МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю.М. ПОТЕБНІ

КАФЕДРА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА КІБЕРФІЗИЧНИХ СИСТЕМ

Кваліфікаційна робота

другий магістерський

(рівень вищої освіти)

на тему: «Підвищення енергетичної ефективності підприємства шляхом використання вторинних енергоресурсів»

Виконав: студент II курсу,
групи 8.1443
спеціальності теплоенергетика
освітньої програми теплоенергетика
Семенов Антон Борисович

(прізвище та ініціали)

Керівник доц., к.т.н., Таратута К. В.

(вказати звання, наукову ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент доц., к.т.н. Воляр Р.М.

(вказати звання, наукову ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя

2024

ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра Електричної інженерії та кібернетичних систем

Рівень вищої освіти другий магістерський

Спеціальність 144 Теплоенергетика

Освітня програма Теплоенергетика

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри _____
«___» _____ 20 24 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ
Семенову Антону Борисовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи (проекту) «Підвищення енергетичної ефективності підприємства шляхом використання вторинних енергоресурсів»

Керівник роботи доц., канд. техн. наук, Таратута Костянтин Васильович
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від «28» лютого 2024 року №361-с

1. Строк подання студентом роботи 12 грудня 2024 року.

2. Вихідні дані до роботи. Котел сталевий № 1 П-подібний, однобарабанний, газотрубний, із змушеним обігом, призначений для використання фізичного тепла продуктів згорання, що відходять від картопляної печі № 1. Номінальне теплове навантаження - 5.83 кг/с (21т/год)

3. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): 1. Опис об'єкту реконструкції. 2. Тепловий та аерогідравлічний розрахунок котла. 2.4.1 Тепловий розрахунок І-го випарювального пакета. 2.4.2 Тепловий розрахунок пароперегрівача. 2.4.3 Тепловий розрахунок ІІ-го і ІІІ-го випарювального пакета. 2.4.4 Тепловий розрахунок водяного економайзера. 2.5 Аеродинамічний розрахунок котла. 2.6 Вибір димососу. 3. КІП і автоматизація. 4. Охорона праці та техногенна безпека. 5.Техніко-економічні показники.

4 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Титульний аркуш, мета та завдання роботи. Результати розрахунків. Охорона праці. 6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Таратута К.В., зав. каф. ІПКФС		
Розділ 2	Таратута К.В., зав. каф. ІПКФС		
Розділ 3	Таратута К.В., зав. каф. ІПКФС		
Розділ 4	Таратута К.В., зав. каф. ІПКФС		

7 Дата видачі завдання 12.03.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Опис об'єкту реконструкції. Тепловий розрахунок 1-го випарювочного пакета	**28.09.2024**	
2	Тепловий розрахунок пароперегрівача. Тепловий розрахунок II-го і III-го випарювочного пакета. Тепловий розрахунок водяного економайзера	**10.10.2024**	
3	Аеродинамічний розрахунок котла. Вибір димососу	**29.10.2024**	
4	КІП і автоматизація. Охорона праці та техногенна безпека	**14.11.2024**	
5	Техніко-економічні показники	**27.11.2024**	

Студент _____ А.Б. Семенов
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи (проекту) _____ К.В. Таратута
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер _____ С.В. Іванцій
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Семенов А.Б. «Підвищення енергетичної ефективності підприємства шляхом використання вторинних енергоресурсів».

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 144 «Теплоенергетика». Науковий керівник - канд. техн. наук, доц. Таратута К.В. Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні Запорізького національного університету. Кафедра електричної інженерії та кіберфізичних систем, 2024 р.

Метою проекту є реконструкція котла тепло-утилізатора № 1 за мартенівською піччю № 1 відкритого акціонерного товариства Запорізький металургійний завод "Запоріжсталь" у зв'язку із збільшенням його теплової потужності.

У зв'язку з реконструкцією мартенівської печі кількість продуктів згорання зросла з 80 тис. $м^3$ до 90 тис. $м^3$. Проведені тепловий та аеродинамічний розрахунки для визначення можливого зросту паровиробництва, зробили оцінку використання та вибір тягодуттєвих механізмів.

Ключові слова: КОТЕЛ-УТИЛІЗАТОР, ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК, ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ, АВТОМАТИЗАЦІЯ, РЕГУЛЮВАННЯ, ДИМОСОС, ОХОРОНА ПРАЦІ.

ANNOTATION

Semenov A.B. "Increasing the energy efficiency of the enterprise through the use of secondary energy resources."

Qualifying thesis for obtaining a master's degree in specialty 144 "Heat power engineering". Research supervisor - candidate. technical of Science, Assoc. Taratuta K.V. Engineering Educational and Scientific Institute named after Yu.M. Potebni Zaporizhzhia National University. Department of Electrical Engineering and Cyberphysical Systems, 2024

The purpose of the project is the reconstruction of the boiler of the heat-utilizer No. 1 behind the Marteniv furnace No. 1 of the open joint-stock company Zaporizhia Metallurgical Plant "Zaporizhstal" in connection with the increase of its thermal capacity.

In connection with the reconstruction of the Marteniv furnace, the amount of combustion products increased from 80,000 m3 up to 90 thousand m3. Conducted thermal and aerodynamic calculations to determine the possible growth of steam production, evaluated the use and selection of traction mechanisms.

Keywords:DISPOSAL BOILER, HEAT CALCULATION, TECHNICAL AND ECONOMIC INDICATORS, AUTOMATION, REGULATION, SMOKE EXHAUST, LABOR PROTECTION.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ 7
ВТУП…… 8
1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЛАДНАННЯ МАРТЕНІВСЬКОГО ЦЕХУ…… 10
1.1 Особливості обладнання…… 11
1.2 Розрахунок кількості тепла та димових газів, що йде на утилізацію 14
1.3 Підбір модифікації котла-утилізатора…….. 16
1.4. Характеристика котельного обладнання…… 19
1.5 Висновки до розділу 1…….. 21
2 ТЕПЛОВИЙ ТА АЕРОДИНАМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК КОТЛА …… 22
2.1 Вихідні дані для розрахунку котельної установки…… 22
2.2 Обчислення ентальпії димових газів ……. 23
2.3. Розрахунок паропродуктивності котла……. 24
2.4 Розрахунок поверхні нагріву випаровування…… 30
2.4.1 Тепловий розрахунок І-го випарюючого пакета…… 20
2.4.2 Тепловий розрахунок пароперегрівача…… 34
2.4.3 Тепловий розрахунок ІІ-го і ІІІ-го випарюючого пакета…… 39
2.4.4 Тепловий розрахунок водяного економайзера …….. 42
2.5 Аеродинамічний розрахунок котла…… 47
2.6 Вибір димососу……. 51
2.7 Вибір обладнання ХВО…… 52
2.8 Принципова схема утилізаційних трубопроводів котла в котельні……. 56
2.9 Висновок до розділу 2…… 57
3 ОБҐРУНТОВАНІСТЬ ВИМОГ КОНТРОЛЮ, РЕГУЛЮВАННЯ ТА ПЕРЕДАЧІ СИГНАЛІВ ТЕХНІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ…… 58

3.1 Вибір і демонстрація контрольно-управлінських функціональних рішень……. 62
3.2 Висновки до розділу 3…… 63
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕСПЕКА…… 64
4.1 Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів..... 64
4.2 Промислова санітарія …… 67
4.2.1 Вентиляція…….. 67
4.2.2 Розрахунок системи вентиляції…… 68
4.2.2 Освітлення…….. 71
4.3 Висновки до розділу 4…….. 72
5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТНО-ТЕХНІЧНОГО ПЛАНУ…… 75
5.1 Організаційна структура теплоелектроцентралі…… 75
5.2 Організація роботи на ділянці……. 77
5.3 Розрахунок фонду заробітної плати при безперервному графіку…… 78
5.4. Розрахунок річного фонду заробітної плати при перервному графіку… 79
5.5 ФЗП для всього штату працівників котельного цеху №2……. 83
5.6 Планування собівартості продукції……. 85
5.7 Калькуляція собівартості продукції…… 89
5.8 Оцінка економічної ефективності реконструкції котла……. 90
5.9 Висновки до розділу 5……. 93
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ…….. 95
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ…… 95
ДОДАТОК А…….. 98

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

Скорочення	Слово (словосполучення)
абс	абсолютний
ВЕР	вторинні енергоресурси
КВГ	парові котли на відхідних газах
КУ	котел-утилізатор
макс	максимальний
мін	мінімальний
№	номер
ном	номінальний
номогр	номограма
н. п.	насичена пара
відн	відносний
ж. в.	живильна вода
п. п.	перегріта пара
дод	додаток
прим	примітка
п. з.	продукти згорання
розд	розділ
ред	редактор
мал	малюнок
див	дивитися
ТЕЦ	теплоелектроцентраль
ФЗП	фонд заробітної плати

ВСТУП

Актуальність роботи. Ефективна національна політика у сфері енергоспоживання має бути спрямована не лише на зниження енергоємності продукції, що виробляється, а й на сприяння модернізації виробництва за допомогою сучасного обладнання та нових технологій.

Вирішення енергетичних проблем значною мірою залежить від рівня наукових досліджень у галузі розробки енергозберігаючих технологій та впровадження енергозберігаючих освітніх програм для населення України.

Для утилізації тепла, що утворюється на установках термообробки, використовують котли. Основні відходи процесу або вторинні джерела енергії включають: фізичне тепло вихлопних газів, тепло продуктів процесу, залишкове тепло відходів і тепло робочого механізму системи примусового охолодження технологічного приміщення.

Як додатковий зовнішній споживач тепла, котел, який його утилізує, не впливає на основний характер процесу. Однак у деяких випадках котли-утилізатори можуть удосконалити умови роботи основної технологічної установки.

Об’єктом дослідження процес утилізації тепла.

Предмет дослідження - є котел тепло-утилізатора мартенівської печі

Метою роботи є реконструкція котла тепло-утилізатора № 1 за мартенівською піччю № 1 відкритого акціонерного товариства Запорізький металургійний завод "Запоріжсталь" у зв'язку із збільшенням його теплової потужності.

Задачі дослідження. Для досягнення зазначеної мети дослідження в магістерській роботі вирішуються такі завдання:

- провести розрахунок кількості димових газів та кількість тепла на утилізацію та на основі отриманих даних здійснити вибір котла-утилізатора;

- провести тепловий та аеродинамічний розрахунки для визначення можливого зросту паровиробництва,
- оцінити використання та вибір тягодуттєвих механізмів.

Методи та способи дослідження. Поставлені задачі вирішувались за допомогою проведення теоретичних та експериментальних досліджень, спільного застосування розрахункових і інженерних методів дослідження. Використовувались розрахунково-графічний метод з використанням стандартних положень.

Наукова новизна отриманих результатів. Запропоновано і обґрунтовано впровадження енергозберігаючої технології для мартенівської печі – встановлення котла-утилізатора для димових газів

Практична цінність роботи. Проведені тепловий та аеродинамічний розрахунки для визначення можливого зросту паровиробництва, зробили оцінку використання та вибір тягодуттєвих механізмів.

Апробація роботи. Результати роботи представлені на IV Міжнародній науково-практичній конференції «Science and technology: challenges, prospects and innovations», 28-30.11.2024 року у м. Осака, Японія.

Структура та обсяг кваліфікаційної випускної роботи. Магістерська робота включає вступ, шість розділі, висновки та перелік джерел посилання з 27 позицій. Загальний обсяг складає 97 сторінок, у тому числі 8 рисунків та 17 таблиць.

1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЛАДНАННЯ МАРТЕНІВСЬКОГО ЦЕХУ

Ефективна національна політика у сфері енергоспоживання має бути спрямована не лише на зниження енергоємності продукції, що виробляється, а й на сприяння модернізації виробництва за допомогою сучасного обладнання та нових технологій.

Вирішення енергетичних проблем значною мірою залежить від рівня наукових досліджень у галузі розробки енергозберігаючих технологій та впровадження енергозберігаючих освітніх програм для населення України.

Для утилізації тепла, що утворюється на установках термообробки, використовують котли.

Основні відходи процесу або вторинні джерела енергії включають: фізичне тепло вихлопних газів, тепло продуктів процесу, залишкове тепло відходів і тепло робочого механізму системи примусового охолодження технологічного приміщення.

Однією з характеристик котлів, що утилізують тепло, є наявність пристрою для спалювання палива.

Теплові відходи які використовують у таких котлах дозволяють отримувати енергію таку як технічна пара або гаряча вода, заощаджуючи таким чином паливо для підприємств.

Як додатковий зовнішній споживач тепла, котел, який його утилізує, не впливає на основний характер процесу. Однак у деяких випадках котли-утилізатори можуть удосконалити умови роботи основної технологічної установки.

Наприклад, розташування котла-утилізатора за топкою мартенів дозволяє встановити відвідник диму або димосос, що покращує якість роботи печі та її тягу.

1.1 Особливості обладнання

На комбінаті «Запоріжсталь» у цеху встановлено сім печей. За ними встановлений котел-утилізатор КУ-80-3. Вони призначені для використання фізичного тепла димових газів печі для виробництва пари.

Котли споживають хімічно очищену воду з центрального насосного деаератора.

Основною ділянкою обслуговування котла є відмітка підлоги котельні, де встановлені котел, циркуляційний насос, тепловий екран, щит керування двигуном.

Робоча ванна печі з двох торців має по одному кесону (пальники) і регенератора (по два з кожного боку), перекидні шибера і димовий шибер перед димарем які і є основними елементами мартенівської печі.

Як паливо використовується природний газ. Він не вимагає підігріву та подається безпосередньо в кесон.

Повітря, яке необхідне для спалювання газу, надходить через регенератор і потім подається в кесон, де нагрівається теплом газу з ванни печі. Для інтенсивної роботи печі подається кисень.

Покидаючи ванну мартенівської печі димові гази надходять до регенератора і борова за рахунок різниці тиску по тракту руху, що створюється трубою.

Висота димоходу печей № 1-5 становить 85 м, а висота димоходу печей № 6 і 7 – 105 м.

Тяга є найважливішим параметром теплової роботи пічного обладнання. Вона значною мірою визначає продуктивність і питому витрату палива печі. Але в міру посилення процесу в маршової печі, збільшення об’єму і температури відпрацьованих газів збільшується опір на шляху газу, а також збільшується тяга, що створюються повітропроводами. В цілому заходи щодо збільшення тяги мартенівських печей відстають від існуючої тенденції збільшення садіння мартенівських печей і підвищення їх теплового навантаження.

Тому для забезпечення сталої роботи печі в мартенівському цеху необхідний димосос, за допомогою якого відводяться димові гази з ванни печі.

Тиск в робочому просторі печі повинен бути в межах 2,6-4 мм. вод. ст. Мартенівські печі мають різну компоновку (крім плавки): мартенівська піч 1, 11 – 2×250 тон, мартенівські 2,5,6,7,8,10,12 – по 500 тон.

Процес плавки відбувається у наступній послідовності:

- завантаження печі;
- завалка печі;
- підігрів печі;
- завантаження чавуну в піч;
- 1-й період плавлення;
- 2-й період плавлення;
- доведення розплаву.

Температура димових газів в топці після регенератора коливається в межах від 700 до 900 °С. За мартенівською піччю встановлено мокрий газоочисник для збору пилу від вихлопних газів. Для створення повітряного потоку вздовж димового шляху за кожною установкою підготовки газу в різних приміщеннях було встановлено два димовідвідники.

Для збільшення вентиляції та утилізації тепла за мартенівською піччю встановлено котел для утилізації тепла з димомосом прямої дії. Перед димососом планується встановити газоочисник, який споживає значну частину тиску димососу, тим самим зменшуючи викиди в боров печі.

У деяких випадках важливою характеристикою промислових відпрацьованих газів є те, що вони містять полідисперсні речовини, які є переважно дуже дрібними частинками у твердому, рідкому та газоподібному станах. Класифікація процесу формується шляхом видалення дрібних частинок шихти, шлаку, розплавленого металу або шламу потоком повітря. Швидкість потоку повітря в робочій камері має великий вплив на видалення цих частинок. Розтріскування вихідної шихти під

впливом внутрішнього газоутворення, що виникає під час нагрівання та температурного стресу є дуже суттєвим. Отримані частинки потраляють за межі робочої камери печі.

Унесення частинок рідини з технологічного розплаву відбувається в основному під час кип'ятіння або продування розплавленого матеріалу. Основний технічний матеріал частково випарувався через високу температуру.

При цьому в робочій камері окремі компоненти розплавленого матеріалу можуть перебувати в пароподібному стані. Осередки, що утворюються в процесі плавлення, виносяться з робочої камери вихлопними газами, а при зниженні температури осадки конденсуються і утворюють дрібнодисперсні рідкі та тверді частинки.

Розмір частинок залежить, в основному, від режиму роботи печі. Під час завантаження шихтових матеріалів в них міститься велика кількість частинок вапняку розміром до 600 до 800 мкм, а частинки розміром менше 10 мкм налічують приблизно 10-15%.

Під час процесу плавлення, коли відсоток парів оксиду заліза в утворенні сплаву збільшується, фракція, що досягає розміру частинок 10 мкм, становить 33-38%. При продувці ванни киснем, частки розміром менше 10 мкм становлять 66,5%.

