

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ФАКУЛЬТЕТ ЕНЕРГЕТИКИ, ЕЛЕКТРОНІКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ

КАФЕДРА ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКИ ТА ГІДРОЕНЕРГЕТИКИ

Кваліфікаційна робота
другий магістерський
(рівень вищої освіти)

на тему Підвищення енергетичної ефективності
котла-імпізатора шортландського цеху
ВАТ "Запорізьксталь"

Виконав: студент 2 курсу,
групи ТФ-18-2МЗ
спеціальності

114 теплоенергетика
(код і назва спеціальності)

освітньої програми

114 теплоенергетика
(код і назва освітньої програми)

спеціалізації

(код і назва спеціалізації)

С.У. Федотюк
(ініціали та прізвище)

Керівник

Директор кафедри ТФ Н.І.М. М.М. Калюжний
(посада, вчене звання, вчене звання/ступінь, підпис, ініціали та прізвище)

Рецензент Директор Інституту Енергетики ЧОУБ Крутині
(посада, вчене звання, науковий ступінь, підпис, ініціали та прізвище)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ


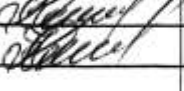
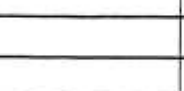
Факультет енергетики, електроніки та інформаційних технологій
Кафедра теплоенергетики та гідроенергетики
Рівень вищої освіти другий магістерський
Спеціальність 144 Теплоенергетика
(код та назва)
Освітня програма Теплоенергетика
(код та назва)
Спеціалізація _____
(код та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
« 26 » 12 2019 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Федотову Сергію Івановичу
(прізвище, ім'я, по батькові)


- 1 Тема роботи (проекту) Повищення енергетичної ефективності котла-утилізатора шартонівського цеху ЧАТ «Дніпроенерго»
керівник роботи Кимко Орій Іванович к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом ЗНУ від « 10 » вересня 2019 року № 1537-а.
- 2 Строк подання студентом роботи 28 грудня 2019 р.
- 3 Вихідні дані до роботи Виробництво продуктів зварювання шартонівської пещи та її модернізація. Книга доленого та коксового газів. Температурні режими та
- 4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Витрати, вилучення робочої речовини, в. Розрахунок параметрів теплової роботи котла-утилізатора
- 5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Розрізи шартонівської пещі, розрізи котла-утилізатора, деталі схеми котла-утилізатора ЧУ-80, графічні зображення результату дослідження та розрахунок параметрів
- 6 Консультанти розділів роботи


Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завд при
Заказнича	Кымоков Ю.М. К.І.М. факульт		
Спец. розрід	Кымоков Ю.М. К.І.М. факульт		
Оформленя	Кымоков Ю.М. К.І.М. факульт		
прислужі			

7 Дата видачі завдання 02.09.2019р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	П
1.	Аналіз об'єкту дослідження.	02.09.19р.	
2.	Розроблення технічного рішення роботи котла-утилізатора.	16.10.19р.	
3.	Вибір оптимального називаючого режиму роботи електродвигуна	04.11.19р.	
4.	Оформленя прислужі.	01.12.19р.	
5.	Оформленя пояснювальної записки на кресленя	24.12.19р.	

Студент  (підпис) С.У. Федотов (ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проекту)  (підпис) Ю.М. Кымоков (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер  (підпис) Ю.М. Кымоков (ініціали та прізвище)

ВІДГУК

керівника кваліфікаційної роботи

здобувача ступеня вищої освіти «магістр» Резцова С.Т.
(П.І.Б.)

Кваліфікаційна робота магістра на тему Здійснення енергетичної
ефективності потім утилізатора «мартенівського
цеху ПАТ «Запоріжсталь»

виконана згідно до завдання, відповідає темі, містить 8 листів
(не) згідно (не) відповідає

графічного матеріалу і пояснювальну записку з _____ сторінок, підписана консультантами і має рецензію.

1. Актуальність теми, наявність замовлення роботи підприємством (організацією) _____

Тема екологічної роботи є актуальною
і присвячена енергетичній ефективності
потім утилізатора за рахунок стабілізації
параметрів його роботи виконано цього
циллю мартенівського цеху

2. Глибина обґрунтувань прийнятих рішень (повнота розрахунків, наявність багато-
варіантності) Достатньо обґрунтовано вибір

об'єкту та мети дослідження. Розрахункова
частина роботи виконана відповідно
до завдання

3. Загальний рівень підготовки та ерудиції здобувача ступеня вищої освіти «магістр» _____

Відповідає всім вимогам автентичності «магістра»
технічного ступеня вищої освіти «магістр»

4. Творчий потенціал і ступінь самостійності студента у вирішенні поставлених задач _____

Виконана робота виконана самостійно
у встановлений термін

5. Науковий рівень (для робіт дослідницького характеру) та глибина
експериментальних досліджень _____

Рівень наукових розробок
достатній. Дослідження мають глибину

і відповідні вимоги

6. Застосування сучасних системних та інформаційних технологій, фізичного або математичного моделювання, наявність обґрунтування вибору типу ЕОМ, застосування стандартних та оригінальних програм, наявність аналізу результатів та їх використання у роботі

В роботі використана сучасна науково-технічна література та спеціальні програми. Також використано програмні засоби "Microsoft Office", "MathCad", "Excel".

7. Відповідність оформлення до вимог діючих стандартів Технічний звіт оформлено згідно з вимогами стандартів України з урахуванням висловлених зауважень

8. Дотримання студентом графіка виконання роботи виконано своєчасно

9. Наукова цінність роботи, практична значимість визначена функціональна залежність витрати додаткового тепломощності, який забезпечує стабілізацію параметрів роботи котла-уламіватора, від зміни витрати димових газів мартенівської печі

10. У кваліфікаційній роботі магістра можна відмітити такі недоліки: всього було б розраховувати теплову калорію для спалювання додаткового палива

Кваліфікаційна робота магістра у цілому виконана на достатньому рівні

і при відповідному захисті заслуговує на оцінку:

кількість балів 85 національною добре ЕКТС В

Керівник Девченко А.Т.Н.
(посада, науковий ступінь)

[Підпис]
(підпис)

Кликов Ю.М.
(ПІБ)

Рецензія

На кваліфікаційну роботу здобувача ступеня вищої освіти «магістр» _____

Федорук Сергія Улясовича
на тему Підвищення енергетичної ефективності котла-утилізатора шортлендського типу ВАН-1000

Кваліфікаційна робота магістра виконана згідно до завдання відповідає темі,
(не) згідно (не) відповідає

містить 8 листів графічного матеріалу і пояснювальну записку з _____ сторінок.

1. Актуальність теми (повнота постановки проблеми, формування проблеми та її значимість, постановка завдань досліджень) У роботі сформульовані мети та завдання дослідження, які спрямовані на підвищення ефективності роботи котла-утилізатора шортлендського типу за рахунок стабілізації витрати тепловда, який зріс

2. Ступінь науковості роботи (широта вивчення результатів досліджень за проблемою, методика дослідження, наявність елементів наукової новизни та ступінь їх розробки) Розроблено нові методи виконання дослідження роботи котла-утилізатора в умовах нестатичного навантаження теплоносія. На підставі цих результатів вийшло запропоновано новий і універсальний спосіб для отримання додаткового тепловда, який збільшує стабільність роботи котла.

3. Якість подачі матеріалу роботи (ступінь взаємозв'язку розділів роботи, застосування комп'ютерних технологій, чіткість і технічна грамотність оформлення роботи, науковий стиль викладення матеріалу) Визначилися роботи міжнародних міжнародних технічно значущих країн, ринку і підвищення ефективності з урахуванням висхідних тенденцій у світі. При виконанні роботи використано сучасну наукову технічну літературу української і російської мови. Були використані технічні та програмні засоби,

4. Практична значимість результатів роботи (рівень реальності результатів та пропозицій, техніко - економічні показники запропонованих рішень, наявність публікацій за темою роботи) _____

Практична значимість результатів роботи оцінюється в статистичній методичній статистичній роботі магістра. Рішення готові до практичного використання. Результати роботи використані для науково-статистичної інформації ЧУ ЗНУ

5. Недоліки кваліфікаційної роботи магістра _____

Три рекомендації роботи брали участь в виконанні вибіркових завдань кожного асистента для отримання додаткового матеріалу.

6. Кваліфікаційна робота магістра у цілому виконана (ний) на добре рівні

і заслуговує оцінки:

кількість балів 85

за національною шкалою добре

за шкалою ЄКТС 13

Рецензент _____

Директор ІОБ "Вектор-Україна"
(посада, місце роботи)



Крутий Ч.В.
(П.І.Б.)

АНОТАЦІЯ

Федотов С.І. Підвищення енергетичної ефективності котла-утилізатор мартенівська цеху ПАТ "Запоріжсталь"

Кваліфікаційна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 144 – Теплоенергетика, науковий керівник Ю.М. Каюков. Запорізький національний університет. Інженерний інститут. Факультет енергетики, електроніки та інформаційних технологій, кафедра теплоенергетики та гідроенергетики, 2020.

В роботі розглянуто питання про підвищення енергетичної ефективності котла-утилізатор. Розроблено вісім креслень та презентація в яких наведено шляхи підвищення ефективності котла-утилізатор.

Ключові слова: КОТЕЛ-УТИЛІЗАТОР, ПРОДУКТИ ЗГОРАННЯ, МАРТЕНІВСЬКА ПІЧ.

ABSTRACT

Fedotov S.I. Improving the energy efficiency of the utilization boiler open-hearth shop of JSC "Zaporozhstal"

Qualifying work for obtaining a master's degree in higher education by specialty 144 - Thermal power engineering, supervisor Y.M. Kayukov. Zaporizhzhia National University. Engineering Institute. Faculty of Energy, Electronics and Information Technology, Department of Heat and Hydropower, 2020.

The paper deals with the issues of increasing the energy efficiency of the utilization boiler. Eight drawings have been developed and a presentation in which ways to improve the efficiency of the boiler are presented.

Keywords: UTILIZATION-BOILER, COMBUSTION PRODUCTS, OPEN-HEARTH FURNACE.

АННОТАЦИЯ

Федотов С.И. Повышение энергетической эффективности котла-утилизатор мартеновская цеха ПАО "Запорожсталь"

Квалификационная работа для получения степени высшего образования магистра по специальности 144 - Теплоэнергетика, научный руководитель Ю.М. Каюков. Запорожский национальный университет. Инженерный институт. Факультет энергетики, электроники и информационных технологий, кафедра теплоэнергетики и гидроэнергетики, 2020.

В работе рассмотрены вопросы о повышения энергетической эффективности котла-утилизатор. Разработаны восемь чертежей и презентация в которых Приведены пути повышения эффективности котла-утилизатор.

Ключевые слова: КОТЕЛ-УТИЛИЗАТОР, ПРОДУКТЫ СГОРАНИЯ, МАРТЕНОВСКАЯ ПЕЧЬ.

ЗМІСТ

ВСТУП

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО РОБОТУ КОТЛА-УТИЛІЗАТОРА

1.1 Принцип дій мартенівських печей.

1.2 Класифікація котлів-утилізаторів, встановлювані за мартенівськими печами.

1.3 Пристрій, технічна характеристика та принцип роботи котла- утилізатора КУ- 80.

2 РОЗРАХУНКОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОВОЇ РОБОТИ

КОТЛА-УТИЛІЗАТОР МАРТЕНІВСЬКА ЦЕХУ ПАТ "ЗАПОРІЖСТАЛЬ"

2.1 Короткі відомості про процес утилізації тепла

2.2 Характеристика котлів – утилізаторів

2.3. Розрахунок ентальпії газів і параметрів пари і води

2.4 Розрахунок включеного випарного пакета

2.5 Розрахунок паропроодуктивності котла

2.6 Тепловий розрахунок котла-утилізатора

2.7 Розрахунки горіння палива

2.8 Вибір палива та умов його спалювання

2.9 Вибір режиму стабілізації теплової роботи котла – утилізатора

3 БЕЗПЕКА ПРАЦІ ПІД ЧАС ЕКСПЛУАТАЦІЇ КОТЕЛЕНЬ

3.1 Пуск котла-утилізатора;

3.2 Включення котла в роботу.

3.3 Обслуговування котла під час роботи.

3.4 Зупинка котла.

3.5 Ризначення і пристрій очищення ударними хвилями з екранами.

