} \cdot k_{\text{відр}}, \quad (1.44)$$

де ЗП – середня плата заробітна;

$$n = Q_{\text{вст}} \times k_{\text{шт}};$$

де $k_{\text{відр}}$ – значення штатного коефіцієнта котельнь;

$Q_{\text{вст}}$ – встановлена теплова потужність котельні.

Інші витрати

$$C_{ін} = 0,06 \cdot (C_a + C_{зп} + C_{пр} + C_{се} + C_v + C_{п}), \quad (1.45)$$

Загальні експлуатаційні витрати коштів

$$C_{річ} = C_a + C_{зп} + C_{пр} + C_v + C_{ін} + C_{п}, \quad (1.46)$$

Згідно розрахунків теплової схеми річне виробництво теплоти на котельні складатиме $Q_{річ} = 141635$ ГДж.

Собівартість теплової енергії

$$C_{в_{тепл}} = C_{річ} / Q_{річ}, \quad (1.47)$$

Таблиця 1.4 – Результати розрахунків багатоваріантного аналізу та вибору альтернативного палива для котельні

Багатоваріантний аналіз та вибір джерела теплоти							
Показник	Одиниця вимірювання	Газовий котел	Котел на трісці	Котел на уруму вугіллі	Котел на деревних гранулах	Котел на кам'яному вугіллі (антрациті)	Котел на альтернативних гранулах із лушпиння соняшнику
Загальні капіталовкладення	грн	15000000					
Річне виробництво теплоти паровим котлом	ГДж/рік	141635					

Продовження табл.1.4

1	2	3	4	5	6	7	8
Річна витрата палива на паровий котел	т/рік	4716,4	15259	11990	9376	5548,7	8603,8
Сезонні витрати на паливо	тис.грн/рік	175555	56797	42220	117904	87917,4	51932,5
Річна витрата коштів на електроенергію	кВт·год/рік	4572979					
Річна витрата коштів на воду	грн/рік	785968					
Річні амортизаційні витрати для котла	грн/рік	1085000					
Річна витрата на поточний ремонт для котла	грн/рік	217400					
Річна витрата коштів на заробітну плату	грн/рік	5566680					
Інші річні витрати	тис.грн/рік	11267,1					
Річні витрати коштів на експлуатацію системи	тис.грн/рік	19905					
Собівартість виробництва теплоти	грн./ГДж	1405,5					

2 ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ ПАРОВОДЯНОГО КОЖУХОТРУБНОГО ТЕПЛООБМІННИКА

2.1 Розробка математичної моделі тепломасообмінних та гідродинамічних процесів у кожухотрубному пароводяному теплообміннику

Розроблена математична модель розрахунку теплообмінника. Програма створена в середовищі Excel і призначена для виконання розрахунку і вибору оптимального варіанту теплообмінника.

Модель складається з лінійних та нелінійних рівнянь.

Початковими даними для розрахунку є :

- потужність теплообмінника, кВт;
- температура холодного теплоносія на виході, °С;
- тиск гарячого теплоносія на вході, °С ;
- витрата холодного теплоносія, °С;

Розрахунок:

- витрата пари на потреби теплообмінника, кг/с;
- середня температура холодного теплоносія, °С;
- густина води, кг/м³;
- коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·°С);
- теплоємність води, кДж/(кг·°С);
- кінематична в'язкість, м²/с;
- критерій Прандтля;
- температура холодного теплоносія на вході, °С;
- різниця температур між входом і виходом, °С;
- ККД теплообмінника;
- ентальпія пари на лінії насичення;
- ентальпія конденсату на лінії насичення;

- внутрішній діаметр, м;
- температура стінки труби, °С;
- швидкість холодного теплоносія в трубках, м/с;
- Критерій Прандтля стінки;
- Об'ємна витрата холодного теплоносія, м³/с;
- площа поперечного перерізу трубок, м²;
- довжина труби, м;
- критерій Рейнольдса для холодного теплоносія;
- Критерій Нусельта для холодного теплоносія;
- Коефіцієнт тепловіддачі від стінки до теплоносія, Вт/(м²·К)
- критерій Рейнольдса для конденсації пари;
- критерій Григуля для конденсації пари;
- коефіцієнт тепловіддачі від пари до стінки труб, Вт/(м²·К);
- коефіцієнт теплопередачі теплообмінника, Вт/(м²·К);
- менша різниця температур між теплоносіями, °С;
- більша різниця температур між теплоносіями, °С;
- середній логарифмічний температурний напір, °С;

Кінцевими результатами є :

- поверхня нагріву теплообмінника, м²;
- поверхня нагріву в одній секції, м²;
- кількість секцій в підігрівнику, м²;
- загальна кількість пластин в теплообміннику, шт;
- питомий теловий потік, м²;
- температура внутрішньої стінки труби;
- втрати тиску для холодного теплоносія, Па;
- швидкість пари в штуцері, м/с ;
- об'ємна витрата пари на теплообмінник, м³/с;
- площа поперечного перерізу фланця, м²;

- діаметр штуцерів апарату, м;

Розробка математичної моделі виконувалася виходячи з теплових розрахунків кожухотрубного теплообмінника

Витрата пари на потреби теплообмінника гарячого водопостачання

$$D_1 = Q / [\eta_{\text{то}} \cdot (h_{11} - h_{12})], \quad (2.1)$$

де h_{11} , h_{12} – ентальпія пари при $P=0,29$ МПа та конденсату (за табл. параметрів пари на лінії насичення).

Об'ємна витрата холодного теплоносія у першій секції

$$V_{21} = G_{21} / \rho_2, \quad (2.2)$$

Задані швидкістю руху холодного теплоносія в теплообмінній трубці

$$w_{21} = 1,2 \text{ м/с.}$$

Площа поперечного перерізу трубок

$$F_2 = V_{21} / w_{21}, \quad (2.3)$$

Внутрішній діаметр труб в підігрівнику (за завданням) $d_{\text{вн}} = 0,014$ м.

Кількість трубок в підігрівнику гарячого водопостачання

$$n = 4F_2 / (\pi d_{\text{вн}}^2), \quad (2.4)$$

Приймаємо кількість труб у підігрівнику $n = 30$

Уточнюємо швидкість холодного теплоносія у теплообмінних трубках

$$w_2 = 4 \cdot V_{21} / (n \cdot \pi \cdot d_{\text{вн}}^2), \quad (2.5)$$

Коефіцієнт теплопередачі теплообмінника

$$K = 1/[(1/\alpha_1) + (\delta_{ст}/\lambda_{ст}) + (1/\alpha_2)], \quad (2.6)$$

Поверхня нагріву теплообмінника

$$F = Q_1 / (K \cdot \Delta t_{ср}), \quad (2.7)$$

Поверхня нагріву в одній секції

$$f_1 = \pi \cdot d_3 \cdot l \cdot n, \quad (2.8)$$

Кількість секцій в підігрівнику

$$z = F / f_1, \quad (2.9)$$

З рахуванням впливу забруднень, що утворюються у процесі експлуатації, приймаємо до встановлення $n = 1$ (шт.) секції довжиною 1 м.

Питомий тепловий потік

$$q = K \cdot \Delta t_{ср}, \quad (2.10)$$

Об'ємна витрата пари на теплообмінник

$$V_1 = D_1 / \rho_1, \quad (2.11)$$

де ρ_1 – густина гарячого теплоносія на вході теплообмінник, $\rho_1 = 1,600 \text{ кг/м}^3$;

Площа поперечного перерізу фланця

$$f_{шт} = V_{шт} / w_{шт}, \quad (2.12)$$

Діаметр штуцерів апарату

$$d_{шт} = \sqrt{4 \cdot f_{шт} / \pi}, \quad (2.13)$$

2.2 Дослідження роботи кожухотрубного теплообмінника з різними геометричними характеристиками теплообмінної поверхні

Для дослідження кожухотрубного теплообмінника було використано розроблену математичну модель.

В дослідженні математичної моделі теплообмінника було збільшено швидкість холодного теплоносія з 0,01 до 1,4 м/с. В ході дослідження спостерігалось зменшення кількості труб в підігрівнику ГВП, збільшення коефіцієнта теплопередачі, зменшення площі поверхні нагріву теплообмінника також збільшення коефіцієнта тепловіддачі від стінки до холодного теплоносія. Висновком дослідження може бути раціональне використання такого методу виходячи з теплового розрахунку і зменшення кількості труб в підігрівнику ГВП; збільшення коефіцієнта теплопередачі.

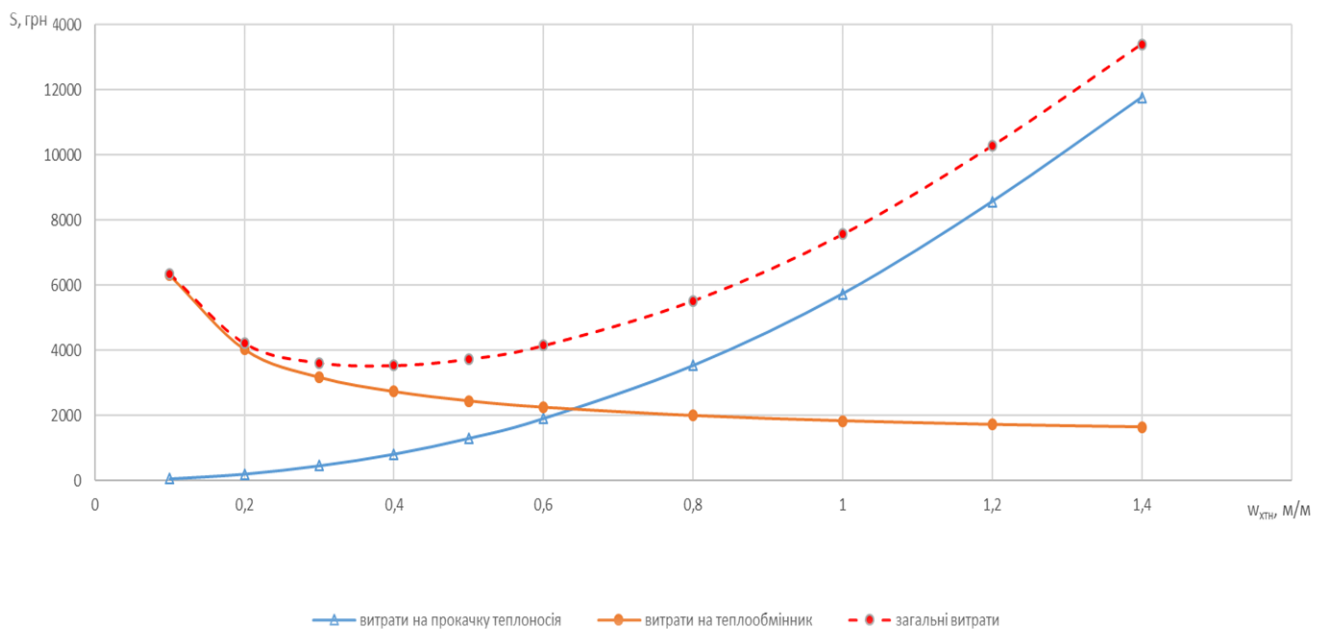


Рисунок 2.1. – Вплив швидкості холодного теплоносія $w_{хтн}$ на капітальні затрати на теплообмінник, витрата на прокачку теплоносія і загальні витрати.

Аналіз результатів розрахунку економічних показників наведених, на графіка №1, дозволяє зробити висновки, що при збільшенні швидкості холодного теплоносія з 0,01 до 1,4 м/с, зменшується витрата на виготовлення теплообмінника, збільшується витрата на прокачку холодного теплоносія і зменшується загальні витрати в діапазоні з 0,1 до 0,4 м/с, а потім різко збільшується в діапазоні з 0,4 до 1,4 м/с.

3 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ ПАРОВОЇ КОТЕЛЬНОЇ

3.1 Тепловий розрахунок парогенератора ДКВР-20-13 на трісці деревини

3.1.1 Початкові дані для розрахунку парогенератора:

Паливо –тріска деревини :

$W^p=30\%$; $A^p=0,7\%$; $S^p=0\%$; $C^p=35,35\%$; $H^p=4,2\%$; $N^p=0,47\%$; $O^p=29,28\%$.

Робочі параметри котла:

- максимальна паровидатність $D = 20$ т/год = 5,56 кг/с;
- тиск пари на виході з котла насиченої $P_{\text{п}} = 11 \times 10^5$ Па;
- температура води живильної $t_{\text{жв}} = 102$ °С;
- температура повітря холодного $t_{\text{хп}} = 30$ °С;
- коефіцієнт надлишку повітря в топці $\alpha'_t = 1,3$.

3.1.2 Розрахунок характеристик окислювача та продуктів згорання

Теоретична кількість повітря

$$V^o = 0,0889 \times (C^p + 0,375 \times S^p) + 0,265 \times H^p - 0,033 \times O^p, \quad (3.1)$$

$$V^o = 0,0889 \times (35,35 + 0,375 \times 0) + 0,265 \times 4,2 - 0,033 \times 29,28 = 3,302 \text{ (м}^3\text{/кг)}$$

Теоретичний об'єм триатомних газів

$$V_{\text{RO}_2} = 0,01866 \times (C^p + 0,375 \times S^p), \quad (3.2)$$

$$V_{\text{RO}_2} = 0,01866 \times (35,35 + 0,375 \times 0) = 0,66 \text{ (м}^3\text{/кг)}.$$

Теоретичний об'єм азоту

$$V_{N_2} = 0,008 \times N^p + 0,79 \times V^o, \quad (3.3)$$

$$V_{N_2}^0 = 0,008 \times 0,47 + 0,79 \times 3,302 = 2,65 \text{ (м}^3\text{/кг)}.$$

Теоретичний об'єм водяних парів,

$$V_{H_2O} = 0,111 \times N^p + 0,0124 \times W^p + 0,0161 \times V^o + 1,24 \times W_{\phi}, \quad (3.4)$$

$$V_{H_2O}^0 = 0,111 \times 4,2 + 0,0124 \times 30 + 0,0161 \times 3,302 + 1,24 \times 0 = 0,843 \text{ (м}^3\text{/кг)}.$$

Таблиця 3.1 – Значення присмоктувань повітря в газоходах і коефіцієнта залишку повітря на виході з газоходів

Ділянки газового тракту	$\Delta\alpha_{пр}$	α''
Топка, фестон	0,05	1,3
1-й кип'ятильний пучок	0,07	1,37
2-й кип'ятильний пучок	0,1	1,47
Економайзер сталевий	0,04	1,51
Економайзер чавунний	0,04	1,55

Таблиця 3.2 – Середні характеристики продуктів згорання в газоходах

Найменування величини	Розмірність	Найменування газоходів				
		топка і фестон	1-й кип'ятильний пучок	2-й кип'ятильний пучок	Сталевий економайзер	Чавунний економайзер
Коефіцієнт за газоходом надлишку повітря α''	---	1,3	1,37	1,47	1,51	1,55
Коефіцієнт надлишку повітря середній $\alpha_{ср}$	---	1,0175	1,135	1,25	1,32	1,36

Продовження табл. 3.2

Об'єм парів водяних, V_{H_2O}	m^3/kg	0,859	0,863	0,868	0,870	0,872
Об'єм газів димових, V_{Γ}	- // -	6,149	6,613	7,278	7,54	7,822
Доля триатомних газів, $\Gamma_{RO_2} = V_{RO_2} / V_{\Gamma}$	---	0,268	0,284	0,304	0,310	0,317
Об'ємна доля пари водяної, $\Gamma_{H_2O} = V_{H_2O} / V_{\Gamma}$	---	0,140	0,130	0,119	0,115	0,111
Сума долей триатомних газів, $\Gamma_n = \Gamma_{RO_2} + \Gamma_{H_2O}$	---	0,408	0,414	0,423	0,425	0,428

Таблиця 3.3 – Ентальпія об'єму повітря і продуктів згорання теоретичного кДж/кг

$\Theta, ^\circ\text{C}$	$I_{\text{RO}_2}^0 = V_{\text{RO}_2}^0 (c\theta)_{\text{RO}_2}$	$I_{\text{N}_2}^0 = V_{\text{N}_2}^0 (c\theta)_{\text{N}_2}$	$I_{\text{H}_2\text{O}}^0 = V_{\text{H}_2\text{O}}^0 (c\theta)_{\text{H}_2\text{O}}$	$I_{\text{II}}^0 = V^0 (c\theta)_n$	$I_r^0 = I_{\text{RO}_2}^0 + I_{\text{N}_2}^0 + I_{\text{H}_2\text{O}}^0$
100	111,54	344,5	127,293	435,864	583,333
200	235,62	689	256,272	878,332	1180,892
300	368,94	1038,8	390,309	1330,706	1798,049
400	509,52	1396,55	527,718	1789,684	2433,788
500	657,36	1759,6	669,342	2258,568	3086,302
600	806,52	2130,6	815,181	2740,66	3752,301
700	964,26	2506,9	966,921	3232,658	4438,081
800	1124,64	2896,45	1125,405	3731,26	5146,495
900	1287,66	3293,95	1299,906	4229,862	5881,516
1000	1453,32	3694,1	1454,175	4741,672	6601,595
1100	1621,62	4094,25	1623,618	5266,69	7339,488
1200	1793,22	4491,75	1796,433	5791,708	8081,403
1400	2138,4	5323,85	2156,394	6854,952	9618,644
1600	2486,22	6155,95	2529,843	7934,706	11172,01
1800	2839,98	7001,3	2915,094	9011,158	12756,37
2000	3196,38	779,1	3309,618	10117,33	7285,098
2200	3555,42	8718,5	3708,357	11223,5	15982,28