1.2 Розрахунок кількості тепла та димових газів, що йде на утилізацію

Склад продуктів згоряння у мартенівській печі представлено таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Робочий склад продуктів згоряння, %

CO_2	12
N_2	72
O_2	5,5
H_2O	10,5
Запиленість газу, г/см^3	2…5

Витрачена на рекуперацію теплота розраховується за формулою, кВт

$$Q_{УТ} = V_{від} \cdot C_{від} \cdot \vartheta_{від} \quad (1.1)$$

де $V_{від}$ - об'єм газу, що очищається;

$\vartheta_{від}$ - температура продуктів згоряння, °С;

$C_{від}$ - теплоємність продуктів згоряння, кДж / (м^3 °С)

$$C_{від}=\sum c_i \cdot r_i \quad (1.2)$$

де c_i - теплоємність компонентів продуктів згоряння (див. табл.1.2);

r_i - об´ємна складова, м^3/м^3

$$r_i = \frac{r\%}{100} \quad (1.3)$$

$$r_{co_2} = \frac{CO_2\%}{100} = \frac{12}{100} = 0{,}12$$

$$r_{N_2} = \frac{N_2\%}{100} = \frac{72}{100} = 0{,}72$$

$$r_{o_2} = \frac{O_2\%}{100} = \frac{5.5}{100} = 0{,}055$$

$$r_{H_2O} = \frac{H_2O\%}{100} = \frac{10.5}{100} = 0{,}105$$

Таблиця 1.2 - Теплоємність складових елементів продуктів згорання, кДж/м^3

ϑ, ˚C	CO_2	N_2	O_2	H_2O	Зола, кДж/кг
900	2,18	1,38	1,44	1,68	0,94

Теплоємність продуктів згоряння визначається за формулою кДж/м^3

$$C_i = c_i \cdot r_i \qquad (1.4)$$

$$C_{CO2} = 2{,}18 \cdot 0{,}12 = 0{,}262$$

$$C_{N2} = 1{,}38 \cdot 0{,}72 = 0{,}994$$

$$C_{O2} = 1{,}44 \cdot 0{,}055 = 0{,}0792$$

$$C_{H2O} = 1{,}68 \cdot 0{,}105 = 0{,}1764$$

$$C_{золи} = 0{,}94 \cdot 0{,}002 = 0{,}0018$$

$$C_{від} = 0{,}262 + 0{,}994 + 0{,}0792 + + 0{,}1764 + 0{,}0018 = 1{,}5296$$

Кількість тепла яка витрачається на утилізація тепла, кВт

$$Q_{ут} = \frac{90 \cdot 10^3 \cdot 1{,}5296 \cdot 900}{3600} = 34{,}416 \cdot 10^3$$

1.3 Підбір модифікації котла-утилізатора

Інтенсифікація процесу і збільшення одиничної потужності топкової установки пов'язані з підвищенням рівня температури в топці і, отже, температури продуктів згоряння. Це відхідне тепло виробництва є потужним резервом (приблизно 80%) теплової вторинної енергії (ВЕР) і в основному використовується переважно в парових котлах на відхідних газах (КВГ). Таким чином, мільйони тон традиційного палива можна заощаджувати щороку завдяки установкам, заміненим автономним спалюванням органічного палива.

Основні положення визначення запасів палива, що економляться від використання ВЕР на промислових підприємствах, поділяють на три групи:

1. Паливні (Fuel) ВЕР - гази, що утворюються під час хімічної та термохімічної переробки горючих газів, вуглецевої або вуглеводневої сировини в печах (доменні печі, шахтні доменні печі та вагранки, конвертери, феросплави), не використовуються (не придатні)) для подальшої технічної переробки відходи деревообробки (деревна стружка, тирса, стружка, обрізки тощо), пароподібна рідина целюлозно-паперового виробництва, відпрацьовані гази технічних печей, абсорбційні гази виробництва мономерів синтетичного каучуку, фракції оксиду вуглецю. для виробництва аміаку.

2. Теплові ВЕР - фізична теплота відхідних газів, фізична теплота основних продуктів, побічних, проміжних продуктів і відходів, теплота робочого механізму системи примусового охолодження технологічного апаратів та пристроїв, теплота від гарячої води та пари.

3. ВЕР надлишкового тиску – потенціал надлишкового тиску газів і рідин при його виході з технічної установки, який необхідно зменшити при подальшому використанні цих газів і рідин або при їх викиді в атмосферу.

Паливні вторинні енергоресурси використовуються як паливо, а теплові ВЕР використовуються для виробництва тепла, електроенергії, холоду та механічної роботи на очисних спорудах.

На сьогодні в різних ланках промисловості та різноманітних інженерних об'єктах протипожежного захисту встановлені тисячі КОГ різного технічного призначення. Ці агрегати відрізняються один від одного різними процесами і параметрами, що відбуваються, використовуваними енергоносіями.

Характеристики технологічного процесу, в якому бере участь котел-утилізатор (КУ), висувають певні вимоги до його управління. Основна відмінність КУ від звичайних промислових котлів полягає в тому, що первинним регулюючим параметром є не паропродукція, яка визначає споживання необхідної паливної енергії, а кількість енергії, що вноситься потоком відхідних газів, і що визначається виробленням пари, як реакцію КУ на режим теплової роботи, що задається технологічною установкою. У традиційному топковому котлі потік палива та повітря регулюється, а об’єм і температура хвостового газу печі досягаються за рахунок формування необхідної якості та кількості пари. КУ, навпаки, задає витрату і температуру газу, він повинен забезпечувати виробництво пари заданої якості в заданих умовах, еквівалентну енергії, що надається відпрацьованим газом технічного агрегату робочому органу (рідина). Таким чином, управління КУ полягає в забезпеченні надійної утилізації тепла відпрацьованих газів технічної установки шляхом генерування відповідної кількості пари до заданих параметрів (тиск, температура перегріву).

Інша характеристика КУ - нестабільність робочого режиму, що може змінюватися від нуля до максимального значення, а в окремих випадках швидкість зростання теплового потоку досягає від 20 до 30% за секунду [3]. Тому КУ, з точки зору забезпечення надійності, перебуває у надзвичайно складних умовах.

Відповідно до ДСТУ 3635-98 (ГОСТ 30604-98) котли утилізатори поділяються на:

1) за видом теплообміну в КУ: конвективні, радіаційно-конвективні, радіаційні;

2) за типом конструктивного виконання: водотрубні і газотрубні;

3) за компонуванням і конструктивними характеристиками газопроводів: горизонтальні, горизонтальні з барабаном сепаратором, вертикальні з барабаном сепаратором;

4) за принципом циркуляції води: розрізняють природну циркуляцію, примусову циркуляцію, комбіновану циркуляцію і прямоточні;

5) відповідно до розташування газоходів: П-, Г-, Т-, Л-, У-подібні, баштові, горизонтальні;

6) за типом технологічних матеріалів для спалювання та охолодження;

7) за типом кріплення поверхонь нагріву;

8) за типом установки: відкриті, напіввідкриті, закриті;

9) за режимом роботи тягового механізму: урівноважене і під розрядкою;

10) відповідно до реалізації: для сейсмічних і несейсмічних районів.

Відповідно до початкової температури теплоносія котли-утилізатори поділяються на дві групи:

1) низькотемпературний котел-утилізатор з початковою температурою теплоносія $Тг < 1100…1200$ К;

2) високотемпературний котел-утилізатор $Тг > 1400…1500$ К.

Конструктивні та модельні характеристики котла користувача взаємопов’язані між собою і визначені технологічними особливостями процесу. Параметри пари обирають на основі використовуваної теплової схеми, та зазвичай складають 1,8 і 4 МПа, з невеликим перегрівом.

Сучасні конструкції котла-утилізатора використовують воду як теплоносій. Оскільки теплова напруга поверхні нагріву невелика, а висота котла зазвичай мала, часто виникають проблеми з правильним способом циркуляції води. Таким чином для створення компактної поверхні нагріву застосовують примусову циркуляцію.

Характерною рисою низькотемпературних водотрубних котлів, поверхня нагріву яких є труби малого діаметра, що перехресно промивають продукти згоряння, є те, що робоче тіло і пароводяна суміш (ГДС) мають змієподібне розташування і багаторазову примусову циркуляцію. Ці котли призначені для встановлення за металургійною піччю, щоб використовувати фізичне тепло вихлопних газів для генерації перегрітої пари. У назві типорозміру котла міститься цифра, яка вказує максимальну витрату продуктів згоряння (PS), на яку розрахований котел в тисячах кубічних метрів на годину (40, 60, 80, 90, 100, 125, 150) . Температури продуктів згоряння перед котлом 1125 і 925К. Параметри генерованої пари становлять 4,5 МПа, 650 К або 1,8 МПа, 650 К. Поверхня нагріву має П-подібну форму. Усі поверхні змієподібного типу розташовані по ділянках, а розрізи – по блоках. Котел використовує одноступеневу пару. Під тиском 1,8 МПа рух продуктів згоряння відбувається протитечійно, а блоки з'єднані попарно паралельно. Передбачена можливість спільної роботи випарного охолодження котла і топки. Сепараційна установка розміщена всередині барабана котла і складається з циклонного сепаратора з вхідним патрубком і перфорованої верхньої плити з перфорованим паровідвідним патрубком. Мулоуловлювачі - це фільтри, виготовлені з дротяної сітки або перфорованих решіток з нержавіючої сталі.

В роботі передбачається проведення модифікації існуючої моделі котлоутилізаційної установки КУ-80 на пропускну потужністю 90 тис. м^3.

1.4 Характеристика котельного обладнання

Котел-утилізатор складається із залізобетонного фундаменту, на який спирається каркас котла. Рама виготовлена з швелера 24 калібру. На каркасі кріпляться всі частини котла: барабан, поверхня нагріву випару, пароперегрівач, кладка і обшивка котла.

На котлі-утилізаторі газопровід до другої розвантажувальної балки виконується з вогнетривкої кладки. Лицьова сторона котла повністю цегляна. Для виготовлення газових труб використовують листове залізо, а зовні утеплюють шлаком для поглинання тепла.

Для захисту котла від пошкоджень у разі вибуху газу на бічній стінці газопроводу котла встановлено вибухозахищений клапан. На першому газопроводі встановити дві вибухозахищені арматури.

Циркуляція води в котлі здійснюється відцентровим циркуляційним насосом. На кожному котлі встановлено два насоси типу НКУ-140, один з яких використовується як резервний.

Заслінка котла встановлюється перед котлом. Котли з мокрими газоочисниками мають заслінку, встановлену позаду котла. Регулювання тяги здійснюється направляючим пристроєм перед очисником відпрацьованих газів.

Барабан котла має наступні характеристики: діаметр барабана 1500 мм, довжина циліндра 4250 мм. Внутрішній барабанний сепараційний пристрій складається з сепараторів у кількості 7 штук які мають форму циклону, діаметр 300 мм і перфорований потоковий лист з отворами діаметром 7 мм.

Барабан котла оснащений повітряним клапаном і двома запобіжними клапанами. Передня частина барабана оснащена 2 колонками індикатора рівня води та манометром. Барабан оснащений приладдям для підключення реєструючого датчика рівня води та відбору проб котлової води, регулярного продування повітря, аварійного зливу бочкової води та покажчик рівня води.

1.5 Висновок до розділу 1

В розділі наведені особливості обладнання, що знаходяться в мартенівському цехі ВАТ «Запоріжсталь». Проведений розрахунок кількості тепла та димових газів, що йде на утилізацію. За результатами розрахунків обрано модіфікацію котла-утилізатора КУ-80 на пропускну потужністю 90 тис. $м^3$. та підібрані основні характеристики котельного обладнання: насоси типу НКУ-140, діаметр барабана 1500 мм, довжина циліндра 4250 мм, внутрішній барабанний сепараційний пристрій складається з сепараторів у кількості 7 штук які мають форму циклону, діаметр 300 мм і перфорований потоковий лист з отворами діаметром 7 мм. Барабан котла оснащений повітряним клапаном і двома запобіжними клапанами. Передня частина барабана оснащена 2 колонками індикатора рівня води та манометром

2 ТЕПЛОВИЙ І АЕРОДИНАМІЧНИЙ РОЗРАХУНКИ КОТЛА

2.1 Вихідні дані для розрахунків котельної установки

Поверхня нагріву котла №1 складається з вертикальних димоходів, що утворюють букву «П». Випарна поверхня нагріву котла складається з трьох секцій, які розташовані в першому стояку газопроводу і підключені паралельно до шлаковідділювача на вході. Вихідні дані для розрахунку котельної установки представлені в таблиці 2.1

Перша частина (у напрямку газу) складається з з одного пакету змійовиків і називається передвключеною. Пакет котушок складається з 4 штук блоків. Кожен змійовий блок (куб) складається з вхідного і вихідного колекторів і 22 паралельно з'єднаних змійовиків, з'єднаних планками в 11 екранів.

Послідовно з першою попередньо з’єднаною основною частиною складається з системи опорних балок охолодження, на яких розміщені блоки всіх поверхонь нагріву котла.

Рух з використанням робочих тіл і газів відбувається наступним чином: для І-ої секції – протиточна, для ІІ-ої секції – протиточна, для ІІІ-ої секції – проти точна, для пароперегрівача – прямоточна.

Всі змійовики виготовлені з труб розміром 25х3 мм.

Секція випарника і пароперегрівач розташовані вздовж потоку повітря: І-а випарна секція, ІІ-а випарна секція, ІІІ-а випарна секція, пароперегрівач

Оборотна вода підводиться до кожної секції по трубах які мають розмір 89х3,5 мм. Пароводяна емульсія в паровому барабані видаляється з першої випарної секції через охолоджуючу балку і через дві труби 108х4 мм у ІІ випарну секцію і дві труби 108х4 мм у ІІІ випарну секцію.

Таблиця 2.1 - Вихідні дані для розрахунку котельної установки

Параметр	Позначення	Розмірність	Величина
Тиск перегрітої пари	$P_{пе}$	МПа	1,8
Температура перегрітої пари	$T_{пп}$	К	653
Температура живильної води	$T_{жв}$	К	374
Кількість продуктів згоряння перед котлом	$V_{пз}$	$м^3/ч$	$90 \cdot 10^3$
Температури продуктів згоряння перед котлом	$T_{пз}$	К	1123
Температури продуктів згоряння після котла	$T_{від}$	К	543
Температура холодного повітря	$T_{хп}$	К	21
Величина безперервного продування	P	%	2
Тиск в барабані	$P_б$	МПа	1,9
Тиск живильної води	$P_{жв}$	МПа	1,8

2.2 Методологія визначення ентальпії димових газів

2.2.1 Величини присосів повітря і об'єми продуктів згорання по газоходах котла

Ентальпія продуктів згоряння визначається на 1 $м^3$ за нормальних умов. Середні характеристики продуктів згоряння на поверхні нагріву котлоагрегату наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Об'єм продуктів згоряння та об'ємна частка триатомного газу в димоході котла

Параметр	Перед котлом до і після пароперегрівача	Між II і III пакетами	Перед економайзером	Після економайзера
Об'єм повітря $V_{пр}$, м3/м3	-	0,010	0,020	0,050
Загальна кількість продуктів згоряння $V_{пз}$, м3/м3	1,000	1,010	1,020	1,050
Об'ємна доля: трьохатомних продуктів згоряння r_{CO2}	0,120	0,119	0,118	0,115
Водяна пара r_{H2O}	0,105	0,104	0,103	0,100
Сумарна частка продуктів згоряння $r_n=r_{CO2}+r_{H2O}$	0,225	0,223	0,221	0,215

2.2.2 Розрахунок ентальпії димових газів і повітря

Ентальпії димових газів при α > 1 вираховуємо по формулі, кДж/м^3:

$$I_г = I_г^o + (\alpha - 1)I_в^o, \quad (2.1)$$

де $I_г^o$ - ентальпія димового газу при α =1;

$I_в^o$ - ентальпія повітря при α = 1.

Ентальпія газу при α = 1 і температурі газу Т, К розраховується за такою формулою: кДж/м^3

$$I_z^o = V_{RO_2}(C \cdot (T\text{-}273))_{RO_2} + V_{N_2}^o (C \cdot (T\text{-}273))_{N_2} + V O_2 (C \cdot (T\text{-}273)) O_2 + V_{H_2O}^o (C \cdot (T\text{-}273))_{H_2O} \quad (2.2)$$

Ентальпія димових газів до котла та до і після пароперегрівача, кДж/м^3

$I_{г\ 373}$=20,5+7,12+93+15,9=137

$I_{г\ 473}$=42,7+14,6+187+31,8=276

$I_{г\ 573}$=67+22,2+282+48,6=420

$I_{г\ 673}$=93+30,2+376+65,8=565

$I_{г\ 773}$=119,4+38,5+477+83,5=718

$I_{г\ 873}$=147+46,9+580+101=875

$I_{г\ 973}$=176+55,2+680+120=1031

$I_{г1073}$=205+63,6+785+140=1194

$I_{г\ 1173}$=235+72,4+895+160=1362

Згідно (2.1) розраховуємо ентальпії димових газів для інших ділянок і заносимо в таблицю 2.3.

Таблиця 2.3 - Ентальпія продуктів згоряння, кДж/м^3

Температури продуктів згоряння Т, К	Перед котлом, до і після пароперегрівача I1	Між II та III пакетами I2	Перед економайзером I3	За економайзером I4
373	137	138,3	139,5	143,8
473	276	278,5	281,8	289
573	420	424,3	428	440,1
673	565	570,4	575,9	592,2
773	718	727,4	731,8	752,4
873	875	883,4	891,8	916,5
973	1031	1040,6	1050,7	1080
1073	1194	1205,3	-	-
1173	1362	1375	-	-

За даними таблиці 2.3 побудовано I-T-діаграму, яка дозволяє визначити ентальпію продуктів згоряння при будь-якій температурі при заданому коефіцієнті надлишку повітря (рис. 2.1).