3.6 Підготовка системи очищення до роботи.

3.7 Включення в роботу системи очищення.

3.7 Відключення системи очищення.

3.8 Несправності в роботі системи очищення і способи їх усунення.

3.9 Заходи безпеки при експлуатації системи очищення.

3.10 Пожежна безпека.

3.11 Додаткові заходи при експлуатації імпульсної очистки.

3.12 Ліквідації аварій та неполадок на котлах-утилізаторах.

3.13 Перепитка котла.

3.14 Скипання і кидки котлової води.

3.15 Упуск води з котла.

3.16 Розрив труб випарних змійовиків.

3.17 Пошкодження труб пароперегрівача.

3.18 Підвищення тиску пари.

3.19 Обслуговування системи сигналізації котлів-утилізаторів.

ВИСНОВКИ

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

ДОДАТОК

ВСТУП

Актуальність роботи. На цей час є неухильний підйом енергоємності промисловості. Зважаючи на стрімке збільшення тарифів на енергоресурси, затрати на них і в комунальній сфері, і в промисловій сфері вирости неодноразово, і лише в собівартості промислової продукції склали від 5,5 до 41%. Заощадження енергії в теплоенергетиці не обмежується заміною сталевих радіаторів на алюмінієві, хоча це абсолютно має ефект в окремо взятому приміщенні. Енергозбереження – це одночасне використання енергозберігаючих заходів на рівнях отримання, транспортування і застосування енергії тепла.

Можлива тенденція до майбутнього збільшення енерговитрат у майбутньому не зміниться, і це можливо призведе до стрімкого підвищення тарифів на енергоресурси. У зв'язку зі зростанням витрат на енергопостачання галузі промислової сфери змушені приймати особливі рішення з підвищення енергетичної потужності. Наразі у зв'язку зі зменшенням вкладень в енергетику і інші галузі проблема заощадження цих ресурсів виходить на перше місце..

Об`єкт дослідження -Котел-утилізатор.

Предмет дослідження – Зменшення обсягу димових газів від роботи мартенівських печей внаслідок впровадження енергозберігаючих дій

Мета роботи – Підвищення енергетичної ефективності котла-утилізатор.

Задачі дослідження. Для досягнення поставленої мети в роботі вирішуються наступні задачі :

- аналіз літературних джерел за тематикою досліджень;
- дослідження впливу різних етапах роботі мартенівської печі на котел-утилізатор

Методи та засоби дослідження. Поставлені задачі вирішувались шляхом проведення теоретичного дослідження на основі літературних джерел.

Наукова новизна отриманих результатів. Зробити аналіз роботи котла- утилізатора на основі отриманих даних прийняти рішення щодо

підвищення енергетичної ефективності котла-утилізатор .

Практична цінність роботи. Розроблена презентація на основі креслень, для зручного та повноцінного сприйняття інформації про об'єкт дослідження.

Особистий внесок здобувача. Автору належить основні ідеї роботи, постановка завдання, обґрунтування основних припущень, теоретичні викладки та аналіз отриманих результатів і формулювання висновків за результатами проведених досліджень.

Апробація роботи. Положення роботи викладені на XXIV науково - технічній конференції студентів, магістрантів, аспірантів і викладачів. Енергетика, електроніка та інформаційні технології. Інженерний інститут Запорізького національного університету (м. Запоріжжя, 2019)

Структура та обсяг роботи. Магістерська робота включає вступ, три розділи, висновки та перелік джерел посилань з 36 позицій. Загальний обсяг складає _____ сторінок, у тому числі _____ рисунки та _____ таблиць.

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО РОБОТУ КОТЛА-УТИЛІЗАТОРА

1.1 Принцип дій мартенівських печей

В мартенівському цеху виплавляють, а потім розливають сталь в виливниці. Головний обсяг запланованих рішень основної будівлі є характерне розташування печей в одну лінію і на конкретній висоту, а також виконання особливо важливих технологічних операцій виплавки і розливання сталі в окремих спеціалізованих прольотах. План і поперечний розріз головної будівлі мартенівського цеху представлені на рисунку 1.1.

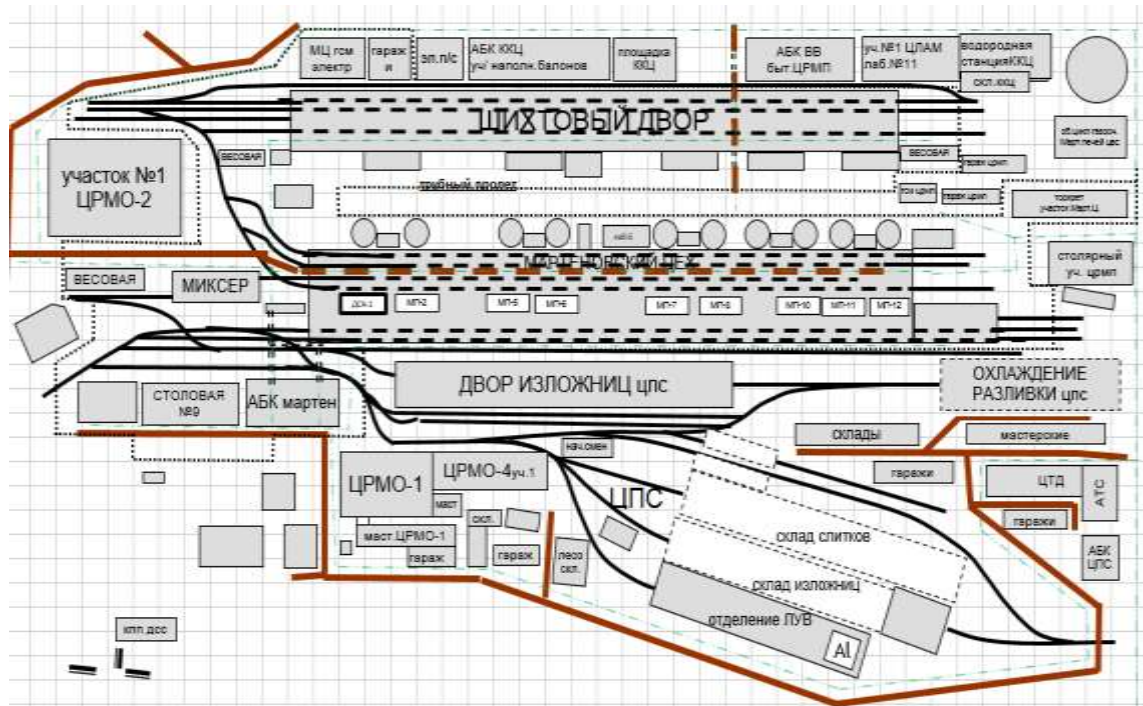


Рисунок 1.1 Принципова схема мартенівського цеху

Будівля складається з трьох прольотів пічного, розливного и шихтового двору. В пічному прольоті розташовані мартенівські печі, а також транспортні шляхи для подачі шихтових, заправних та допоміжних матеріалів та обладнання для завантаження і обслуговування печей. Печі розташовані між колонами, що розділяє печі і розливні прольоти так, що забезпечується випуск

сталі в розливний проліт і разом з тим печі висунуті в печі проліт настільки що їх осі перебувають у зоні дії заливного крана останню слід для забезпечення подачі вантажів та ремонтів печі. Крок колон цього ряду в відповідності з існуючими будівельними нормами поділити на 12 м і для печей ємністю (300...900) т становить 36 і 48 м. Печі проліт перекритий робочої майданчиком, якою володіють на такій висоті, щоб забезпечити персоналу можливість обслуговування робочого простору через робочі вікна. Зазвичай ця висота становить (6...8,1) м. В торцях цехи, а також часто між двома трьома сусідніми печами передбачають "холості" прольоти без печей. Незважаючи на збільшення довжини цеху вони необхідні, так як зменшують перешкоди в роботі суміжних печей Довжина мульдового складу перевищить довжину печі та його переміщення у процесі завантаження перешкоджає обслуговування сусідніх печей Крім того, поліпшуються умови розливки, так як можна збільшити довжину розливних майданчиків.

На робочій площадці вздовж прольоту покладені три рейкових шляху. Ближній до печей шлях б нормальної колії називається мульдовим, на нього подають мульди склади с шихтою при завалці. Дальній від печей шлях нормальної колії шихти. По ньому в проліт за допомогою крана подають рідкий чавун з міксерного відділення. Середній шлях з шириною колії від 7,5 до 9,5 м. Призначений для переміщення завалювальних машин.

Пічний проліт обладнаний мостовими кранами для заливки чавуну і підлоговими завалочних машин, для завалювання шихти за допомогою мульд. В холостих прольотах між печами мають у своєму розпорядженні підвісні бункера для зберігання феросплавів, переносні бункера для заправних матеріалів, ділянки ремонту жолобів для заливки чавуну.

Бункера для феросплавів встановлюють також біля колон між печами. Між колонами, що розділяють печі проліт і шихтовий відкрилок, мають в своєму розпорядженні пульти керування печами і допоміжні приміщення.

Ширина пічного прольоту визначається габаритами мартенівських печей і який переміщується вздовж прольоту обладнання мульдових складів,

завалювальних машин, шихтувальних, а також необхідним між ними відстанню для безпечного проходу, 0,5 м між пічним і мульдovим складом і шихтованою машиною між чугуновозом й колонами прольоту. З урахуванням викладеного ширину пічного прольоту роблять в межах від 10 до 30 метрів[2].

Шихтовий двір призначений для забезпечення безперебійної подачі мульдovих составів з шихтою до печей. Він перекритий робочим майданчиком, яка є продовженням робочого майданчика пічного прольоту, на робочій площадці прокладені два або три залізничні шляхи. Ці шляхи пов'язані стрілками з'їздами між собою. На коліях шихтового відкриті що подаються з шихтових відділень мульдovі состави очікують початку завалки. Залізничні колії забезпечують також можливість маневрування складами при подачі їх до печей та русі назад. Ширина шихтового двору при двох рейкових коліях становить 14 м, при трьох 18 м висота визначається габаритами залізничних вагонів .

До шихтовому двору примикають приміщення котлів-утилізаторів, поблизу них знаходяться димові труби.

Розливний проліт служить для прийому що випускається з печей сталі, її розливки за виливниця і для прибирання з цеху шлаку. Проліт обладнаний розливними, консольними і велосипедними кранами у ньому розміщені розливні майданчики, розливні шляхи для візків с виливниця, шлях 3 для вивезення шлаку і сміття, стенди для сталерозливних і шлакових кошів. Мартенівські відхідні гази потрапляє в котли утилізатори температурою (500...600) °С, нагріваючи воду і отримуючи перегрітий пар з паропродуктивність 30,3 т/год. Газ охолоджується до температури приблизно (250...300) °С і потрапляє на газоочистку, після чого викидається в навколишнє середовище. На рисунку 1.2 показано рух відхідних газів[1-6].