Таблиця 3.4 – Ентальпії продуктів згорання і повітря (І – 9 таблиця)

θ, °С	I _Г ⁰ , кДж/кг	I _{пов} ⁰ , кДж/кг	Ентальпії газів в газоходах, кДж/кг				
			$I_{\Gamma} = I_{\Gamma}^0 + (\alpha - 1) \cdot I_{\text{пов}}^0$				
			топка, фестон α'' = 1,3	1-й кип'ятил ьний пучок α'' =	2-й кип'ятил ьний пучок α'' =	Економа йзер сталевий α'' =	Економа йзер чунний й α'' =
100	583,333	435,864				805,6236	823,0582
200	1180,892	878,332			1593,708	1628,841	1663,975
300	1798,049	1330,706			2423,481	2476,709	2529,937
400	2433,788	1789,684		3095,971	3274,939	3346,527	3418,114
500	3086,302	2258,568		3921,972	4147,829	4238,172	4328,514
600	3752,301	2740,66		4766,345	5040,411	5150,038	
700	4438,081	3232,658		5634,164	5957,43	6086,737	
800	5146,495	3731,26	6265,873	6527,061	6900,187		
900	5881,516	4229,862	7150,475	7446,565			
1000	6601,595	4741,672	8024,097	8356,014			
1100	7339,488	5266,69	8919,495				
1200	8081,403	5791,708	9818,915				
1400	9618,644	6854,952	11675,13				
1600	11172,01	7934,706	13552,42				
1800	12756,37	9011,158	15459,72				
2000	7285,098	10117,33	10320,3				
2200	15982,28	11223,5	19349,33				

Таблиця 3.5 – Витрата палива і тепловий баланс

Величина			Розмір ність	Розрахунок
Найменування	Позна чення	Розрахункова формула або спосіб визначення		
1	2	3	4	5
Наявна теплота палива	Q_H	$Q_H^p + Q_{\text{пал}}$	кДж/кг	$12346 + 0 = 12346$
Втрати теплоти з хімічною неповнотою згоряння	q_3	[№ з літератури]	%	1
Втрати теплоти з механічної неповноти згоряння	q_4	[№ з літератури]	%	1
Температура газів відхідних	$\vartheta_{\text{вг}}$	згідно завдання	°C	220
Ентальпія газів відхідних	$I_{\text{вг}}$	по I – ϑ - таблиці	кДж/кг	1836
Температура повітря у котельній	$t_{\text{хп}}$	задаємо	°C	30
Ентальпія повітря у котельній	$I_{\text{хп}}^0$	$V^0(\text{ct})_{\text{хп}}$	кДж/кг	$3,302 \cdot 39 = 128,78$
Втрати теплоти разом із відхідними газами	q_2	$(I_{\text{вг}} - \alpha_{\text{вг}} \cdot I_{\text{хп}}^0) \cdot (100 - q_4) / Q_H$	%	$(1836 - 1,55 \cdot 128,78) \cdot (100 - 1) / 12346 = 13,12$
Втрати теплоти через огороження котла	q_5	[№ з літератури]	%	1,25
Сума теплових втрат	$\sum q$	$q_2 + q_3 + q_4 + q_5$	%	$13,12 + 1 + 1 + 1,25 = 16,37$
ККД котлоагрегату	$\eta_{\text{пт}}$	$100 - \sum q$	%	$100 - 16,37 = 83,63$

Продовження табл.3.5

1	2	3	4	5
Коефіцієнт збереження теплоти	φ	$1 - q_5 / (\eta_{\text{пр}} + q_5)$	---	$1 - 1,25 / (86,33 + 1,25) = 0,986$
Паровидатність агрегату	D	Згідно з завдання	кг/с	5,56
Тиск в барабані пари	P_6	приймаємо	МПа	12×10^5
Температура пари насиченої	$t_{\text{нп}}$	по завданню	$^{\circ}\text{C}$	187,95
Ентальпія пари насиченої	$h_{\text{нп}}$	з Н-S діаграми	кДж/кг	2785
Температура води живильної	$t_{\text{жв}}$	по завданню	$^{\circ}\text{C}$	120
Ентальпія води живильної	$h_{\text{жв}}$	з таблиць води в стані насичення	кДж/кг	504
Ентальпія котлової води	$h_{\text{кв}}$	з таблиць води в стані насичення	кДж/кг	798,3
Продувка для котла	$G_{\text{пр}}$	З розрахунку 5 %	кг/с	$5,56 \cdot 0,03 = 0,167$
Повна кількість теплоти корисно віддана в агрегаті	$Q_{\text{пр}}$	$D \cdot (h_{\text{нп}} - h_{\text{жв}}) + G_{\text{пр}} \cdot (h_{\text{кв}} - h_{\text{жв}})$	кВт	$5,56 \cdot (2785 - 504) + 0,167 \cdot (798,3 - 504) = 12731,51$
Повна витрата палива	B	$Q_{\text{пр}} / (Q_{\text{н}} \cdot \eta_{\text{пр}})$	кг/с	$12731,51 / (12346 \cdot 0,8363) = 1,23$
Розрахункова витрата палива	B_p	$B \cdot (100 - q_4) / 100$	кг/с	$1,23 \cdot (100 - 1) / 100 = 1,22$

Розрахунок перевірний теплообміну в топці

Об'єм для топкової камери $V_T = 48 \text{ м}^3$.

Теплова напруга об'єму топки $q_V = B_p \cdot Q_{\text{н}}^p / V_T = 1,22 \cdot 12346 / 48 = 313,8 \text{ кВт/м}^3$.

Величина q_v не перевищує допустиму величину, наведену з літератури.

Таблиця 3.6 – Конструктивні характеристики для топки

Величина			Стіни топки			Вихідне вікно	Сумарна площа
Найменування	Позначення	Розмір-ність	фронтова + под	бокова	задня		
Сумарна площа вікна і стін	$F_{ст}$	m^2	13 + 10,76=23.8	33	13,04	2,17	72
Площа, яка зайнята променесприймальною поверхнею крок екранних труб зовнішній діаметр екранних труб	$F_{пр}$	m^2	5.78	26,9	4,7	1,634	36.4
	d	мм	0	51	51	51	
	s	мм	0	80	80	80	
Відстань від осі екранних труб до кладки відношення відношення	e	мм	86	90	260		
	s/d	---	1,57	1,57	1,57		
	e/d	---	1.2	1.2	1.2		
Коефіцієнт екранів кутовий	x	---	0,95	0,95	0,95	1	
Площа поверхні промінесприймальної	$H_{пр}$	m^2	5.491	25.6	4.465	1.634	37,19
Коефіцієнт забруднення екранної поверхні	ξ	---	0,65	0,65	0,65	1	

Таблиця 3.7 – Розрахунок топки тепловий

Величина			Розмірність	Розрахунок
Найменування	Позначення	Розрахункова формула, спосіб визначення		
1	2	3	4	5
Коефіцієнт надлишку повітря	α_T''	Табл. 8.2	---	1,3
Присоси повітря у топці	$\Delta\alpha_T$	--/--/--	---	0,05
Температура повітря гарячого	$t_{гп}$	приймаємо	°C	30
Ентальпія повітря гарячого	$I_{гп}^0$	Табл. 5.	кДж/кг	128,78 304
Кількість теплоти, яка вноситься в топку із повітрям	$Q_{пов}$	$(\alpha_T'' - \Delta\alpha_T) \cdot I_{г.п.}^0 + \Delta\alpha_T \cdot I_{прс}^0$	кДж/кг	$(1,3 - 0,05) \cdot 128,78 + 0,05 \cdot 128,78 = 290$
Корисне тепловиділення у топці	Q_T	$Q_n \cdot \frac{100 - q_3 - q_4}{100 - q_4} + Q_{пов}$	кДж/кг	$12436 \cdot (100 - 1 - 1) / (100 - 1) + 290 = 12600$
Температура адіабатна горіння	ϑ_a	за I - 9 таблицею	°C К	1498 з табл. 5.4. стовбчик «топка» 1771
Температура газів на виході із топки	ϑ_T''	за попереднім вибором	°C	1100
Ентальпія газів на виході із топки	I_T''	за I – 9 таблицею	кДж/кг	8919,495
Теплосприйняття топки променисте	$Q_T^{пр}$	$\varphi \cdot (Q_T - I_T'')$	кДж/кг	$0,986 \cdot (12600 - 8919,495) = 3629$
Сумарна середня теплоємність продуктів згорання	$V_{ср}$	$\frac{Q_T - I_T''}{\vartheta_a - \vartheta_T''}$	$\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$	$(12436 - 3629) / (1498 - 1100) = 22$
Ефективна товщина шару випромінюючого	s	$3,6 \cdot V_T / F_{ст}$	м	$3,6 \cdot 48 / 72 = 2,405$

Продовження табл. 3.7

Величина			Розмірність	Розрахунок
Найменування	Позначення	Розрахункова формула, спосіб визначення		
Середній коефіцієнт теплової ефективності екранів	$\psi_{\text{ср}}$	$\Sigma(H_{\text{пр}} \cdot \xi) / F_{\text{ст}}$	---	$(5,491 \cdot 0,6 + 25,6 \cdot 0,6 + 4,465 \cdot 0,6 + 1,634 \cdot 1) / 72 = 0,32$
Сумарна об'ємна частина трьохатомних газів	r_n	Табл. 2	---	0,408
Добуток $p \cdot r_n \cdot s$	$pr_n s$	$p \cdot r_n \cdot s$	м · МПа	$0,1 \cdot 0,408 \cdot 2,405 = 0,098$
Об'ємна частка водяних парів	$r_{\text{H}_2\text{O}}$	Табл. 2	---	0,140
Коефіцієнт послаблення променів для триатомними газами	K_{Γ}	$K_{\Gamma}^0 \cdot r_n$, $K_{\Gamma}^0 = 6,5$ (рис. 4.4)	1/(м·МПа)	$6,5 \cdot 0,408 = 2,652$
Коефіцієнт ослабнення променів частинками золотими	$K_{\text{зл}} \mu_{\text{зл}}$	Формула (4.16)	1/(м·МПа)	$\frac{10^4 \cdot 0,7}{\sqrt[3]{(1100 + 273)^2} \cdot 0,0027} \cdot \frac{1}{1 + 1,2 \cdot 0,0027 \cdot 2,405} = 0,17$
Коефіцієнт ослаблення променів частинками коксу	$K_{\text{к}}$	Згідно з розділом 4	1/(м·МПа)	10

Продовження табл. 3.7

Вплив способу спалювання та концентрації коксових частинок	$\chi_1 \chi_2$	Згідно з розділом 4	---	0,5 0,03
Коефіцієнт послаблення променів у топці	K	$K = K_{зл} \cdot \mu_{зл} + K_k \cdot \chi_1 \cdot \chi_2 + K_r^0 \cdot r_n$	1/(м·МПа)	$0,17 + 10 \cdot 0,5 \cdot 0,03 + 2,652 = 2,97$
Критерій Бугера	Bu	$K \cdot p \cdot s$	---	$2,97 \cdot 0,1 \cdot 2,405 = 0,71$
Параметр забаластованості топкової камери	r_v	Формула (4.22)	---	$6,149 / (2,65 + 1,65) = 1,43$
Параметр M	M	Формула (4.22)	---	$0,42 \cdot (1 - 0,4 \cdot 0,3) \cdot (1,43)^{1/3} = 0,416$
Ефективне значення критерію Бугера	\widetilde{Bu}	$1,6 \cdot \ln((1,4 \cdot Bu^2 + Bu + 2) / (1,4 \cdot Bu^2 - Bu + 2))$	---	$1,6 \cdot \ln\left(\frac{1,4 \cdot 0,71^2 + 0,71 + 2}{1,4 \cdot 0,71^2 - 0,71 + 2}\right) = 0,85$
Температура газів на виході з топки	ϑ_T''	Формула (4.19)	°C	$\frac{1771}{1 + 0,416 \cdot 0,85^3 \cdot \left(\frac{5,67 \cdot 10^{-11} \cdot 0,32 \cdot 72 \cdot 1771^3}{0,986 \cdot 1,22 \cdot 22}\right)^{0,6}} - 273 = 1078$
Ентальпія газів на виході з топки	I_T''	за I – 9 таблицею	кДж/кг	8719,495
Променисте теплосприйняття топки	$Q_T^{пр}$	$\varphi \cdot (Q_T - I_T'')$	кДж/кг	$0,986 \cdot (12600 - 8719,495) = 3826$

Продовження табл. 3.7

1	2	3	4	5
Середнє теплове навантаження промінесприймальної поверхні	q_{np}^{cp}	$\frac{B_p \cdot Q_T^{np}}{H_{np}}$	кВт/м ²	$1,22 \cdot 3826 / 37,19 = 125,5$
Розходження променистого теплосприйняття	$\varepsilon(\vartheta_T'')$	$(\vartheta_T'' - \vartheta_T''') / \vartheta_T''$	---	$(1078 - 1100) / 1100 = 0,02$ або 2 %

Таблиця 3.8 – Розрахунок перевірний I пучка кип'ятильного

Величина			Розмірність	Розрахунок
Найменування	Позначення	Розрахункова формула, спосіб визначення		
Діаметр труб	d	за розмірами	мм	51
Середня довжина труб	L	--/--/--	м	2,55
Кількість труб	Z	--/--/--	шт	192
Середній крок труб : поперечний повздожній	s ₁	--/--/--	мм	100
	s ₂		мм	110
Відносний крок труб: поперечний повздожній	σ ₁	S ₁ / d	---	100/51=1,96
	σ ₂	S ₂ / d	---	110/51=2,16
Розташування у пучку труб	-	--/--/--	---	коридорне
Кількість в ряду труб	Z ₁	--/--/--	шт	16
Кількість рядів труб	Z ₂	--/--/--	шт	12
Повна площа поверхні нагріву	H	$\pi \cdot d \cdot L \cdot Z$	м ²	$3,14 \cdot 0,051 \cdot 2,55 \cdot 192 = 78$
Площа перерізу живого для проходу газів	F _r	$A_r \cdot L_1 - Z_1 \cdot d \cdot L_1$	м ²	$4,9 - 16 \cdot 0,051 \cdot 2,55 = 2,84$
Ефективна товщина випромінюючого шару	S	$0,9 \cdot \left(\frac{4 \cdot s_1 \cdot s_2}{\pi \cdot d^2} - 1 \right) \cdot d$	м	$0,9 \cdot 0,051 \cdot (4 \cdot 0,1 \cdot 0,11 / 3,14 \cdot 0,051 - 1) = 0,2$
Температура газів перед пучком	θ _{ф'}	з розрахунку топки	°C	1078
Ентальпія перед пучком газів	I _{ф'}	--/--/--	кДж/кг	8719,495
Температура за пучком газів	θ _{ф''}	прийнята попередньо	°C	800
Ентальпія за пучком газів	I _{ф''}	За I – θ таблицею	кДж/кг	6527,061

Продовження табл. 3.8

1	2	3	4	5
Теплосприйняття пучка	$Q_{\text{п}}$	$\varphi \cdot (I_{\text{ф}}' - I_{\text{ф}}'' + \Delta\alpha_{\text{прс}} \cdot I_{\text{хп}}^0)$	кДж/кг	$0,986 \cdot (8719,495 - 6527,061 + 0,07 \cdot 128,78) = 2171$
Температура кипіння при тиску у барабані	$t_{\text{кип}}$	з табл. води чи пари в стані насичення	$^{\circ}\text{C}$	184
Середня температура газів	$\vartheta_{\text{ср}}$	$0,5 (\vartheta' + \vartheta'')$	$^{\circ}\text{C}$	$0,5 (1078 + 800) = 939$
Середній напір температурний	Δt	$\vartheta_{\text{ср}} - t_{\text{кип}}$	$^{\circ}\text{C}$	$939 - 184 = 755$
Коефіцієнт тепловіддачі конвекцією	$\alpha_{\text{к}}$	Рис. 5.3 $\alpha_{\text{н}} \cdot c_z \cdot c_s \cdot c_{\text{ф}}$	Вт $\text{м}^2 \cdot \text{К}$	$70 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 70$
Сумарна поглинаюча здатність	$pr_{\text{пс}}$	$p \cdot r_{\text{п}} \cdot s$	М $\cdot \text{МПа}$	$0,1 \cdot 0,414 \cdot 0,2 = 0,0083$
Коефіцієнт послаблення променів триатомними газами	$K_{\text{Г}}$	$K_{\text{Г}}^0 \cdot r_{\text{п}}$, $K_{\text{Г}}^0 = 32$ (рис. 4.4)	$1/(\text{М} \cdot \text{МПа})$	$32 \cdot 0,414 = 13,25$
Коефіцієнт ослабнення променів золотими частинками	$K_{\text{зл}} \mu_{\text{зл}}$	Формула (4.16)	$1/(\text{М} \cdot \text{МПа})$	$\frac{10^4 \cdot 0,7}{\sqrt[3]{(939+273)^2}} \cdot \frac{0,00255}{1+1,2 \cdot 0,00255 \cdot 0,2} = 0,178$
Коефіцієнт послаблення променів в топці	K	$K = K_{\text{зл}} \cdot \mu_{\text{зл}} + K_{\text{к}} \cdot \chi_1 \cdot \chi_2 + K_{\text{Г}}^0 \cdot r_{\text{п}}$	$1/(\text{М} \cdot \text{МПа})$	$0,178 + 10 \cdot 0,5 \cdot 0,03 + 13,25 = 13,58$
Критерій Бугера	Bu	$K \cdot p \cdot s$	---	$13,58 \cdot 0,1 \cdot 0,2 = 0,27$
Ступінь чорноти середовища випромінюючого	a	$1 - e^{-Bu}$	---	$1 - e^{-0,27} = 0,237$