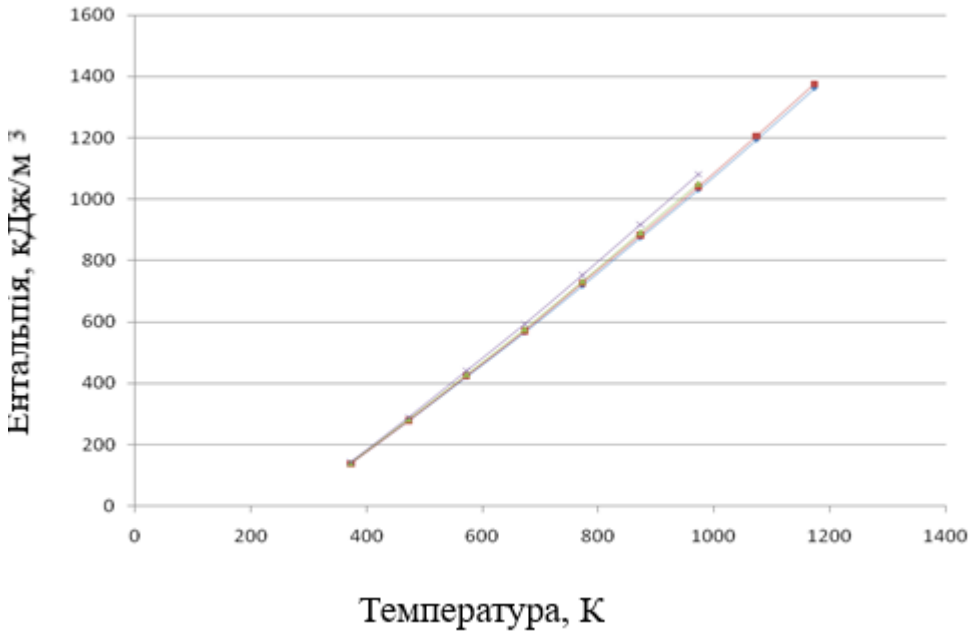


Рисунок 2.1 - Ентальпія продуктів згоряння

2.3 Розрахунок паропродуктивності котла

Витрата продуктів згоряння (згідно табл. 2.1), м3/с

$$V^0_{\text{п.з.}} = 25$$

Температура продукту згоряння (з табл. 2.1), К

$$T^0_{\text{п.з.}} = 1123$$

Ентальпія продуктів згоряння перед котлом (див. табл. 2.3 та рис. 2.1), кДж/м^3

$$I^0_{\text{п.з.}} = 1280$$

Температура продуктів згоряння після котла (див. табл. 2.1), К

$$\mathrm{T}_{\text{п.з.}}^{\text{від}} = 543$$

Ентальпія продуктів згоряння на виході з котла (табл. 2.3 і рис. 2.1), кДж/м^3

$$I_{\text{п.з.}}^{\text{від}} = 362$$

Ентальпія повітря, яке всмоктується, кДж/м^3

$$I_{\text{вз}} = V_{\text{пр}} \cdot \mathrm{c} \cdot (\mathrm{T}_{\text{вз}} - \mathrm{T}^0) = 0{,}05 \cdot 40 = 2 \qquad (2.3)$$

Теплота, що передається при спалюванні відходів, кВт

$$Q = \left(I_{\text{п.з}}^0 - I_{\text{п.з}}^{\text{ух}} + I_{\text{пр}}\right) \cdot V_{\text{п.з.}}^0 = (1280 - 362 + 2) \cdot 22 = 22{,}18 \cdot 10^3. \qquad (2.4)$$

Тиск пари, МПа:

- перегріта пара:

$$p_{\text{п.п}} = 1{,}8;$$

- в барабані:

$$p_{\text{б}} = 1{,}9.$$

Температура пари, К:

$$T_{\text{п.п}} = 653.$$

Ентальпія перегрітої пари (при $p_{пп}$), кДж/кг:

$$i_{п.п}=3211.$$

Ентальпія рідини в барабані (при $p_б$), кДж/кг:

$$i_{кип}=893.$$

Ентальпія живильної води (при $p_б$), кДж/кг:

$$i_{п.в}=420,6.$$

Теплота вдування повітря, кДж/кг:

$$i_{пр} = 0,01 \cdot P \cdot (i_{кип} - i_{п.с}) = 0,01 \cdot 8 \cdot (893 - 420,6) = 37,8. \quad (2.5)$$

У формулі Р - це % безперервного повітряного обдування.

Теплота, яку поглинає 1 кг пари в котлі, кДж/кг:

$$\Delta i_{пр} = i_{п.п} - i_{п.в} + i_{пр} = 3211 - 420,6 + 37,8 = 2828. \quad (2.6)$$

Розглянемо коефіцієнт тепловіддачі через корпус дорівнює

$$\phi = 0,98.$$

Розрахункова паропродукція котла складає, кг/с:

$$D = \frac{Q \cdot \phi}{\Delta i} = \frac{22180 \cdot 0{,}98}{2828} = 7{,}68. \quad (2.7)$$

2.4 Розрахунок поверхні нагріву випаровування

2.4.1 Розрахунок першого пакета випаровування

Температура продуктів згоряння на виході з пакету, К:

$$T''_{\text{п.з.}} = 1010.$$

Розрахунковий натиск температури, К:

$$\Delta T = \frac{(\text{T}^0_{\text{п.з}} - \text{T}_{\text{н.п.}}) - (T''_{\text{п.з}} - \text{T}_{\text{н.п.}})}{2{,}3 \cdot \lg \frac{\Delta T_б}{\Delta T_м}} = \frac{(1123 - 482) - (1010 - 482)}{2{,}3 \cdot \lg \frac{641}{528}} = 582. \quad (2.8)$$

Розрахункова температура подачі, К:

$$\text{T}_{\text{пот}} = \text{T}_{\text{н.п.}} + \Delta\text{T} = 482 + 582 = 1064. \quad (2.9)$$

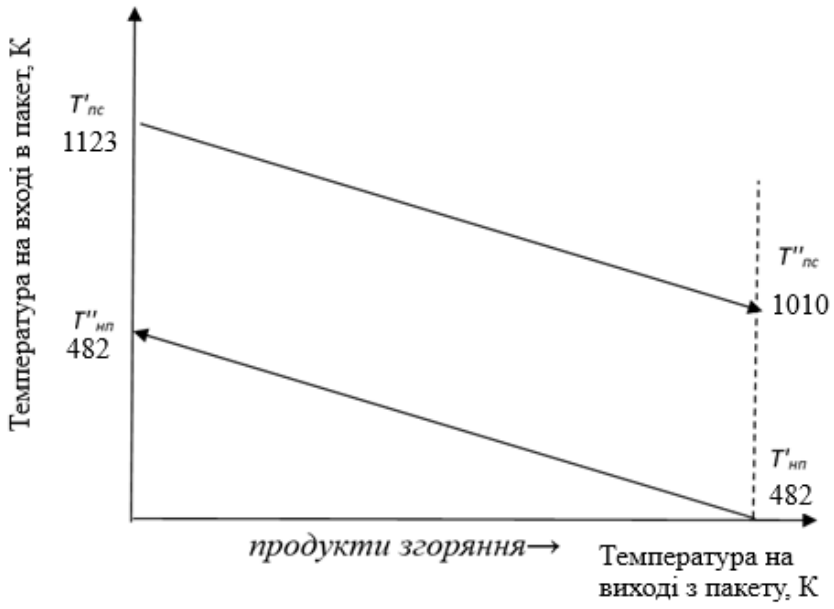


Рисунок 2.2 – Графік температурної залежності I випарного пакета (протитечія)

Середній об'єм продуктів згоряння, м^3/м^3:

$$V=1.$$

Витрата продуктів згоряння, м^3/с:

$$V_{n.c.} = \frac{V \cdot V^0_{n.з} \cdot T_{пот}}{273} = \frac{1 \cdot 25 \cdot 1064}{273} = 94{,}7 \qquad (2.10)$$

Площа активного перерізу, через який проходять продукти згоряння, м$^{2:}$

$$F = 6{,}96.$$

Середня швидкість ходу продуктів згоряння, м/с:

$$\omega_{\text{п.з}} = \frac{V_{\text{п.з}}}{F} = \frac{94{,}7}{6{,}69} = 13,6. \qquad (2.11)$$

Коефіцієнт конвективної тепловіддачі ([1], номограма 12)., Вт/(м^2·К):

$$\alpha_{\text{к}} = C_z \cdot C_s \cdot C_{\text{ф}} \cdot \alpha_{\text{н}} = 1 \cdot 1 \cdot 0{,}98 = 114. \qquad (2.12)$$

Повна поглинальна здатність триатомних продуктів згоряння, м·МПа:

$$p_{\text{п}}\text{Sp} = (r_{H_2O} + r_{\text{RO}_2})\text{Sp} = (0{,}105 + 0{,}12)0{,}122 \cdot 0{,}1 = 0{,}0274. \qquad (2.13)$$

Загальна споживана потужність продуктів згоряння:

$$\text{KPS} = K_{\text{г}} \cdot r_{\text{п}} \cdot \text{Sp} = 4{,}4 \cdot 0{,}225 \cdot 0{,}122 = 0{,}12. \qquad (2.14)$$

Коефіцієнт забруднення (м^2·К)/В:

$$\varepsilon = 0{,}0043.$$

Температура стінки забруднення, К;

$$T_з = T_{н.п.} + \varepsilon \frac{Q_1 V^0_{п.з}}{H_1} \cdot 10^3 = 482 + 0{,}0043 \frac{184 \cdot 25}{93} \cdot 10^3 = 694\ . \quad (2.15)$$

де H_1 – розрахункова площа поверхні нагріву, м^2.

Коефіцієнт радіаційної тепловіддачі (випромінювання), Вт/(м^2·К):

$$\alpha_л = \alpha_н a C_г = 144{,}3 \cdot 0{,}12 \cdot 0{,}94 = 16{,}24. \quad (2.16)$$

Коефіцієнт омивання:

$$\omega = 1.$$

Коефіцієнт тепловіддачі від продуктів згоряння до стіни, Вт/(м^2·К):

$$\alpha_1 = \omega\alpha_К + \alpha_Л = 1 \cdot 114 + 16{,}24 = 130{,}24 \quad (2.17)$$

Коефіцієнт тепловіддачі, Вт/(м^2·К):

$$K = \frac{\alpha_1}{1+\varepsilon\alpha_1} = \frac{130{,}24}{1+0{,}004 \cdot 130{,}24} = 83{,}4. \quad (2.18)$$

Теплота, що поглинається поверхнею нагріву, кДж/м^3:

$$Q_1 = \frac{H_1 K \Delta T}{V_{ПЗ} \cdot 10^3} = \frac{93 \cdot 83{,}4 \cdot 582}{25 \cdot 10^3} = 180{,}07. \quad (2.19)$$

Ентальпія продуктів згоряння на виході з упаковки,

$$I''_{\text{ПЗ}} = I^0_{\text{ПЗ}} - \frac{Q}{\phi} = 12800 - \frac{180{,}07}{0{,}98} = 1095 \qquad (2.20)$$

Температура продуктів згоряння на виході з тари (табл. 2.3 та рис. 2.1), К:

$$T_{\text{пз}}=1012\ .$$

Кількість пари, що виробляється І випарним пакетом, кг/с:

$$I''_{ПЗ} = I^0_{ПЗ} - \frac{Q}{\varphi} = 12800 - \frac{180{,}07}{0{,}98} = 1095\ . \qquad (2.21)$$

При розрахунку першого випарного пакета довжину змійовиків і їх кількість в пакеті збільшують шляхом зміни поздовжнього і поперечного кроків.

Орієнтовна площа поверхні обігріву 93 м^2. Площа нижньої поверхні нагріву становить 60 м^2.

2.4.2 Розрахунок пароперегрівача

Температура перегрітої пари, К:

$$T_{пп}=653.$$

Ентальпія перегрітої пари, кДж/м^3:

$$i_{пп}=3210{,}7.$$

Теплота, що поглинається пароперегрівачем, кДж/м^3:

$$Q_{ПП} = \frac{D(i_{ПП} - i_{НП})}{V_{ПС}} = \frac{7,68(3210,7 - 2796,8)}{25} = 127,14. \quad (2.22)$$

Температура продуктів згоряння після пароперегрівача, К:

постійного струму:

$$\Delta T_{ПР} = \frac{(T_{ПЗ} - T_{НП}) - (T''_{ПЗ} - T_{НП})}{2,3\lg\frac{\Delta T_{Б}}{\Delta T_{М}}} = \frac{(1010 - 653) - (935 - 482)}{2,3\lg\frac{453}{357}} = 364,9; \quad (2.23)$$

протитечія:

$$\Delta T_{ПРО} = \frac{(T'_{ПЗ} - T'_{НП}) - (T''_{ПЗ} - T''_{НП})}{2,3\lg\frac{\Delta T_{Б}}{\Delta T_{М}}} = \frac{(1010 - 482) - (896 - 653)}{2,3\lg\frac{528}{243}} = 367. \quad (2.24)$$

Розрахункова температура і тиск, К:

$$\Delta T = \frac{\Delta T_{ПР} + \Delta T_{ПРО}}{2} = \frac{367 + 364,9}{2} = 365,8 \quad (2.25)$$

Середня температура пари, К:

$$\overline{T} = \frac{T_{ПП} + T_{НП}}{2} = \frac{653 + 482}{2} = 567,5. \quad (2.26)$$

Розрахункова температура потоку, К:

$$T_{ПОТ} = \overline{T} + \Delta T = 567,5 + 365,8 = 933,3. \quad (2.27)$$

Середній об'єм продуктів згоряння, м^3/м^3:

$$V=1.$$

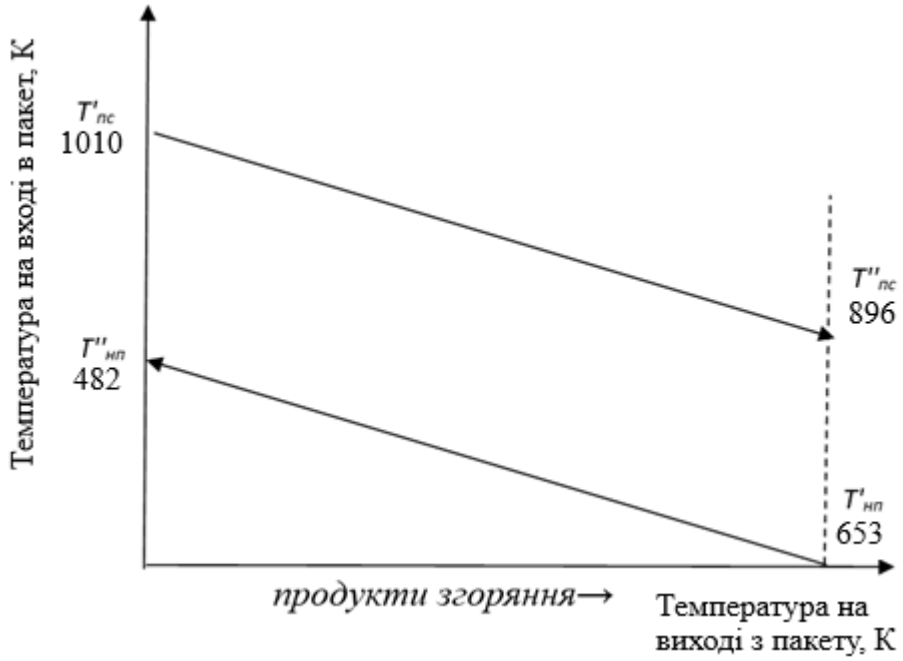


Рисунок 2.3 – Графік зміни температури пароперегрівача

Витрата продуктів згоряння, м^3/с:

$$V = \frac{VV^0_{ПЗ}T_{ПОТ}}{273} = \frac{1 \cdot 25 \cdot 960,1}{273} = 85,4\,. \qquad (2.28)$$

Площа активного перерізу, через який проходять продукти згоряння, м^3:

$$F = 6,96.$$

Коефіцієнт омивання дорівнює:

$$\omega = 1$$

Коефіцієнт конвективної тепловіддачі, Вт/(м^2·К):

$$\alpha_к = C_z \cdot C_s \cdot C_ф \cdot \alpha_н = 1 \cdot 0{,}98 \cdot 0{,}98 \cdot 107 = 102{,}8. \quad (2.29)$$

Повна поглинальна здатність триатомних продуктів згоряння, м·МПа:

$$p_п \mathrm{Sp} = (r_{H_2O} + r_{\mathrm{RO}_2})\mathrm{Sp} = 0{,}225 \cdot 0{,}122 \cdot 0{,}1 = 0{,}0275; \quad (2.30)$$

Загальна споживана потужність продуктів згоряння:

$$KPS = K_г \cdot r_п \cdot \mathrm{Sp} = 7{,}3 \cdot 0{,}225 \cdot 0{,}122 = 0{,}123. \quad (2.31)$$

Температура стінки забруднення, К:

$$T_з = \overline{T}_n + \left(\varepsilon + \frac{1}{\alpha_2}\right) \cdot \frac{Q_{п.п} V^0_{п.з}}{H_{п.п}} \cdot 10^3 = 567{,}5 + \left(0{,}004 + \frac{1}{1163{,}8}\right) \cdot \frac{127{,}14 \cdot 25}{140} \cdot 10^3 = 694\,. \quad (2.32)$$

Коефіцієнт тепловіддачі випромінюванням, Вт/(м^2·К):

$$\alpha_л = \alpha_н \mathrm{a} C_г = 144{,}4 \cdot 0{,}132 \cdot 0{,}95 = 14{,}2. \quad (2.33)$$

Коефіцієнт теплопередачі від продуктів згоряння до стіни, Вт/(м^2·К):

$$\alpha_1 = \omega\alpha_к + \alpha_л = 1 \cdot 105 + 21{,}4 = 126{,}4\,. \quad (2.34)$$

Середній питомий об'єм пари, м^3/кг:

$$v = \frac{v+v}{2} = \frac{0{,}1662+0{,}1066}{2} = 0{,}1364. \quad (2.35)$$

Площа активного поперечного перерізу, через який проходить пара, м^2.

$$f_п=0,026$$

Середня швидкість пари, м/с:

$$w = \frac{Dv_п}{f_п} = \frac{7,68 \cdot 0,1364}{0,026} = 40,2 \quad (2.36)$$

Коефіцієнт теплопередачі від стіни до пари Вт/(м^2·К):

$$\alpha_2 = C_d \alpha_н = 1,02 \cdot 1163 = 1198,8 \quad (2.37)$$

коефіцієнт забруднення, м^2·К/Вт:

$$\varepsilon = 0,0043$$

Коефіцієнт тепловіддачі, Вт/(м2·К):

$$K = \frac{\alpha_1}{1+\left(\varepsilon + \frac{1}{\alpha_2}\right)\alpha_1} = \frac{117}{1+\left(0,0043 + \frac{1}{1198,8}\right)117} = 73,09 \quad (2.38)$$

Розрахункова площа поверхні нагріву пароперегрівача, м2:

$$H_{п.п} = \frac{Q_{п.п} V^0_{п.з}}{K\Delta T} = \frac{127,14 \cdot 25 \cdot 10^3}{73,09 \cdot 365,8} = 119,02 \quad (2.39)$$

Кількість пари, що утворюється пароперегрівачем, кг/с:

$$H_{п.п} = \frac{Q_{п.п} V^0_{п.з}}{K\Delta T} = \frac{127,14 \cdot 25 \cdot 10^3}{73,09 \cdot 365,8} = 119,02 \quad (2.40)$$

При розрахунку пароперегрівача довжину змійовиків і кількість змійовиків збільшують шляхом зміни поздовжнього і поперечного кроків. Розрахункова площа поверхні обігріву 120 кв м. Площа нижньої поверхні нагріву становить 87 кв. м

2.4.3 Розрахунок II і III випарних пакетів

Температура продуктів згоряння на виході з пакету, К:

$$T''_{\text{п.з.}} = 603$$

Розрахункова температура натиску, К:

$$\Delta T = \frac{(T'_{п.з} - T_{н.п.}) - (T''_{п.з} - T_{н.п.})}{2{,}3 \cdot \lg \frac{\Delta T_б}{\Delta T_м}} = \frac{(896 - 482) - (603 - 482)}{2{,}3 \cdot \lg \frac{414}{121}} = 246 \qquad (2.41)$$