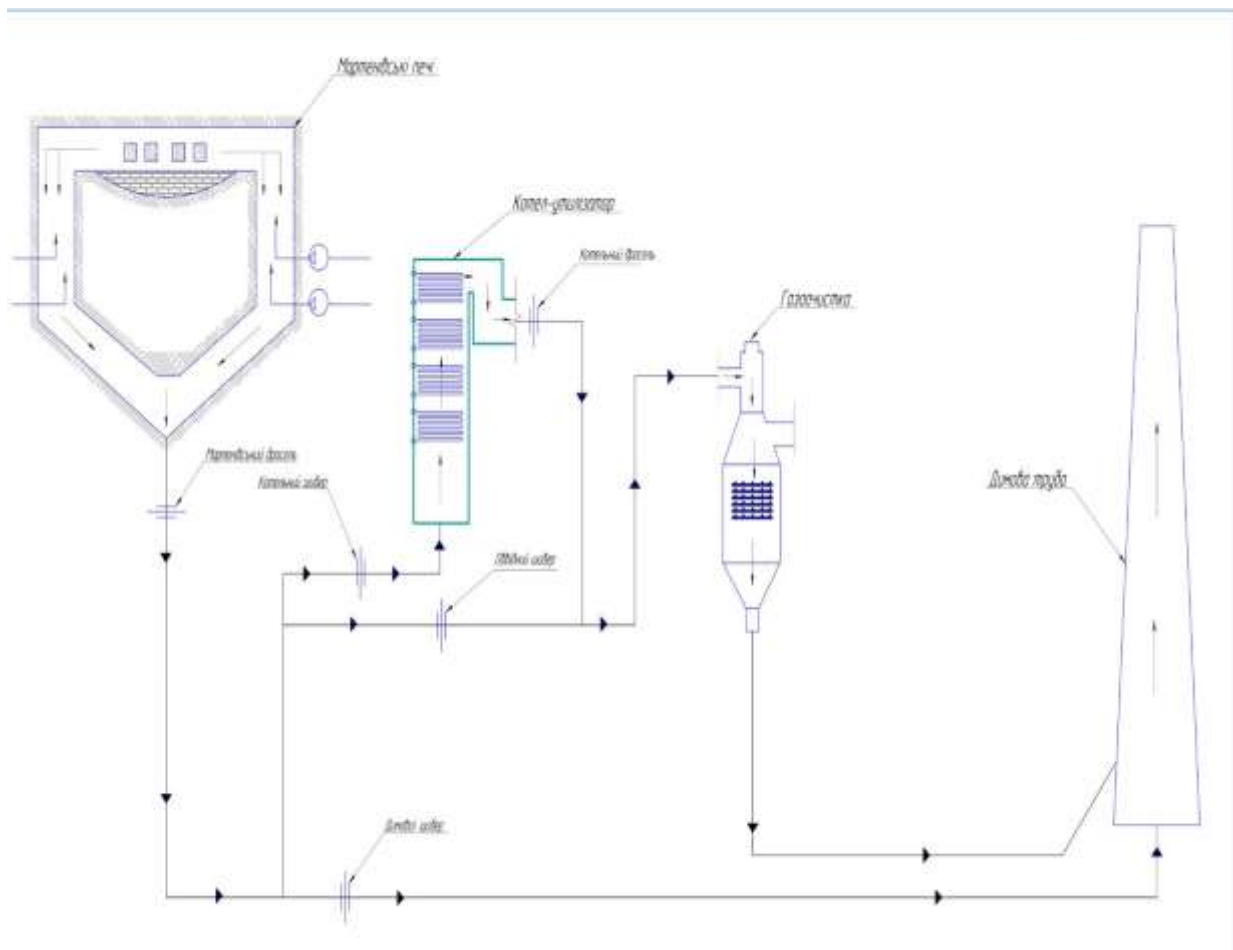


Рисунок 1.2 Рух відхідних газів

При роботі мартенівської печі, у великих обсягах виділяються відхідні гази. Для того, щоб не забруднювати атмосферу, їх направляють в котли утилізатори, для отримання пари, який є важливим енергоносієм на підприємстві ПАТ "Запоріжсталь".

Гази від мартенівської печі відходять з температурою (600...800) °С з потрапляють у димовій боров, не втрачаючи температуру потрапляють в котел-утилізатор. В котли-утилізаторі, нагрівають воду, отримуючи перегрітий пар, який подається на потреби підприємства, Охолоджуючись до температури (250...350) °С і йдуть на газо очистку, а після викидаються в атмосферу.

1.2 Класифікація котлів-утилізаторів, встановлювані за мартенівськими печами

Котел-утилізатор - КУ парової або водогрійний котел, який не має власного топкового пристрою для спалювання палива і використовує теплоту відхідних газів технологічних промислових агрегатів різного призначення. Виняток становлять випадки роботи котлів-утилізаторів на відхідних газах, що містять, Окрім фізичної, та хімічну теплоту у вигляді горючих складових, які доцільно допалити. Теплота, генерована котлом-утилізатором у вигляді водяної пари, нагрітої води або нагрітого повітряного потоку, використовується в інших технологічних процесах або в когенераційних установках для виробництва електроенергії або холоду.

Важливою особливістю відхідних високотемпературних виробничих газів в металургії та в деяких інших галузях промисловості є вміст в них пилодисперсного виносу дрібних частинок, що знаходяться в твердий, рідкому або газоподібному стані. Цей виносення утворюється внаслідок виносу газовим потоком дрібних частинок шихти, окалини, розплавленого металу або шлаку, а також випаровування и сублімації металу в плавильних печах. Винос рідких частинок технологічного розплаву спостерігається зазвичай в період кипіння або продувки розплавленого металу. Часткове випаровування технологічного матеріалу можливо в цих же печах через високого температурного рівня в них.

Енергетична реалізація теплоти відхідних газів в котлах утилізатор призводить до суттєвого підвищення коефіцієнта використання якою володіють теплоти, до зниження температури виносу технологічного сировини у вигляді пилу, до можливості його вловлювання, що виключає або який скорочує викиди в навколишнє середовище.

Перші котли-утилізатори в СРСР були введені в експлуатацію в 1939 р. у вигляді котлів охолоджувачів газів коли з димогарні трубами. Аж 1959 р. вони випускалися Таганрозьким котельням заводом, а з 1966 р.

котли охолоджувачі газів виробляються на Білгородському котельному заводі Беленергомаш.

В 1947 р. перший котел-охолоджувач газів з примусовою циркуляцією води був встановлений за мартенівської піччю. Така їх установка дозволила підвищити коефіцієнт використання теплоти, збільшити продуктивність печей і скоротити тривалість плавки на (6...14,5) % за рахунок зростання теплового форсування печей, можливого завдяки запасу розрідження, створюваного димосос котлів

Ефективність використання теплоти відхідних газів в котлах-утилізаторах залежить від температури відхідних газів, теплової потужності і режиму надходження газів в тепловикористовуючими установку. Вихід відхідних газів залежить від кількості спалюваного палива в технологічній установці і виходу шихтових газів, що утворюються при термічній обробці вихідних технологічних матеріалів. Велика кількість шихтових газів утворюється, наприклад, при плавці руд кольорових металів, кисневої продуванню сталеплавильних конверторів для перетворення чавуну в сталь та ін.

Режим надходження газів в котли-утилізатори є не менш значущим чинником ефективної реалізації їхніх теплоти. В ряді випадків циклічність роботи технологічної установки створює значні труднощі при використанні газів, як це має місце при конверторному виробництві сталі, а іноді ця циклічність стає серйозною перешкодою для ефективного застосування газового потоку[8].

Що випускаються котельними заводами котли-утилізатори підрозділяються на групи з кількох ознаками:

- по температурі продуктів згоряння на вході в котел. За цією ознакою котли-утилізатори поділяються на низькотемпературні при температурах < 900 °С, і високотемпературні при температурах > 1000 °С. Таке ділення обумовлено тим, що при температурах < 900 °С перенесення теплоти від продуктів згоряння відбувається головним чином за

рахунок конвекції, а при температурах > 1000 °C більшою мірою випромінюванням. Крім цього, відбувається зміна агрегатного стану технологічного і паливного виносу, який при температурах > 1100 °C міститься в продуктах згоряння переважно в рідкому стані;

- за параметрами пара: виробляються котли низьких $P = 1,5$ МПа, $t = 300$ °C, підвищених $4,5$ МПа і 450 °C і високих ($10 \dots 14$) МПа і 550 °C властивості,

- за способом організації взаємного руху води і пари та продуктів згоряння: жаротрубні і водотрубні;

- за способом організації руху води в випаровувачі контурі водогрійних котлів, котли з природною циркуляцією і з багаторазовою примусовою циркуляцією МПЦ по конструкторському оформленню компоувальних рішень і поверхонь нагріву. За цією ознакою котли-утилізатори бувають п-образної форми, баштового і горизонтально тунельного типів зі змійовиків конвективними поверхнями нагріву в низькотемпературних котлах і радіаційно конвективними у високотемпературних

За мартенівськими печами встановлюють котли серії КУ радянського російського виробництва м. Санкт-Петербурзі. Їх характерною особливістю є різноманіття різновидів, що дозволяє підібрати котел по необхідним параметрам для конкретного виробництва. Основні плюси даних котлів

Переваги:

- широкий спектр технічних характеристик;
- проста конструкції;
- робота при різному діапазоні температур;

Недоліки:

- низький ККД для парового котла від ($65 \dots 75$) %;
- громіздка конструкція.

Котли розраховані на роботу під розріджене і установку в районі з сейсмічністю 6 балів[7, 9].

1.2.1 Котел-утилізатор КУ- 60

Котел-утилізатор КУ 60 призначений для вироблення перегрітого пара на основі використання фізичного тепла газів, що виходять із мартенівських, нагрівальних і інших технологічних печей.

Котли встановлюються безпосередньо за печами. Передбачена напіввідкритий установлення котлів з пристроєм утепленою прибудови з фронтової сторони.

Всі поверхні нагрівання котлів виконані з безшовних труб і складаються з водяного економайзера, випаровуючі частини котла і пароперегрівача. Компоновані поверхні нагріву .

В першому (висхідному) газоходи по ходу газів розташовані перша секція випаровуючи поверхні нагріву, пароперегрівач, друга випаровування секції и другий пакет третьої випаровуючи секції. У другому газоході зверху вниз розташовані: перший пакет третьої випаровуючи секції та два пакети економайзера. Випаровування частину котла виконана за схемою з багаторазовою примусовою циркуляцією, з трьома паралельно увімкненими секціями. Циркуляція здійснюється двома циркуляційними насосами один резервний. На рисунку 1.3 представлений котел утилізатор КУ-60. Каркаси котлів металеві, зварні. Підйомний газохід обмурована вогнетривким і термоізоляційним цеглиною, опускний не обмурован функціонує тільки зовнішня теплоізоляція металевої обшивки газоходу.

Котли забезпечені необхідною арматурою, гарнітурою, влаштуванням для відбору проб пари і води, кіп. Харчування і сигналізація рівня води в барабані автоматизовані.

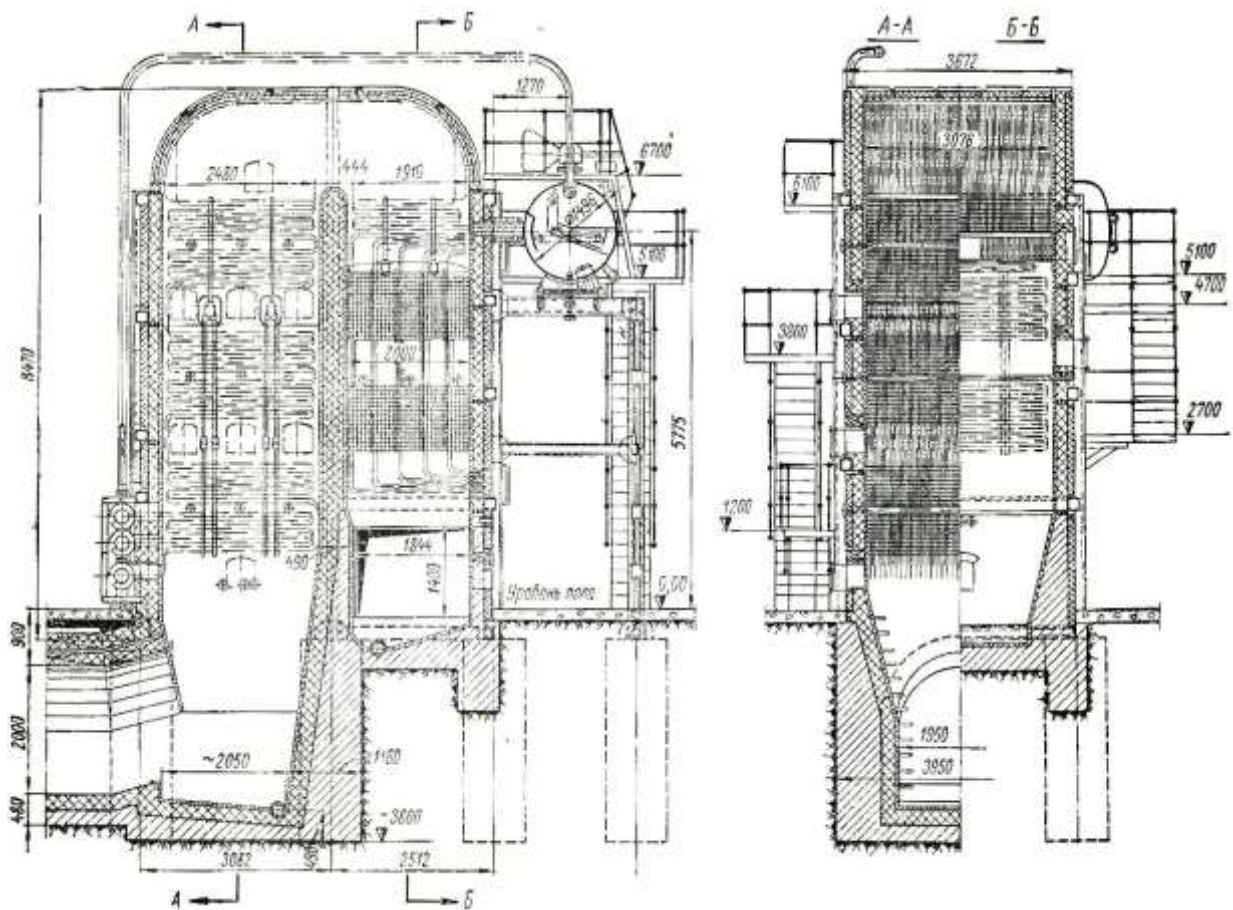


Рисунок 1.3 Котел-утилізатор КУ- 60

1.2.2 Котел-утилізатор КУ-80

Котел КУ 80 має П-образну компоновку. Його випарна частина складається з трьох секцій, включених послідовно з потоку продуктів згоряння і паралельно по котловій воді, що подається циркуляційним насосом. Ділення випарна системи на дві секції, включені за котловій воді паралельно, дозволяє більш ніж у шість разів знизити опір випарна частини і, відповідно потужність циркуляційних насосів.