Продовження табл. 3.8

Коефіцієнт тепловіддачі випромінюванням	$\alpha_{\text{пр}}$	Рис. 5.5 $\alpha_{\text{н}} \cdot c_{\text{г}} \cdot a$	Вт/(м ² · К)	$160 \cdot 0,97 \cdot 0,24 = 37,2$
Коефіцієнт використання поверхні	ξ	розділ 5	---	0,95
Коефіцієнт тепловіддачі від газів до стінки	α_1	$\xi \cdot (\alpha_{\text{к}} + \alpha_{\text{пр}})$	Вт/(м ² · К)	$0,95 \cdot (70 + 37,2) = 102$
Коефіцієнт теплопередачі	К	$\psi \cdot \alpha_1$	Вт/(м ² · К)	$0,44 \cdot 102 = 44,9$
Різниця температур: більша , менша	$\Delta t_{\delta} \Delta t_{\text{м}}$	$\vartheta' - t_{\text{кип}}$ $\vartheta'' - t_{\text{кип}}$	°С °С	$1078 - 184 = 894$ $800 - 184 = 616$
Температурний напір протитечії	$\Delta t_{\text{прт}}$	$(\Delta t_{\delta} - \Delta t_{\text{м}}) / \ln(\Delta t_{\delta} / \Delta t_{\text{м}})$	°С	$(894 - 616) / \ln(894/616) = 747,3$
Теплосприйняття пучка по рівнянню теплопередачі	$Q_{\text{т}}$	$K \cdot H \cdot \Delta t \cdot 10^{-3} / \text{Вр}$	кДж/кг	$44,9 \cdot 78 \cdot 747,3 \cdot 10^{-3} / 1,22 = 2145$
Розходження розрахункових теплосприймаць	ΔQ	$(Q_{\delta} - Q_{\text{т}}) \cdot 100 / Q_{\delta}$	%	$(2171 - 2145) \cdot 100 / 2171 = 1,2$

Оскільки розрахункова розбіжність менше 2,5%, перерахунок не проводимо

Таблиця 3.9 - Розрахунок перевірний II пучка кип'ятильного

Величина		Розрахункова формула чи спосіб	Одиниця	Розрахунок
найменування	позначення			
1	2	3	4	5
Діаметр труб	$d \times S$	За констр. розмірами	мм	51×2,5
Довжина труб	l	–Ø–	м	2,55
Кількість труб	n	–Ø–	шт.	280
Кроки труб:				
поперечний	S_1	За констр. розмірами	мм	100
повздовжній	S_2		мм	110
ідносні кроки труб:				
поперечний	S_1/d	S_1/d	-	100/51=1.96
повздовжній	S_2/d	S_2/d	-	110/51=2.16
Кількість труб в ряду	z_1	За констр. розмірами	шт.	16
Кількість рядів труб	z_2	За констр. розмірами	шт.	23
Площа поверхні нагріву	H	$\Pi \cdot d_3 \cdot l \cdot n$	м ²	$3.14 \cdot 0.051 \cdot 2.55 \cdot 280 = 114.3$
Площа живого перерізу для проходу газів	F_r	$A \cdot b - z_1 \cdot d \cdot l$	м ²	4,03- $16 \cdot 0,051 \cdot 2,55 = 1,95$
Ефективна товщина випромінюючого шару	S	$0,9 \left(\frac{4 \cdot S_1 \cdot S_2}{x \cdot d^2} - 1 \right) \cdot d$	м	0,9· $((4 \cdot 0,1 \cdot 0,11) / (3,14 \cdot 0,051^2) - 1) \cdot 0,051 = 0,2$
Температура газів на вході	ϑ'	за розрахунками 1-го ступеня пароперегрівника	°C	800
Ентальпія газів на вході	J'	за розрахунками 1-го ступеня пароперегрівника	кДж/ кг	6527,061
Температура газів на виході	ϑ''	Приймаємо з послідуочим пароперегрівником	°C	600

Продовження табл. 3.9

1	2	3	4	5
Ентальпія газів на виході	J''	табл. 4	кДж/ кг	5040,411
Теплосприймання пучка	Q_r	$\varphi \cdot (J' - J'' + \Delta\alpha_{\text{прс}} \cdot J_{\text{хв}}^0)$	кДж/ кг	$0,986 \cdot (6527,061 - 5040,411 + 0,1 \cdot 128,78) = 1478$
Середня температура газів	$\vartheta_{\text{ср}}$	$0,5 \cdot (\vartheta' + \vartheta'')$	°С	$0,5 \cdot (800 + 600) = 700$
Температура кипіння в барабані	t_k	Таблиця водяної пари	°С	184
Середній температурний напір	Δt	$\vartheta_{\text{ср}} - t$	°С	$700 - 184 = 516$
Середня швидкість газів	w_r	$V^p \cdot V_r \cdot (\vartheta_{\text{ср}} + 273) / 273 \cdot F_r$	м/с	$(1,22 \cdot 7,278 \cdot (516 + 273)) / (273 \cdot 1,95) = 13$
Коефіцієнт тепловіддачі конвекцією	α_k	[11, дод. 6] $\alpha_H \cdot c_z \cdot c_3 \cdot c_\phi$	Вт/м ² К	$54 \cdot 0,98 \cdot 1 = 53$
Сумарна поглинаюча здатність 3-х атомних газів	$P \cdot r_n \cdot S$	$P \cdot r_n \cdot S$	м·МПа	$0,1 \cdot 0,423 \cdot 0,2 = 0,008$
Коефіцієнт послаблення променів 3-х атомними газами	K_r	[11, дод. 3]	(м·МПа) ⁻¹	$35 \cdot 0,423 = 14,8$
Критерій Бугера	$Ви$	$K \cdot p \cdot S$	-	$15,12 \cdot 0,1 \cdot 0,2 = 0,30$
Міра чорноти випромінювального середовища	a_c	$1 - e^{-Ви}$	-	$1 - e^{-0,30} = 0,26$

Продовження табл. 3.9

1	2	3	4	5
Температура забрудненої стінки труби	$t_{ст}$	$t_{кип} + \Delta t$	$^{\circ}C$	$184 + 25 = 209$
Коефіцієнт тепловіддачі випромінюванням	$\alpha_{пр}$	[11, дод. 9]	Вт/м ² К	$45 \cdot 0,96 \cdot 0,26 = 11,23$
Коефіцієнт використання поверхні нагріву	ξ	[11, формула 3.11]	-	0,95
Сумарний коефіцієнт тепловіддачі	α_1	$\xi(\alpha_k + \alpha_{пр})$	Вт/м ² К	$0,95 \cdot (53 + 11,23) = 61$
Коефіцієнт теплової ефективності	Ψ	[11, табл. 4.1]	-	0,51
Коефіцієнт теплопередачі	K	$\Psi \cdot \alpha_1$	Вт/м ² К	$0,51 \cdot 61 = 31,11$
Теплосприймання кип'ятивного пучка	$Q_{кип}$	$K \cdot H \cdot \Delta t \cdot 10^{-3} / B_p$	кДж/кг	$31,11 \cdot 114,3 \cdot 501 \cdot 10^{-3} / 1,22 = 1460$
Розбіжність розрахунків	ΔQ	$(Q_r - Q_{кип}) / Q_r$	%	$(1478 - 1460) / 1478 \cdot 100 = 1,2\%$

Таблиця 3.10 – Розрахунок перевірний економайзера сталевого.

Величина		Розрахункова формула чи спосіб визначення	Одиниця	Розрахунок
Найменування	Позначення			
1	2	3	4	5
Діаметр труб	$d_3 \times S$	За конструктивними розмірами	мм	32x6
Кількість труб в ряду	n_1	—”—	шт.	9
Кількість рядів труб	n_2	—”—	шт.	24
Загальна кількість труб	z	$n_1 * n_2$	шт.	$9 \cdot 24 = 216$
Довжина труби	l	—”—	м	2,4
Поверхня нагріву у економайзері	H	$\Pi * d * l * Z$	m^2	$3,14 \cdot 0,032 \cdot 2,4 \cdot 216 = 50$
Площа перерізу для проходу газів	F_r	—”—	m^2	1,445
Поперечний крок труб	S_1	З креслення	мм	100
Повздовжній крок труб	S_2	—”—	мм	60
Відносні кроки труб: поперечний	S_1/d S_2/d	S_1/d		$100/32 = 3,13$ $60/32 = 1,87$
Температура газів на вході	ϑ'	з розрахунку пароперегрівника	$^{\circ}C$	600
Ентальпія газів на вході	J'	з розрахунку пароперегрівника	кДж/ кг	5150,038
Температура газів на виході	ϑ''	приймаємо	$^{\circ}C$	500
Ентальпія газів на виході	J''	$J - \vartheta$	кДж/ кг	4238,172

Продовження табл.3.10

Витрата води у економайзері	G_e	$D+G_{пр}$	кг/с	$5.56+0,167=5,727$
Тепло сприймання економайзера	Q_e	$\varphi \cdot (J' - J'' + \Delta\alpha_{прс} \cdot J_{хч}^0)$	кДж/ кг	$0,986 \cdot (5150,038 - 4238,172 + 0,04 \cdot 128,78) = 904$
Температура води на вході	$t'_{жв}$	$t_{жв} + (40 \dots 50)$	°C	$102 + 50 = 152$
Ентальпія для води на вході	h'	$t'_{жв} \cdot C_{рв}$	кДж/ кг	$4,19 \cdot 152 = 637$
Ентальпія води на виході	h''	$h' + (Q_e V_p) / G_e$	кДж/ кг	$(1,22 \cdot 904) / 5,727 + 637 = 830$
Температура води на виході	t''	Табл. Води у стані насичення	°C	195
- більша	Δt_6	$\vartheta' - t''$	°C	$600 - 152 = 448$
- менша	Δt_m	$\vartheta'' - t'$	°C	$500 - 195 = 305$
Температурний напір	Δt	$(\Delta t_6 - \Delta t_m) / \ln(\Delta t_6 / \Delta t_m)$	°C	$(448 - 305) / \ln(448 / 305) = 371$
Середня температура газів	ϑ_{cp}	$0,5(\vartheta' + \vartheta'')$	°C	$0,5 \cdot (600 + 500) = 550$
Серед. швидк. газів	W_r	$V_p V_r T_{cp,r} / (F_r \cdot 273)$	м/с	$(1,22 \cdot 7,54 \cdot (273 + 550)) / (273 \cdot 1,445) = 19,2$
Коефіцієнт тепловіддачі конвекцією	α_k	[11, дод. 6] $\alpha_H \cdot C_z \cdot C_3 \cdot C_\phi$	Вт/м ² К	$95 \cdot 1 \cdot 1,09 \cdot 1 = 103$
Коефіцієнт теплової ефективності	Ψ	[11, табл. 4.1]	-	0,58
Коефіцієнт використання поверхні нагріву	ξ	[11, формула 3.11]	-	1
Сумарний коефіцієнт	α_1	$\xi \alpha_k$	Вт/м ² К	$103 \cdot 1 = 103$
Коефіцієнт теплопередачі	K	$\xi \cdot \alpha_1$	Вт/м ² К	$0,58 \cdot 103 = 60$

Продовження табл. 3.10

1	2	3	4	5
Теплосприймання економайзера	Q_e	$(KH\Delta t)/(B_p 10^3)$	кДж/ кг	$(60 \cdot 50 \cdot 371)/(1,2 \cdot 2 \cdot 10^3) = 912$
Розбіжність розрахунків	ΔQ	$(Q_r - Q_{кп})/ Q_r$	%	$100 \cdot (912 - 904)/904 = 0,9\%$
Коефіцієнт використання поверхні нагріву	ξ	[11, формула 3.11]	-	1

Таблиця 3.11 – Розрахунок конструктивний економайзера чувунного.

Назва величини	Позн .	Формула або метод знаходження	Один. Вим.	Розрахунок та результат розрахунку
1	2	3	4	5
Температура газів перед економайзером	Θ'	Із розрахунку сталього економайзера	$^{\circ}\text{C}$	500
Ентальпія газів перед економайзером	I'	Із розрахунку сталього економайзера	кДж/к г	4238,172
Температура газів відхідних	$\Theta''_{ек}$	Із завдання	$^{\circ}\text{C}$	220
Ентальпія газів відхідних	$I''_{вг}$	Розділ 2.5	кДж/к г	1836
Кількість теплоти, яку передано в економайзері	$Q_B^{ек}$	$\varphi \cdot (I' + \Delta\alpha_{ек} \cdot I''_{хп} - I'')$	кДж/к г	$0,986 \cdot (4238,172 - 1836 + 0,04 \cdot 128,78) = 2374$
Температура води живильної	$t_{жв}$	Із завдання	$^{\circ}\text{C}$	102
Ентальпія води живильної	$i_{жв}$	Табл. 1 [Л. 2]	кДж/к г	427,4
Витрати продукційної води	$G_{пр}$	3 табл. 5	кг/с	0,167

Продовження табл. 3.11

1	2	3	4	5
Ентальпія води після економайзера	$i''_{ек}$	$\frac{B_p \cdot Q_B^{ек}}{D_k + D_{пр}} + i_{жв}$	кДж/кг	$(1,22 \cdot 2374) / (5,56 + 0,167) + 427,4 = 933,4$
Температура води після економайзера	$t''_{ек}$	$t_{жв} + \frac{B_p \cdot Q_B^{ек}}{G_e \cdot C_p}$	$^{\circ}C$	$102 + (2374 \cdot 1,22) / (5,727 \cdot 4,19) = 223$
Тип економайзера	-	Пункт 2, §8-4 [Л. 1]	-	ВТИ
Більший	$\Delta t_б$	$\Theta' - t''_{ек}$	$^{\circ}C$	$500 - 223 = 277$
Менший температурний перепад	$\Delta t_м$	$\Theta'' - t_{жв}$	$^{\circ}C$	$220 - 102 = 118$
Середньо-логарифмічний тиск	Δt	$\frac{\Delta t_б - \Delta t_м}{\ln \frac{\Delta t_б}{\Delta t_м}}$	$^{\circ}C$	$(277 - 118) / \ln(277/118) = 186,4$
Температура середня продуктів спалювання	$\Theta_{ср}$	$0,5(\Theta' + \Theta'')$	$^{\circ}C$	$0,5 \cdot (500 + 220) = 360$
Кількість у ряду труб	Z_1	3 креслення	Шт.	10
Площа поперечного перерізу газоходу	F	$f \cdot Z_1$	m^2	$0,12 \cdot 10 = 1,2$
Площа перерізу для проходу продуктів спалювання однієї труби	f	Табл. 8-1 [Л. 1]	m^2	0,12
Температура живильної води	$t_{жв}$	Із завдання	$^{\circ}C$	102
Ентальпія води живильної	$i_{жв}$	Табл. 1 [Л. 2]	кДж/кг	427,4
Витрати води продувочної	$G_{пр}$	3 табл. 5	кг/с	0,167

Продовження табл. 3.11

1	2	3	4	5
Ентальпія води після економайзера	$i''_{ек}$	$\frac{B_p \cdot Q_B^{ек}}{D_k + D_{пр}} + i_{жв}$	кДж/кг	$(1,22 \cdot 2374) / (5,56 + 0,167) + 427,4 = 933,4$
Температура води після економайзера	$t''_{ек}$	$t_{жв} + \frac{B_p \cdot Q_B^{ек}}{G_e \cdot C_p}$	$^{\circ}C$	$102 + (2374 \cdot 1,22) / (5,727 \cdot 4,19) = 223$

Визначення нев'язки розрахунку і зведення балансу.

Назва величини	Позн.	Формула або метод знаходження	Один. вим.	Розрахунок та результат розрахунку
Сприйнята теплота	ΣQ	$Q_{пр} + Q_{кп1} + Q_{кп2} + Q_{ек1} + Q_{ек2}$	кДж/кг	$3826 + 2171 + 1478 + 904 + 2374$
Відхил балансу	$\varepsilon(Q)$	$[Q_H \cdot \eta_{пг} - \Sigma Q \cdot (1 - q_4/100)] / Q_H$	%	$[12346 \cdot 0,836 - 10753 \cdot (1 - 1/100)] / 12346 = 0,026 = 2,6 \%$

3.2 Тепловий розрахунок секційного теплообмінника

Дані початкові для теплового розрахунку.

Теплообмінник – кожохотрубний.

Гарячий теплоносій – насичена пара.

Холодний теплоносій – вода.

Тиск гарчого теплоносія на вході $P_1 = 0,29$ (МПа).

Температура холодного теплоносія на виході $t_{22} = 95$ (°C).

Витрата теплоносія холодного $G_2 = 5,3$ кг/с.

Довжина трубки теплообмінної $l = 2100$ мм.

Діаметр трубки теплообмінної 16×1 мм.

Зовнішній діаметр кожуха – 325 мм.

Ентальпія теплоносія гарчого (насиченої пари) на вході у теплообмінник за температурою та тиском $h_{11} = 2723,5$ кДж/кг.

Ентальпія теплоносія гарчого (конденсату) на виході з теплообмінника за та тиском $h_{12} = 556,4$ кДж/кг.