Розрахункова температура потоку, К:

$$\text{Т}_{\text{пот}} = \text{Т}_{\text{н.п.}} + \Delta\text{Т} = 482 + 246 = 728 \qquad (2.42)$$

Середній об'єм продуктів згоряння, м^3/м^3:

$$V=1{,}025.$$

Витрата продуктів згоряння, м^3/с:

$$V_{п.с.} = \frac{V \cdot V^0_{п.з} \cdot T_{пот}}{273} = \frac{1{,}025 \cdot 25 \cdot 728}{273} = 68{,}33\,. \qquad (2.43)$$

Площа активного перерізу, через який проходять продукти згоряння, м^2:

$$F = 6{,}96.$$

Середня швидкість продуктів згоряння, м/с:

$$\omega_{\text{пз}} = \frac{V_{\text{пз}}}{F} = \frac{68{,}33}{6{,}96} = 9{,}7. \tag{2.44}$$

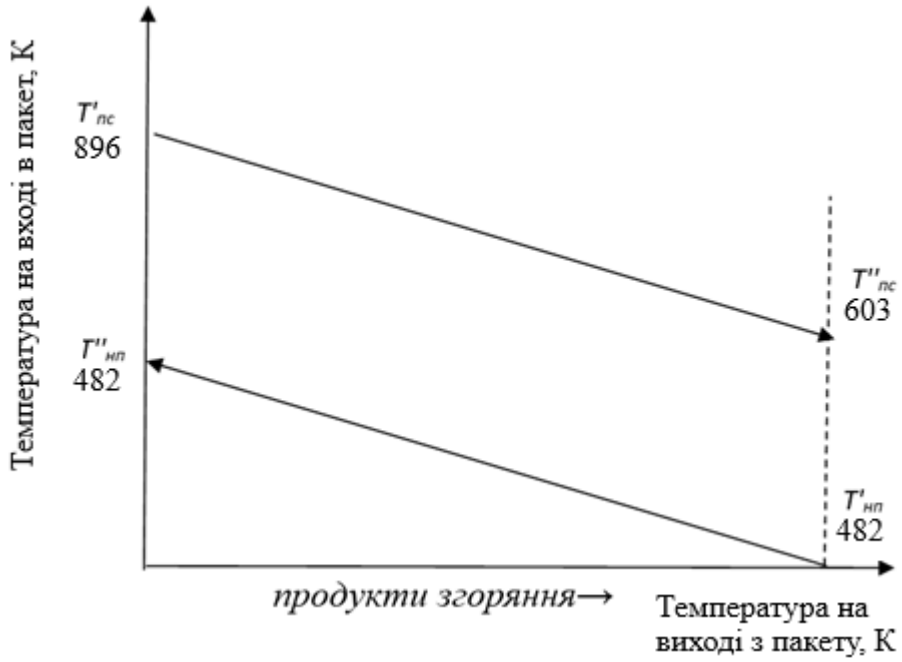


Рисунок 2.4 – Температурні діаграми II, III випарного пакета (протитечія).

Коефіцієнт конвективної тепловіддачі, Вт/(м^2·К):

$$\alpha_{\text{к}} = C_z \cdot C_s \cdot C_{\text{ф}} \cdot \alpha_{\text{н}} = 1 \cdot 0{,}98 \cdot 1 \cdot 90{,}7 = 88{,}88. \tag{2.45}$$

Повна поглинальна здатність триатомних продуктів згоряння, м·МПа:

$$p_{\text{п}}\text{Sp} = (r_{H_2O} + r_{\text{RO}_2})\text{Sp} = (0{,}1045 + 0{,}12)0{,}1 \cdot 0{,}122 = 0{,}00268 \tag{2.46}$$

Загальна споживана потужність продуктів згоряння складає:

$$KPS = K_{\text{г}} \cdot r_{\text{п}} \cdot Sp = 41 \cdot 0{,}224 \cdot 0{,}122 \cdot 0{,}1 = 0{,}112. \tag{2.47}$$

Коефіцієнт забруднення приймаємо, Вт/(м^2·К):

$$\varepsilon = 0{,}0043.$$

Температура стінки забруднення, К:

$$T_з = T_{н.п.} + \varepsilon \frac{Q_1 V^0_{п.с}}{H_1} \cdot 10^3 = 482 + 0{,}0043 \frac{471 \cdot 25}{468} \cdot 10^3 = 554\ . \qquad (2.\ 48)$$

Коефіцієнт радіаційної тепловіддачі, Вт/(м^2·К):

$$\alpha_л = \alpha_н a C_г = 573 \cdot 0{,}111 \cdot 0{,}95 = 6{,}07 \qquad (2.49)$$

Коефіцієнт омивання:

$$\omega = 1$$

Коефіцієнт теплопередачі від продуктів згоряння до стіни, Вт/(м^2·К):

$$\alpha_1 = \omega\alpha_к + \alpha_л = 1 \cdot 88{,}88 + 6{,}07 = 94{,}95. \qquad (2.50)$$

Коефіцієнт тепловіддачі, Вт/(м^2·К):

$$К = \frac{\alpha_1}{1+\varepsilon\alpha_1} = \frac{94{,}95}{1+0045 \cdot 94{,}95} = 67{,}42. \qquad (2.51)$$

Теплота, що поглинається поверхнею нагріву, кДж/м^3:

$$Q_1 = \frac{H_1 K \Delta T}{V_{п.с} \cdot 10^3} = \frac{468 \cdot 67{,}42 \cdot 246}{25 \cdot 10^3} = 465 \qquad (2.52)$$

Ентальпія продуктів згоряння на виході з упаковки, кДж/м^3:

$$I''_{п.з} = I^0_{п.з} - \frac{Q}{\varphi} = 928{,}1 - \frac{465}{0{,}98} = 454{,}8\,. \quad (2.53)$$

Температура продуктів згоряння на виході з пакету, К:

$$T_{\text{п.з.}} = 588$$

Кількість пари, що утворюється II і III випарними пакетами, кг/с:

$$D = \frac{Q \cdot V_{пс}}{(i'' - i')} = \frac{465 \cdot 25}{(2796{,}8 - 893)} = 6{,}11 \quad (2.54)$$

У процесі розрахунку II і III випарних пакетів довжину змійовиків і кількість в пакеті збільшують за рахунок зміни поздовжнього і поперечного кроку. Орієнтовна площа поверхні обігріву – 468 м^2. Площа нижньої поверхні нагріву становить 463 м^2.

2.4.4 Розрахунок економайзера

Температура продукту згоряння перед економайзером, К:

$$T'_{\text{п.з.}} = 588.$$

Ентальпія продуктів згоряння перед економайзером, кДж/м^3:

$$I'_{\text{п.з.}} = 454,8.$$

Температура продуктів згоряння після економайзера, К:

$$T''_{\text{ек}} = 503.$$

Ентальпія продуктів згоряння після економайзера, кДж/м^3:

$$I_{\text{ек}} = 319{,}22.$$

Теплота, що поглинається економайзером, кДж/м^3:

$$Q_e = \varphi(I'_{п.з} - I''_{п.з} + I_{вз}) = 0{,}98(454{,}8 - 319{,}22 + 0{,}84) = 133{,}69 \qquad (2.56)$$

Тепловіддача економайзера води 1кг, кДж/кг

$$\Delta i = \frac{Q_e V^0_{п.з}}{(1 + 0.01P)D_к} = \frac{133{,}69 \cdot 25}{1{,}08 \cdot 7{,}68} = 402{,}95 \qquad (2.57)$$

Ентальпія води після економайзера, кДж/кг

$$i''_{\text{е}} = i' + \Delta i = 420{,}6 + 402{,}95 = 823{,}55 \qquad (2.58)$$

Температура води після економайзера, К:

$$T''_{\text{в}} = 466$$

Розрахункова температура і тиск, К:

$$\Delta T = \frac{(T'_{п.з} - T''_{в}) - (T''_{п.з} - T''_{в})}{2{,}3 \cdot \lg \frac{\Delta T_б}{\Delta T_м}} = \frac{(588 - 466) - (503 - 374)}{2{,}3 \cdot \lg \frac{129}{122}} = 125{,}46 \qquad (2.59)$$

Середня температура води, К:

$$\overline{T}_{в} = \frac{T''_{в} + T'_{в}}{2} = \frac{466 + 374}{2} = 420 \qquad (2.60)$$

Розрахункова температура води, К:

$$T_{пот} = \bar{T}_{в} + \Delta T = 420 + 123{,}46 = 545{,}46 \qquad (2.61)$$

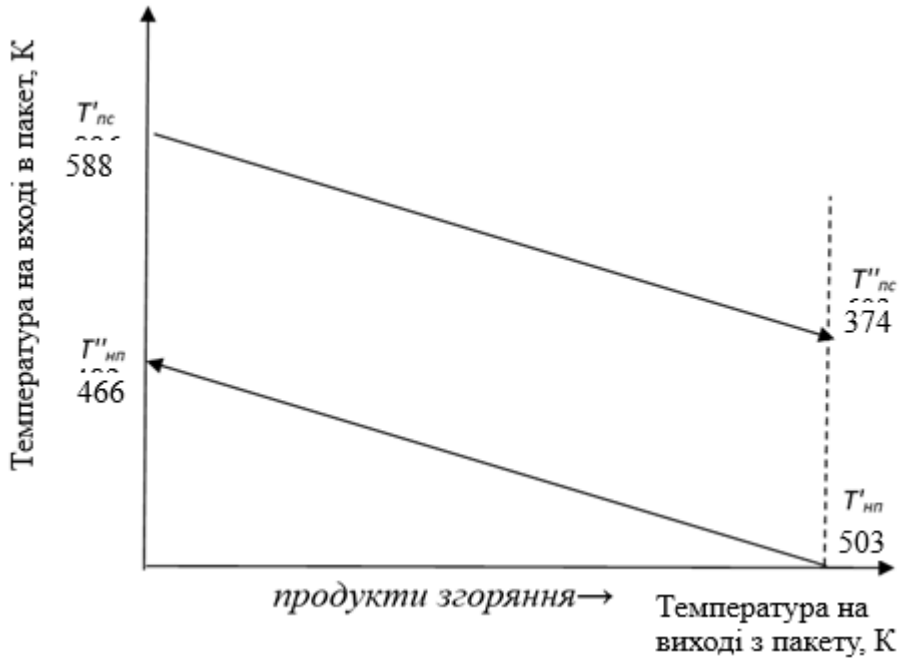


Рисунок 2.5 – Температурна діаграма економайзера (протиток)

Середній об'єм продуктів згоряння, $м^3/м^3$:

$$V=1{,}04.$$

Витрата продуктів згоряння, $м^3/с$:

$$V_{п.з.} = \frac{V \cdot V^0_{п.з} \cdot T_{пот}}{273} = \frac{1{,}04 \cdot 25 \cdot 545{,}4}{273} = 52{,}1 \quad (2.62)$$

Площа активного перерізу, через який проходять продукти згоряння, м^2:

$$F=5{,}38.$$

Середня швидкість продуктів згоряння, м/с:

$$\omega_{п.с} = \frac{V_{п.с}}{F} = \frac{52,1}{5{,}38} = 9{,}7 \quad (2.63)$$

Коефіцієнт конвективної тепловіддачі, Вт/(м^2·К):

$$\alpha_к = C_z \cdot C_s \cdot C_ф \cdot \alpha_н = 1 \cdot 1{,}02 \cdot 0{,}98 \cdot 107 = 107{,}03 \quad (2.64)$$

Питомий об'єм води (Т = 373К), м^3/кг

$$v_в = 0{,}00104$$

Швидкість води на вході в економайзер, м/с:

$$w_в = \frac{(1 + 0{,}01Р)D_к v_в}{f} = \frac{(1 + 0{,}8) \cdot 7{,}16 \cdot 0{,}001104}{0{,}0127} = 0{,}63 \quad (2.65)$$

Повна поглинальна здатність триатомних продуктів згоряння, м·МПа:

$$p_n Sp = (r_{H_2O} + r_{RO_2})Sp = (0{,}101 + 0{,}116) \cdot 0{,}122 \cdot 0{,}1 = 0{,}0026 \quad (2.66)$$

Здагальна споживана потужність продуктів згоряння:

$$KPS = K_г \cdot r_п \cdot Sp = 45 \cdot 0{,}217 \cdot 0{,}122 \cdot 0{,}1 = 0{,}119 \quad (2.67)$$

Коефіцієнт забруднення, (м^2·К)/Вт:

$$\varepsilon = 0{,}005$$

Температура стінки забруднення, К:

$$T_з = T_{н.п.} + \varepsilon \frac{Q_1 V^0_{п.з}}{H_1} \cdot 10^3 = 420 + 0{,}005 \frac{133.69 \cdot 25}{370} \cdot 10^3 = 465 \quad (2.68)$$

Коефіцієнт радіаційної тепловіддачі, Вт/(м^2·К):

$$\alpha_л = \alpha_н a C_г = 27.9 \cdot 0{,}112 \cdot 0{,}98 = 3.06 \quad (2.69)$$

Коефіцієнт омивання:

$$\omega = 1$$

Коефіцієнт теплопередачі від продуктів згоряння до стіни, Вт/(м^2·К):

$$\alpha_1 = \omega\alpha_к + \alpha_л = 1 \cdot 107{,}03 + 3{,}06 = 110{,}09 \quad (2.70)$$

Коефіцієнт тепловіддачі, Вт/(м^2·К):

$$K = \frac{\alpha_1}{1 + \varepsilon\alpha_1} = \frac{110,09}{1 + 0,005 \cdot 110,09} = 71,84 \quad (2.71)$$

Необхідна опалювальна площа, м^2:

$$H_e = \frac{Q_э V^0_{п.з}}{K\Delta T} \cdot 10^3 = \frac{133,69 \cdot 25}{71,34 \cdot 125,46} = 373,4 \quad (2.72)$$

Візьмемо площу поверхні нагріву, м^2:

$$H_э = 374$$

При розрахунку економайзера була збільшена довжина котушки. Орієнтовна площа поверхні обігріву – 374 м^2. Площа нижньої поверхні нагріву становить 321 м^2.

2.5 Аеродинамічні розрахунки котла

Продукти згоряння і повітря рухаються відповідно до в'язкої рідини та мають турбулентні властивості. Під час руху відбувається зміна температури в наслідок охолодження продуктів згоряння та відповідно нагріву повітря за допомогою повітронагрівачів.

Під час руху в'язких продуктів горіння присутні сили, які стають на перешкоді руху. Частка енергії, якою володіє потік рідини, що рухається, використовується для подолання сил опору. Опір виникає за рахунок сил тертя потоку об стінки каналу і, як результат, збільшується внутрішнє тертя в потоці при появі на його шляху різних перешкод.

Щоб подолати опір, рідина, що рухається, повинна мати певний надлишковий тиск, який зменшується в міру руху по своєму шляху. Аеродинамічний опір будь-

якої ділянки трубопроводу складається з опору тертя, місцевого опору та опору ерозії пучка труб.

Визначення аеродинамічного опору котла за умови горизонтального промивання поверхні нагріву відбувається за формулою:

$$\Delta h = \Delta h_{ПОП} + \Delta h_{ПОВ} + \Delta ht \tag{2.73}$$

де $\Delta h_{ПОП}$ - опір поперечного обмивання гладких трубних пучків;

$\Delta h_{ПОВ}$ - місцевий опір повороту газоходу при П- подібній компоновці котла;

Δht - опір обумовлений зміною динамічного натиску.

Опір пучків, Па:

$$\Delta h_{ПОП} = \Delta h_0 + \xi_0 \cdot (z+1) \tag{2.74}$$

де Δh_0 - опір поперечного ряду труб, що залежить від швидкості і температури в пучку;

z – кількість труб по глибині шахового пучка;

$\xi_0 = C_S C_D$ - коефіцієнт опору форми шахового пучка, що відповідає співвідношенню $\sigma_1 = \frac{s_1}{d}$ та $\varphi = \frac{s_1 - d}{s_2^{/} - d}$, а також від числа Re.

Діагональний крок труби, м:

$$s_2^{/} = \sqrt{\frac{1}{4} s_1^2 + s_2^2} \,. \tag{2.75}$$

Для загальної кількості труб котла геометричні параметри однакові:

$$s_2^{/} = \sqrt{\frac{1}{4}0{,}07^2 + 0{,}05^2} = 0{,}061,$$

$$\varphi = \frac{0.07 - 0{,}025}{0{,}061 - 0{,}25} = 1{,}2$$

Для визначення ξ_0 приймаємо [2 номінальний VII-7]:

$$\xi_0 = 1{,}2\ (0{,}1\phi \leq 1{,}7).$$

Опір обертанню газової труби:

$$\Delta h_{пов} = \varphi_{пов} \cdot w^2 / 2 \cdot \gamma \qquad (2.76)$$

Локальний коефіцієнт опору:

$$\varphi_{пов} = \varphi_0 k\alpha \qquad (2.77)$$

де $\varphi_0 = 1.2$ - початковий коефіцієнт опору

$k\alpha = 1{,}4$ - поправочний коефіцієнт залежний від кута повороту

$\varphi_{пов} = 1{,}2 \cdot 1{,}4 = 1{,}68$.

Розрахунок опору пучків занесено до таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 - Стійкість до бічного змиву трубних пучків

Найменування поверхні нагріву	Середня швидкість газу, м/с	Середня температура газів, °С	z	z+1	Δh_0	ξ_0	$\Delta h_{пот}$
І випарний пакет	13,6	1064	7	8	12,26	1,2	117,6
Пароперегрівач	12.2	933	11	12	9,81	1,2	141,2
ІІ та ІІІ випарні пакети	9,7	728	53	54	8,3	1,2	537,8
І, ІІ, ІІІ економайзерні пакети	9,7	545	57	58	8,83	1,2	588,9
Сумарний опір пучків труб	1385						

Швидкість газа на повороті, м/с:

$$\omega = \frac{V \cdot T}{3600 \cdot F \cdot 273} = \frac{92800 \cdot 563}{3600 \cdot 6{,}2 \cdot 273} = 9{,}7 \qquad (2.78)$$

Опір повороту газоходу, Па:

$$\Delta h_{пов} = \varphi_{пов} \frac{\omega^2 \gamma}{2} = 1{,}68 \cdot 42 = 25{,}4 \qquad (2.79)$$

де- $\frac{\omega^2 \gamma}{2}$ динамічний натиск, який дорівнює $\frac{\omega^2 \gamma}{2} = \frac{9{,}7^2 \cdot 0{,}54}{2} = 42$ Па.