Живильна вода надходить в котел через водяний економайзер, після якого подається в барабан котла. З барабана котельна вода циркуляційним насосом подається через шламоотделитель в три випарних пакету, включених паралельно. Пароводяна суміш з випарних поверхонь нагріву надходить в

барабан, в якому відбувається відділення пара від води сепарація. Від сепарований пар направляється в пароперегрівач і далі до споживача.

Залежно від температури продуктів згоряння на вході в котел змінюється його паропроодуктивність та інші параметри. При необхідності установки котла утилізатора над нагрівальними печами п-образну компоновку замінюють на баштову або горизонтальну з тією ж послідовністю розташування поверхонь нагріву по ходу газів. В цьому випадку відпадає необхідність у громіздких і дорогих газоходах від печі до котлу утилізатора, в самотійній котельні, а Крім того, зменшуються присоси в газовий тракт холодного повітря і втрати теплоти як в навколишнє середовище, так і з відхідними з котла газами. Серія котлів-утилізаторів з параметрами паратиском (4,5...1,8) МПа і температурою (375...400) °С з випущений витрата продуктів згоряння від (40...103) м³/год до (150...103) м³/год з температурою (650...850) °С. Котли можуть працювати в комплексі з випарним охолодженням печей чи тільки для використання фізичної теплоти, що розходилися з печей продуктів згоряння

Конвективні поверхні нагріву: пароперегрівач, випаровуючи поверхню і водяний економайзер виконані у вигляді сталевих гладкотрубних змійовиків, розташованих горизонтально, і послідовно омиваються потоком газів. Пароперегрівач розташований у вхідних частини першого газоходу, економайзер у нижній вихідній частині другого газоходу котла- утилізатора. Всі змійовиків поверхні нагріву виготовляються із вуглецевої сталі. Для захисту металу вихідній частини пароперегрівача передбачений впорскує в паро охолоджувач. Змійовики всіх поверхонь нагріву включені у відповідні колектори з патрубками для відводу і підведення води або пара[8].

Схема циркуляції води і пара в котли-утилізатори наступна;

Вода від поживної насоса подається в економайзер і з його вихідного колектора в барабан котла-утилізатора. Циркуляційний насос забирає котлову воду з барабана і подає її в випарні поверхні. Пароводяна емульсія з випарної поверхні подається у внутрішні циклони барабана для сепарації пара. Пар з

парового обсягу барабана надходить в пароперегрівач і потім до головної парової засувці і в витратний колектор.

Барабан котла - утилізатора обладнаний двома запобіжними клапанами, водовказівні приладом і продувним пристроєм; внутрішні барабани циклони зосереджені по довжині барабана. В центрі сферичних днище на торцях барабана маються смотрові люка затвори.

Каркас котла-утилізатора виконаний з зварених з прокатних елементів колон і ферм, розрахованих на навантаження від ваги барабана, поверхонь нагріву, трубопроводів обмурівки і майданчиків. Пакети змійовиків поверхонь нагріву спираються або підвішені на поперечних охолоджуваних балках, зварених з швелерів.

Перший газохід котла-утилізатора має обмуровку з шамотної цегли та зовнішню металеву обшивку. Перепускний і другий газоходи мають внутрішню металеву обшивку і зовні теплову ізоляцію з плит або асбестових матеріалів. На бічних стінах встановлено вибухові клапани, до яких для безпеки при монтажі приєднуються відвідні коробки.

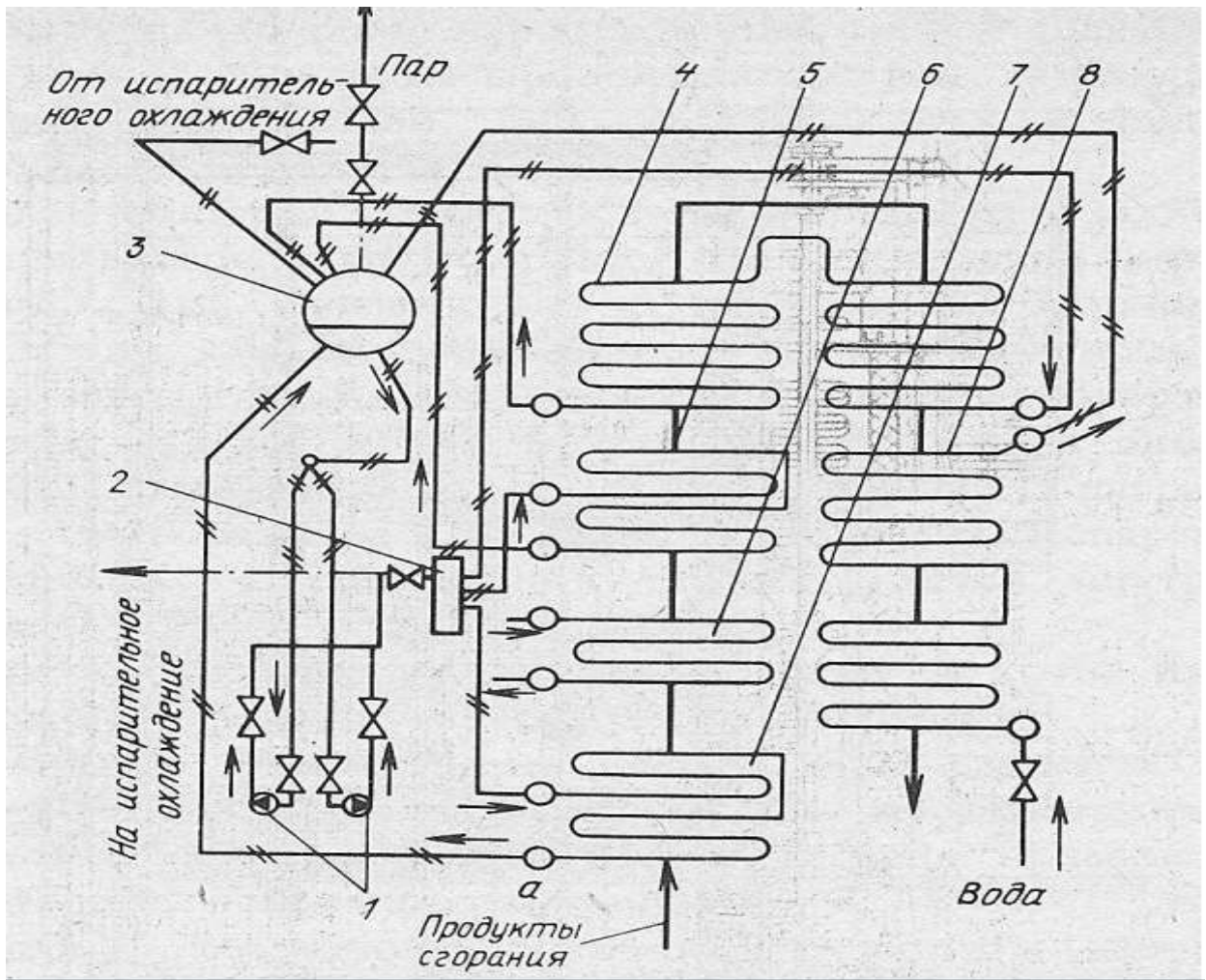
Котел-утилізатор забезпечений обмивальними апаратами для очищення труб всіх поверхонь нагріву. Головки обмивальних апаратів встановлені верхньому перекритті перехідного газоходу, а труби з соплами проходять всередині першого і другого газоходів, до нижніх труб водяного економайзера і пароперегрівача.

1.3 Пристрій, технічна характеристика та принцип роботи котла- утилізатора КУ- 80

З аналізу даних, отриманих раніше, вибираємо котел КУ-80 для установки за мартенівським печами, його характеристики є оптимальними порівняно з іншими котлами КУ-60 малопотужний запитану паропродуктивність 40 т/год, КУ-100 економічно не вигідний. Паропродуктивність 40 т, температура газів на вході до 850 °С і охолодження

газів до 230 °С. далі Розглянемо принципову схему змійовиків в котлів, аналогічному котлу, який встановлювався за мартенівськими печами на ПАТ "Запоріжсталь". На рисунку 1.4 показана принципова схема котла КУ-80. Виробництво котла- утилізатора КУ- 80 було припинено у середині 80-х роки 21 століття, на зміну йому прийшов модернізований котел КУ-80, розробки Санкт-Петербурзького котельного заводу. Даний котел має аналогічні характеристики з котлом КУ-80 він може досягати 55 т/год. звичайні парові котли з нестачею пара з барабана вода йде в випарні змійовики, де нагрівається до температури насиченої пари. Пароводяна суміш знову надходить у барабан, звідки пар іде в пароперегрівач, а вода циркуляційним насосом знову подається випарні змійовики. Паровий котел-утилізатор виконується з багаторазової примусової циркуляцією котельної води, що здійснюється включеними в циркуляційний контур котла насосами з електроприводом. Котел-утилізатор складається з конвективних змійовиків поверхонь нагріву, утворених трубами $\varnothing 32 \times 3$ мм, розташованими в П-образному газоході прямокутного перетину, і барабана, який встановлений на каркасі фронтальної стіни котла зовні. Для захисту металу вихідної частини пароперегрівача передбачений впорскує пароохолоджувач, включений між I і II ступенями пароперегрівача. Залежно від температури продуктів згорання на вході у котел змінюється його паропроодуктивність та інші параметри.

При необхідності установки котла-утилізатора над нагрівальними печами П-подібну компоновку замінюють на баштову або горизонтальну з тією ж послідовністю розташування поверхонь нагріву по ходу газів. У цьому випадку відпадає необхідність в громіздких і дорогих газоходах від печі до котла-утилізатора, в самотійній котельній, а крім того, зменшуються присмокту в газовий тракт холодного повітря і втрати теплоти як в оточуюче середовище, так і з газами, що відходять з котла. Розподіл випарної системи на дві–три секції, включених по котельній воді паралельно, дозволяє більш ніж у шість разів знизити опір випарної частини і, відповідно, потужність циркуляційних насосів.



1 циркуляційний насос; 2 шламоделітель; 3 барабан; 4 третя випарна секція; 5 друга випарна секція; 6 пароперегрівач; 7 перша випарна секція; 8 економайзер.

Рисунок 1.4 Принципова схема котла КУ-80

В пароперегрівачі пар підігрівається до температури (350 ...400) °С і потім у вигляді сухого перегрітого пара йде в заводській паропровід. Котел розрахований на пропуск (80...100) т/год відхідних димових газів. Паропродуктивність котла до 15 т/год пара тиском 18 кгс/см².

Котел-утилізатор 80 складається з таких компонентів:

1. Діаметр барабану 1490 мм і довжина 5100 мм. У барабані розташовані

пристрою для введення реагентів для обробки котлової води, відведення води безперервної та періодичної продувок, випарні пристрої, колектора і відповідних труб. Вода знаходиться у барабані під тиск 18 атмосфер;

2. Випарних змійовиків, що складається з 31 низки вертикальних і 32 горизонтальних труб, розташованих у зоні температур до 400 °С і має діаметр 29 мм;

3. Економайзера який підігріває відходять газами воду до 170 °С;

4. Живильний насос подає воду під тиском (23...24) атмосфери;

5. Зпірна арматура яка регулює, запобіжна і захисна арматура.