Температура теплоносія холодного на вході t_{21}

$$Q = G_2 \cdot C_{p2} \cdot (t_{21} - t_{22}), \quad (3.5)$$

$$(t_{21} - t_{22}) = Q / G_2 \cdot C_{p2} = 245 / 5,3 \cdot 4,214 = 10,97 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

$$t_{21} = 95 - 10,97 = 84,03 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Температура середня холодного теплоносія (води)

$$\bar{t}_2 = 0,5 \cdot (t_{21} + t_{22}), \quad (3.6)$$

$$\bar{t}_2 = 0,5 \cdot (84,03 + 95) = 89,5 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

За температурою середньою визначаємо властивості води теплофізичні:

- коефіцієнт теплопровідності $\lambda_2 = 0,680 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$;
- густина водир₂ = 965,3 (кг/м³);
- кінематична в'язкість води $\nu_2 = 0,326 \cdot 10^{-6} \text{ (м}^2\text{/с)}$;
- теплоємність води $C_{pв2} = 4,208 \text{ (кДж/(кг}\cdot\text{К))}$;
- критерій Прандтля $Pr_2 = 1,95$.

Витрата пари для потреб теплообмінника на гарячого водопостачання

$$D_1 = Q / [\eta_{то} \cdot (h_{11} - h_{12})], \quad (3.7)$$

де h_{11}, h_{12} – ентальпія пари при $P = 0,29 \text{ МПа}$ та конденсату (за табл. параметрів пари на лінії насичення).

$$D_1 = 245 / [0,98 \cdot (2723,5 - 556,4)] = 0,11 \text{ (кг/с)}.$$

Різниця температур між теплоносіями

Менша різниця температур між теплоносіями у теплообміннику

$$\Delta t_m = t_n - t_{22}, \quad (3.8)$$

$$\Delta t_{m1} = 132 - 95 = 37 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Більша різниця температур між теплоносіями у теплообміннику

$$\Delta t_6 = t_n - t_{21}, \quad (3.9)$$

$$\Delta t_{61} = 132 - 84,03 = 47,97 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Напір температурний у теплообміннику (середньологарифмічний)

$$\Delta t_{cp} = (\Delta t_6 - \Delta t_m) / (\ln(\Delta t_6 / \Delta t_m)), \quad (3.10)$$

$$\Delta t_{cp1} = (47,97 - 37) / (\ln(47,97/37)) = 42,25 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Об'ємна витрата теплоносія холодного у першій секції

$$V_{21} = G_{21} / \rho_2, \quad (3.11)$$

$$V_{21} = 5,3 / 965,3 = 55 \cdot 10^{-4} \text{ (м}^3\text{/с)}.$$

Швидкістю руху холодного теплоносія в теплообмінній трубці задамошь

$$w_{21} = 1,2 \text{ м/с}.$$

Площа поперечного перерізу трубок

$$F_2 = V_{21} / w_{21}, \quad (3.12)$$

$$F_2 = 55 \cdot 10^{-4} / 1,2 = 45,8 \cdot 10^{-4} \text{ (м}^2\text{)}.$$

Внутрішній діаметр труб в підігрівнику (із завданням) $d_{вн} = 0,014 \text{ м}$.

Кількість трубок у підігрівнику гарячого водопостачання

$$n = 4F_2 / (\pi d_{вн}^2), \quad (3.13)$$

$$n = 4 \cdot 45,8 \cdot 10^{-4} / (3,14 \cdot 0,014^2) = 29,8 .$$

Приймаємо ціле значення кількості труб у підігрівнику $n = 30$

Уточнюємо швидкість теплоносія холодного у теплообмінних трубках

$$w_2 = 4 \cdot V_{21} / (n \cdot \pi \cdot d_{вн}^2), \quad (3.14)$$

$$w_2 = 4 \cdot 55 \cdot 10^{-4} / (30 \cdot 3,14 \cdot 0,014^2) = 1,19 \text{ (м/с)}.$$

Визначаємо критерій Рейнольдса для теплоносія холодного

$$Re_2 = (w_2 \cdot d_{вн}) / \nu_2, \quad (3.15)$$

$$Re_2 = (1,19 \cdot 0,014) / (0,326 \cdot 10^{-6}) = 51083,1.$$

Температура стінки труби у першому наближенні $t_{ст} = 109^\circ\text{C}$, тоді $Pr_{ст.} = 1,66$.

Критерій Нуссельта для теплоносія холодного у гладких трубах

$$Nu_{гп2} = 0,021 \cdot Re_2^{0,8} \cdot Pr_2^{0,43} \cdot (Pr_2 / Pr_{ст.})^{0,25}, \quad (3.16)$$

$$Nu_{гп2} = 0,021 \cdot 51083,1^{0,8} \cdot 1,75^{0,43} \cdot (1,75 / 1,66)^{0,25} = 171,2.$$

Коефіцієнт тепловіддачі від стінки труби до теплоносія холодного

$$\alpha_2 = (Nu_2 \cdot \lambda_2) / d_{вн}, \quad (3.17)$$

$$\alpha_2 = (171,2 \cdot 0,680) / 0,014 = 8313 \text{ (Вт/м}^2\text{·К)}.$$

Критерій Григуля для конденсації пари на горизонтальних поверхнях

$$Z = l \cdot A \cdot \Delta t_1 \cdot \pi, \quad (3.18)$$

де $\Delta t_1 = t_{п} - t_{ст}$ - перепад температур між парою та стінкою;

l – довжина однієї труби $l = 1 \text{ м}$.

$A = 82$ – коефіцієнт з табл. за $t_{п}$, $1/(\text{м} \cdot \text{К})$.

$$Z = 1 \cdot 82 \cdot (133,5 - 109) \cdot 3,14 = 6324.$$

Критерій Рейнольдса пари для конденсації

$$Re_1 = 3,25 \cdot Z^{0,75}, \quad (3.19)$$

$$Re_1 = 3,25 \cdot 6324^{0,75} = 2304,8.$$

Коефіцієнт тепловіддачі від пари до стінки труби у гладких трубах

$$\alpha_{\text{гп1}} = \text{Re}_1 / (l \cdot \Delta t_1 \cdot B \cdot \pi) \cdot \varepsilon_{\text{п}}, \quad (3.20)$$

де $B = 8,47 \cdot 10^{-3}$ – безрозмірний коефіцієнт із табл. за $t_{\text{н}}$;

$\varepsilon_{\text{п}} = 1$ – поправковий коефіцієнт, який враховує кількість рядів труб знаходиться із

$$\alpha_1 = (3,25 \cdot 82^{0,75}) / (3,14 \cdot (133,5 - 109) \cdot 0,5 \cdot 0,016^{0,25} \cdot 8,47 \cdot 10^{-3}) = 11805 \text{ (Вт/м}^2 \cdot \text{К)}.$$

Коефіцієнт теплопередачі теплообмінника

$$K = 1 / [(1/\alpha_1) + (\delta_{\text{ст}}/\lambda_{\text{ст}}) + (1/\alpha_2)], \quad (2.20)$$

$$K = 1 / [(1/11805) + (0,0001/18) + (1/8313)] = 3838 \text{ (Вт/(м}^2 \cdot \text{К))}.$$

Поверхня нагріву для теплообмінника

$$F = Q_1 / (K \cdot \Delta t_{\text{ср}}), \quad (3.22)$$

$$F = 245 \cdot 10^3 / (3838 \cdot 42,25) = 1,51 \text{ (м}^2 \text{)}.$$

Поверхня нагріву у одній секції

$$f_1 = F / (n \cdot \pi \cdot d_3) \quad (3.23)$$

$$f_1 = 1,51 / (0,016 \cdot 3,14 \cdot 30) = 1 \text{ (м}^2 \text{)}.$$

Кількість в підігрівнику секцій

$$z = F / f_1, \quad (3.24)$$

$$z = 1,51 / 1 = 0,89 \text{ (секцій)}.$$

З урахуванням впливу забруднень, що утворюються у процесі експлуатації, приймаємо для встановлення $n = 1$ (шт.) секції довжиною 2,1 м.

Тепловий потік питомий

$$q = K \cdot \Delta t_{cp}, \quad (3.25)$$

$$q = 3838 \cdot 42,25 = 162149,7 \text{ (Вт/м}^2\text{)}.$$

Температура стінки труби внутрішньої

$$t_{ct} = \bar{t}_2 + q / \alpha_2, \quad (3.26)$$

$$t_{ct} = 89,5 + 162149,7 / 8313 = 109(\text{°C}).$$

Оскільки отримана температура стінки практично дорівнює попередньо прийнятій ($t_{ct}=109\text{°C}$), перерахунок не виконуємо.

Приймаємо швидкість пари в штуцері рівною 40 м/с.

Об'ємна витрата пари на теплообмінник

$$V_1 = D_1 / \rho_1, \quad (3.27)$$

де ρ_1 – густина гарячого теплоносія на вході теплообмінник, $\rho_1 = 1,600 \text{ кг/м}^3$;

$$V_1 = 0,11 / (1,600) = 0,0721 \text{ (м}^3\text{/с)}.$$

Площа перерізу фланця поперечного

$$f_{шт} = V_{шт} / w_{шт}, \quad (3.28)$$

$$f_{шт} = 0,0721 / 40 = 0,001803 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Діаметр штуцерів апарату

$$d_{шт} = \sqrt{4 \cdot f_{шт} / \pi}, \quad (3.29)$$

$$d_{шт} = \sqrt{4 \cdot 0,001803 / 3,14} = 0,048 \text{ (м)}.$$

Приймаємо діаметр штуцера $D_y = 48$.

3.3 Гідравлічний розрахунок теплообмінника

Коефіцієнт Дарсі для теплоносія холодного

$$\lambda = 0,3164 / Re, \quad (3.30)$$

$$\lambda_2 = 0,3164 / 52822 = 0,021.$$

Коефіцієнти опорів місцевих під час руху води у теплообміннику:

– вхід у трубу	$\xi_{вх} = 1;$
– вихід з труби	$\xi_{вих} = 0,5;$

Сумарний коефіцієнт опорів теплообмінника з боку теплоносія холодного

$$\Sigma \xi_2 = n \cdot (\xi_{вх} + \xi_{вих}), \quad (3.31)$$

$$\Sigma \xi_2 = 1 \cdot (1 + 0,5) = 1,5.$$

Втрати тиску під час холодного теплоносія в теплообміннику

$$\Delta P = (n \cdot \lambda_2 \cdot l / d_{вн} + \Sigma \xi_2) \cdot \rho_2 \cdot w_2^2 / 2, \quad (3.32)$$

$$\Delta P = (1 \cdot 0,021 \cdot 1 / 0,014 + 1,5) \cdot 965,3 \cdot 1,19^2 / 2 = 2054 \text{ (Па)}.$$

4 ТЕХНОЛОГІЯ МОНТАЖУ ТЕПЛООБМІННИКА ДЛЯ ПІДГРІВУ МЕРЕЖНОЇ ВОДИ

4.1 Аналіз об'єкту монтажу

Для підготовки гарячої води на даному об'єкті встановлено кожухотрубний теплообмінник одно секційний який має поверхню нагріву $2,8 \text{ м}^2$. Джерелом теплоти для теплообмінника є котли на газовому паливі, що видає насичену пару на виході з котла з тиском $P_{\text{п}} = 11 \cdot 10^{-5} \text{ Па}$. Три теплогенератори відпускають мережну воду із температурним графіком $95/84 \text{ }^\circ\text{C}$.

Кожухотрубний теплообмінник складається з пучка труб, встановленого між двома трубними дошками і призначений для конденсації пари, як правило, в міжтрубному просторі, в процесі його охолодження холоднішим теплоносієм, що подається в трубний простір. У деяких випадках, при конденсації забрудненої пари, що викликає забруднення теплообмінних поверхонь, пара може бути направлена в трубний простір, а теплоносій, що охолоджує, в міжтрубний. Конструктивно теплообмінник встановлено горизонтально на спеціальних опори. Маса теплообмінника у заводському виді складає 204 кг . Висока міцність конструкції, а також застосування спеціальних конструктивних елементів – температурних компенсаторів, U-подібних труб, плаваючих головок, що компенсують лінійне розширення металу, уможлиблює застосування кожухотрубних або трубчастих теплообмінників у теплообмінних процесах з великою різницею температур між гарячим та холодним теплоносієм.

Габаритні розміри теплообмінника: $D = 325 \text{ мм}$, висота $L = 2100 \text{ мм}$.

Приєднувальні патрубки :

- гаряча вода – Ду 50;
- холодна вода - Ду 50;

- підведення пари до теплообмінника – Ду 80
- Конденсат – Ду 15.

Необхідний тиск для підведення холодного теплоносія від мережі до теплообмінника забезпечується мережним насосом

« Насос мережний 6 ПДВ Д 315-71 з характеристиками: подача $V = 315$ куб.м/год, напір $H = 71$ м. Маса насосу – 190 кг, приєднання – фланцеве.

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

Розрахунок та комплектування основних та допоміжних матеріалів та виробів наведенні у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Відомість витрат матеріалів

№ п.п	Найменування матеріалу	Одиниці вимірювання	Кількість	Маса одиниці, кг	Маса, кг
1	2	3	4	5	6
Потреба в основних матеріалах					
1	Кожухотрубний теплообмінник ESK-262	шт.	1	185	185
2	Насос мережний 6 ПДВ Д 315-71	шт.	1	1025	1025
3	Клапан зворотній Zetkama 287, Ду 50	шт	1	1,5	1,5
4	Засувка типу “Баттерфляй” Zetkama 497, Ду 80	шт.	2	3,52	7,04
5	Клапан регулюючий прохідний HERZ, Ду 80 PN 16	шт.	1	34	34
6	Переривач вакууму Yoshitake VB-7S	шт.	1	3	3
7	Засувка типу “Баттерфляй” Zetkama 497, Ду 50	шт.	3	2,5	7,5
8	Клапан зворотний Genebre 3190 Ду15	шт.	1	0,39	0,39
9	Засувка типу “Баттерфляй” Zetkama 497, Ду15	шт.	2	1,5	3
10	Конденсатовідвідник поплавцевий Yoshitake TSF 10-F	шт.	1	5	5
11	Оглядове скло Yoshitake SF-1F	шт.	1	2,2	2,2

Продовження табл. 4.1

1	2	3	4	5	6
12	Труба електрозварна ДСТУ 8936:2019, Ду 80	м	9,7	7,34	71,2
13	Труба електрозварна ДСТУ 8936:2019, Ду 50	м	19,06	4,22	80,4
14	Труба електрозварна ДСТУ 8936:2019, Ду 15	м	3,6	1,10	3,96
15	Циліндр мінераловатний K-FLEX, діаметром 60 мм, товщиною 32 мм	м	9,7	0,246	2,4
16	Циліндр мінераловатний K-FLEX, діаметром 89 мм, товщиною 32 мм	м	19,06	0,336	6,4
17	Циліндр мінераловатний K-FLEX, діаметром 22 мм, товщиною 32 мм	м	3,6	0,192	0,7
					1439
Потреба у допоміжних матеріалах					
Для монтажу трубопроводів Ду 50 , Ду 80					
18	Електроди, діаметр 4 мм, марка 355	т	0,0804 0,0712	0,0011	0,167
19	Круги армовані абразивні зачисні, діаметр 180х6 мм	шт	0,0804*0,8 128 0,0712*0,6 35	0,374	0,374
20	Пароніт	т	0,0804 0,0712	0,01	1,516
Для монтажу трубопроводів Ду 15					
21	Дріт зварювальний легіюваний, діаметр 2 мм	т	0,004	0,0023	0,0092
22	Круги армовані абразивні зачисні, діаметр 180х6 мм	шт	0,004* *2,01	0,374	0,374
23	Пароніт	т	0,004	0,0012	0,0048
Для монтаж теплообмінника					
24	Азбестовий картон загального призначення (КАОН-1), товщина 2 мм	т	1	0,0027	0,0027
25	Фарба земляна густотерта олійна, мумія, сурик залізний	т	1	0,0000 8	0,00008
26	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э42	т	1	0,0005 1	0,00051
26	Оліфа натуральна	кг	1	0,02	0,02
28	Прокладки гумові (пластина технічна пресована)	кг	1	0,01	0,01

Продовження табл. 4.1

1	2	3	4	5	6
29	Болти з гайками та шайбами, діаметр 16 мм	т	1	0,0025 4	0,00254
30	Фланці плоскі приварні із сталі ВСтЗсп2, ВСтЗсп3, тиск 1,0 МПа (10 кгс/см ²), діаметр 80 мм	шт	1	2	2
31	Фланці плоскі приварні із сталі ВСтЗсп2, ВСтЗсп3, тиск 1,0 МПа (10 кгс/см ²), діаметр 50 мм	шт	2	2	4
32	Фланці плоскі приварні із сталі ВСтЗсп2, ВСтЗсп3, тиск 1,0 МПа (10 кгс/см ²), діаметр 15 мм	шт	1	2	2
33	Вода	м ³	1	0,026	0,026
34	Пароніт	т	1	0,0002 2	0,00022
Для монтажу насосу					
35	Електроди, діаметр 4 мм, марка Э42	т	1	0,0013	0,0013
36	Прокладки гумові (пластина технічна пресована)	т	1	0,15	0,15
37	Анкерні деталі із прямих або гнутих круглих стрижнів з різьбою	т	1	0,0030 8	0,00308
38	Болти з гайками та шайбами, діаметр 20 мм – 22 мм	т	1	0,006	0,006
39	Фланці плоскі приварні із сталі ВСтЗсп2, ВСтЗсп3, тиск 1,0 МПа (10 кгс/см ²), діаметр 50 мм	шт.	1	1	1
40	Розчин готовий кладковий важкий цементний, марка М50	м ³	1	0,023	0,023
Встановлення фланцевої арматури					
41	Болти з шестигранною головкою, діаметр різьби 12 – 14мм	т	0,3 0,4 0,15	0,0084 0,017 0,0071	32,5
42	Пластина гумова рулонна вулканізована	кг	0,3 0,4 0,3	0,3 0,8 1,7	2,8
Встановлення конденсатівідвідника					
43	Фарба земляна густотерта олійна, мумія, сурик залізний	т	1	0,0000 3	0,03

Продовження табл. 4.1

1	2	3	4	5	6
44	Оліфа натуральна	кг	1	0,02	0,02
45	Болти з гайками та шайбами, діаметр 12 мм	т	1	0,00066	0,66
46	Розчин готовий кладковий важкий цементний, марка М50	м3	1	0,001	0,001
47	Очіс льняний	т	1	0,00001	0,01
48	Пароніт	т	1	0,00005	0,05
49	Кріплення	т	1		
Встановлення контрольно-вимірювального приладу термометра					
50	Фарба земляна густотерта олійна, мумія, сурик залізний	т	2	0,00001	0,02
51	Масло індустрієне И-20А	кг	2	0,00011	0,22
52	Оліфа натуральна	т	2	0,01	20
53	Очіс льняний	т	2	0,00001	0,02
Встановлення контрольно-вимірювального приладу манометра					
54	Фарба земляна густотерта олійна, мумія, сурик залізний	т	1	0,00001	0,01
55	Болти з гайками та шайбами, діаметр 12 мм	т	1	0,00016	0,016
56	Оліфа натуральна	т	1	0,01	10
57	Очіс льняний	т	1	0,00001	0,01
58	Пароніт	т	1	0,00004	0,04
Ізоляційні роботи					
59	Стрічка сталев пакувальна, м'яка, нормальної точності 0,7х (20-50) мм	т	0,97 1,906 0,36	0,00153 0,00233 0,00267	0,211
60	Напівциліндри з мінеральної вати на синтетичному зв'язувальному	м ³	1		
61	Пряжки	кг	0,97 1,906 0,36	0,09	0,291
Сума					78,6

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

Загальна маса обладнання і матеріалів для доставки становить:

$$\Sigma M_{\text{заг.}} = \Sigma M_{\text{осн.обл}} + \Sigma M_{\text{доп.мат}} + \Sigma M_{\text{доп.обл}} = 1439 + 78,6 + 62 = 1580 \text{ (кг)}.$$

4.3 Визначення об'єму робіт і складу робіт. Вибір механізмів, типів машин, пристосувань і конструкцій

4.3.1 Визначення об'ємів робіт і складу робіт

Склад робіт.