Опір, викликаний зміною динамічного тиску

$$\Delta ht = \frac{2(T' - T'')}{T_{ср}} \cdot \frac{\omega^2 \cdot \gamma}{2} = \frac{2(1064 - 545)}{804{,}5} \cdot 42 = 54{,}19 \qquad (2.80)$$

де $T', T'', T_{ср}$ - вхідна, вихідна і середня температура потоку, відповідно, °С

Тоді загальний аеродинамічний опір котла складє:

$$\Delta h = \Delta h_{поп} + \Delta h_{пов} + \Delta ht = 1385{,}5 + 42 + 54.19 = 1481{,}7 \qquad (2.81)$$

2.6 Вибір димососу

У котельні в основному використовуються вентилятори які рухаються вправо або вліво та витяжні вентилятори з однобічним всмоктуванням. Димососи відрізняються від вентиляторів більшою товщиною лопатей крильчатки, наявністю кожуха біля кореня і броні вздовж раковини. В даний час промисловість випускає димососи типу ДН.

Під час пуско-налагоджувальних робіт перевіряється, правильність встановлено димососів відповідно до паспортних даних. Перевірка на місці монтажу крильчатки на валу (чи є шпонки та болти кріплення). Вимірюється зазор між вхідним отвором колеса і вхідним конусним кільцем (має бути 0,002·D, де D – діаметр колеса; довжина перекриття робочого колеса і вхідного кільця повинна бути 0,01·D).

Для забезпечення надійної роботи котла обраний відцентровий димосос одностороннього всмоктування. ДН-21МГМ модель 0,55-40-1 [2. рис. VII-32].

Характеристики димососа ДН-21МГМ 0,55-4-1

Частота обертання валу, об/хв.	980
Продуктивність, тис. м3/год	142
Повний тиск, кПа	5,856
Потужність на валу, кВт	187
Максимально допустима частота обертання, об/хв.	1000
Максимальний ККД	85%
Діаметр робочого колеса, мм	2100
Температура подачі потоку, °С	250
Вміст пилу в потоці газу, г/м3	8

2.7 Вибір обладнання для хімводоочищення

Видалення газів O2, CO2 і NH3, які sрозчинені в живильній воді гарячої мережі, видаляються шляхом термічної дегазації.

Термічна дегазація води заснована на законі розподілу речовин між фазами і є окремим випадком його застосування. Відповідно до цього закону, з урахуванням її парціального тиску в підводному просторі, розчинність газу у воді характеризується наступним. формула: Наступна залежність

$$G = k_p \cdot p_г = k_p (p - p_п) \qquad (2.82)$$

де G - розчинність газу у воді мг/кг або г/т;

$k_р$ - коефіцієнт розчинності газу, залежний від температури води мг/(кг мм.рт. стовпа) або г/(мм.рт.ст.);

р - сумарний тиск газу і водяної пари в просторі під водою, мм.рт.ст.;

$р_п$ - парціальний тиск водяної пари в тому ж просторі, мм.рт.ст.;

$Р_г$ - парціальний тиск газу в тому ж просторі мм.рт.ст.

З рівняння (2.82) видно, що при кипінні води, коли рп = р, розчинність газа у рідині дорівнює нулю. Значення тиску під водою фактично не впливає на ефект деаерації. Тому термічну дегазацію можна проводити як при тиску вище, так і нижче атмосферного, але якщо температура води дорівнює температурі кипіння при цьому тиску.

При доведенні води до стану кипіння навіть при нульовому парціальному тиску не забезпечується повне видалення розчинених в ній газів.

Процес термічної деаерації - це сукупність паралельних і пов'язаних між собою процесів, таких як нагрівання деаерованої води до точки кипіння, дифузія і десорбція розчинених у воді газів, серед яких значну роль останнього процесу.

Аміак найважче видалити з води. При температурі 100 °С аміак розчиняється приблизно в 3000 разів сбільше, ніж кисень, і в 150 разів краще, ніж вуглекислий газ. При наявності оночасно вуглекислого газу і аміаку у деаераційній воді вони утворюють особливо летючий амонійний вуглекислий газ, погіршує ефективність термічної деаерації.

Пристрої, які призначені для термічної дегазації, називають термічними деаераторами.

Термічні деаератори живильної води по ДСТУ 3282-95 умовно поділяються на такі види:

1). Вакуумні - ДСВ, що працюють при тиску до 0,3 кгс/см^2;

2). Атмосферні- ДСН, що працюють при тиску 1,2 кгс/см^2;

3). Підвищеного тиску -ДСП, що працюють при тиску від 6 до 8 кгс/см^2.

Конструкція термодеаератора повинна відповідати наступним вимогам:

а) забезпечує надійний нагрів води до температури кипіння, що відповідає тиску деаератора;

б) ретельне розбризкування води, щоб створити максимальну поверхню виділення газу;

в) вода залишається в деаераторі протягом достатнього часу, необхідного для виділення газу та розкладання бікарбонату натрію;

г) добре видділення газів, що знаходяться в деаераторній воді;

д) плавне регулювання подачи гріючої пари для підтримки температури киплячої води та вентиляційного об’єму деаератора.

Між парою і водою на всьому її шляху в деаераторі забезпечується чітко виражена протитечія, а також максимальна різниця між рівноважним тиском пари у воді і парціальним тиском під водою. Всередині деаератора не повинно бути застою води або пари. Тому для котла-утилізатора, що пропонується проєктом необхідно обрати двоступеневий деаератор ДСН із зануреним барботажним блоком (рис. 2.6).

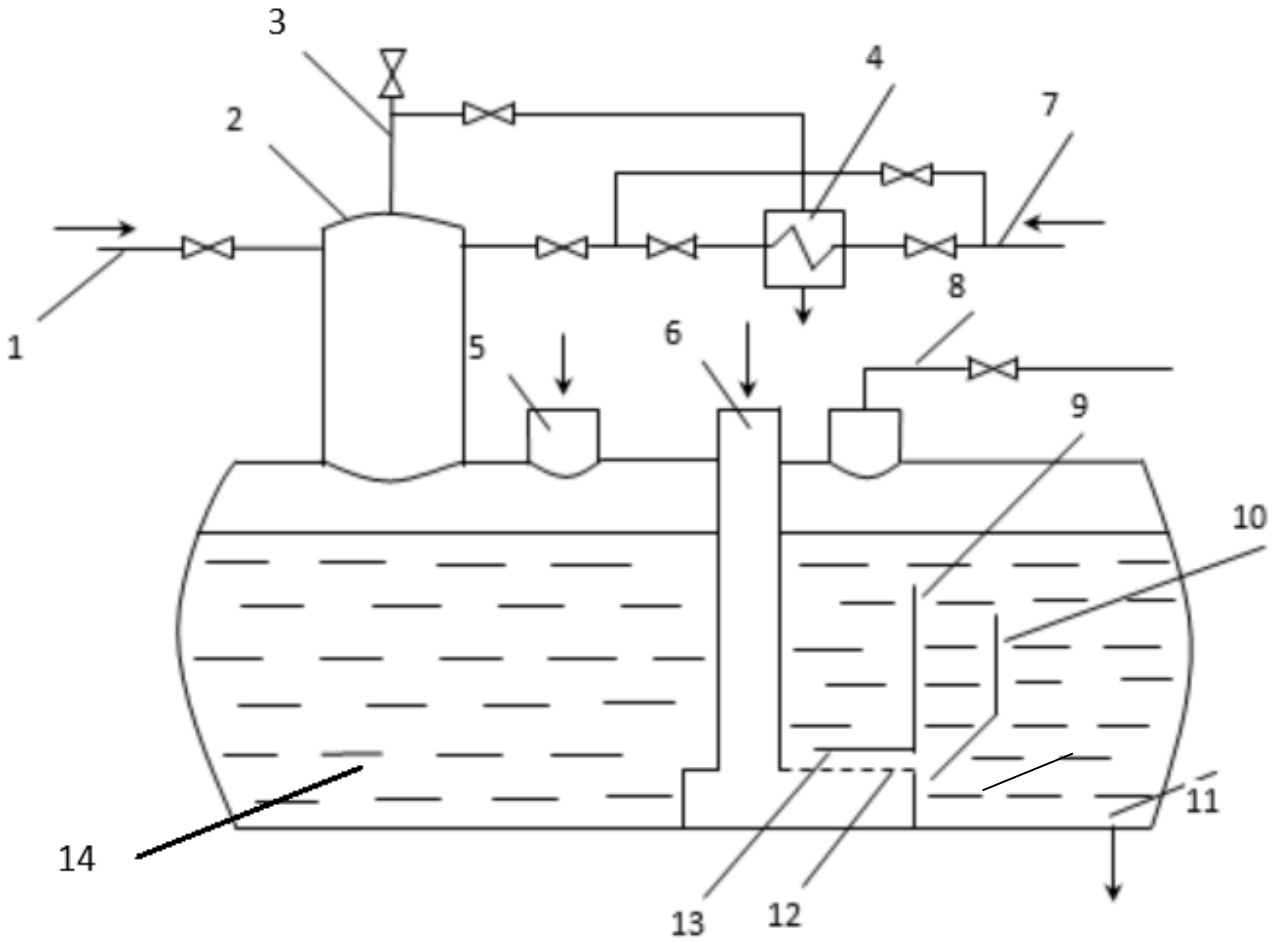


Рисунок 2.6 – Деаератор ДСН

Деаератор наведений на рисунку 2.6. представлений горизонтальною циліндричною ємністю14 з дегазаційною баштою 2 з одного боку та дегазаційним пристроєм 6, зануреним з іншого боку . Хімічно очищена вода надходить у деаератор через трубу 7, а основний конденсат надходить у деаератор через трубу 1. Два потоки води змішуються на першій верхній тарілці деаераторної башти, а вода надходить у другу колону в у вигляді струминного струменя, а звідти в бачок акумулятора тиску 4.

Після того, як вода відстоялася в резервуарі-накопичувачі, вона надходить у барботажний пристрій, що представляє собою перфоровану пластину 12, нижче якої по трубі 6 подається пара. Пара проходить через отвори перфорованої пластини, створюючи шар води, що повільно рухається. По каналу 13 в напрямку патрубка 11 служить для видалення знекисненої води з деаератора. Листи 9 і 10 утворюють вертикальні канали, в яких кипить вода з барбатажного пристрою.

Пара після проходження через барботажний пристрій потрапляє в паровий простір резервуара і рухається до циліндра над поверхнею води. У той же час паровий простір резервуара добре вентилюється від газів, що знаходяться у воді. Після надходження в дегазаційну вежу пара піднімається вгору і змиває потік води з пластин. Неконденсовані пара і газ, що виділяються з води, видаляються з деаератора через трубу 3 і надходять в пароохолоджувач 4, де відбувається нагрівання хімічно очищеної води. У пароохолоджувачі пара конденсується, а вивільнені гази викидаються в атмосферу.

Барботування пари сприяє більш повному видаленню з води розчинених газів, які з різних причин вислизають з поверхні деаератора в резервуар.

Лише завдяки автоматичному підтримці постійного тиску всередині термодегазатора термодегазатор може працювати надійно. Таким чином, незалежно від його теплового і гідравлічного навантаження, можна забезпечити постійність діапазону температур дегазації, необхідного для максимального видалення газу і живильної води.

2.8 Принципова схема утилізаційних трубопроводів котла в котельні

Живильна вода подається центральними насосними деаераційними станціями з обох боків водопроводу котла: № 1 з верхнього боку і № 2 з нижнього боку. Кожен котел з'єднаний з елементом живлення через труби. У лінії живлення встановлено імпульсний регулятор потужності типу ОРМ із запірною арматурою № 4 і 5 і перепускну лінію з вентилем № 3. На лінії подачі встановлено наступне обладнання: мірні шайби, манометри. Ці схеми живлення дозволяють живити котел з будь-яким компонентом через регулятор потужності або в обхід регулятора потужності. Котлова вода витікає з барабана котла по двох трубах, утворюючи колектор, і надходить на всмоктувальний патрубок циркуляційного насоса. На стороні всмоктування насоса розташовані клапани № 20 і № 22, а на стороні нагнітання - регулюючі клапани № 21 і № 23.

На виході кожного насоса є зворотний клапан. Для вимірювання витрати оборотної води в каналізаційну лінію циркуляційного насоса встановлюють мірні шайби.

Циркуляційний насос подає воду у вхідний колектор змійовика випарника через фільтр (шламозбірник). Після проходження через змійовик випарника котлова вода стає сумішшю пари та води та надходить у барабанний циклон.

Насичена пара з барабана надходить по паропроводу у вхідний колектор пароперегрівача. Відбір проб насиченої пари здійснюється з паропроводу насиченої пари.

Після проходження через пароперегрівач насичена пара перегрівається до температури, вищої за температуру насичення пари, відповідну тиску в котлі. Перегріта пара з вихідного колектора пароперегрівача надходить у трубопровід перегрітої пари, який обладнаний запірною арматурою, вимірювальною діафрагмою, термопарою, манометром, запобіжним клапаном тощо. Перегріта пара з котла № 1 надходить у паропровід ЛПК-2 або ЛПК-1.

Для видалення осаду, що утворюється в котлі, котел регулярно продуває барабан, фільтр, вихідний колектор змійовика випарника, вхідний колектор пароперегрівача і паропровід перегрітої пари.

Регулярне продування повітрям також дозволяє швидко довести котлову воду до місця, яке відповідає стандартам солоності, і може використовуватися для швидкого зливання частини котлової води, якщо це необхідно. Крім того, є спеціальний трубопровід для аварійного скидання води з барабану котла. Дренажні лінії від колектора пароперегрівача і труб перегрітої пари виведені в окремі колектори.

Дренажні колектори двох котлів, встановлених в котельні, об'єднані в загальну трубу і з'єднані з бабатом. З дренажного колектора котла скидання в шламову яму. Паровий інжектор, призначений для перекачування води з шламової ями в шламопровід.

У прольоті розташовані два стрижні, що з'єднують дренажні труби № 1 і № 2 КУ.

Кожна котельня обладнана точкою відбору проб котлової води з барабана і точкою відбору насиченої пари з паропроводу насиченої пари. По стінах мартенівського цеху прокладені колектори технічної води високого тиску, які через перемички врізаються в мартенівські труби високого тиску на ділянці КУ№7, 2.

2.9 Висновок до розділу

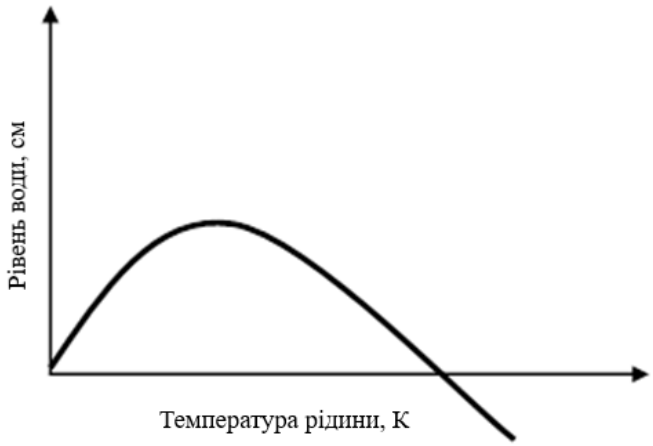
Відповідно до поставленої мети проєкту в розділі проведений тепловий та аеродинамічні розрахунки котла. Обчислено ентальпії димових газів, проведений розрахунок паропродуктивності котла та поверхні нагріву випаровування та аеродинамічний розрахунок. На основі проведених розрахунків обрано конструкцію димососу та проведено вибір обладнання ХВО. Представлено принципову схему утилізаційних трубопроводів котла в котельні.

3 ОБҐРУНТОВАНІСТЬ ВИМОГ КОНТРОЛЮ, РЕГУЛЮВАННЯ ТА ПЕРЕДАЧІ СИГНАЛІВ ТЕХНІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ

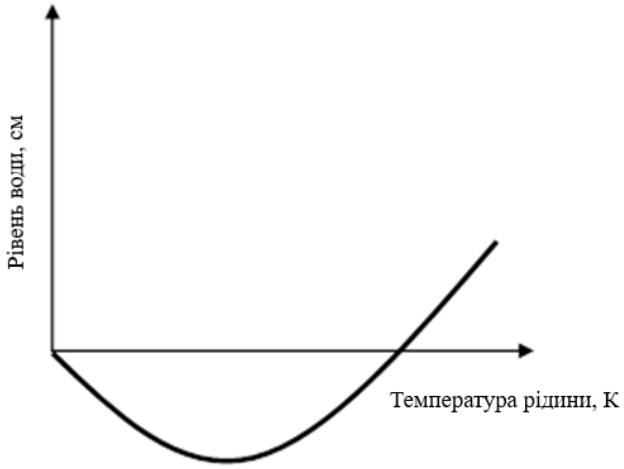
Налагодження живлення котлоагрегату та регулювання тиску в барабані необхідне для підтримки матеріального балансу між відпрацьованою парою і подачею води. Параметром, що характеризує такий баланс, є рівень води в барабані котла. В залежності від якості контролю рівня рідини залежить і надійність роботи котельного агрегату. При підвищенні тиску рівень рідини опускається нижче допустимої межі, що може призвести до порушення циркуляції в трубах парових рукавів, що призведе до підвищення температури стінок нагрітих труб і їх перегріву.

Підвищення рівня води також може призвести до аварійних наслідків, оскільки вода може потрапити в пароперегрівач, що призведе до його несправності. Від рівномірності подачі води залежить і якість регулювання потужності. В продовж технологічного процесу необхідно дотримуватись рівномірної подачи води в котел, так як часті і глибокі зміни витрати живильної води можуть викликати значні температурні навантаження на метал економайзера.

Барабани, який використовують в котлах з примусовою циркуляцією, характеризується значною акумулюючою здатністю, яка проявляється в перехідному режимі. Якщо в стаціонарному режимі положення рівня води в барабані котла визначається станом матеріального балансу, то в перехідному режимі на положення рівня води буде впливати велика кількість збурень. В основному включають зміни у споживанні живильної води, зміни в об’ємі пари котла при зміні навантаження користувача, зміни у виробництві пари при зміні температури газопроводу та зміни температури живильної води (рис. 3.1, а).