До допоміжному обладнанню котла належать циркуляційні насоси типу НКУ- 250 по два на кожному котлів. З барабана вода йде в випарні змійовики, де нагрівається до температури насиченої пари. Пароводяна суміш знову надходить у барабан, звідки пар іде в пароперегрівач, а вода циркуляційним насосом знову подається в випарні змійовики.

1.3.1 теплова характеристика котла-утилізатора КУ- 80

Паровий котел-утилізатор виконується з багаторазової примусової циркуляцією котельної води, що здійснюється включеними в циркуляційний контур котла насосами з електроприводом. Котел-утилізатор складається з конвективних змійовиків поверхонь нагріву, утворених трубами Ø32x3 мм, розташованими в П-образному газоходе прямокутного перетину, і барабана, який встановлений на каркасі фронтовий стіни котла зовні. Нижче подано таблицю 1.2 яка відбиває основні параметри КУ-80. Таблиця складена на основі технологічної інструкції. Живильна вода надходить в котел через водяний економайзер, після якого подається в барабан котла. З барабана котельна вода циркуляційним насосом подається через шламовіддільник у три випарні пакети, включені паралельно. Пароводяна суміш з випарних поверхонь нагріву надходить в барабан, в якому відбувається відділення пари від води сепарація[5].

Таблиця 1.1 теплова характеристика котлів- утилізаторів КУ-80

Параметри	Показники
Робочий тиск в барабанне котла кгс/см ²	20
Паропродуктивність, т/год	До 50,3
Допустима температура перегрітої пари в проміжній камері, К	703
Температура пара в проміжній камері, К	648
Температура продуктів згоряння перед випарної поверхнею, К	973
Температура які гріють продуктів після економайзера, К	623
Температура які гріють продуктів після економайзера, К	523
Температура води на вході в економайзер, К	338 – 353
ККД котлоагрегату, %	71
Парової обсяг котла, м ³	4,5
Водяний обсяг котла, м ³	17

1.3.2 Пристрій і принцип роботи циркуляційного насоса

Підшипники закриті кришками. Проточна частина складається із спірального корпусу, який кріпиться до фланця опорного кронштейна, робочого колеса, насадженого на кінець валу, і всмоктуючого патрубку, приєднаного до спіральному корпусу. Спіральний корпус служить для перетворення кінетичної енергії рідини після робочого колеса в енергію тиску. Насоси поставляються з напірним патрубком, спрямованим вертикально вгору. Робоче колесо служить для передачі механічної енергії двигуна потоку рідини. Воно виконане з двох дисків Сполучених лопатками; передній диск, із вхідним отвором. Робоче колесо має Ущільнюючий пасок, який в парі з ущільнювача кільцем, у всмоктуючому патрубку, утворює ущільнення, яка є для зменшення перетікання рідини з області високого тиску в область низького тиску. Всмоктуючий патрубок служить для підведення перекачується рідини

до робочого колеса. Він кріпиться до спіральному корпусу і є його причиною. На фланці патрубку мається різьбове отвір для приєднання манометра, заглушає при постачанні пробкою.

1.3.3 Технічні параметри насоса ПКУ 250

Основні технічні параметри циркуляційних насосів наведені в таблиці 1.2 дані наводяться на основі технологічної Інструкції, паспорти агрегату.

Таблиця 1.2 технічна характеристика насоса ПКУ-250

Найменування показника	Показники
Продуктивність, м ³ /год	250
Створюваний напір, кПа	313
Частота обертання, об/хв	1450
Потужність електропривода, кВт	45
Допустима температура перекачується води, К	528
значення РН, %	8-9

1.3.4 Пристрій і принцип дії деаератора

Деаератор складається з бака акумулятора, деаерірованої колонки, пристроїв захисту деаератора від перевищення тиску пари та рівня води.

В деаерірованої колонці застосована двоступенева система деаерації: перший ступінь струменевий, друга щабель барботажну

Потоки води, що підлягають деаерації, подаються на верхню перфоровану тарілку. З неї вода стікає на розташовану нижче перепускний тарілку, звідки вузьким пучком струменів збільшеного діаметру зливається на початковий ділянку непровального, барботажного аркуша. Потім вода проходить по барботажналісту у шарі, яке забезпечується переливним порогом, і через трубу самопливом зливається під рівень води в

бак акумулятор, після витримки в якому відводиться з деаератора по трубі на поживні насоси.

В деаератор передбачено три підведення пара:

- через один пар надходить у верхню частину бака акумулятора, вентилює парової обсяг бака і потрапляє під барботажна. При збільшенні теплового навантаження деаератора спрацьовує гідро затвор пароперепускного пристрою, через який надлишковий пар перепускається в струменевий відсік барботажного пристрою третьої тарілки деаерированой колонки;

- частина пара подається за перфорованої трубі в деаераційної колонку на додаткове барботажного пристрій, після якого пар також потрапляє в барботажний відсік;

- підвід пара на барботаж підігрів в нижню частину бака акумулятора призначений для прогрівання деаератора на передпускових режимах роботи, а також для підігріву води до необхідних параметрів в Баку акумуляторі;

- парогазова суміш відводиться з деаератора через патрубок відведення.

У струменя здійснюється підігрів води до температури близької до температурі насичення, видалення основної маси газів і конденсації більшої частини пара, підводимо в деаератор, часткове виділення газів з води у вигляді дрібних бульбашок йде на тарілках. На барботажного аркуші здійснюється догрів води до температури насичення з незначною конденсацією пари та видалення мікроскопічних газів. Процес дегазації завершується в деаераційного баку, де відбувається виділення з води дрібних бульбашок газів за рахунок відстоюю [11].

1.3.5 Технічна характеристика деаератора ДА 200

Двоступеневі деаератор атмосферного тиску с барбатажного пристрою в нижній частині колонки призначені для видалення корозії агресивних газів кисню і вільної вуглекислоти з живильної води парових котлів і

підживлювальної води систем теплопостачання у котельнях усіх типів за винятком чисто водогрійних і на ТЕЦ.

Робота деаератора відбувається наступним чином. Вода, що підлягає деаерації, підігрівается і подається в колонку. Пар від котла або з парового колектора подається в паровий простір деаераторного бака і на затоплений барботаж, при його наявності. Пара з бака починає підніматися вгору по колонці, нагріваючи воду до температури 104,25 °С. Невелика частина пара разом з виділилися з води газами піднімається у верхню частину колонки і відводиться в охолоджувач випару. Пройшовши обидві ступені деаерації, вода з колонки струменями зливається в бак, після підігріву і витримки в якому з води виділяється вільна вуглекислота[9-10]. Оброблена вода відводиться з деаератора. В таблиці 1.4 приведена технічна характеристика деаератора да 200.

Таблиця 1.4 технічна характеристика деаератора ДА 200

Найменування показників	Значення
Продуктивність номінальна, т/год	200
Тиск робочий, МПа	0,02
Температура деаерованной води, °С	104,25
Діапазон вимірювання продуктивності, %	30-120
Максимальний і мінімальний підігрів води до деаератора, °С	50-10
Концентрація розчиненого кисню в деаерованной воді, ммг/ кг	20
Пробне гідравлічне тиск, МПа	0,3
Допустимий тиск при роботі запобіжного пристрою , МПа	0,17
Діаметр деаерованной колонки, мм	1400
Висота деаерованной колонки, мм	2750
Маса деаерованной колонки, кг	1265
Корисна ємність деаерованной бака, м ³	50
Тип деаерованного бака	БДА-50
Типорозмір охолоджувача випарника	ОВА-16

2 РОЗРАХУНКОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОВОЇ РОБОТИ КОТЛА-УТИЛІЗАТОР МАРТЕНІВСЬКА ЦЕХУ ПАТ "ЗАПОРІЖСТАЛЬ"

2.1 Короткі відомості про процес утилізації тепла

За рахунок використання теплових ВЕР, можливо економити до 15 % привізного палива природного газу, мазуту, вугілля. Кількість теплової енергії, виробленої за рахунок утилізації ВЕР, загалом балансі споживання металургійних заводів становить 30 %, а на деяких заводах досягає 70 %. Однак значний вихід ВЕР у технологічних процесів не є перевагою цих процесів. Рационально побудована енергетика технології винна забезпечать максимальні використання тепла в робочому процесі з мінімальними тепловими та іншими відходами, що в кінцевому рахунку, повинно створювати безвідходну технологію. Втрати тепла з відхідними газами становлять (30...40) % , а в ряді випадків доходять до (60...70) % від всього тепла, що виділяється при с жигані палива в. Йдуть гази металургійних печей цей теплоносій, що володіє всіма основними ознаками, при яких їх використання технічно можливо і економічно доцільно, а саме: безперервністю надходження, високим температурним потенціалом і кількісної концентрації. Тепло відхідних газів можна використовувати для виробництва пари, гарячої води, вироблення електроенергії і т. п. Таким чином, утилізоване тепло призводить до економії палива в цілому. Найбільше поширення в якості утилізаційних установок у кольоровій металургії отримали котли - утилізатори (КУ) для виробництва пари. Так як пар, отриманий в КУ, може бути водокористування землею не тільки для технологічних потреб, але і для отримання електроенергії, що є досить актуальним для будь-якого металургійного виробництва. Крім того, установка КУ дозволяє здійснити значно більш глибоке охолодження газів, ніж у рекуператорах або регенераторах [12].

2.2 Характеристика котлів – утилізаторів

КУ призначені для отримання пари за рахунок використання тепла відхідних газів технологічних агрегатів. Розрізняють КУ радіаційного, радіаційно - конвективного типів[11]. Котли перших двох типів застосовують у виробництві, де температура газів вище 1000 °С. Найбільше поширення в металургії отримали КУ конвективного типу. Ці котли призначені для використання газів з температурою (600...850) °С. Мартенівських котлів складаються з буквеної і цифрової частин, наприклад КУ - 40, КУ - 60 і т. д. При цьому число в марці позначає обсяг вихідних газів печі тис. м³/год), призначених для утилізації тепла. За принципом руху газів і компонованні поверхонь нагріву і газового тракту розрізняють газотрубні і водотрубні КУ. Основна особливість газотрубних КУ полягає в русі газів всередині труб, що утворюють поверхні нагріву котла. Практика роботи газотрубних котлів показала їх низькі експлуатаційні характеристики, що впливають з особливостей відхідних газів кольорової металургії. У зв'язку з цим у кольоровій металургії застосовують в основному водотрубні КУ. У водотрубних котлах – утилізаторах усередині труб циркулює вода що випаровується, а гази обтікають труби зовні.

Основними елементами КУ є барабан - сепаратор, випаровувальна поверхня нагріву, пароперегрівач і водяний економайзер. В окремих випадках можуть бути відсутніми пароперегрівач або водяний економайзер, або обидва разом. Принципова схема котла - утилізатора представлена на рисунку 2.1. Різні конструкції КУ та їх технічні характеристики наведені в першій частині даної роботи[11].

Для визначення паропродуктивності і температури перегрітої пари в заданих конкретних умовах виконують перевірочний розрахунок котла, в якому в якості вихідних даних приймають геометричні характеристики котла і тиск пари, а також параметри димових газів перед котлом, зображеною на рисунок 2.2.