1. Доставка деталей, матеріалів та обладнання до місця монтажу та складування.
2. Розмітка місць прокладання трубопроводів.
3. Монтаж кожухотрубчастого теплообмінника ESK-262.
4. Прокладання трубопроводів сталевих електрозварних Ду 80.
5. Установка засувки типу "Баттерфляй" Ду 80.
6. Встановлення клапану регулюючого прохідного HERZ PN 16.
7. Прокладання трубопроводів сталевих електрозварних Ду 50.
8. Установка засувки типу "Баттерфляй" та зворотного клапану фланцевих Ду 50.
9. Установка насосу мережного 6 ПДВ Д 315-71.
10. Прокладання трубопроводів сталевих електрозварних Ду 15.
11. Установка засувки типу "Баттерфляй" та зворотного клапану фланцевих Ду 15.
12. Встановлення конденсатовідвідника поплавцевого Yoshitake TSF 10-F.
13. Встановлення оглядового скла Yoshitake SF-1F.
14. Встановлення переривача вакууму Yoshitake VB-7S.

15. Випробування трубопроводів.
16. Влаштування теплової ізоляції з мінераловатного циліндра діаметром 60 мм, товщиною 32 мм .
17. Влаштування теплової ізоляції з мінераловатного циліндра діаметром 89 мм, товщиною 32 мм
18. Влаштування теплової ізоляції з мінераловатного циліндра діаметром 22 мм, товщиною 32 мм.
19. Повернення допоміжного обладнання на склад.

Об'єми робіт.

1. Транспортування деталей до місця монтажу. Одиниці вимірювання - тонна. Загальна вага усіх деталей 1439 кг . Приймаємо об'єм $V= 1,439$.
2. Розмітка місць прокладання трубопроводу. Одиниці вимірювання 100 м. Довжина всієї мережі трубопроводу складає $L= 9,7 + 19,06 + 3,6 = 32,4$ м. Приймаємо $V=0,324$.
3. Монтаж кожухотрубчастого теплообмінника ESK-262. Одиниці вимірювання - шт. У системі підготовки гарячої води встановлюється 1 теплообмінник. Отже, приймаємо $V=1$.
4. Прокладання трубопроводів електрозварних сталевих Ду 80. Одиниці вимірювання в тонна. Довжина труб складає 9,7 м, маса труб 63 кг, отже, приймаємо $V=0,063$.
5. Установка фланцевих засувки типу "Баттерфляй" Ду 80. Одиниці вимірювання - 10 шт. Кількість - 2 шт. Отже, об'єм становить $V=0,2$.
6. Встановлення клапану регулюючого прохідного HERZ PN 16.. Одиниці вимірювання - 1 шт. У системі встановлюється один регулюючий клапан. Отже, приймаємо $V=1$.
7. Прокладання трубопроводів електрозварних сталевих Ду 50. Одиниці вимірювання - тонна. Довжина труб складає 19,06 м, маса труб 80,4 кг, отже, приймаємо $V=0,0804$.

8. Установка фланцевої засувки типу “Баттерфляй” та зворотного клапану Ду 50. Одиниці вимірювання - 10 шт. Кількість - 4 шт. Отже, об’єм становить $V=0,4$.

9. Установка мережного насосу 6 ПДВ Д 315-71. Одиниці вимірювання – 1 шт. У системі встановлюється один насос масою 190 кг. Отже, приймаємо $V=1$.

10. Прокладання трубопроводів електрозварних сталевих Ду 15. Одиниці вимірювання - тонна. Довжина труб складає 3,6 м, маса труб 3,96 кг, отже, приймаємо $V=0,004$.

11. Установка фланцевої засувки типу “Баттерфляй” та зворотного клапану Ду 15. Одиниці вимірювання - 10 шт. Кількість - 3 шт. Отже, об’єм становить $V=0,3$.

12. Встановлення конденсатовідвідника поплавцевого Yoshitake TSF 10-F. Одиниці вимірювання - 1 шт. У системі встановлюється один конденсатовідвідник. Отже, приймаємо $V=1$.

13. Встановлення оглядового скла Yoshitake SF-1F. Одиниці вимірювання - 1 шт. У системі встановлюється одне оглядове скло. Отже, приймаємо $V=1$.

14. Встановлення переривача вакууму Yoshitake VB-7S. Одиниці вимірювання - 1 шт. У системі встановлюється один переривач вакууму. Отже, приймаємо $V=1$.

15. Випробування трубопроводів гідравлічне. Одиниці вимірювання - 100 м. Довжина всієї мережі трубопроводів складає $L= 9,7 + 19,06 + 3,6 = 32,4$ м. Приймаємо $V=0,324$.

16. Монтаж теплової ізоляції з циліндра мінераловатного діаметром 60 мм та товщиною 32 мм. Одиниця виміру - 10 м. Загальна довжина даних трубопроводів, які ізолюють 9,7 м. Отже, приймаємо $V=0,97$.

17. Монтаж ізоляції теплової з циліндра мінераловатного діаметром 89 мм та товщиною 32 мм . Одиниця виміру - 10 м. Загальна довжина даних трубопроводів, які ізолюють 19,06 м. Отже, приймаємо $V=1,906$.

18. Монтаж ізоляції теплової з циліндра мінераловатного діаметром 22 мм та товщиною 32 мм . Одиниця виміру - 10 м. Загальна довжина даних трубопроводів, які ізолюють 3,6 м. Отже, приймаємо $V=0,36$.

19. Завершальне випробування системи і здача в експлуатацію. Одиниці вимірювання - 100 м. Довжина всієї мережі трубопроводів складає $L= 9,7 + 19,06 + 3,6 = 32,4$ м. Приймаємо $V=0,324$.

20. Повернення допоміжного обладнання на склад. Одиниці вимірювання - тонна. Загальна вага допоміжного обладнання 62 кг . Приймаємо об'єм $V= 0,062$.

4.3.2 Підбір механізмів, машин, пристосувань

Для доставки обладнання, матеріалів і виробів для монтажу кожухотрубного теплообмінника доставляється централізовано автомашиною «Volkswagen LT 46». Оскільки загальна вага усього обладнання і допоміжних матеріалів становить 2,087 т, то доставка деталей та обладнання до місця монтажу проводиться за один раз. Технічні характеристики автомашини наведені в таблиці 3.13.

Таблиця 4.2 – Характеристики Volkswagen LT 46 технічні

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Об'єм	м ³	22
Вантажопідйомність	кг	3000
Габарити авто:		
Довжина		4,5
Ширина	м	2,5
Висота		2

Для виконання зварювальних робіт використовуємо інвертор зварювальний ARC-200 (Z209) (табл. 4.3).

Таблиця 4.3 – Характеристики зварювального інвертора технічні

Величина	Одиниця виміру	Значення
Потужність	кВт	6,58
Напруга	В	220 В ±15%
ККД	%	85
Діаметр електродів	мм	1,5-5
Габаритні розміри	мм	313 x 130 x 250
Вага	кг	5,2

Для робіт монтажних конденсатовідвідника обираємо перфоратор DeWALT D25133K із такими характеристиками технічними:

- Сила удару – 2.6 Дж;
- максимальна частота ударів – 5500 уд/хв.
- число обертів – 1500 об/хв ;
- потужність – 800 Вт;
- вага – 2,6 кг.

Для виконання шліфувально різальних робіт використовуємо шліфмашину кутову INTERTOOL WT-0227 із характеристиками:

- Споживана потужність 1800 Вт;
- швидкість обертання 8000 об/хв;
- діаметр круга 180мм;
- маса 5,2 кг.

Випробування трубопроводів на щільність та міцність виконуємо за допомогою ручного опресувача систем опалення SUPER-EGO TP25. Його характеристики: потужність – 1,3 кВт; продуктивність – 6 л/мин; максимальний тиск – 40 бар; вага обладнання – 16 кг.

Для виконання робіт такелажних використовуємо лебідку електричну Emvil 22-5120. З вказаними характеристиками в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Характеристики технічні для лебідки електричної Emvil 22-5120

Найменування	Одиниця виміру	Значення
Тягове зусилля в канаті	кг	1200
Швидкість навивки каната	м/хв	5
Діаметр троса	мм	7,5
Найменування	Одиниця виміру	Значення
Канатоємність	м	10
Потужність двигуна	Вт	1800
Габарити лебідки:		
Довжина	мм	550
Ширина	мм	310
Висота	мм	245
Маса лебідки	кг	33

Монтажна ланка оснащена інструментним набором із стандартних пристосувань у ящику переносному, що має загальну масу 11,75 кг.

Загальна маса всіх інструментів і пристосувань складає:

$$\Sigma M_{\text{інст.}} = 5,2 + 2,6 + 5,2 + 16 + 33 + 11,75 = 62 \text{ (кг)}.$$

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

У даній бакалаврській дипломній роботі розглядається питання переведення котельні приватного акціонерного товариства "Гніванський завод спецзалізобетону" на спалювання біомаси.

На працівників, які виконують роботи по переведення котельні на спалювання біомаси, можуть впливати такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

Фізичні:

- підвищена та понижена температура повітря робочої зони, підвищена рухливість повітря, підвищена та понижена вологість повітря;
- недостатнє освітлення робочої зони та недостатність природного освітлення;
- рухомі машини і механізми, незахищені рухомі елементи виробничого обладнання;
- небезпечний рівень напруги електричного кола, замикання якої може відбутися через тіло людини;
- підвищений рівень шуму і вібрації на робочому місці;
- психофізіологічні небезпечних та шкідливих виробничих фактори:
- фізичні перевантаження (динамічні); нервово-психічні;
- перевантаження (монотонність праці, перенапруга аналізаторів).

5.1 Технічні рішення з безпечного проведення досліджень

5.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

До початку будь-яких робіт всередині котла, з'єднаного з іншими працюючими котлами загальними трубопроводами (паропровід, живильні, дренажні, випускні лінії і т.д.), а також перед оглядом або ремонтом елементів,

що працюють під тиском, при наявності небезпеки опіку людей парою або водою, котел треба відділити від трубопроводів заглушками.

Відкривати люки і лючки, а також ремонтувати елементи котлів дозволяється тільки при повній відсутності тиску. Перед відкриттям люків і лючків, розміщених у межах водяного простору, воду з елементів котлів та економайзерів необхідно повністю видалити.

Виконання робіт в середині топок і газоходів котла допускається тільки при температурі, що не перевищує 50-60 градусів Цельсія при наявності письмового дозволу (наряду - допуску) завгоспа школи, написаного після відповідної перевірки місця роботи. Термін перебування однієї і тієї ж особи всередині котла чи газоходу за цих температурних умов не повинен перевищувати 20 хв.

На вентиляторах, засувках і заслінках при відключенні ділянок трубопроводів і газоходів, а також на пускових пристроях димососів, дуттєвих вентиляторів та живильників палива необхідно вивішувати плакати "Не вмикати, працюють люди". Одночасно на пускових пристроях димососів, дуттєвих вентиляторів і живильників палива необхідно зняти плавкі вставки. Установка та зняття заглушок виконуються у відповідності з нарядом-допуском.

Під час роботи у котлі, на його площадках та в газоходах для електроосвітлення застосовується напруга, що не перевищує 12 В.

Котли розпалюють тільки при наявності розпорядження старшого (завідуючого) кочегара або особи, яка заступає його, записаного у змінному журналі. У розпорядженні повинна бути вказана тривалість заповнення котла водою і її температура. Персонал котельні має бути попередженим про час розпалювання котла.

Якщо з відкритого запобіжного клапана або повітряного вентиля почне виходити пара, необхідно закрити запобіжний клапан або повітряний вентиль за пароперегрівачем.

Підтягування болтів лазів, люків під час розпалювання котла треба виконувати з великою обережністю, тільки нормальним ключем, без застосування подовжуючих важелів і у присутності осіб, відповідальних за котельнею. Для котлів з робочим тиском до 6 кгс/см². підтягування болтів лазів і люків допускається при тиску не більшому, як 50% робочого тиску, від 6 до 60 кгс/см². - при тиску не більшому, як 3 кгс/см², понад 60 кгс/см² - при тиску не більшому, як 5 кгс/см².

Під час розпалювання необхідно контролювати за переміщенням елементів котла при тепловому розширенні, за показниками переміщення (ролерами).

Перед ввімкненням котла в роботу необхідно виконати: а) перевірку справності дії запобіжних клапанів, водовказівних приладів манометра і живильних пристроїв; б) перевірку показів знижених показників рівня води за показниками рівня води прямої дії; в) перевірку і ввімкнення автоматики безпеки, сигналізаторів і апаратури автоматичного керування котлом; г) продувку котла. Забороняється вмикати в роботу котла з неспраною арматурою, живильними пристроями, автоматикою безпеки і засобами протиаварійного захисту та сигналізації.

Ввімкнення котла у паропровід повинно здійснюватись повільно, після старанного прогріву і продувки паропроводу. Під час прогрівання необхідно уважно стежити за справністю трубопроводу, компенсаторів, опор і підвісок, а також за рівномірним розширенням паропроводу. При виникненні вібрації або різких ударів необхідно припинити прогрівання до усунення виявлених дефектів.

При ввімкненні котла в працюючий паропровід тиск у котлі повинен дорівнювати або бути дещо меншим (не більш $0,5 \text{ кгс/см}^2$ від тиску в паропроводі, при цьому горіння у топці слід зменшити. Якщо при цьому в паропроводі виникатимуть поштовхи або гідравлічні удари, необхідно негайно припинити ввімкнення котла і збільшити продування паропроводу.

В міру збільшення навантаження котла продування пароперегрівача зменшується, а після досягнення приблизно половини нормального навантаження - припиняється.

Час початку розпалювання і ввімкнення котла в роботу записується у змінний журнал.

5.1.2 Електробезпека

Для живлення технологічного обладнання та системи вентиляції кондиціонування повітря будівництві об'єкту використовується трифазна чотирьохпровідна мережа із аземленою нейтраллю напругою 380/220 В.

Умови праці за ступенем небезпеки ураження працівників електричним струмом є умовами з підвищеною небезпекою, тому що підлога у будівлі є струмопровідною.

Улаштування та експлуатація електроустановок повинні здійснюватися відповідно до Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів (наказ від 25.07.2006 № 258 Мінпаливенерго України), Правил улаштування електроустановок (наказ від 28.08.2006 № 305 Мінпаливенерго України), НПАОП 0.00-1.29, НПАОП 40.1-1.01, НПАОП 40.1-1.07, НПАОП 40.1-1.21, НПАОП 40.1-1.32.

Улаштування і технічне обслуговування тимчасових і постійних електричних мереж на виробничій території повинен здійснювати персонал, що має відповідну кваліфікаційну групу з електробезпеки. Світильники загального

освітлення напругою 127 В і 220 В необхідно встановлювати на висоті не менше ніж 2,5 м від рівня землі, підлоги, настилу. За висоти підвішування менше ніж 2,5 м необхідно згідно з ПУЕ (наказ Мінпаливенерго України від 28.08.06 № 305) використовувати напругу не вище ніж 25 В.