а



б

а) коли рівень рідини нижчий за допустиму межу; б) коли рівень рідини перевищує допустиму межу

Рисунок 3.1 – Залежність рівня води в барабані котла-утилізатора в перехідному режимі

Для підтримки постійної витрати димових газів котла використовується система автоматичного регулювання. Якщо не вивести, випари потраплять у приміщення майстерні та завадять обслуговуючому персоналу працювати.

У сирій воді знаходяться розчинені солі, припустимий вміст яких визначається стандартами. У процесі випарювання ці солі залишаються в котловій

воді і поступово накопичуються. Деякі солі утворюють шлам - твердий матеріал, який накопичується в котловій воді. Більш важка частина осаду накопичується в нижній частині барабана і колектора.

Підвищення концентрації солі в котловій воді заввишки припустимого значення може призвести до перенесення солі в пароперегрівач. Таким чином, сіль, що накопичилася в котловій воді, видаляється шляхом безперервного продування повітрям, яке не регулюється автоматично. Розрахункові значення для стаціонарних парогенераторів дуття визначаються з рівняння рівноваги домішок і води в парогенераторі. Добрий результат продування залежить від співвідношення концентрації домішок у продувній воді. Концентрація домішок залежить від частки додаткової води, включаючи, зокрема, частку втраченої промивної води.

Оскільки оператор котла фізично не може контролювати всі параметри працюючого котла, необхідно передбачити сигнальні параметри і засоби захисту, які спрацьовують, коли котел вимкнено. Тому можуть виникнути надзвичайні ситуації. Наприклад, коли вода втрачається з барабана, рівень води в барабані падає, потенційно порушуючи циркуляцію, і трубки випарного пакета можуть перегріватися. Миттєво активований захист запобігає виходу парогенератора з ладу. Надійність захисту багато в чому залежить від кількості використовуваних пристроїв, схеми включення і надійності. За своєю дією захист поділяється на: для припинення дії парогенератора.

Система призначена для автоматизації управління процесами утворення перегрітої пари в котлі-утилізаторі за мартенівською піччю.

Для створення умов надійної роботи споживачів котлів необхідно забезпечити підтримку параметрів котлів на певному рівні.

Функції для керування автоматизованими потоками процесів такі:

1) контроль технічних параметрів, їх оцінка та сигнали параметрів, що перевищують встановлені межі:

а) контроль рівню води в барабані (на 100 мм перевищує середнє значення, загоряються звукові та світлові сигнали таблички «високий рівень води»);

б) контроль рівню води в барабані (на 100 мм нижче середнього значення, включається звуковий та світловий сигнал таблички «низький рівень води»);

в) при зниженні витрати оборотної води до 80 $м^3$/год вмикається звуковий та світловий сигнал «Порушення циркуляції»;

г) коли тиск у падаючому трубопроводі падає нижче 1,8 МПа, лунає звуковий сигнал і вмикається резервний живильний насос;

е) коли температура (пара, передня та задня частина котла) відхиляється від встановленого значення, загоряється сигнальна лампочка;

2) визначення параметрів теплового стану при різних температурах плавлення в топці печі та параметри температурного стану користувача котла для отримання перегрітої пари при заданій температурі;

3) стабілізація параметрів теплового стану за рахунок подачі природного газу на газорегулятор, розташований на утилізаційному газопроводі котла;

4) формувати, зберігати на зовнішніх носіях та записувати історичні записи теплових режимів роботи, зміни робочих параметрів температури та зміни рівня води в барабані котла за викликами оператора;

5) Інформаційне обслуговування операторів технічних посад;

6) розрахунок техніко-економічних показників котла з економією палива для виплавки сталі в печі;

7) відповідає за роботу системи автоматизації та видає повідомлення про вихід з ладу технічних засобів автоматизації.

Ця система була створена для удосконалення управління процесами виробництва перегрітої пари шляхом забезпечення операторів повною обробною інформацією про хід і результати робіт на об'єктах за рахунок зменшення відхилення температури димових газів при різних моментах плавлення виходить

пара заданих параметрів зменшена витрата палива, що використовується в мартенівських печах за рахунок утворення перегрітої пари.

3.1 Вибір і демонстрація контрольно-управлінських функціональних рішень

Функціональна схема системи автоматизації технологічного процесу є основним технічним документом, що визначає структуру і сутність системи автоматизації процесу та обладнаних нею пристроїв і засобів автоматизації.

Після розгляду та аналізу умов експлуатації споживачів котлів була обрана схема керування та регулювання:

1) враховуючи велику інерційність барабана котла, як об'єкта регулювання рівня рідини, для забезпечення стабільної роботи системи живлення котла стічної води використовується триімпульсна схема регулювання водопроводу управління клапан на барабані. Регулююча система складається з балансувальної ємності, датчика вимірювання перепаду тиску і сигнально-регулюючого. При відхиленні рівня води в барабані від заданого сигналу датчика перепаду тиску вода і пара надходять до регулятора. Сигнал від регулятора надходить на вхід безконтактного пускача і через ключ подається на двигун виконавчого механізму. Завдяки такому триімпульсному регулюванню можна стабільно підтримувати постійний рівень рідини в паровому барабані незалежно від навантаження котла та продуктивності печі;

2) споживання оборотної води. Система управління побудована на основі датчика вимірювання перепаду тиску, який працює разом з блоком живлення та вторинним блоком Диск-250 м;

3) тиск у лініях живлення. Система керування заснована на електроконтактному манометрі;

4) тиск перегрітої пари. Система управління заснована на датчиках тиску;

5) температура перегрітої пари. Вона складається з термоелектричного перетворювача і потенціометра, який автоматично посилає сигнали;
6) розрідження до і після котла. Система керування базується на тягомірах. Імпульси приймаються від датчиків, встановлених відповідно перед частиною попередньої активації першої газової труби та другої газової труби котла.

3.2 Висновок до розділу 3

В розділі проведено вибір контрольно-управлінських функціональних рішень на основі яких була обрана схема керування та регулювання, яка складається з наступних складових: триімпульсна схема регулювання водопроводу управління клапан на барабані; споживання оборотної води, яка побудована на основі датчика вимірювання перепаду тиску; тиск у лініях живлення заснований на керуванні електроконтактним манометром; тиск перегрітої пари керується датчиками тиску; температура перегрітої пари регулюється термоелектричним перетворювачем і потенціометром; розрідження до і після котла базується на тягомірах. ІІмпульси приймаються від датчиків, встановлених відповідно перед частиною попередньої активації першої газової труби та другої газової труби котла.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Характеристика потенційно небезпечних і шкідливих виробничих факторів

Користувачі мають багато небезпечних і шкідливих факторів під час експлуатації. Основні моменти такі: оскільки природний газ використовується як паливо, існує небезпека пожежі та вибуху; надмірне виділення тепла та наявність продуктів окислення. Крім того, необхідно забезпечити виробничу гігієну на робочому місці та забезпечити необхідне освітлення та вентиляцію.

4.1.1 Шум і вібрація

Шум негативно впливає на здоров'я людини, підвищує втому працівників, призводить до травм і помилок на роботі, а також до зниження продуктивності праці.

Вимірювання проводяться безпосередньо в цеху, де розташований котел-утилізатор, на обладнанні компанії «Роботрон». Час перебування персоналу в зоні вимірювань: до 4 годин за зміну. Результати вимірювання середнього рівня звукового тиску в стандартній октавній смузі частот зведені в таблицю 4.1.

Усунення шкідливого впливу шуму на організм людини досягається за допомогою архітектурно-акустичних заходів (звукоізоляція робочих місць операторів котельні), дистанційного керування, дистанційного контролю шумоутворюючого обладнання та його роботи, планово-попереджувальних робіт (ПЗ), використання засобів індивідуального захисту (навушники, шумозаглушки).

Місця з рівнем шуму понад 80 децибел повинні бути обладнані відповідними знаками безпеки.

Таблиця 4.1 – Результати вимірювань середніх рівнів звукового тиску в стандартних октавних діапазонах частот

Октавна смуга частот із середньо-геометричною частотою, Гц	Рівень звукового тиску, дБ		
	За середнім значенням виміряних даних	Загальний час перебування працівників у робочій зоні	
		до 4 годин	до 1 години
63	86.3	105	110
125	85	98	104
250	85.3	92	98
500	83.5	89	95
1000	80.7	86	92
2000	78,0	84	90
4000	83.2	82	88
8000	85	80	86

4.1.2 Небезпека вибуху та пожежі

Котельний цех, в якому експлуатується модифікований котел, відноситься до категорії вибухо- та пожежонебезпечності «Г». У приміщенні біля котла передбачені засоби пожежогасіння. Встановити пересувний вуглекислотний вогнегасник ОУ-80 для гасіння електрообладнання. В якості основного засобу гасіння пожежі використовувався ручний вуглекислотний вогнегасник ОУ-5МН, вогнезахисний чохол згідно ГОСТ 12.4.009-83.

Категорії та рівні вогнестійкості вибухопожежонебезпечних місць розташування будівель, котелень і споруд наведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Класифікація приміщень за вибухопожежною небезпекою та вогнестійкістю будівель, приміщень і споруд котелень

Будівлі, місця та споруди	Категорія приміщення	Рейтинг вогнестійкості
Котельний цех, приміщення димососів	Г	II
Приміщення хімводопідготовки та деаераторна	Д	III
Приміщення розподільчого пристрою	Д	II
Материальні склади	В	II

Причиною виникнення пожежі може бути несправність електрообладнання, яка може спричинити наступні умови: нагрівання та спалахування ізоляції кабелю, коротке замикання проводів. Також причиною пожежі може бути порушення правил пожежної безпеки при експлуатації та обслуговуванні котла.

Евакуація обслуговуючого персоналу здійснюється через двері котельні та аварійний вихід на верхній площадці котлоутилізаційної установки.

Щоб запобігти вибуху барабана сепаратора котла, на ньому встановлений запобіжний клапан.

Для захисту установки від грозових розрядів встановлені засоби надійності типу «А», клас захисту III (99,5% і вище).

4.1.3 Електробезпека

Особливу небезпеку через небезпеку ураження електричним струмом становлять приміщення майстерень, де встановлені котли, оскільки є два ознаки підвищеної небезпеки:

- залізобетонне електропровідне перекриття;
- температура 303 К.

При працюючому котлі використовувати електрообладнання з робочою напругою 380В і ізольованою нейтраллю. Для обладнання з робочою напругою до 1000 В передбачено захисне заземлення 4 Ом.

Крім того, експлуатаційна безпека електрообладнання також забезпечується такими захисними заходами: використанням ізоляції, недоступністю струмоведучих частин, запобіжним блокуванням, використанням низької напруги, ізоляцією електромережі від землі, компенсацією шляхом вирівнювання потенціалів. , використання ізоляційних платформ. Засоби електричного захисту, такі як захисне відключення, з'єднують ємнісний елемент із землею.

4.2 Промислова гігієна

4.2.1 Вентиляція

У таблиці 4.3 наведені оптимальні значення температури, відносної вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні промислового підприємства.

З тепловим випромінюванням, яке досягало 400 Вт/м2 (замість дозволених 140 Вт/м^2), запорошене приміщення майстерні створювало проблему, яку необхідно було вирішити. Вплив цих факторів можна пом'якшити, створивши надійну систему вентиляції на основі [6].

Підприємства повинні використовувати гібридні системи вентиляції. Аерація використовує загальнообмінну вентиляцію.

Місцева вентиляція забезпечує вентиляцію безпосередньо біля робочого місця оператора котельні і поділяється на припливне і витяжне. В якості місцевого повітропостачання ми приймаємо установку пленумів з нагнітачами типу ВЦ, кількість яких буде визначено в розрахунку нижче.

Таблиця 4.3 - Оптимальні значення температури, відносної вологості і швидкості повітряного потоку в робочій зоні промислових установок

Період року	Категорія робіт	Температура повітря	Відносна вологість	Швидкість руху, м/сек.
Холодний період року	Середньої важкості IIа	19 – 21	60 – 40	0,2
	Середньої важкості IIб	17 – 19	60 – 40	0,2
Теплий період року	Середньої важкості IIа	21 – 23	60 – 40	0,3
	Середньої важкості IIб	20 – 22	60 – 40	0,3

В якості місцевої витяжної вентиляції можна використовувати витяжні зонти, розташовані над джерелами гарячих і шкідливих виділень.

Запропонована система вентиляції забезпечить необхідний повітрообмін всередині цеху.

4.2.2 Розрахунок системи вентиляції

Вентиляція - це пристрій, який забезпечує нормальне повітряне середовище в приміщенні, щоб люди почувалися нормально і щоб мікроклімат приміщення не впливав негативно на їх здоров'я.

Щоб забезпечити необхідну за гігієнічними нормами якість повітря, повітря в приміщенні необхідно постійно замінювати, свіже повітря вводиться після відповідної обробки, а не видаляється.

У цьому підрозділі розраховується загальнообмінна вентиляція для виробництва відхідного тепла.

Величина вентиляції визначається за формулою

$$V_{вент} = \frac{3600 \cdot Q_{надл}}{C \cdot \rho \cdot (t_{вид} - t_{пр})}, \quad (4.1)$$

де $Q_{надл}$ - виділення в приміщенні явного тепла, Вт;

C - теплоємність повітря (С=1 кДж/ м^{3}К);

ρ - густина повітря (ρ =1,12 кг/м^3)

$t_{вид}$ та $t_{пр}$ - температура видаленого та припливного повітря ,^{0}С

Температура повітря, що нагнітається визначається за наступною формулою

$$t_{від} = t_{рз} + d \cdot (h - 2) \quad (4.2)$$

де $t_{рз}$ - температура повітря в робочій зоні ($t_{рз}$=30 ^{0}С);

d - коефіцієнт збільшення температури на кожен метр висоти (d = 1,5 ^{0}С/м);

h - висота приміщення (h=14 м).

Отже $t_{вид}$ =30+1,5·(14-2)= 48 ^{0}С.

Надлишок тепла визначається тепловим балансом, який є різницею між теплом, що надходить у приміщення, і теплом, що відводиться та поглинається з приміщення.

$$Q_{надл} = Q_{прих} - Q_{вид} \quad (4.3)$$

Кількість тепла, що надходить в приміщення, визначається за формулою:

$$Q_{прих} = Q_{обор} + Q_{л} + Q_{осв} + Q_{рад}, \quad (4.4)$$

де $Q_{обор}$ - тепло від роботи устаткування, що поступає в зовнішнє довкілля;

$Q_{л}$ – тепло від людей;

$Q_{осв}$ - тепло від джерела освітлення;

$Q_{рад}$ - тепло від сонячної радіації через вікна.

$$Q_{обор} = \upsilon \cdot P_{уст} = 0{,}02 \cdot 22180000 = 443600 \text{ Вт}, \quad (4.5)$$

де υ – частка енергії, перетвореної в тепло;

$P_{уст}$ – потужність установки.

$$Q_{л} = n \cdot q = 3 \cdot 90 = 270 \text{ Вт} \quad (4.6)$$

де n – кількість людей у залі (n = 3);

q – калорійність людини (q = 90 Вт).

$$Q_{осв} = \mu P_{осв} = 0.4 \cdot 2000 = 800 \text{ Вт}, \quad (4.7)$$

де μ = 0,4 для люмінесцентних ламп;

$P_{осв}$ – потужність освітлювального приладу.

$$Q_{рад} = A \cdot k \cdot S \cdot m = 127 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 0{,}8 = 914{,}4 \text{ Вт}, \quad (4.8)$$

де А – тепло, що надходить в приміщення від 1 квадратного метра скла (127-234 Вт/м);

S – площа вікна (S=3м);

m – кількість вікон (m=3);

k – коефіцієнт, що враховує властивості скла (k=0,8).

З формули (4.4) можна отримати

$$Q_{прих} = 443600+270+800+914{,}4 = 445584{,}4 \text{ Вт},$$

$$Q_{расх} = 0{,}1 \cdot Q_{прих} = 0{,}1 \cdot 445584{,}4 = 44558{,}4 \text{ Вт}. \quad (4.9)$$

Відповідно до формули (4.3) отримуємо

$$Q_{надл} = 445584,4-44558,4=401026 \text{ Вт.}$$

Знаходимо необхідний об’єм повітрообміну, м^3/год:

$$V_{вент} = \frac{3600 \cdot 401026}{1000 \cdot 1,12 \cdot (48 - 20)} = 46036,14$$

Визначаємо необхідну кратність повітрообмінів:

$$K = \frac{V_{вент}}{V_{пр}} \quad (4.10)$$

де $V_{пр}$ - площа кімнати.

$$V_{пр} = a \cdot b \cdot h, \text{ м}^3 \quad (4.11)$$

де a - довжина приміщення, 12м;

b - ширина приміщення, 10м;

h - висота приміщення, 14м

$$V_{пр}=12 \cdot 10 \cdot 14=1680 \text{ м}^3$$

Кількість повітрообмінів

$$К = \frac{46036,14}{1680} = 27,4$$

Вентилятори підбираються на основі аеродинамічних характеристик і спеціальної номограми, складеної на основі різноманітних стендових випробувань вентиляторів.

Вихідними даними для вибору вентилятора є:

- розрахункова продуктивність вентилятора, м^3/год:

$$V_{розр} = 1{,}1 \cdot V_{вент} = 1{,}1 \cdot 46036{,}14 = 50639{,}754, \quad (4.12)$$

де 1,1 — це коефіцієнт, що враховує всмоктування та витік повітря.

Розрахунок системи вентиляції

Згідно розрахунків був обраний відцентровий вентилятор низького тиску ВЦ4-75 № 12,5. За номограмою визначаємо його характеристики:

- число оборотів - 1000 об/хв;

- ККД вентилятора - 0,8.

Необхідна встановлена потужність двигуна Вт:

$$N = \frac{V_{рас} \cdot H_{в}}{3600 \cdot в} = \frac{50639{,}754 \cdot 406}{3600 \cdot 0{,}8} = 7138{,}8$$

де в – ККД вентилятора.

4.2.3 Освітлення

Щоб досягти необхідних рівнів освітлення в цеху необхідно поєднувати природне і штучне освітлення.

Природне освітлення здійснюється з боків - через отвори в зовнішніх стінах з обох боків приміщення. Зорова робота характеризується середньою точністю. Наочна робота IV категорії. Коефіцієнт природного освітлення, %: КЕО = 1,15.

Для штучного освітлення використовуємо освітлювальні прилади: лампи розжарювання та газорозрядні лампи. Для покращення освітленості ми встановлюємо рефлекторні світильники Lucent безпосередньо на робочому місці.