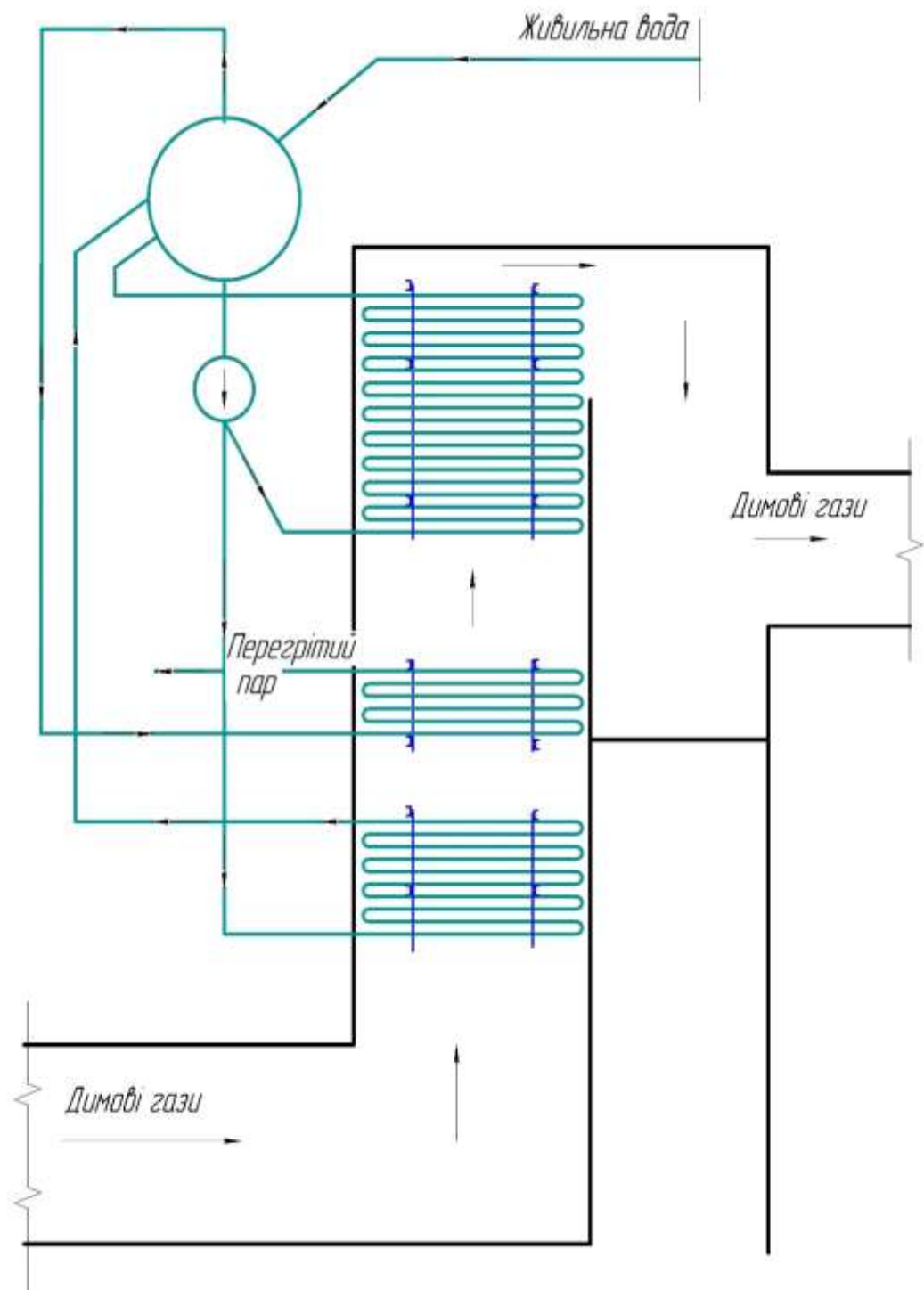


Рисунок 2.1 - Схема котла - утилізатора з примусовою циркуляцією

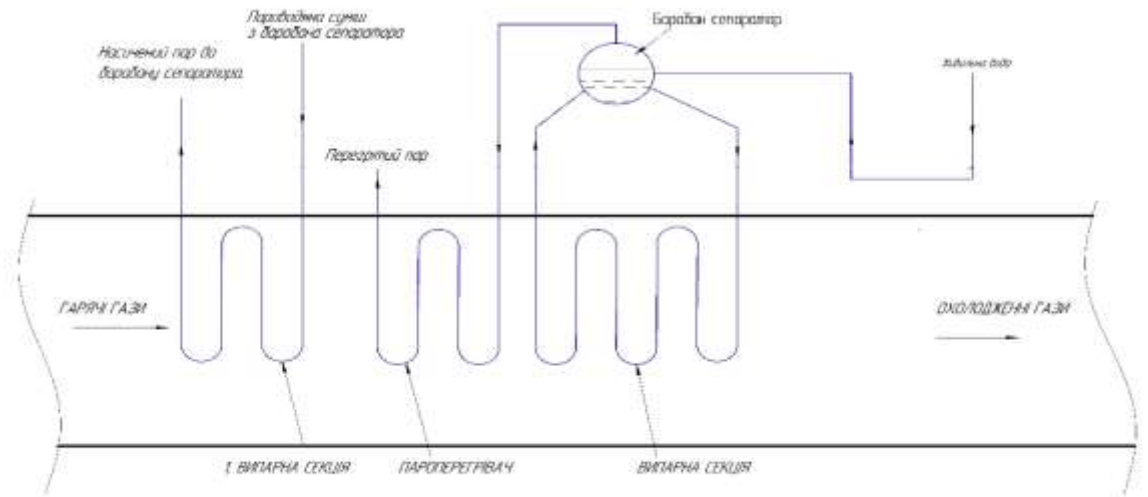


Рисунок 2.2 - Схема зміни параметрів димових газів, води і пари котлів - утилізаторі

2.3. Розрахунок ентальпії газів і параметрів пари і води

Об'ємна теплоємність газів розраховується як теплоємність суміші газів за формулою, кДж / (м³/°С)

$$c_p = \sum c_{p_i} r_i \quad (2.1)$$

де C_{pi} - об'ємні теплоємності компонентів суміші при постійному тиску при температурі газів, кДж / (м³/°С) (див. додат. А);

α_i - об'ємні частки компонентів суміші.

Ентальпія газів, кДж /м³

$$i_{\Gamma} = c_p * t_{\Gamma}, \quad (2.2)$$

За значеннями ентальпій на вході і на виході з КУ будують графік залежності зміни ентальпії газів в газоходах котла від температури $i = f(t)$, приймаючи, що залежність i_{Γ} від t_{Γ} майже лінійна. При подальшому

розрахунку, визначивши з рівняння теплового балансу ентальпію газів в тому чи іншому газоході, по $i-t$ – діаграмі визначають температуру газів.

За $i-s$ - діаграмі (див. додат. Б) при заданих значеннях температури $t_{пп}$ і тиску $p_{пп}$ перегрітої пари, за умови, що ступінь сухості пара, що виходить з барабана, $x = 1$ визначають:

- ентальпію перегрітої пари $i_{пп}$;
- температуру пара в барабані t'' ;
- ентальпію пара в барабані i''

Тиск пара в барабані, МПа

$$P_6 = P_{пп} + \Delta P, \quad (2.3)$$

де ΔP - гідравлічний опір пароперегрівача $\Delta P \approx 0,5P_{пп}$

По таблиці залежності параметрів сухого насиченої пари і води на кривій насичення від тиску пари визначають ентальпію окропу в барабані i' .

Ентальпія живильної води з достатньою для практичних розрахунків точністю може бути розрахована (при тисках до 15 МПа) за формулою, кДж/кг

$$i_{пв} = 4,19 * t_{пв}. \quad (2.4)$$

Секундний обсяг димових газів, м³/с

$$V_{0c} = \frac{V_0}{3600}. \quad (2.5)$$

2.4 Розрахунок включеного випарного пакета

Приймають температуру газів за секцією, °С

$$t'_{г.пп} = t'_г - (50 \div 60) . \quad (2.6)$$

Среднелогаріфмічеській температурний напір, °С

$$\Delta t_{г.1 \text{ исп.п}} = \frac{(t'_г - t'') - (t'_{г.пп} - t'')}{\ln \frac{t'_г - t''}{t'_{г.пп} - t''}} . \quad (2.7)$$

Середня температура димових газів в зоні розташування включеного випарного пакета, °С

$$t_{г.1 \text{ исп.п}}^{\text{ср}} = (t'_г - t'_{г.пп}) / 2 . \quad (2.8)$$

Витрата димових газів при робочих умовах в зоні розташування включеного випарного пакета, м³/с.

$$V_{г.1 \text{ исп.п}} = V_{0с} \frac{t_{г.1 \text{ исп.п}}^{\text{ср}} + 273}{273} . \quad (2.9)$$

Середня швидкість руху димових газів в попередньо включений випарному пакеті: , м/с

$$\omega_{г.1 \text{ исп.п}} = \frac{V_{г.1 \text{ исп.п}}}{f_г} , \quad (2.10)$$

де $f_г$ - площа живого перетину для проходу газів, м², визначається за конструктивними характеристиками (див. додат. В).

Коефіцієнт тепловіддачі конвекцією від димових газів до пучку труб включеного випарного пакета, Вт/(м² · К)

$$\alpha_k = \alpha_n C_z C_s C_\phi, \quad (2.11)$$

де $\alpha_n C_z C_s C_\phi$, - параметри, що залежать від умов теплообміну і визначаються за номограмами (див. додат. Д) в залежності від розташування труб в пучку коридорному, шахового) і напрямку руху димових газів навколо них (поперечне, поздовжнє). Причому α_n визначають залежно від швидкості руху газів $\omega_{г.1 \text{ исп.п}}$ і зовнішнього діаметра труб d_n . В C_z залежно від кількості рядів по ходу газів z_2 і відносини кроку труб по ширині s_1 до зовнішньому діаметру труб $d_n \cdot \frac{s_1}{d_n} = \sigma_1$, C_s – в залежності від кількості рядів по ходу газів z_2 і відносини кроку труб по глибині s_2 до зовнішньому діаметру труб $d_n \cdot \frac{s_2}{d_n} = \sigma_2$, C_ϕ – в залежності від залежно від середньої температури димових газів $t_{г.1 \text{ исп.п}}^{\text{ср}}$ і змісту в них водяної пари.

Ефективна товщина випромінюючого газового шару.

Якщо $\frac{s_1+s_2}{d_n} < 7$, то ефективну товщину випромінює газового шару розраховують за такою формулою, м

$$l_{\text{эф}} \left(1.87 \frac{s_1+s_2}{d_n} - 4.1 \right) \frac{d_n}{1000}. \quad (2.12)$$

Парціальний тиск компонентів димових газів, атм

$$p_{\text{CO}_2} = \text{CO}_2/100, \quad (2.13)$$

і так далі для всіх компонентів.

Визначають твір парціального тиску випромінюючих складових на ефективну товщину випромінює газового шару $p_{\text{CO}_2} l_{\text{эф}}$ і $p_{\text{H}_2\text{O}} l_{\text{эф}}$.

Ступінь чорноти димових газів,

$$\varepsilon_{\Gamma} = \varepsilon_{\text{CO}_2} + \beta \varepsilon_{\text{H}_2\text{O}}, \quad (2.14)$$

Де $\varepsilon_{\text{CO}_2}$ і $\varepsilon_{\text{H}_2\text{O}}$ - ступінь чорноти CO_2 і H_2O в залежності від температури $t_{\Gamma.1 \text{ исп.п.}}^{\text{ср}}$, парціального тиску цих газів p_{CO_2} і $p_{\text{H}_2\text{O}}$ ефективність товщини випромінюючого шару газу $l_{\text{эф}}$, яких наведені в довідковій літературі (див. додат. Є). Причому, для водяної пари вплив парціального тиску кілька сильніше, ніж вплив ефективної товщини випромінює газового шару, тому його ступінь чорноти необхідно помножити на поправочний коефіцієнт β (див. додат. З).

Ефективна ступінь чорноти,

$$\varepsilon_{\text{ст.эф}} = (1 + \varepsilon_{\text{ст}})/2, \quad (2.15)$$

де $\varepsilon_{\text{ст}}$ - ступінь чорноти стінок труб в котлах - утилізаторах, яка коливається в залежності від запиленості газового потоку і характеристики пилу і зазвичай становить 0,75-0,85.

Коефіцієнт тепловіддачі випромінюванням, $\text{Вт}/(\text{м}^2\text{°C})$

$$\alpha_{\text{изл}} = \frac{C_0 \varepsilon_{\text{ст.эф}} \left[\varepsilon_{\Gamma} \left(\frac{T_{\Gamma.1 \text{ исп.п.}}^{\text{ср}}}{100} \right)^4 - \varepsilon_{\Gamma}^{\text{ст}} \left(\frac{T_{\text{ст}}^{\text{ср}}}{100} \right)^4 \right]}{T_{\Gamma.1 \text{ исп.п.}}^{\text{ср}} - T_{\text{ст}}^{\text{ср}}}, \quad (2.16)$$

де з C_0 - коефіцієнт випромінювання абсолютно чорного тіла, рівний $5,67 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{K}^4)$; $\varepsilon_{\Gamma}^{\text{ст}}$ - ступінь чорноти димових газів, взята при температурі стінки $T_{\text{ст}}^{\text{ср}}$, яка приймається рівною температурі t'' .