Усі електропускові пристрої слід розміщувати так, щоб унеможлиблювався пуск машин, механізмів і устаткування сторонніми особами. Допуск персоналу будівельно-монтажних організацій до робіт у діючих установках і охоронній зоні ліній електропередачі повинен здійснюватися відповідно до вимог НПАОП 0.00-1.29, НПАОП 40.1-1.01, НПАОП 40.1-1.07, НПАОП 40.1-1.21, НПАОП 40.1-1.32 а також наказів Мінпаливенерго України від 25.07.2006 № 258 та від 28.08.2006 № 305.

5.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

5.2.1 Мікроклімат

Основними параметрами мікроклімату, на які приведено нормовані показники згідно є температура, відносна вологість, швидкість руху повітря. Оптимальні та допустимі норми параметрів мікроклімату в робочій зоні при прокладанні трубопроводів та повітропроводів та систем вентиляції та кондиціонування повітря, наведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Параметри мікроклімату робочої зони.

Період року	Категорія робіт	Допустимі		
		t, °C	W, %	V, м/с
Теплий	Середньої важкості	18-27	60 при 26 °C	0,2–0,4
Холодний	Па	17-23	До 75%	Не більше 0,3

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату проектом передбачено:

Температура внутрішніх поверхонь будівельних конструкцій робочої зони і зовнішніх поверхонь обладнання при забезпеченні оптимальних параметрів мікроклімату не повинні бути більше ніж на 2°C за діапазон норм.

Якщо температура поверхонь вище або нижче оптимальної температури повітря, то робочі місця повинні бути віддалені від них на відстань не менше їм.

5.2.1 Склад повітря робочої зони

Вміст шкідливих речовин у повітрі промислових і цивільних приміщень не повинен перебільшувати гранично допустимих концентрацій (ГДК п.рз) – максимально разових робочої зони (ГДК мр.рз) та середньозмінних робочої зони (ГДК сз.рз)

Таблиця 5.2 – Можливі забруднювачі повітря та їх ГДК

Найменування речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньодобова	
Пил нетоксичний	0,38	0,1	4

Вміст шкідливих речовин у повітрі житлових приміщень (пил нетоксичний) не перевищує максимальноразової ГДК (0,5 мг/м³) та середньодобової ГДК (0,15 мг/м³).

5.2.2. Виробниче освітлення

При виконанні будівельно-монтажних робіт використовується лише штучне освітлення (за допомогою люмінесцентних ламп). Нормування параметрів освітлення здійснюється згідно з нормативів.

Зорові роботи, які виконуються на об'єкті – це роботи середньої точності, що відносяться до IV розряду, підрозряд “в”; нормативне значення освітленості

складає 200лк. Такої освітленості достатньо для розрізнення найменших деталей таких, як різьба. Контраст об'єкта розрізнення з фоном - середній.

Нормовані значення освітлення наведені в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Норми освітлення штучного освітлення

Характеристика зорової роботи	Об'єкт розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Характеристика фону	Штучне освітлення		
						Освітленість, лк		
						комбіноване		загальне
						всього	у т.ч. від заг.	
Середньої	0,5-1 0,1550,3	IV	в	середній	світлий	400	200	200

Для забезпечення нормованих значень виробничого освітлення передбачено влаштування люмінесцентних ламп із забезпеченням рівномірного розподілу світла.

Даний об'єкт буде освітлюватися світильниками з люмінесцентними лампами.

Даний світильник – підвісний світильник з екрануючими решітками і зйомними панелями переважно прямого світла з 2 лампами по 40 (80) Вт.

5.2.1 Виробничий шум

Для забезпечення допустимих параметрів шуму проектом передбачено засоби колективного захисту: акустичні, архітектурно-планувальні й

організаційно-технічні.

Вид трудової діяльності, робоче місце	Рівні звукового тиску в дБ в октавних смугах із середньгеометричними частотами, Гц									Рівні шуму та еквів. рівні шуму, дБА, дБАек в.
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Виконання робіт на постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях та на території підприємства	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

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

Для зниження шуму в приміщенні, необхідно:

- безпосередньо біля джерел шуму використовувати звукопоглинаючі матеріали для покриття стелі, стін, застосовувати підвісні звукопоглиначі.
- для боротьби з вентиляційним шумом потрібно застосовувати мало шумові вентилятори.

5.2.2 Виробничі вібрації

Для зменшення дії вібрацій на працюючих проектом передбачено:

- застосування засобів індивідуального захисту, а саме рукавиці,

вкладиші і прокладки, віброзахисне взуття з пружнодемпферуючим низом.

Таблиця 5.5 – Допустимі рівні вібрації на постійних робочих місцях

Вид вібрації	Октавні смуги з середньгеометричними частотами, Гц									
	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000
Загальна вібрація: в виробничих приміщеннях, де немає машин, що генерують вібрації	$\frac{0,5}{100}$	$\frac{0,18}{91}$	$\frac{0,089}{85}$	$\frac{0,079}{84}$	$\frac{0,079}{84}$	$\frac{0,079}{84}$	-	-	-	-
Локальна вібрація	-	-	$\frac{2,8}{115}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$

5.2.3 Виробничі випромінювання

5.3 Технічні рішення з пожежної безпеки

Для захисту від пожежі передбачено такі протипожежні перешкоди та засоби пожежогасіння:

- стіни (тип протипожежних перешкод - 2; Мінімальна межа вогнестійкості протипожежної перешкоди (у хвиликах) - REI 60)

- Перекриття (тип протипожежних перешкод - 4;

Мінімальна межа вогнестійкості протипожежної перешкоди (у хвиликах) - REI 15)

Пожежну безпеку промислових і житлових будівель регламентують Правила пожежної безпеки в Україні. Пожежо-вибухонебезпечність речовин і матеріалів визначається за ДСТУ 8829: 2019 , за якою

визначається категорія приміщень за вибуховою та пожежною безпекою.

Таблиця 5.6 Відстані при ступені вогнестійкості будинків IIIa

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

Таблиця 5.7 – Вибір будівель за ступенем вогнестійкості.

Ступінь вогнестійкості будинків	Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвиликах) і максимальні межі поширення вогню по них (см)								
	стіни				колонни	сходові площид-ки сходи, балки, марші сходових кліток	перекрыття між поверхів і (у т.ч. горищніта над підвалами	елементи суміщених покриттів	
	та сходови несучі та сходи	самонесучі	Зовнішні не несучі	Внутрішні не несучі (перегородки)				плити, настили, прогони	балки, ферми, арки, рами
IIIa	REI	REI 30	E 15	E 15 M1	R 15	R 60	REI 15	RE 15	R 15
	60 M0	M0	M1		M0	M0	M0	M1	M0

У будинку малої поверховості потрібно застосувати водопінний вогнегасник ВВП-6 у кількості 2 шт

ВИСНОВКИ

В даній бакалаврській дипломній роботі розроблено варіант використання альтернативних джерел енергії в тепловій схемі парової котельні приватного акціонерного товариства “Гніванський завод спецалізобетону”.

Проведено розрахунок наявної теплової схеми котельні, в якій встановлено 3 котли ДКВР-20-13. Розраховано витрати пари, конденсатів та води, визначена потужність котлів парових, яка склала в режимі максимальному 4,7 МВт, в режимі середньоопалювальному 4,5 МВт, а в режимі міжопалювальному 4,4 МВт.. Витрата на котельні палива умовного складає 0,175 кг/с, а природного газу 0,156 м³/с або 4,7 м³/сезон

Перевірено основне та допоміжне обладнання, а саме парогенератори, турбіни, тягодуттєве обладнання, насоси та діаметри основних трубопроводів. Виявлено, що все встановлене обладнання відповідає показникам розрахунковим.

У роботі виконано тепловий перевірний розрахунок парогенератора ДКВР 20-13. ККД розрахунковий котла склав 83,63 %, а витрата палива склала 1,22 кг/с. У результаті розрахунку топки встановлено, температура на виході з топки газів - 1100°C; на виході з першого ступеню пучка конвективного пароперегрівника 800°C, а на виході з другого пучка 600 °C, за економайзером сталевим – 500°C, а за економайзером чавунним – 220°C.

Проведено розрахунок тепловий теплообмінника секційного для підігріву води мережної. У результаті було встановлено коефіцієнт теплопередачі $K = 3838$ (Вт/(м²·К)). Підігрівник спроектований з труб із нержавіючої сталі діаметром 16×1 мм, теплообміна площа $F = 1,51$ м² на задану потужність $Q = 245$ кВт. В результаті розрахунку гідравлічного визначені втрати тиску з боку теплоносія холодного (води), що складають 2054 Па.

Розроблено схему монтажну системи підігрівника мережного потужністю 311 кВт. Також визначено об’єми робіт і склад робіт, потребу в вантажному авто

– Volkswagen LT 46, в матеріальних ресурсах та механізмах. Встановлено, що загальна маса обладнання та матеріалів основних складає 1439 кг, а загальна маса усіх матеріалів, що потрібні на встановлення системи, складає 78,6 кг. Вибрано обладнання допоміжне для монтажу системи. Його маса дорівнює 62 кг. Для спрощення монтажу підібрана лебідка з електроприводом Emvil 22-5120, для зварювання деталей, запірної арматури, фланців – інвертор зварювальний ARC-200 (Z209).; для випробування трубопроводів на щільність та міцність було підібрано опресувача ручного систем опалення SUPER-EGO TP25.

В розділі «Охорона праці» було проаналізовано умови праці, при виконанні монтажних робіт. Визначено шкідливі та небезпечні фактори, які можуть бути присутні при експлуатації обладнання котельні, а саме: несприятливі параметри мікроклімату; підвищений рівень шуму, вібрації; недостатня освітленість робочої зони; можливість ураження електричним струмом, повітря робочої зони тощо. Проаналізовані заходи, вжиті для запобігання виникнення пожежі на котельні, серед яких розглянуті спеціальні та організаційні заходи.

Визначено показники техніко-економічні роботи котельні, а саме визначено річну витрату палива на вироблення теплоти, які склали 4,7 млн.грн/рік та річне виробництво теплоти 141635 ГДж/рік. Собівартість виробництва одиниці енергії до впровадження альтернативних джерел енергії склала 1405,4 грн. /ГДж, а після впровадження заходів – 516,6 грн. /ГДж. Тобто впровадження технології спалювання тріски деревини у схемі тепловій котельні парової “Гніванський завод спецзалізобетону” дозволяє зменшити собівартість виробництва одиниці енергії на 36,7 %, а також зменшити витрати коштів на паливо, яка становить 118,8 млн. грн/рік.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Боженко М. Ф. Основи проектування промислових та опалювальних котелень: курсове проектування. Київ : Вища школа, 1992. 280 с.
2. Ткаченко С. Й. , Чепурний М. М. , Степанов Д. В. Розрахунки теплових схем і основи проектування джерел тепlopостачання. Вінниця: ВНТУ, 2005. 137 с.
3. Чепурний М. М. С. Й. Ткаченко. Розрахунки теплових ТЕЦ та їх ефективності при модернізації. Вінниця : ВДТУ, 1997. 61 с.
4. Лялюк О. Г. Економіка енергетики : практикум. Вінниця : ВНТУ, 2009. 118 с.
5. Тарасюк В. М. Експлуатація котлів. Настільна книга для операторів котелень. Київ: Основа, 2001. 288 с. .
6. Степанова Н.Д. Теплові мережі. Навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2009. 135 с.
7. Чепурний М. М. Розрахунки тепломасообмінних апаратів. Вінниця: ВНТУ, 2001. 130 с.
8. Пішенін В.О. Основи конструювання: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2010. 87 с.
9. Бібліотека ГОСТів. URL : <http://vsegost.com/Catalog/38/38756.shtml> (дата звертання 10.04.2023)
10. Степанов Д.В., Корженко Є.С., Боднар Л.А. Котельні установки промислових підприємств. Навчальний посібник // Вінниця: ВНТУ 2011. 117 с.
11. Чепурний М. М., Степанов Д. В., Корженко Є. С. “Теплові розрахунки парогенераторів“ Вінниця: ВНТУ, 2005. 142 с.
12. Степанов Д.В., Ткаченко С.Й., Боднар Л.А., Загаєцька Т.Ю. Залежності для теплових розрахунків в жаротрубних пучків котлів малої потужності. Вінниця: Вісник ВП, 2006. № 2. С. 31–40.

13. Боднар Л. А. Експериментальні дослідження теплообміну в круглому каналі / Л.А. Боднар // Вісник ВПІ. 2009. №3. С.79-83.

14. Кожухотрубний теплообмінник ЕСН-255. URL: <https://dalgakiran.ua/uk/products/kozhuhotrubni-vyparnyky-seriyi-ech/> . (дата звернення 12.01.2023 р.)

15. Насос мережний 6 ПДВ Д 315-71. URL: <https://nasosukraina.com.ua/ua/p183783554-nasos-nds-315.html>. (дата звернення 10.04.2023 р.)

16. Труби сталеві електрозварні ДСТУ 8936:2019. URL: <https://boiler.ua/ua/truba-stalnaya/> (дата звернення: 10.04.2023 р.).

17. ДСТУ Б А.2.4-4: 2009 Основні вимоги до проектної та робочої документації. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_a_2_4_4_2009/5-1-0-781 (дата звернення: 10.04.2023 р.).

18. Універсальна теплоізоляція для всіх галузей застосування. URL: <http://www.k-flex.ua/index.php?idd=product&product=teplmaterial&hl=ru>. (дата звернення: 10.04.2023 р.).

19. ДСТУ Б Д.2.3-12:2012. Ресурсні елементні кошторисні норми на монтаж те-хнологічних трубопроводів (Збірник 12). – [Чинний від 2014- 01-01]. – Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2012. – 70 с.

20. ДСТУ Б Д.2.4-15:2012. Ресурсні елементні кошторисні норми на ремонтно-будівельні роботи. Внутрішні сантехнічні роботи (Збірник 15). – К.: Держстандарт України, 2012. – 106 с.

21. ДСТУ Б Д.2.2-26:2016. Ресурсні елементні кошторисні норми на ремонтно-будівельні роботи. Теплоізоляційні роботи (Збірник 26). - [Чинний від 2016-08-01]. – Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2016. – 83 с.

22. Характеристики автомобіля Volkswagen LT 46. URL: <https://vivatrans.com.ua/3-t.html> . (дата звернення: 12.04.2023 р.).

23. Характеристики зварювального інвертора ARC-200 (Z209). URL: <https://jasic.ua/ua/product/arc-200-z209-6>. (дата звернення: 12.04.2023 р.).

24. Перфоратор DeWALT D25133K. URL: <https://storgom.ua/ua/product/d25133k.html#properties-tab>.

(дата звернення: 12.04.2023 р.).

25. Ручний опресовувач систем опалення SUPER-EGO TP25. URL: <https://rothenbergertools.com.ua/elektricheskii-opressovochnyi-nasos-superego-tp-pro-iii>. (дата звернення: 12.04.2023 р.).

26. Шліфмашина кутова INTERTOOL WT-0234. URL: <https://intertool.ua/catalog/elektroinstrument-i-oborudovanie/shlifmashiniuglovie/intertool-wt-0234.html> (дата звернення: 12.04.2023 р.).

27. ЕЛЕКТРИЧНА ЛЕБІДКА EMVIL 22-501 URL: <https://emvil.com.ua/telfer-ehlektricheskaya-lebedka-220v-ra-6001200kg20metro-22-120>. (дата звернення: 12.04.2023 р.).

28. ДСТУ-Н Б В.2.5-68:2012 – Настанова з будівництва, монтажу та контролю якості трубопроводів зовнішніх мереж водопостачання та каналізації. – К.: Мінрегіон України, 2013. 74 с.

29. Наказ від 08.04.2014 № 248 Про затвердження Державних санітарних норм та правил Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/topiccatalogua/labor-protection/14._nakazy_ta_rozpor_183575/248+58074-detail.html. (дата звернення: 12.05.2023 р.)

30. ДСТУ 8604:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=71028. (дата звернення: 12.05.2023 р.)

31. ДСТУ Б В.2.5-82:2016 Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=65395. (дата звернення: 12.05.2023 р.)

32. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885. (дата звернення: 12.05.2023 р.)

33. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. URL: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>. (дата звернення: 12.05.2023 р.)

34. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>. (дата звернення: 13.05.2023 р.)

35. НПАОП 0.00-7.15-18 Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями. URL: http://sop.zp.ua/norm_praop_0_00-7_15-18_01_ua.php. (дата звернення: 13.05.2023 р.)

36. Правила улаштування електроустановок URL: <http://www.energiy.com.ua/PUE.html>. (дата звернення: 13.05.2023 р.)

37. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги URL: http://www.poliplast.ua/doc/dbn_v.1.1-7-2002..pdf. (дата звернення: 13.05.2023 р.)

38. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_v_1_1_36/5-1-0-1759. (дата звернення: 13.05.2023 р.)

39. Наказ міністерства внутрішніх справ України «Про затвердження Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників» URL:

<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0225-18#Text>. (дата звернення: 13.05.2023 р.)

ДОДАТКИ

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Переведення котельні приватного акціонерного товариства «Гніванський завод спецзалізобетону» на спалювання біомаси

Тип роботи: бакалаврська дипломна робота
(БДР, МКР)

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

Показники звіту подібності Unischek

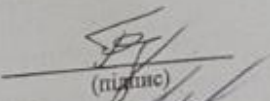
Оригінальність 76% Схожість 24%

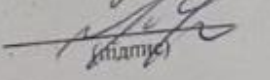
Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

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

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

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

Автор роботи  Глеба Я.О.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник роботи  Степанова Н.Д.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Додаток Б (обов'язковий)
Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет
Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ТЕ
доц. Д. В. Степанов
 2023 р.