З точки зору гігієни газорозрядні люмінесцентні лампи низького тиску, тобто лампи денного світла (ЛД) і лампи денного світла з поліпшеною передачею кольору (ЛДУ), є економічними і вигідними.

На випадок аварії забезпечити аварійне освітлення з автономним живленням (10% робочого освітлення). Яскравість аварійного освітлення в каналі 0,5-1 люкс.

Дані освітленості ділянки котельного цеху наведені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 - Рівні освітленості окремих приміщень і виробничих зон ТЕС

Приміщення, виробнича ділянка	Освітлювальна площина та її висота від землі, м.	Освітлення, Лк при освітленні	
		Комбіно-ваному	Загаль-ному
Ділянка обслуговування котлів	Вертикальна на топках	100	100
Котли, економайзери, зони доступу до котла та сходи	Підлога Горизонтальна,	---	10
		---	100
Місце для димососа та вентилятора	0,8	---	100
Хімводопідготовка, деаератор, котельня	Підлога		
Приміщення вентиляційного обладнання	Горизонтальна, 0,8	--- ---	20 75
Бювет, тепловий пункт	Те ж саме		
Шкала вимірювального приладу	Вертикальна, на приладах	300-750	150-300

4.3 Висновок до розділу 4

В розділі наведені основні характеристики потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів. Проведено розрахунок системи вентиляції. За результатами розрахунків був обраний відцентровий вентилятор низького тиску ВЦ4-75 № 12,5 з наступними характеристиками: число оборотів - 1000 об/хв; ККД вентилятора - 0,8., потужність двигуна 7138, 8 Вт.

5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТНО-ТЕХНІЧНОГО ПЛАНУ

5.1 Організаційна структура теплоелектроцентралі

Енергетичний менеджмент промислових підприємств є не тільки допоміжно-обслуговуючою ланкою підприємства, а й невід'ємною частиною регіональної енергетичної системи, що представляє собою сукупність складних процесів виробництва, перетворення, розподілу та використання різних видів енергії. .

Енергоуправління забезпечує виробництво енергії різними енергоносіями підприємства, виконує технічне обслуговування та монтаж енергетичного обладнання виробничого цеху.

Зменшення витрат на енергозбереження та збільшення використання електростанцій, які є частиною основних виробничих фондів компанії, мають значний вплив на підвищення корпоративної ефективності. Цілями енергоменеджменту є: надійне, економічне та доцільне постачання всіх видів енергії, необхідних для виробництва, ремонту та обслуговування, монтажу та налагодження енергетичного обладнання виробничих цехів, комплексної механізації та автоматизації виробничих процесів, раціонального використання енергетичних ресурсів та зниження витрат на енергопостачання та покращення використання енергетичних об'єктів.

Завдяки аналізу управління енергією підприємства підприємства все ще мають великий потенціал у підвищенні ефективності та покращенні управління.

До системи управління енергетикою входить весь орган управління Генерального міністерства енергетики (VHE) очолює головний енергетик, а енергетичний відділ підключається до системи управління енергетичного цеху. На електростанції системою управління є апарат управління цехом на чолі з директором заводу, а керованими системами є відділи. На дільниці систему

управління складають об'єктовий керівний персонал (начальники бригад, старші майстри, майстри), а керовану систему - робоче місце.

Для розробки оптимальних методів управління енергоменеджментом на промислових підприємствах необхідно визначити справжню ієрархію енергоменеджменту. При цьому енергоменеджмент не слід розглядати ізольовано, він пов'язаний із системою енергозабезпечення промислових установок і систем промислових підприємств. Структура управління ТЕС така як показано на рис. 5.1

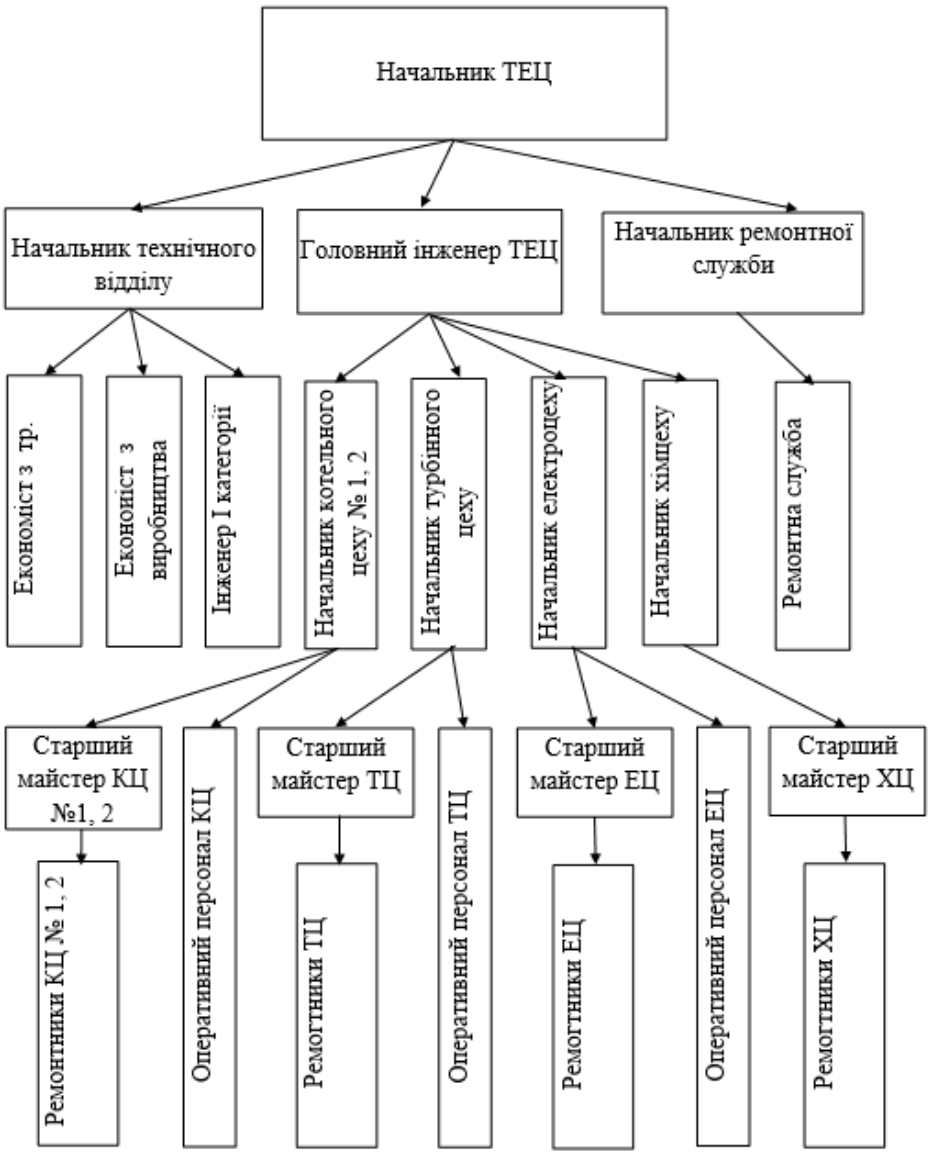


Рисунок 5.1 – Структура управління ТЕЦ

Керівництво адміністративно-господарською діяльністю ТЕЦ здійснює відповідальний за ТЕЦ. Розпоряджається всіма коштами та майном, відповідає за фінансову дисципліну.

Виробничо-технічні питання вирішує головний інженер ТЕЦ, якому підпорядковується весь виробничий обслуговуючий і оперативний (змінний) персонал.

Операторами безпосередньо керує керівник когенераційної групи. Відповідає за правильність процесів виробництва теплової та електричної енергії, безаварійну роботу всього обладнання, дотримання операторами виробничої дисципліни і правил техніки безпеки.

Виробничий процес в енергетичній галузі включає стадії виробництва, передачі, розподілу та використання.

На підприємстві енергопостачання здійснюється за централізованою схемою (електрична та теплова енергія - від ТЕЦ, паливо від відповідної паливопостачальної організації).

5.2 Організація роботи на місці

Обладнання котельні № 2 працює цілодобово, тому для його обслуговування прийнято безперервний цілодобовий (365-денний) режим.Не той рік).

Всього в котельні працює 34 людини. З них 22 людини працюють у дві зміни поспіль та чотири бригади.

Кожна бригада складається з 5 чоловік: один монтажник з обслуговування тепломереж і два оператори котельні. До складу резерву входять монтажник з обслуговування теплових мереж та оператор котельні. Останні (14 чол.) працюють у змінну зміну: завідуючий цехом, майстер, монтажник з ремонту котельного обладнання, зварювальник, очисник котлів.

Система оплати праці — погодинна та преміальна. Штатний розклад працівників котельні наведено в таблиці 5.1.

До основних обов'язків персоналу котельні входить: супроводження та нормування роботи обладнання, контроль інструкцій приладу КВПтаА, виявлення та усунення несправностей у роботі обладнання, ведення журналів роботи обладнання. обладнання.

5.3 Річний баланс робочого часу безперервно працюючого працівника

Річний баланс робочого часу безперервно працюючого працівника наведено в таблиці 5. 2.

Таблиця 5.2 - Баланс безперервно відпрацьованого робочим часу за рік організація роботи

Тип часу, кількість днів	Індекс
календарний час	365
день відпочинку	182,5
свято	-
номінальний робочий час	182,5
тарифна відпустка	31
час, втрачений через хворобу	5
втрати часу, пов'язані з виконанням г/о	0,5
інші невиходи	0,5
фактичний робочий час	145,5
коефіцієнт списочності	1,25

5.4 Розрахунок фонду оплати

Розрахунок фонду оплати праці здійснюється за безперервним графіком роботи та почасовою преміальною системою оплати праці.

Фонд оплати праці складається з основної заробітної плати та додаткової заробітної плати.

$$ФОП=ЗП_{осн}+ЗП_{дод}\,, \tag{5.1}$$

$$ЗП_{осн}=ЗП_{тар}\,, \tag{5.2}$$

$$ЗП_{тар}= T_{ср} \cdot П \cdot B_{н} \cdot Ш\,, \tag{5.3}$$

де П=12 год. – тривалість зміни;

Ш=22 чол. – штат робітників, що працюють по безперервному графіку;

$B_н$ - кількість виходів в змінах, що працюють по безперервному графіку робіт

$$B_{н} = \frac{365 \cdot 2зм}{4бр} = 182,5 \tag{5.4}$$

Середньозважена годинна тарифна ставка, тис. грн./рік

$$T_{ср} = \frac{T_1 \cdot Ш_1 + T_2 \cdot Ш_2 + T_3 \cdot Ш_3}{Ш_1 + Ш_2 + Ш_3} = \frac{17,45 \cdot 17 + 15,16 \cdot 5}{22} = 16,92 \tag{5.5}$$

У формулі Т1, Т2, Т3 - тарифна ставка робітників відповідного розряду, тис. грн./рік.;

Ш1, Ш2, Ш3 - працівники відповідних рангів.

Зарплата тарифна, тис. грн./рік

$$ЗП_{тар} = 16{,}92 \cdot 12 \cdot 182{,}5 \cdot 22 = 815{,}205$$

Розмір премії за виконання місячного плану, тис. грн./рік

$$ЗП_{прем} = ЗП_{тар} \frac{Р_{пр}}{100} = 815205{,}6 \frac{8}{100} = 652{,}16 \quad (5.6)$$

де $Р_{пр}$ – відсоток бонусу, якщо план виконано на 100%.

Доплата за роботу в святкові дні, тис. грн/рік

$$ЗП_{свят} = Т_{ср} \cdot П \cdot D \cdot Е \cdot Ш = 16{,}92 \cdot 12 \cdot 10 \cdot 0{,}5 \cdot 22 = 22{,}334 \quad (5.7)$$

де $Е = \frac{2зм}{4бр} = 0{,}5$- доля працюючих в святкові дні;

D = 10 – кількість свят у році.

Надбавка за вечірню роботу, тис. грн./рік

$$ЗП_{веч} = 0.2 \cdot T_{ср} \cdot B_{веч} \cdot П \cdot Ш = 0{,}2 \cdot 16{,}92 \cdot 45{,}625 \cdot 12 \cdot 22 = 40760{,}28 \quad (5.8)$$

де $В_{веч}$=182,5/4=45,625 – час доби з 16 до 22 години, тобто 1/4 доби

Доплата за роботу в нічний час

$$ЗП_{ніч} = 0.4 \cdot T_{ср} \cdot B_{ніч} \cdot П \cdot Ш = 0{,}4 \cdot 16{,}92 \cdot 60{,}83 \cdot 12 \cdot 22 = 108688{,}124 \quad (5.9)$$

де $В_{ніч}$=182,5/3=60,83 – час доби з 22 до 6 годин, тобто 1/3 доби

Доплата за переробку за графіком

$$ЗП_{пер} = 0{,}5 \cdot Т_{ср} \cdot Л \cdot Ш \quad (5.10)$$

де Л - число годин переробки за рік, год/рік

$$Л = Л_1 - Л_2 - Л_3 \quad (5.11)$$

де $Л_1$ – число годин в рік на одного робітника при безперервному графіку роботи, год/рік

$Л_2$ – Кількість відпрацьованих годин на одного працівника на рік (40 годин на тиждень) відповідно до законодавства, годин на рік.

$Л_3$ – години, відпрацьовані у святкові дні на одного працівника, год./рік

$$Л_1 = \frac{365 \cdot 2 \cdot 12}{4} = 2190$$

$$Л_2 = (365 - 10 - 52 - 52) \cdot 8 = 2008$$

$$Л_3 = \frac{12 \cdot 2 \cdot 10}{4} = 60$$

Тоді $$Л = 2190 - 2008 - 60 = 122$$

Додаткові комісії за обробку графіків

$$ЗП_{пер} = 5 \cdot 16{,}92 \cdot 122 \cdot 22 = 227066{,}4$$

Основний оклад дорівнює тарифному окладу, тис. грн./рік

$$ЗП_{осн}=ЗП_{тар}=815{,}206$$

Оплата тарифної відпустки, тис. грн./рік

$$ЗП_{відп} = (ЗП_{тар} + ЗП_{пр} + ЗП_{свят} + ЗП_{веч} + ЗП_{ніч} + ЗП_{пер}) \frac{О}{В_н} = 266001{,}78 \frac{31}{182{,}5} = 232476{,}024$$

де О – тривалість відпустки в днях.

Додаткова заробітна плата складається з різних видів доплат, тис. грн./рік

$$ЗП_{дод} = ЗП_{прем} + ЗП_{свят} + ЗП_{веч} + ЗП_{ніч} + ЗП_{пер} + ЗП_{відп} = 65216{,}448 + 22334{,}4 +$$
$$+ 130097{,}88 + 108688{,}124 + 227066{,}4 + 232476{,}024 = 785879{,}276$$

Загальний фонд оплати праці, грн./рік

$$ФОП_{непр} = ЗП_{осн} + ЗП_{дод} = 815205{,}6 + 785879{,}276 = 1601084{,}87$$

Річний баланс годин нерегулярної роботи працівника наведено в таблиці 5.3

Таблиця 5.3 – Баланс часу за графіком періодичної роботи працівника за рік

Тип часу, кількість днів	Слюсар з ремонту котлів, зварювальник	Начальник КЦ, майстер КЦ	Котлочист
календарний час	10	10	10
день відпочинку	251	251	251
свято	31	31	38
Номінальний робочий час	104	104	104
чергове свято	365	365	365
час, втрачений через хворобу	5	5	5
Втрата часу, пов'язана з г/о	0,5	0,5	0,5
Інші пастки	0,5	0,5	0,5
фактичний робочий час	214	214	207
Рівень зарахування	1,17	1,Ю17	1,21

5.5 Розрахунок річного фонду заробітної плати при переривчастій роботі та преміальній системі

Фонд оплати праці складається з основної заробітної плати та додаткової заробітної плати.

$$ФОП=ЗП_{осн}+ЗП_{дод}$$

$$ЗП_{осн}=ЗП_{тар}$$

$$ЗП_{тар}= T_{ср} \cdot П \cdot В_{фч} \cdot Ш \quad (5.14)$$

де П=8 год. – тривалість зміни;

Ш=кількість робітників;

$В_{фч}$ – фактичний час роботи (табл. 5.3).

Середньозважена годинна тарифна ставка, грн./год

$$Т_{ср} = \frac{Т_1 \cdot Ш_1 + Т_2 \cdot Ш_2}{Ш_1 + Ш_2}$$

де $Т_1$ і $Т_2$ - тарифні ставки для відповідних категорій працівників, грн./год;

$Ш_1$, $Ш_2$ - чисельність робітників відповідного розряду.

Слюсарі з обслуговування котельного обладнання та газоелектрозварювальники

$$Т_{ср1} = \frac{15{,}15 \cdot 7 + 15{,}38 \cdot 3}{10} = 15{,}21$$

Начальник котельного цеху, майстер котельного цеху

$$Т_{ср2} = \frac{30{,}48 \cdot 1 + 23{,}05 \cdot 2}{3} = 25{,}52$$

Очищувальник котла

$$Т_{ср3} = 15{,}64$$

Зарплата тарифна, грн./рік.

Слюсарі з обслуговування котельного обладнання та газоелектрозварювальники

$$ЗП_{тар1} = 15{,}21 \cdot 8 \cdot 214 \cdot 10 = 260395{,}2$$

Начальник котельного цеху, майстер котельного цеху

$$ЗП_{тар2} = 25{,}52 \cdot 8 \cdot 214 \cdot 3 = 131070{,}72$$

Очищувальник котла

$$ЗП_{тар3} = 15{,}64 \cdot 7{,}25 \cdot 207 = 23471{,}73$$

Розмір премії за виконання місячного плану, грн./рік

$$ЗП_{прем} = ЗП_{т} \frac{Р_{пр}}{100}$$

де $Р_{пр}$ - відсоток бонусу при виконанні плану на 100%.

Слюсарі з обслуговування котельного обладнання та газоелектрозварювальники

$$ЗП_{прем1} = 260395,2 \frac{18}{100} = 46871{,}136$$

Начальник котельного цеху, майстер котельного цеху

$$ЗП_{прем2} = 131070{,}72 \frac{22}{100} = 28835{,}55$$

Очищувальник котла

$$ЗП_{прем3} = 23471{,}73 \frac{12}{100} = 2816{,}6$$

Основна заробітна плата грн/рік.