Сумарний коефіцієнт тепловіддачі від димових газів до труб, $\text{Вт}/(\text{м}^2\text{°C})$

$$\alpha_{\Sigma} = \alpha_{\kappa} + \alpha_{\text{изл.}} \quad (2.16)$$

Коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м²°С)

$$\underline{k} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{\Sigma}} + \varepsilon}, \quad (2.17)$$

де ε - тепловий опір відкладень на трубах, рівне 0,005–0,01 Вт/(м²°С).

Кількість тепла, віддане димовими газами в попередньо включений випарному пакеті, кВт

$$Q_{1 \text{ исп.п}} = \frac{kF_{1 \text{ исп.п}} * \Delta t_{\text{г.1 исп.п}}}{1000}, \quad (2.18)$$

де $F_{1 \text{ исп.п}}$ - поверхня нагріву включеного випарного пакету, м².

По і-t - діаграмі визначають температуру димових газів на виході з включеного випарного пакета $t'_{\text{г.пп}}$.

Ентальпія димових газів на виході з включеного випарного пакета, кДж/м³

$$i'_{\text{г.пп}} = t'_{\text{г}} - \frac{Q_{1 \text{ исп.п}}}{V_{\text{ос}} \xi}, \quad (2.19)$$

де ξ - коефіцієнт збереження тепла, рівний 0,90-0,95.

По і-t - діаграмі визначають температуру димових газів на виході з включеного випарного пакета $t'_{\text{г.пп}}$.

Похибка між прийнятої і отриманої температурами димових газів,

$$\Delta = \frac{|t'_{г.пп} - t'_{г.пп}|}{t'_{г.пп}} \cdot 100\% \quad (2.20)$$

2.5 Розрахунок паропродуктивності котла

Теплота, віддана димовими газами в котли - утилізаторі, кВт.

$$Q_{г} = \xi V_{0c} (i'_{г} - i''_{г}). \quad (2.21)$$

Теплота димових газів витрачається на нагрів води і отримання перегрітої пари, відповідно до рівняння теплового балансу,

$$Q_{г} = D_{пп} (i_{пп} - i_{пв}) + D_{пр} (i' - i_{пв}), \quad (2.22)$$

де $D_{пп}$ - паропродуктивність котла - утилізатора, кг/с;

$D_{пр}$ - витрата води на продувку котла, кг/с

$$D_{пр} = D_{пп} \psi_1$$

де ψ_1 - величина безперервної продувки котла, що приймається не більше 5%.

Звідси паропродуктивності котла - утилізатора, кг/с [13-17]

$$D_{пп} = \frac{Q_{г}}{(i_{пп} - i_{пв}) + 0,05(i' - i_{пв})}. \quad (2.23)$$

2.6 Тепловий розрахунок котла-утилізатора

По формулі (2.1)-(2.23) виконання теплового розрахунку котла-утилізатора КУ-80. Результат розрахунку представлений в таблиці 2.1 та на рисунках 2.1-2.2.

Таблиця 2.1 – Результат теплового розрахунку котла-утилізатора КУ–80

Параметр	показники при різних об'ємах димових газів,			
	80000	72000	60000	40000
1	2	3	4	5
Теплоємність газів на вході в котел, Вт/(м ² · К)	1,51	1,49	1,46	1,44
Задаємося темпера турою газів на виході з котла, °С	600	500	400	300
Теплоємність газів на виході з котла, Вт/(м ² · К)	1,43	1,42	1,42	1,41
Ентальпія газів на вході в котел, кДж/м ³	904,5	698,1	585,2	432,2
Ентальпія газів на виході з котла, кДж/м ³	354	283,8	283,8	225,5
Ентальпія перегрітої пари, кДж/м ³	2756	2756	2748	2738
Тиск пара в барабані, Мпа	1,1	0,95	0,9	0,8
Температура пара в барабані, °С	260	158	151	143
Ентальпія пари в барабані, кДж/кг	2756,9	2756,9	2737,2	2737,2
Ентальпія окропу в барабані, кДж/кг	670,6	670,6	600,9	600,9
Ентальпія живильної води, кДж/кг	435,76	435,76	435,76	435,76
Об'єм димових газів, м ³ /с	22,22	20,0	16,6	11,11

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5
Розрахунок 1- го випарного пакету				
Температура газів за випарником, °С	550	452	350	285
Ентальпія газів за випарником, кДж/м ³	872	645	550	418
Кількість теплоти, віддане газами пароводяної суміші, °С	6850	6640	5410	1490
Середній температурний напір, °С	314	303	295	149
Середня температура газів, °С	575	460	375	292

Живий перетин для проходу газів, м ²	4,32	4,32	4,32	4,32
Коефіцієнт тепловіддачі, Вт/(м ² · К)	10,5	6,6	5,5	3,7
Коефіцієнт використання, Вт/(м ² · К)	72,6	69	58,8	33,4
Теплосприйняття випарника, кВт	685	920	561	149
Нев'язка теплосприймання, %	1,8	4,4	1,8	4

Продовження таблиці 2.1

1	2	2	4	5
Розрахунок паропроодуктивністю котла				
Коефіцієнт збереження тепла, кВт	4957,7	4462	2614,7	1743,1
Теплота, віддана димовими газами,	2,13	1,91	1,13	0,75
Паропроодуктивність, кг/с	7,7	6,9	4,1	2,7

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5
Розрахунок пароперегрівача				
Теплота, йде на перегрів пара, кВт	966	920	561	227
Ентальпія газів за пароперегрівом, кДж/м ³	859	650	550	411
Температура газів за пароперегрівом, °С	475	324	375	239
температурний напір, °С	207	88	206	77
Середня температура димових газів, °С	487	331	392	244
Живе перетин для проходу газів, м ²	3,17	3,17	3,17	3,17
Швидкість руху димових газів, м/с	4,87	9,4	10,25	1,433
Середня температура пара, °С	487	391	331	244
Живе перетин для споживання пара, м ²	0,0101	0,0101	0,0101	0,0101

Коефіцієнт тепловіддачі від гріючого середовища до стінки, Вт/(м ² · К)	7,5	5,5	5,5	3,8
Коефіцієнт тепловіддачі, Вт/(м ² · К)	107,3	105,3	86,3	41,8
Коефіцієнт теплової ефективності, Вт/(м ² · К)	69,8	69,3	60,3	34,6
Площа поверхні пароперегрівача, м ²	82	82	82	82
Тепловосприйняття пароперегрівача,	859	920	844	627
Нев'язка теплосприйняття, %	4,9	4,4	4,9	4,0
Розрахунок 2-3 випарного пакету				
Температура газів за випарником, °С	475	350	320	239
Ентальпія газів за випарником, кДж/м ³	748	684	403	411
Кількість теплоти, віддане газами пароводяної суміші, °С	3308	2740	2886	2270
Середній температурний напір, °С	375	350	265	244
Середня температура газів, °С	320	287	198	177
Живий перетин для проходження газів, м ²	3,17	3,17	3,17	3,17
Коефіцієнт тепловіддачі, Вт/(м ² · К)	14,4	6,5	4,4	3,8
Коефіцієнт використання, Вт/(м ² · К)	75,2	66,5	47,3	34,6
Теплосприйняття випарника, кВт	3308	2740	3005	2850
Нев'язка теплосприймання, %	3,6	2,7	1,9	4

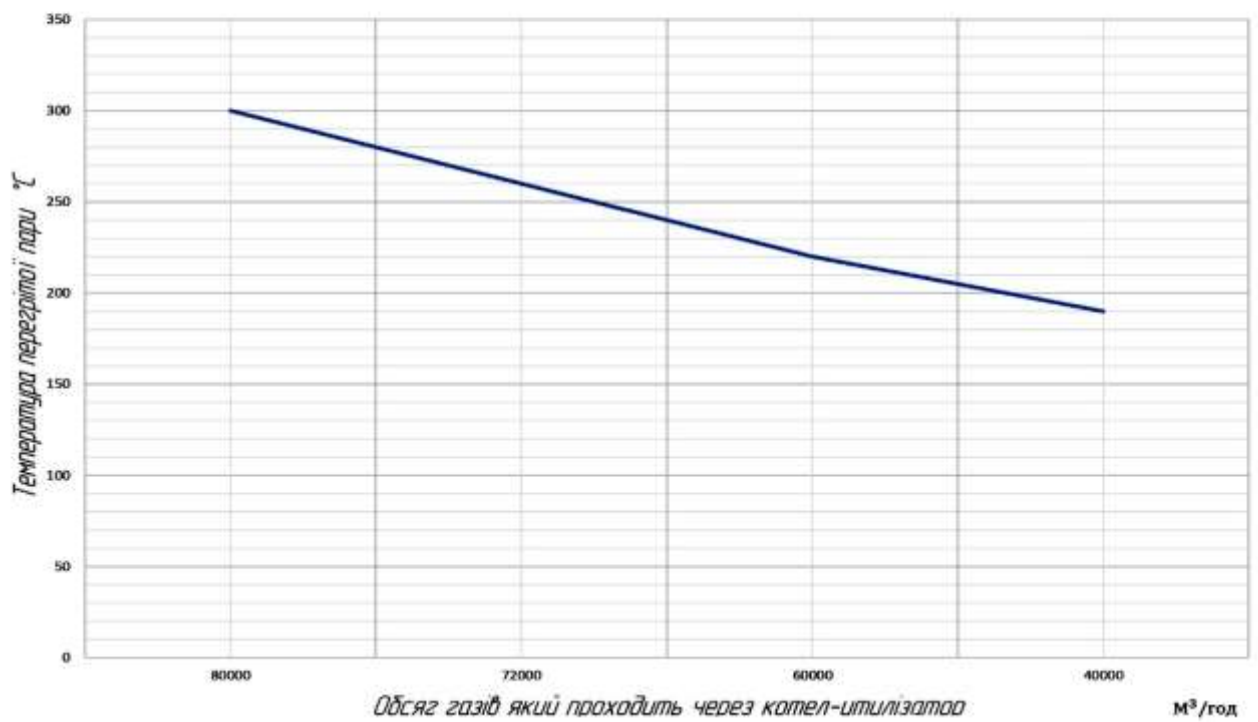
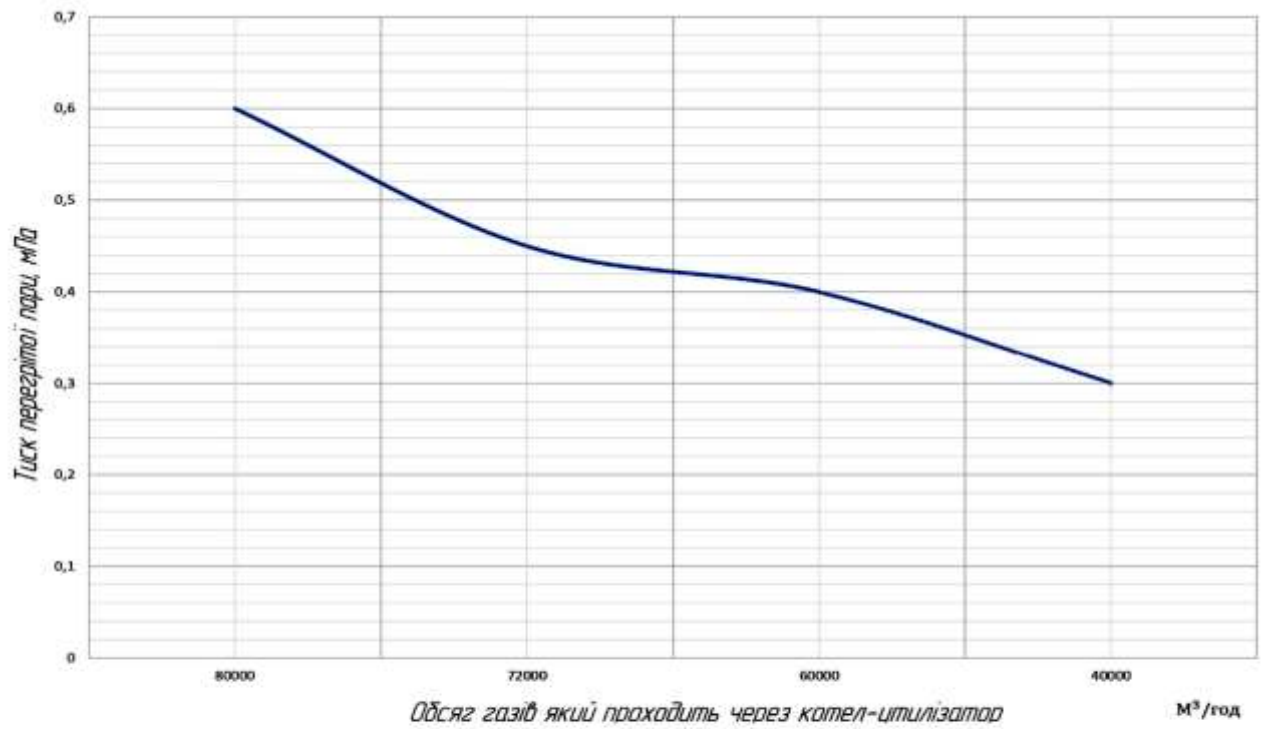