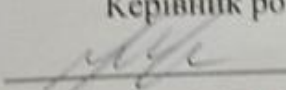
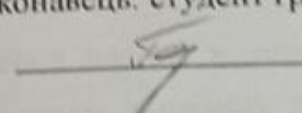


ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на бакалаврську дипломну роботу:

ПЕРЕВЕДЕННЯ КОТЕЛЬНОЇ ПРИВАТНОГО АКЦІОНЕРНОГО
ТОВАРИСТВА "ГНІВАНСЬКИЙ ЗАВОД СПЕЦІАЛІЗОБЕТОНУ" НА
СПАЛЮВАННЯ БІОМАСИ

08-15.БДР.003.00.00.000 ТЗ

Керівник роботи: к.т.н., доц.
 Степанова Н.Д.
Виконавець: студент гр. ТЕ – 21мс
 Глеба Я.О.

Вінниця 2023

1 Найменування об'єкта та область застосування

Розробка стосується забезпечення технології виготовлення залізобетону і присвячена питанню використання альтернативного джерела теплоти. Застосування біомаси, а саме тріски деревини дозволить зменшити витрати коштів на паливо, а використання системи циклону зменшити викиди шкідливих речовин в навколишнє середовище. Отримана теплота від спалювання тріски деревини йтиме на власні потреби парової котельні у місті Гнівань.

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 № 67 від «20» березня 2023 року.

3 Мета і призначення розробки

Метою розробки є зменшення споживання викопних енергоресурсів для забезпечення технології виробництва залізобетону шляхом впровадження технологій спалювання біомаси. Розробка включає в себе розрахунок теплової схеми котельні, розрахунок та підбір основного та допоміжного обладнання котельні, розробку пароводяного теплообмінника, розробку технології монтажу теплообмінника для підігріву мережної води.

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 котлів на твердому паливі. 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

- тиск насиченої пари3кгс/см²
- температура пари.....184°С
- теплова потужність системи опалення.....300 кВт
- витрата пари на гарячого водопостачання.....0,56 т/год
- витрата пари на ямну пропарювальну камеру.....2,65 т/год
- витрата пари на пропарювальний пост.....0,6 т/год
- температурний графік роботи котельні84/95 °С
- вид палива деревина (тріска), наявна теплота 10,2 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.

5.4 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 на даній схемі котельні.

Проаналізувати техніко-економічні показники роботи котельні.

7 Етапи розробки і терміни їх виконання

№ з/п	Назва та зміст етапу	Термін виконання етапів
1.	Аналіз теплової схеми котельні і шляхів підвищення її ефективності	21.03.2023...10.04.2023
2.	Дослідження показників роботи пароводяного кожухотрубного теплообмінника	10.04.2023...28.04.2023
3.	Розрахунок елементів теплової схеми парової котельні	28.04.2023...19.05.2023
4.	Технологія монтажу теплообмінника для підігріву мережної води	19.05.2023...29.05.2023
5.	Охорона праці	29.05.2023...09.06.2023
6.	Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу	09.06.2023...13.06.2023
7.	Захист БДР	15.06.2023

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)

Відомість БДР

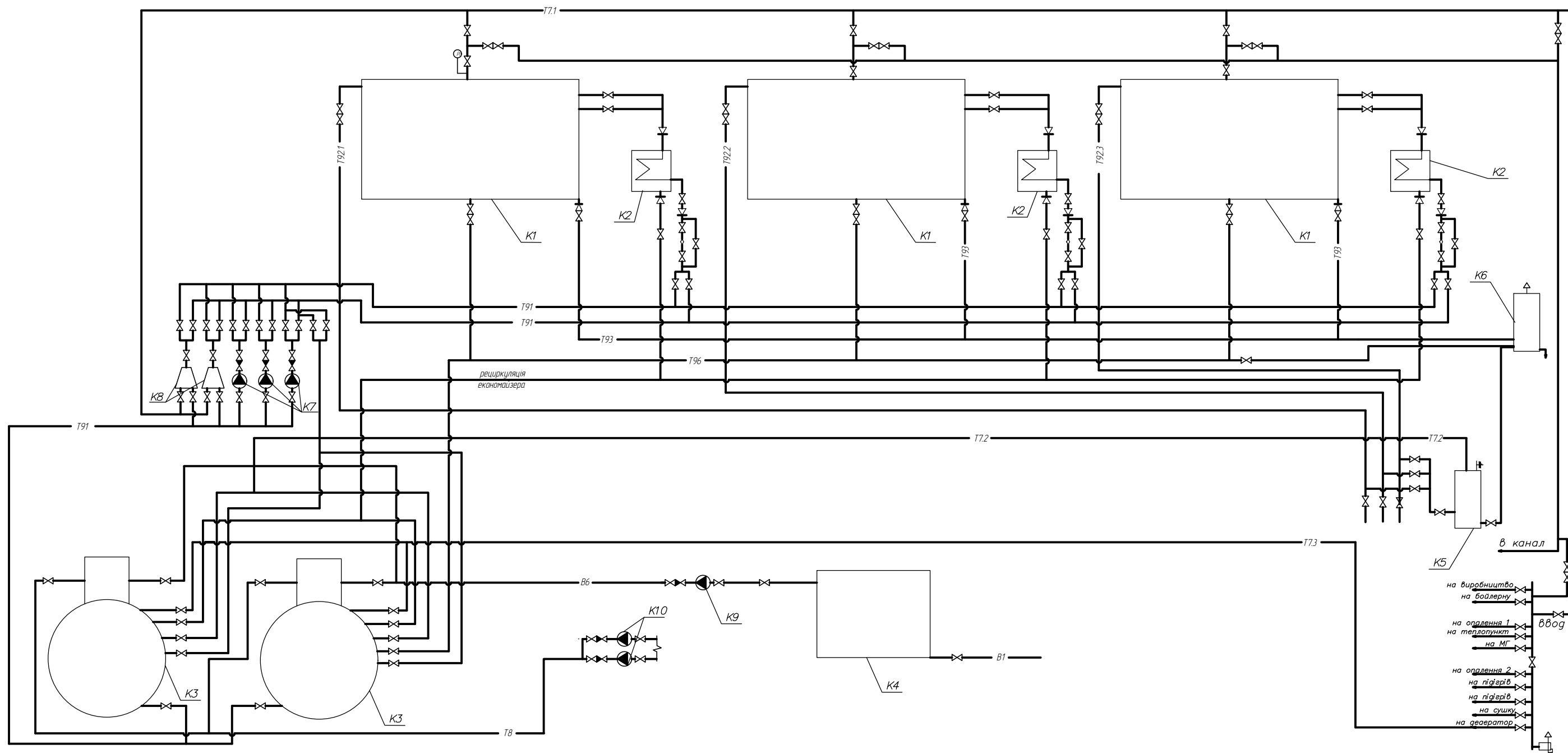
Аркуш	Найменування	Примітка
	08-15.БДР.003.00.00.000 ПЗ Пояснювальна записка	
	08-15.БДР.003.01.00.000 ТЗ Схема котельні теплової принципова	
	08-15.БДР.003.02.00.000 СК Парогенератор ДКВР-20-13	
	08-15.БДР.003.03.00.000 СК Пароводяний теплообмінник потужністю 245 кВт	
	08-15.БДР.003.04.00.000 Г5 Переведення котельні приватного акціонерного товариства "Гніванський завод спеціалізованої біомаси" на спалювання біомаси	

Додаток Г
(обов'язковий)

ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

ПЕРЕВЕДЕННЯ КОТЕЛЬНОЇ ПРИВАТНОГО АКЦІОНЕРНОГО
ТОВАРИСТВА
“ГНІВАНСЬКИЙ ЗАВОД СПЕЦЗАЛІЗОБЕТОНУ” НА СПАЛЮВАННЯ
БІОМАСИ

Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<u>Перелік елементів</u>			
K1	Котел паровий ДКВР-20-13	3	
K2	Економайзер чавунний	3	
K3	Деаератор атмосферний	2	
K4	Система хімічного очищення води	1	
K5	Сепаратор продувки	1	
K6	Барботер	1	
K7	Насос живильний	3	
K8	Насос паровий	2	
K9	Насос хімічищеної води	1	
K10	Конденсатний насос	2	
08-15.БДР.003.01.00.000			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.
Разрад.	Глеба Я.О.		
Пров.	Степанова Н. Д.		
Реценз.	Андрухов В.М.		
Н.контр.	Співак О.Ю.		
Утв.	Степанов Д.В.		
Схема котельні теплова принципова		Лит.	Лист
			1
		ВНТУ, зр. ТЕ-21мс	



Позначення трубопроводів

- | | |
|--|---|
| B1 – Трубопровід вхідної води | B6 – Трубопровід пом'якшення води |
| T91 – Трубопровід живильної води | T92 – Трубопровід безперервної продувки |
| T93 – Трубопровід періодичної продувки | T96 – Трубопровід скидний, дезнапірний |
| T7 – Паропровід | T8 – Конденсатопровід |

Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата
Виконав				Глеба Я.О.	
Перевірив				Степанова Н.Д.	
Т. контр				Степанова Н.Д.	
Рецензент				Андрухов В.М.	
Н. контр				Співак О.Ю.	
Затвердив				Степанов Д.В.	

08-15.БДР.003.01.00.000 Т3

Схема котельні теплової принципова

Лист	Маса	Масштаб
Лист 1		Листов

ВНТУ, гр. ТЕ-21мс,

Погоджено:

Замість Інв. N

Підпис і дата

Інв. N ориг.

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание									
<i>Документація</i>															
A3			08-15.БДР.003.02.00.000	Складальне креслення	1										
<i>Складальні одиниці</i>															
		1	08-15.БДР.003.02.01.000	Пальник газовий	2										
		2	08-15.БДР.003.02.02.000	Труди бокового екрану	72										
		3	08-15.БДР.003.02.03.000	Верхній барабан	1										
		4	08-15.БДР.003.02.04.000	Кип'ятильний пучок	1										
		5	08-15.БДР.003.02.05.000	Нижній барабан	1										
		6	08-15.БДР.003.02.06.000	Вибуховий клапан	4										
		7	08-15.БДР.003.02.07.000	Запобіжний клапан	2										
		8	08-15.БДР.003.02.08.000	Каркас котла	1										
		9	08-15.БДР.003.02.09.000	Економайзер	2										
		10	08-15.БДР.003.02.10.000	Повітропідігрівник	1										
08-15.БДР.003.02.00.000															
Изм. Лист		№ докум.		Подп.	Дата										
Разрад.		Глеба Я.О.													
Пров.		Степанова Н.Д.													
Рецензент		Андрухов В.М.													
Н.контр.		Співак О.Ю.													
Утв.		Степанов Д.В.													
Парогенератор ДКВР-20-13				Лит.			Лист			Листов					
							1			1					
ВНТУ ТЕ-21мс										Лит.		Лист		Листов	
												1		1	

08-15.БДР.003.02.00.000 СК

Перв. примен.

Справ. №

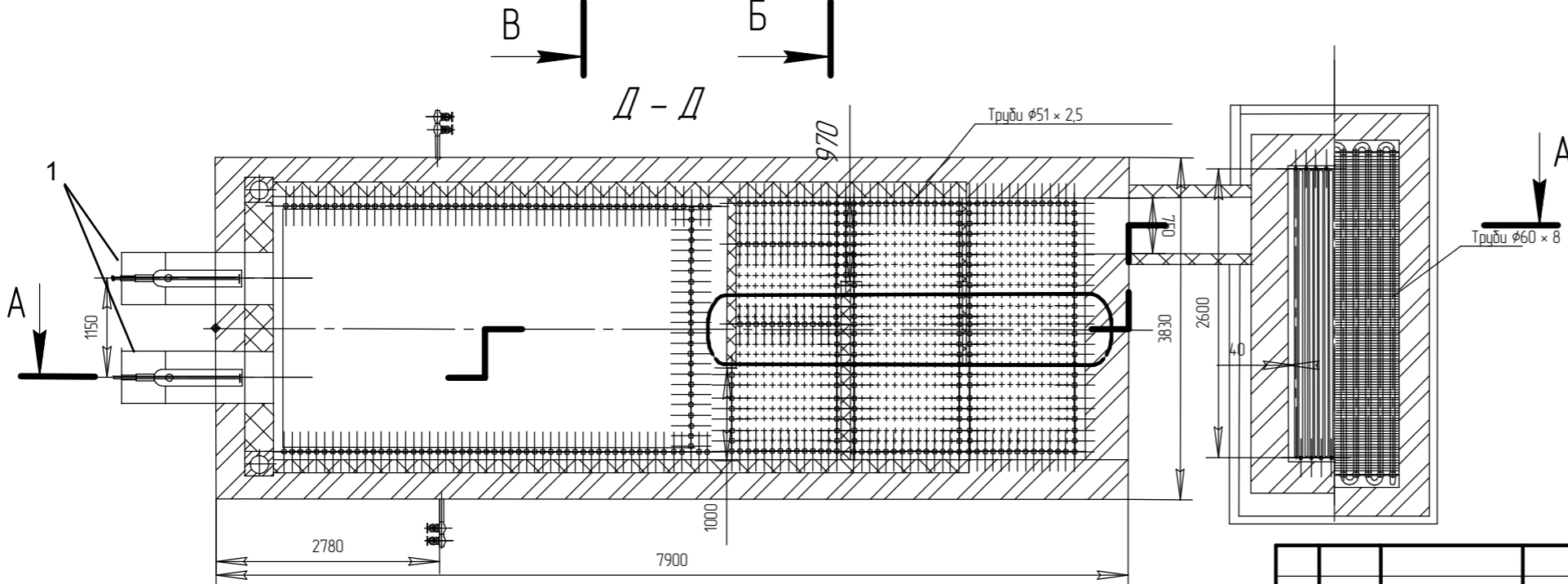
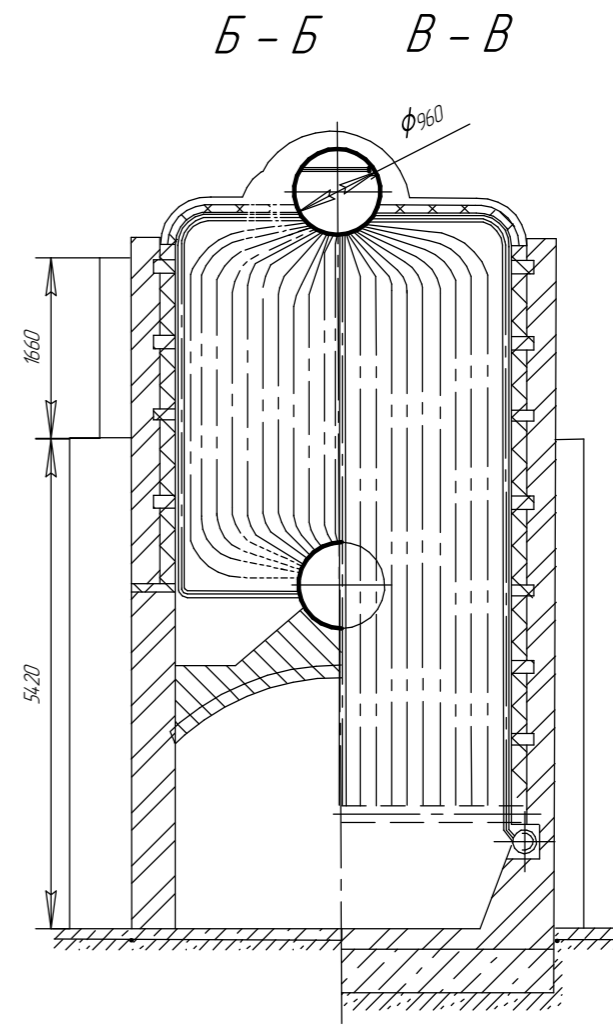
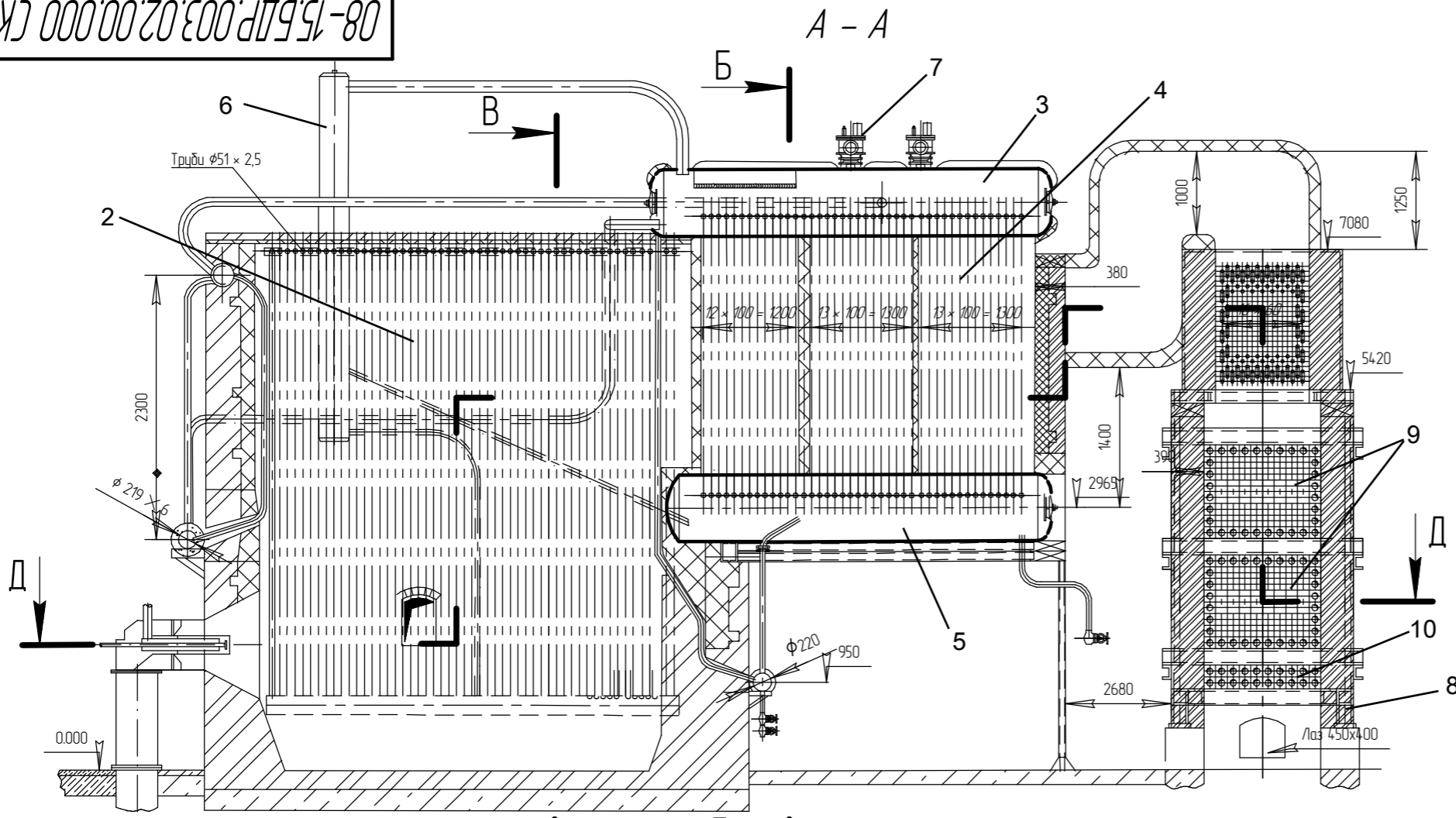
Подп. и дата

Инд. № дщдл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инд. № подл.