Слюсарі з обслуговування котельного обладнання та газоелектрозварювальники

$$ЗП_{осн1} = 260395,2$$

Начальник котельного цеху, майстер котельного цеху

$$ЗП_{осн2} = 131070,72$$

Очищувальник котла

$$ЗП_{осн3} = 23471,73$$

Оплата тарифну відпуску, грн./рік

$$ЗП_{відп} = (ЗП_{тар} + ЗП_{прем})\frac{О}{В_{фч}} \quad (5.15)$$

де О – тривалість відпустки.

Слюсарі з обслуговування котельного обладнання та газоелектрозварювальники

$$ЗП_{відп1} = 307266,336\frac{31}{214} = 44510,544$$

Начальник котельного цеху, майстер котельного цеху

$$ЗП_{відп2} = 159906,27\frac{31}{214} = 23163,99$$

Майстер з очищування котла

$$ЗП_{відпз} = 26288{,}33\frac{38}{207} = 4825{,}87$$

Додаткова заробітна плата складається з різних видів доплат, грн./рік

$$ЗП_{дод}=ЗП_{прем}+ЗП_{відп} \quad (5.16)$$

Слюсарі з обслуговування котельного обладнання та газоелектрозварювальники

$$ЗП_{дод1}=46871{,}136+44510{,}544=91381{,}68$$

Начальник котельного цеху і майстер котельного цеху

$$ЗП_{дод2}= 28835{,}55+23163{,}99=51999{,}54$$

Котлочист

$$ЗП_{дод3}=2816{,}6+4825{,}87=7642{,}47$$

Фонд заробітної плати, грн/рік

$$ФОП = ЗП_{осн} + ЗП_{дод}$$

Слюсар з ремонту котельного устаткування і газоелектрозварник

$$ФОП_1 = 260395{,}2 + 91381{,}68 = 351776{,}88$$

Начальник котельного цеху і майстер котельного цеху

$$ФОП_2 = 131070{,}72 + 51999{,}54 = 183070{,}26$$

Котлочист

$$ФОП_3 = 23471{,}73 + 7642{,}47 = 31114{,}2$$

Фонд оплати праці всіх працівників II котельного цеху, грн./рік.

$$ФОП = ФОП_{непр} + ФОП_1 + ФОП_2 + ФОП_3 =$$

$$= 1601084{,}87 + 351776{,}88 + 183070{,}26 + 31114{,}2 =$$

$$= 2167046{,}21$$

Розрахунок заробітної плати, грн./рік

$$ЗП_{нар} = ФОП\frac{Р_{нар}}{100} = 2167046{,}21\frac{39.35}{100} = 852732{,}683 \qquad (5.17)$$

5.6 Планування собівартості продукції.

Річне виробництво теплової енергії. Кількість споживачів котлів котельного цеху №2 становить 1987116 ГДж. Втрати тепла на транспортування та власні потреби становлять 10,04%, що становить 199561 ГДж. Тепло, що виділяється заводом, становить 1787555 ГДж.

Після реконструкції котельні теплотворна здатність становить 20 665 331 ГДж. Втрати тепла на транспорт і власні потреби будуть заплановані в однаковій пропорції в сумі 201949 ГДж.

Річне виробництво тепла становить 1 864 810 ГДж.

5.7.1 Сума капітальних вкладень у реконструкцію котла

Сума капітальних вкладень 1 648 200 грн. Дані наведені в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Капітальні витрати на модернізацію котла

Позначення	одиниця виміру	Вартість	Всього
Обладнання	грн	1271233,00	1271233,00
КВП та А	грн	376967,00	376967,00
всього	грн		1648200,00

5.7 Калькуляція собівартості продукції

У таблиці 5.5 наведені витрати поточного року, розраховані за даними базової котельні Запорізької ТЕЦ.

Таблиця 5.5 – Розрахунок річної вартості для основних варіантів.

Стаття витрат	На випуск		
	Кіл-ть	Ціна, грн	Кіл-ть
Електроенергія, 1000 кВт	8795,9	752	6614516,8
Вода технічна, 1000 м^3	1240	180	223200
Вода хім. очищена, 1000м^3	2903	600	1741800
ФОП виробничих робітників			1600500,9
Відчислення на соц. страхування, 39,35%			629797.104
Витрати на поточний ремонт			196251,26
Амортизаційні відчислення			980756,3
Інші цехові витрати			833222,5
Загальні виробничі витрати			462372,84
Цехова собівартість	1787555		13261131,04

Виробництво проектної версії за даними ТЕЦ ВАТ «Запоріжсталь». Норматив споживання та вартість енергоносія 1 ГДж становить:

вартість

електроенергія, 1000 кВт	0,0019069
Технічна вода 1000 м^3	0,000133
Вода хімія очищена, 1000 куб.	0,000692

Вартість, грн

електроенергія,1кВт,	0,752
Технічна вода 1000 м^3	180
Вода хім. очищена, 1 куб	4,2

Вартість використання утилізованого тепла в котлі-утилізаторі є умовною. Припадає на 1/2 паливної складової виробництва пари в теплоенергетичних котлах, що еквівалентно 3,07 грн. 1 ГДж.

Витрата енергоносіїв на весь випуск:

$$E_E = B_E \cdot Q_E = 0.0019069 \cdot 1864810 = 3556 \text{тис.кВт}, \quad (5.18)$$

$$G_{т.в.} = B_{т.в.} \cdot Q_в = 0{,}000133 \cdot 1864810 = 249{,}2 \text{тис.м}^3, \quad (5.19)$$

$$G_{х.о.} = B_{х.о.} \cdot Q_{х.о.} = 0{,}000692 \cdot 1864810 = 1290{,}6 \text{тис.м}^3 \quad (5.20)$$

Грошові витрати на енергоносії на весь випуск, тис. Грн

$$З_E = E_E \cdot Ц = 3556000 \cdot 0.752 = 2674112, \quad (5.21)$$

$$З_{т.в.} = G_{т.в.} \cdot Ц = 249200 \cdot 0.180 = 44856, \quad (5.22)$$

$$З_{х.о.} = G_{х.о.} \cdot Ц = 1290600 \cdot 4.2 = 5420520 \quad (5.23)$$

Заробітна плата виробничих робітників складає, тис. грн/рік

$$C_{з.п..} = 2167046{,}21$$

Сума капітальних вкладень на реконструкцію, тис. Грн

$$C_{кв} = 1648200$$

Амортизаційні витрати на введення і експлуатацію устаткування складуть, грн

на енергетичне і допоміжне устаткування

$$З_а^{об} = К_{об} \frac{Н_а}{100} = 1271233 \cdot \frac{24}{100} = 305095,92 \qquad (5.24)$$

де $Н_а$=24% на засоби КВП та А

$$З_а^{квп} = К_{квп} \frac{Н_а}{100} = 376967 \cdot \frac{40}{100} = 150786,8 \qquad (5.25)$$

де $Н_а$=40%

Сума амортизаційних відрахувань складе, грн

$$З_а = З_а^{об} + З_а^{квп} = 305095,92 + 150786,8 = 455882,72 \qquad (5.26)$$

Витрати на поточні ремонти і введення основних засобів складуть (15%), грн

$$З_{п.р} = (10 - 20\%) З_а = 15\% \cdot З_а = 0,15 \cdot 455882,72 = 68382,408 \qquad (5.27)$$

Інші цехові витрати складуть, грн

$$З_{ін.в} = 20 - 30\%(ФОП_р + З_а + З_{п.р}) = 0,2(2167046,21 + 455882,72 + 68382,408) = 538262,267$$

Результати розрахунків калькуляції собівартості представлено в таблиці 5.6

Таблиця 5.6 – Розрахунок собівартості продукції для варіантів конструкції

Стаття витрат	На випуск		
	Кіл-сть	Ціна, грн	Сума, грн.
Виробництво теплоенергії, ГДж Втрати (транспорт, с/н),ГДж Випуск продукції,ГДж Використання відхідного тепла	2066760 201950 1864810		 5607,8
Електроенергія, 1кВт Вода технічна, 1000 $м^3$ Вода хім. очищена, 1$м^3$	3556000 2492 1290600	0,752 180 4,2	2674112 44856 5420520
ФОП виробничих працівників			2167046,21
Нарахування на ФОП			852732,683
Амортизаційні відрахування			455882,72
Витрати на поточний ремонт			68382,408
Інші цехові витрати			538262,267
Цехова собівартість	1864810		12227402,088

5.8 Оцінка економічної ефективності реконструкції котла

Собівартість 1ГДж теплоти складе, грн

до реконструкції $$C_1 = \frac{C_{баз}}{Q} = \frac{1326113,04}{1864810} = 7,11 \quad (5.28)$$

після реконструкції $$C_2 = \frac{C_{пр}}{Q} = \frac{12227402,088}{1864810} = 6,55 \quad (5.29)$$

Капітальні вкладення на 1ГДж складуть, грн

$$K_{1ГДж} = \frac{K}{Q} = \frac{1648200}{1864810} = 0,88 \quad (5.30)$$

Річний економічний ефект від впровадження заходу, грн/рік

$$E_p = [(C_1 - C_2) + E_н \cdot K]Q = [(7,11 - 6,55) + 0.15 \cdot 0.88]1864810 = 1290448,52 \quad (5.31)$$

Термін окупності додаткових капітальних вкладень складе, рік

$$T_p = \frac{K}{E_p} = \frac{1648200}{1290448} = 1,27 \quad (5.32)$$

Коефіцієнт ефективності додаткових капітальних вкладень складе, грн/грнКВ

$$E_{КВ} = \frac{1}{T} = \frac{E_p}{K} = \frac{1290448}{1648200} = 0,78 \quad (5.33)$$

Підсумкові техніко-економічні показники реконструкції зведені в таблицю 5.7.

Таблиця 5.7- Техніко-економічні показники проекту утилізації тепла відхідних газів від мартенівської печі №1 ВАТ «Запоріжсталь»

№№ п/п	Найменування показників	Одиниці виміру	Базовий варіант	Проектний варіант
1	Відпуск теплоенергії	ГДж	1787555	1864810
2	Сума капіталовкладень	тис.грн	—	1648,2
3	Витрати:			
3.1	на хім. очищену воду для технологічних цілей	тис.грн	1741,8	5420,5
3.2	на електроенергію для технологічних цілей	тис.грн	6614,5	2674,1
3.3	на воду технічну для технологічних цілей	тис.грн	223,2	448,5
3.4	на фонд оплати праці робітників	тис.грн	1600,5	2167,04
3.5	нарахування на фонд оплати праці	тис.грн	6297,9	8527,3
4	Витрати на поточний ремонт	тис.грн	196,2	68,3
5	Амортизаційні відчислення	тис.грн	980,7	455,8
6	Інші витрати	тис.грн	833,2	538,2
7	Річний економічний ефект	грн/рік	—	1290,4
8	Коефіцієнт економічної ефективності капіталовкладень	грн/грн.КВ	—	0,78
9	Термін окупності капіталовкладень	років	—	1,27

5.9 Висновок до розділу

Техніко-економічні показники запропонованого проекту: термін окупності інвестицій становить 1 рік та 3 місяці, що нижче нормативного значення 6,6 року, ефективність капітальних вкладень становить 0,78, що перевищує нормативне значення 0,15. На підставі цих даних можна зробити висновок про економічну доцільність проекту трансформації котла-утилізатора КУ-80.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Проведені розрахунки (теплові, аеродинамічні) показують, що котел-утилізатор може працювати з паропродуктивністю D = 7,68 кг/с (27,6 т/год) при заданих параметрах перегрітої пари без зміни конструкції корпусу котла.

При тепловому розрахунку довжину котушок і їх кількість в упаковці збільшують шляхом зміни поздовжнього і поперечного кроків. Щоб полегшити обслуговування поверхні нагріву, рекомендується розділити економайзер на три комплекти і підібрати їх по черзі.

Згідно з аеродинамічними розрахунками, зі збільшенням кількості котушок в пакеті збільшується аеродинамічний опір. Димовідвідник типу 0,7-37 Д-18 не забезпечує роботу користувача котла з необхідною кількістю відходів горіння. Для забезпечення надійної роботи утилізатора котла обрано відцентровий димосос одностороннього всмоктування ДН-21МГМ типу 0,55-40-1.

Реалізація запропонованого в дипломному проекті технічного рішення реконструкції котлоутилізаційної установки 1 ТЕЦ 2 дозволить збільшити річне виробництво теплової енергії з 1787555 ГДж до 1864810 ГДж.

За незмінних річних витрат на виробництво його собівартість знизилася з 7,11 грн до 6,55 грн.

Коефіцієнт ефективності додаткових капітальних вкладень становить 0,78, вище стандартного значення, термін окупності інвестицій 1 рік та 3 місяці, що нижче нормативу (Т=6-7 років).

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. ДБН В.2.5-39:2008. Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди. Теплові мережі : [Чинний від 2009-07-01 : уведено вперше (зі скасуванням в Україні СниП 2.04.07-86 "Тепловые сети")]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. 147 с. URL: http://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi73/0054323.doc.

2. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування : [Чинний від 2014-01-01 : уведено вперше (втрачає чинність СНиП 2.04.05-91)]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2013. 147 с. URL: http://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi73/0054224.pdf.

3. Єнін П. М., Швачко Н. А. Теплопостачання : навч. посіб. Ч. 1 : Теплові мережі та споруди. Київ : Кондор, 2007. 244 с. URL: http://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi73/0053825.pdf.

4. Ільїн С. В. Джерела теплопостачання промислових підприємств : навч.-метод. посіб. Запоріжжя : ЗДІА, 2014. 190 с. URL: http://ebooks.znu.edu.ua/files/ZII/metodychky/do2018/f355824.pdf.

5. Ковальчук В. А., Манцева Т. С. Теплопостачання : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2013. 300 с. URL: http://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi73/0054352.pdf.

6. Оптимізація систем теплопостачання із використанням економіко-математичного моделювання : монографія / за заг. ред. О. М. Гаврися. Харків : НТУ "ХПІ", 2015. 209 с. URL: http://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi73/0054342.pdf.

7. Проектування та оптимізація систем теплопостачання : навч.-метод. посіб. для студентів ЗДІА напряму 144 “Теплоенергетика” / уклад. А. О. Чейлитко. Запоріжжя : ЗДІА, 2016. 200 с. URL: http://files.znu.edu.ua/files/ZII/metodychky/do2018n2/0054481.pdf.

8. Прядко М. О., Павелко В. І., Василенко С. М. Теплові мережі : навч. посіб. / за ред. М. О. Прядка. Київ : Алерта, 2005. 227 с.

9. Ратушняк Г. С., Джеджула В. В., Анохіна К. В. Енергозберігаючі відновлювальні джерела теплопостачання : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2010. 170 с. URL: http://ebooks.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi51/0039072.pdf.

10. Ткаченко С. Й., Остапенко О. П. Парокомпресійні теплонасосні установки в системах теплопостачання : монографія. Вінниця : ВНТУ, 2009. 176 с. URL: http://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi73/0053824.pdf.

11. Чейлитко А. О. Проектування та оптимізація систем теплопостачання : навч.-метод. посіб. Запоріжжя : ЗДІА, 2016. 200 с. URL: http://ebooks.znu.edu.ua/files/ZII/metodychky/do2018/f357551.pdf.

12. Balaji C., Srinivasan B., Gedupudi S. Heat Transfer Engineering : Fundamentals and Techniques. London : Academic Press, 2020. 422 p. URL: http://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi72/0053406/.

13. Computational Heat Transfer and Fluid Mechanics / P. T. Sardari, G. Ahmadi, K. Inthavong (eds.). Basel : MDPI, 2022. 280 p. URL: http://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi72/0053441.pdf.

14. Dincer I., Erdemir D. Heat Storage Systems for Buildings. Amsterdam : Elsevier, 2021. 306 p. URL: http://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi72/0053405/.

15. District Heating and Cooling Networks / A. C. Santos, D. B. Diez, E. R. Asensio (eds.). Basel : MDPI, 2020. 270 p. URL: http://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi72/0053425.pdf.

16. Forsberg C. H. Heat Transfer Principles and Applications. London : Academic Press, 2021. 545 p. URL: http://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi72/0053407/.

17. Ganji D. D., Sabzehmeidani Y., Sedighiamiri A. Nonlinear Systems in Heat Transfer : Mathematical Modeling and Analytical Methods. Amsterdam : Elsevier Science, 2018. 273 p. URL: http://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi72/0053414/.

18. Handbook of Thermal Management Systems : E-Mobility and Other Energy Applications / edited by F. Aloui, E. G. Varuvel, A. Sonthalia. Amsterdam : Elsevier, 2023. 836 p. URL: http://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi78/0057765/.

19. Handbook on Planning of District Heating Networks / T. Nussbaumer, S. Thalmann, A. Jenni et al. Bern : Swiss Federal Office of Energy, 2020. 207 p. URL: http://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi78/0057757.pdf.

20. Heat and Mass Transfer in Building Energy Performance Assessment / R. Cerny, A. Lakatos, V. Koci (eds.). Basel : MDPI, 2019. 122 p. URL: http://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi72/0053440.pdf.

21. Heat Transfer - Fundamentals, Enhancement and Applications / edited by S. N. Kazi. London : IntechOpen, 2023. 278 p. URL: http://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi72/0053447.pdf.

22. Heat Transfer and Heat Recovery Systems / J. Danielewicz, K. Rajski (eds.). Basel : MDPI, 2023. 300 p. URL: http://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi72/0053444.pdf.

23. Heat Transfer in Engineering / M.-Y. Lee, J.-H. Seo (eds.). Basel : MDPI, 2022. 280 p. URL: http://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi72/0053438.pdf.

24. Hofmeister A. M. Measurements, Mechanisms, and Models of Heat Transport. Amsterdam : Elsevier, 2019. 427 p. URL: http://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi72/0053410/.

25. Micro and Nanofluid Convection with Magnetic Field Effects for Heat and Mass Transfer Applications Using MATLAB / C. S. K. Raju, I. Khan, S. S. K. Raju, M. S. Upadhya. Amsterdam : Elsevier, 2022. 305 p. URL: http://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi72/0053411/.

26. Nemati H., Ardekani M. M., Mahootchi J., Meyer J. P. Fundamentals of Industrial Heat Exchangers : Selection, Design, Construction, and Operation. Amsterdam : Elsevier, 2024. 498 p. URL: http://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi78/0057754/.

27. Roetzel W., Luo X., Chen D. Design and Operation of Heat Exchangers and their Networks. London : Academic Press, 2020. 577 p. URL: http://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi72/0053401/.