ПАРОВИЙ КОТЕЛ ДКВр 20 - 13

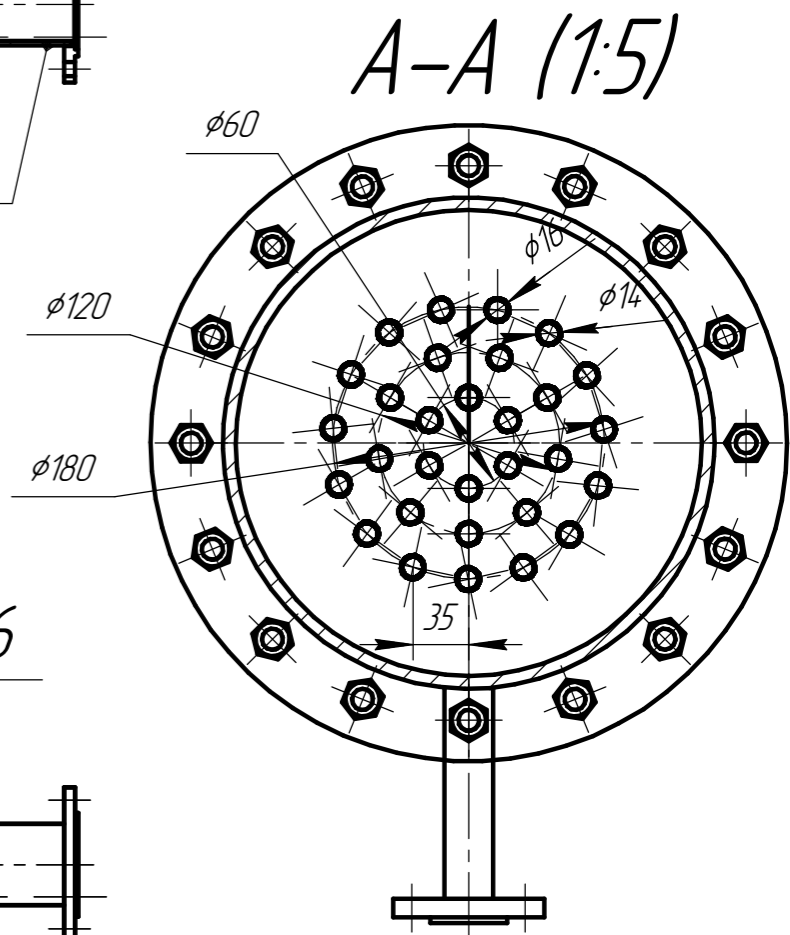
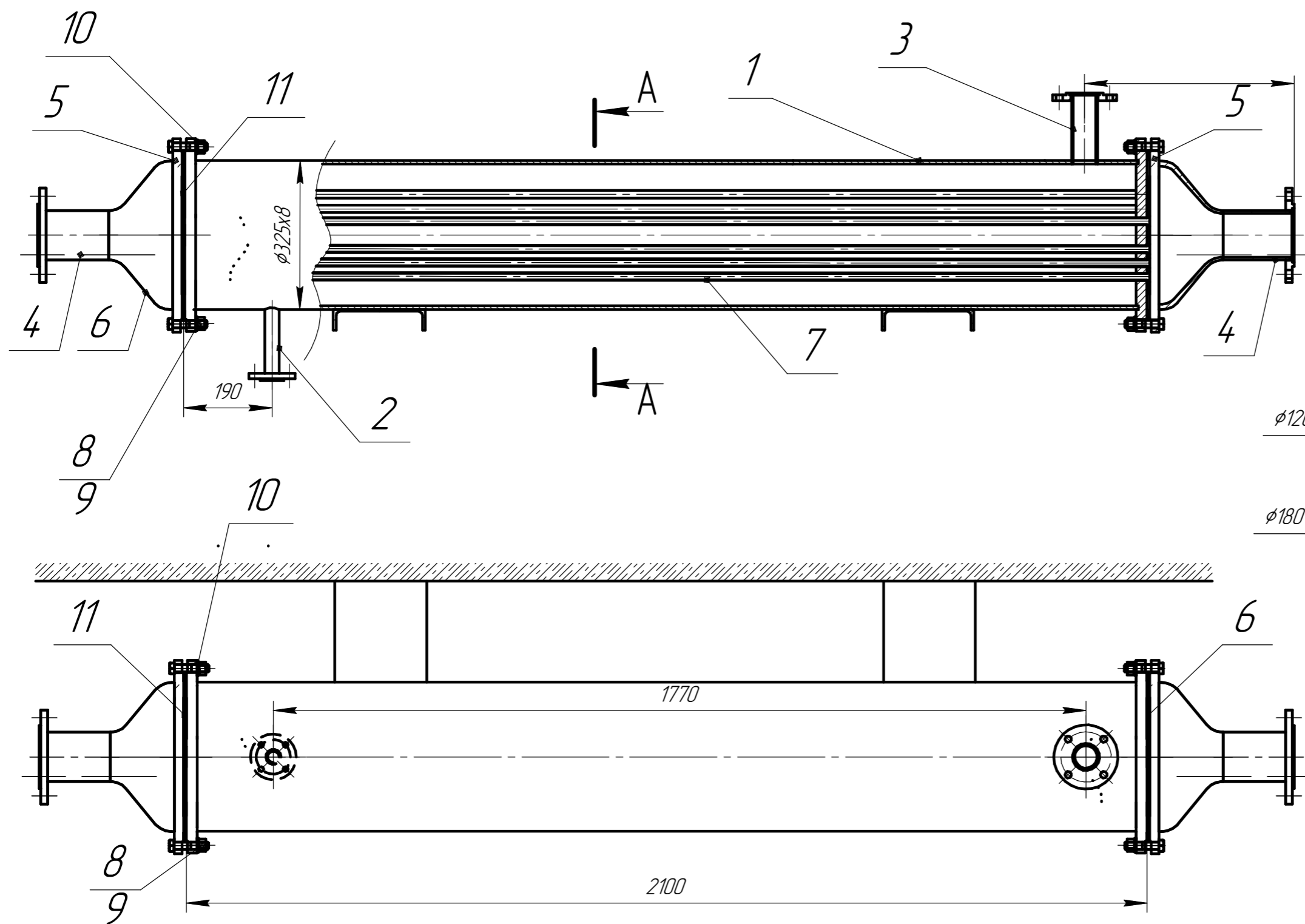
Паровидатність 20 т/год ;
 Температура насиченої пари 188 °С ;
 Тиск насиченої пари 1,3 МПа ;
 Паливо тріска деревини $Q=12346$ кДж/м³
 Температура живильної води 102 °С ;
 Температура повітря на вході в котел 30 °С ;
 Безперервна продувка котла 0,03 %

08-15.БДР.003.02.00.000 СК				Лист	Масса	Масштаб
Изм. Лист	№ док.ум.	Подп.	Дата	Парогенератор ДКВр 20-13		1:2,5
Разрад.	Гледа Я.О.			Лист	Листов	
Пров.	Степанова Н.Д.			ВНТУ, зр. ТЕ-21мс		
Т.контр.	Степанова Н.Д.					
Рецензент	Андрухов В.М.					
Н.контр.	Слівак О.Ю.					
Утв.	Степанов Д.В.					

Копировал

Формат А3

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<u>Документація</u>						
A3			08-15.БДР.003.03.00.000 СК	Складальне креслення	1	
<u>Складальні одиниці</u>						
		1	08-15.БДР.003.03.01.000	Кожух теплообмінника $\phi 325\text{мм}$	1	$l=2,1\text{м}$
		2	08-15.БДР.003.03.02.000	Штуцер Ду 25	1	
		3	08-15.БДР.003.03.03.000	Штуцер Ду50	1	
		4	08-15.БДР.003.03.04.000	Штуцер Ду100	2	
		5	08-15.БДР.003.03.05.000	Фланець Ду300	4	
		6	08-15.БДР.003.03.06.000	Перехід концентричний $\phi 300/100$	2	
		7	08-15.БДР.003.03.07.000	Трубки теплообмінні $\phi 16 \times 1\text{мм}$	30	$l=2,1\text{м}$
<u>Стандартні вироби</u>						
		8		Болт ГОСТ 7798-70	8	
		9		Гайка ГОСТ 5915-70	8	
		10		Шайба ГОСТ 6402-70	8	
<u>Матеріали</u>						
		11		Пароніт ГОСТ 2536-70	2	
08-15.БДР.003.03.00.000						
Изм. Лист		№ докум.		Подп.		Дата
Разрад.		Глеба Я.О.				
Пров.		Степанова Н.Д.				
Рецензент		Андрухов В.М.				
Н.контр.		Співак О.Ю.				
Утв.		Степанов Д.В.				
Пароводяний теплообмінник потужністю 245 кВт				Лит.	Лист	Листов
					1	1
ВНТУ ТЕ-21мс						



Технічні вимоги:

1. Зварювання виконати по місцях прилягання деталей швами згідно ДСТУ EN ISO 9692-1:2014
2. Катет шва призначати за меншою товщиною деталей, які з'єднуються.
3. Зовнішні поверхні зварювальних швів зачистити із плавним переходом до основного металу.
4. Перевірка на герметичність.
5. Протікання теплоносія недопустимо.

Технічні характеристики:

1. Потужність нагрівника 245 кВт.
2. Гарячий теплоносій - водяна пара.
3. Холодний теплоносій - вода.
4. Температура пари 132 °C, тиск пари 3 бар.
5. Температура води 84/95 °C.

Изм.	Кол.ч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разраб.		Гледа Я.О.			
Пров.		Степанова Н.Д.			
Т.контр.		Степанова Н.Д.			
Рецензент		Андрюхов В.М.			
Н.контр.		Співак О.Ю.			
Утв.		Степанов Д.В.			

08-15.БДР.003.03.00.000 СК

**Пароводяний теплообмінник
потужністю 245 кВт**
Складальне креслення

Стадія	Маса	Масштаб
		1:10
Лист 1	Листов 1	

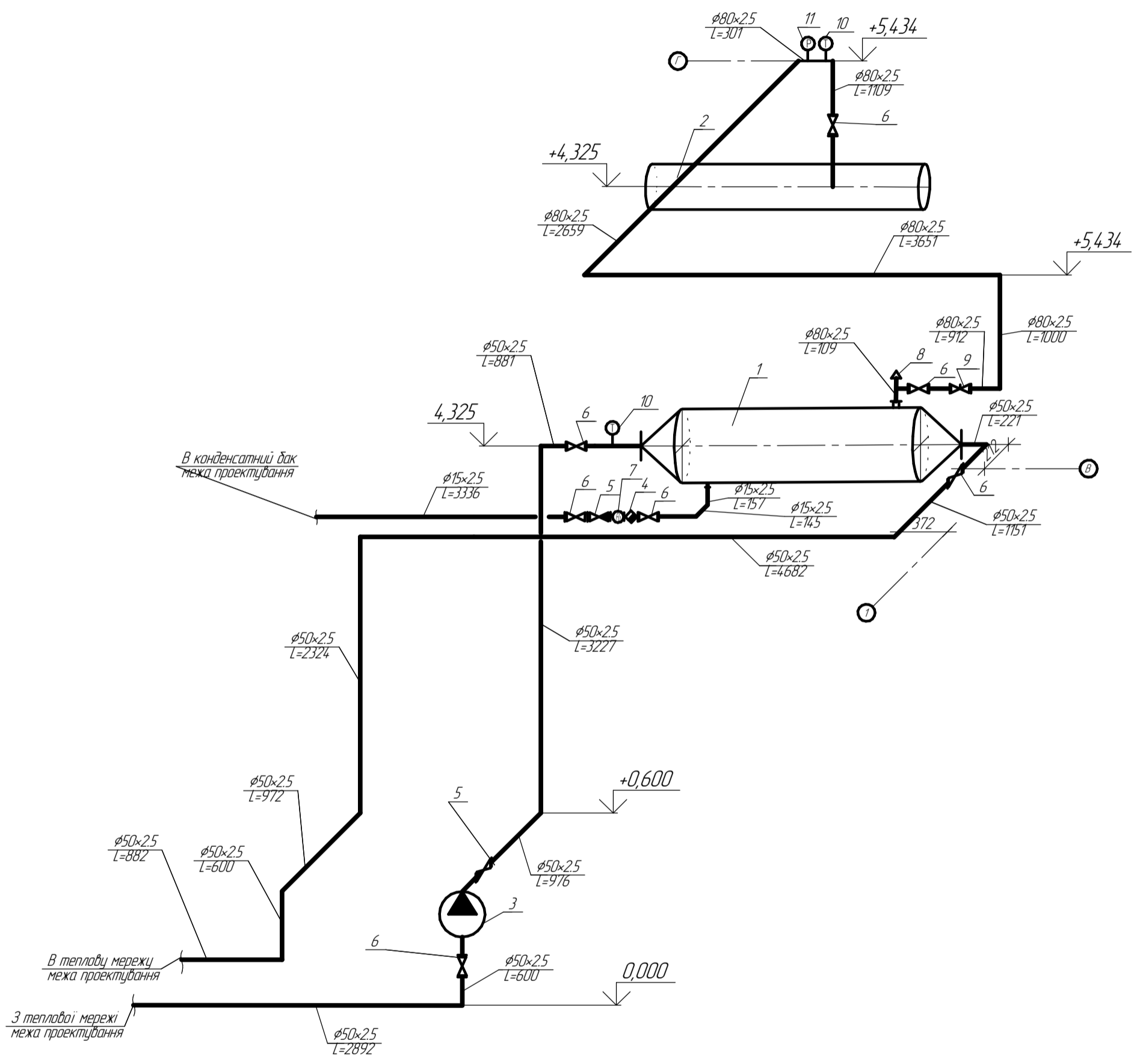
ВНТУ ТЕ-21МС

Взам. інв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	Перв. примен.	
				Справ. №	Подп. и дата
<u>Перелік елементів</u>					
1	Пароводяний кожухотрубний теплообмінник 245 кВт	1			
2	Парова гребінка	1			
3	Насос мережний	1			
4	Конденсатівідвідник поплавцевий Yoshitake TSF-11F	1			
5	Зворотний клапан Ду 50	1			
	Зворотний клапан Ду 15	1			
6	Засувка типу „Баттерфляй“ Zetkama 497 Ду 80	2			
	Засувка типу „Баттерфляй“ Zetkama 497 Ду 50	3			
	Засувка типу „Баттерфляй“ Zetkama 497 Ду 15	2			
7	Оглядове скло Yoshitake SF-1F	1			
8	Переривач вакууму Yoshitake VB-7S	1			
9	Клапан регулюючий прохідний Ду 80	1			
10	Датчик температури	2			
11	Датчик тиску	1			
08-15.БДР.003.04.00.000					
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
Разрад.	Глеба Я.О.				
Пров.	Степанова Н. Д.				
Реценз.	Андрухов В.М.				
Н.контр.	Співак О.Ю.				
Утв.	Степанов Д.В.				
Схема монтажна аксонометрична			Лит. Лист Листов		
			1		
			ВНТУ, зр. ТЕ-21мс		



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

08-15.БДР.003.04.00.000 Г5							
ПраТ "Гніванський завод спеціалізовану"							
Изм.	Кол.ч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата		
Виконав		Гледа Я.О.					
Перевірив		Степанова Н.Д.					
Т. контр		Степанова Н.Д.					
Рецензент		Андрухов В.М.					
Норм. контр		Стівак О.Ю.					
Затвердив		Степанов Д.В.					
				Переведення котельні приватного акціонерного товариства "Гніванський завод спеціалізовану" на спалювання біомаси	Стадія	Лист	Листов
				Схема монтажна аксонометрична			3
					ВНТУ, ТЕ-21мс		
Формат А3							