Рисунок 2.3 – Зміна параметрів перегрітої пари під час мартенівської плавки

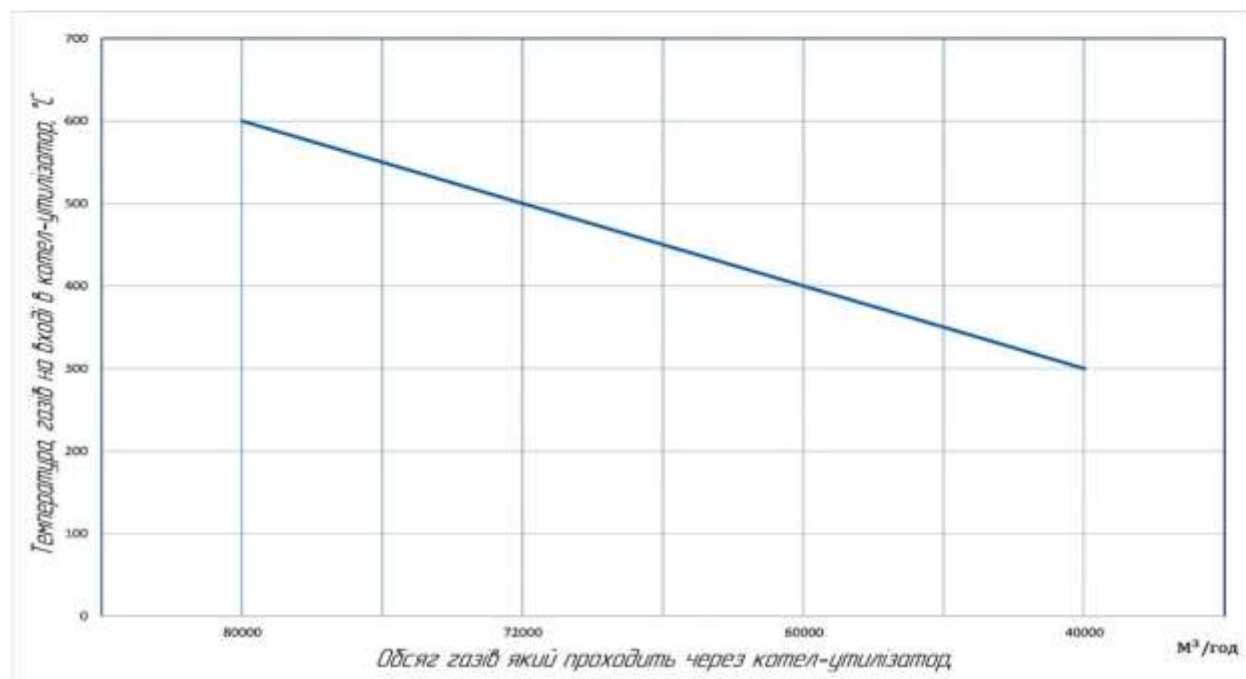
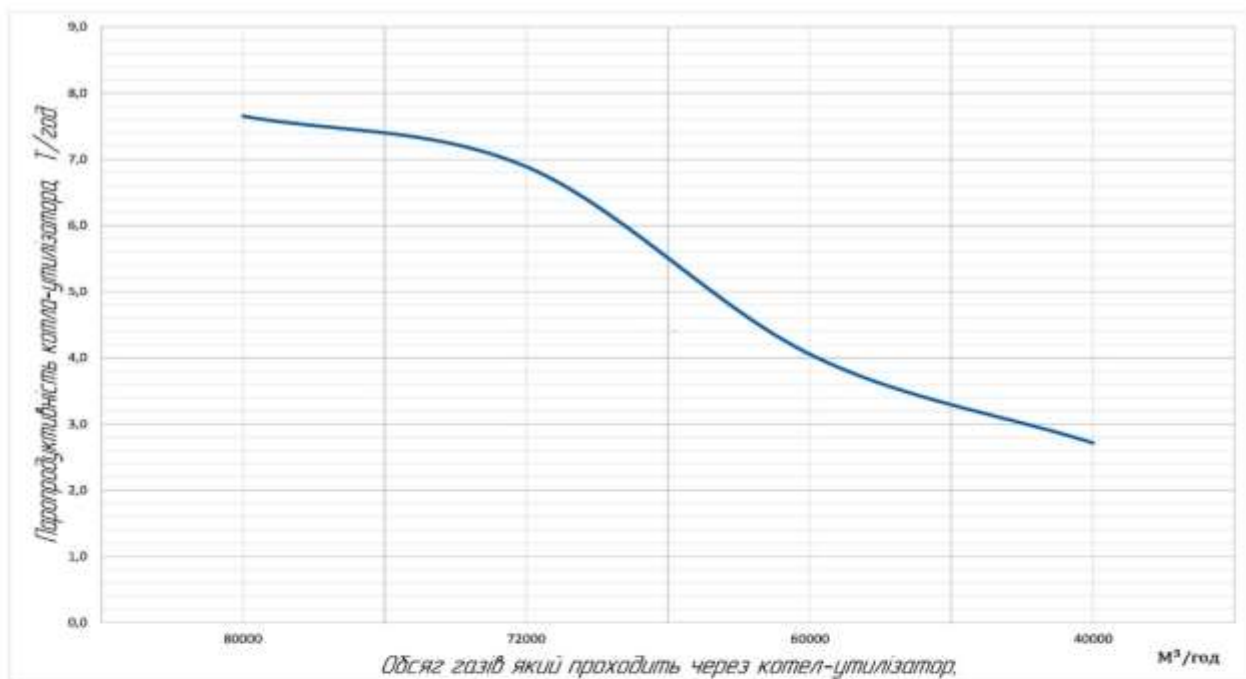


Рисунок 2.4 – Залежність паропроодуктивність котла-утилізатора від періодів процесу мартеновської плавки

2.7 Розрахунки горіння палива

Попередні чисельні дослідження роботи котла-утилізатора показали, що зниження надходження гріючого теплоносія протягом мартенівської плавки призводить до істотного зниження тиску і температури перегрітої пари, який їм виробляється (див. табл. 2.1). Коли температура і витрата відхідних з мартенівської печі газів досягають критичного рівня ($t_r = 300\text{ }^\circ\text{C}$, $G_r = 40$ тис. $\text{м}^3/\text{год}$) паровий котел опиняється на межі зупинки. Параметри його перегрітої пари стають мінімально допустимими.

У цих умовах для стабілізації роботи котельного обладнання необхідно компенсувати дефіцит основного теплоносія за рахунок подачі додаткової кількості високотемпературних газів. В якості додаткового теплоносія в даній роботі запропоновано використовувати продукти згоряння наявних в розпорядженні підприємства вторинних газів, таких як доменний та коксовий гази, а так само їх горючі суміші[18].

2.7.1 Розрахунок коксо-доменної суміші

Задана коксо-доменна суміш з теплотою згорання $Q_{\text{н.сум}}^p = 6700 \text{ кДж/м}^3$.

Склад коксового и доменного газів приведено у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Склад коксового і доменного газів, %

Газ	CO ₂	CO	CH ₄	C ₂ H ₄	H ₂	N ₂	O ₂	Вологість W, г/м ³
Доменний	10	27,4	0,9	0	3,3	58,4	0	35
Коксовий	2,65	5,59	24,46	4,12	53,66	8,93	0,59	15,23

Визначаємо вміст вологи у вологому газі:

- доменному, %

$$H_2O = \frac{100 \cdot W_1}{803,6 + W_1},$$

$$H_2O = \frac{100 \cdot 35}{803,6 + 35} = 4,173; \quad (2.24)$$

- КОКСОВМУ, %

$$H_2O = 10 \cdot \frac{100 \cdot W_2}{803,6 + W_2},$$

$$H_2O = \frac{100 \cdot 15,23}{803,6 + 15,23} = 1,86. \quad (2.25)$$

Перераховуємо склад сухого газу на вологий.
Доменний газ. Вміст CO₂ у вологому газі, %

$$CO_2^B = CO_2 \cdot \frac{100 - H_2O}{100},$$

$$CO_2^B = \frac{100 - 4,173}{100} = 9,582. \quad (2.26)$$

Аналогічно знаходимо вміст інших компонентів у вологому доменному і коксовому газі.

Результати розрахунків складу вологого доменного та коксового газів наведені в таблицях 2.3 і 2.4.

Таблиця 2.3 - Склад вологого доменного газу, %

CO ₂ ^B	CO ^B	CH ₄ ^B	C ₂ H ₄ ^B	N ₂ ^B	O ₂ ^B	H ₂ ^B	H ₂ O
9,58	26,26	0,86	0	55,96	0	3,16	4,17

Таблиця 2.4 - Склад вологого коксового газу, %

CO_2^{B}	CO^{B}	CH_4^{B}	$\text{C}_2\text{H}_4^{\text{B}}$	N_2^{B}	O_2^{B}	H_2^{B}	H_2O
2,6	5,49	24,01	4,04	8,76	0,58	52,66	1,86

Визначаємо нижчу теплоту згоряння газів:

- доменного, кДж/м^3

$$Q_{\text{H.дг}}^{\text{p}} = 127 \cdot \text{CO}^{\text{B}} + 108 \cdot \text{H}_2^{\text{B}} + 358 \cdot \text{CH}_4^{\text{B}} + 596 \cdot \text{C}_2\text{H}_4^{\text{B}},$$

$$Q_{\text{H}}^{\text{p}} = 127,7 \cdot 9,58 + 108 \cdot 3,16 + 358 \cdot 0,86 + 596 \cdot 4,04 = 3984; \quad (2.26)$$

- коксового, кДж/м^3

$$Q_{\text{H.кг}}^{\text{p}} = 127 \cdot \text{CO}^{\text{B}} + 108 \cdot \text{H}_2^{\text{B}} + 358 \cdot \text{CH}_4^{\text{B}} + 596 \cdot \text{C}_2\text{H}_4^{\text{B}},$$

$$Q_{\text{H.кг}}^{\text{p}} = 127 \cdot 5,49 + 108 \cdot 52,66 + 358 \cdot 24,01 + 596 \cdot 4,04 = 17364. \quad (2.27)$$

Визначимо склад суміші.

Частка доменного газу в суміші

$$x = \frac{Q_{\text{H.кг}}^{\text{p}} - Q_{\text{H.сум}}^{\text{p}}}{Q_{\text{H.кг}}^{\text{p}} - Q_{\text{H.дг}}^{\text{p}}},$$

$$x = \frac{17364 - 6700}{17364 - 3984} = 0,797. \quad (2.28)$$

Частка коксового газу в суміші

$$(1 - x),$$

$$(1 - 0,797) = 0,203. \quad (2.29)$$

Склад змішаного газу, %

$$CO_{2\text{см}} = CO_{2\text{дг}} \cdot x + (1 - x) \cdot CO_{2\text{кг}},$$

$$CO_{2\text{см}} = 9,58 \cdot 0,797 + 0,203 \cdot 2,6 = 8,17. \quad (2.30)$$

Аналогічно знаходимо вміст інших компонентів у змішаному газі.

Результати розрахунку складу змішаного газу наведені в таблиці. 2.5.

Таблиця 2.5 - Результати розрахунку складу змішаного газу, %

CO ₂	CO	CH ₄	H ₂	N ₂	C ₂ H ₄	O ₂	H ₂ O
8,17	22,04	5,56	13,21	46,38	0,82	0,12	3,7

Теоретично необхідна кількість повітря, м³/м³

$$L_0 = 0,0476 \cdot (0,5 \cdot CO + 0,5 \cdot H_2 + 2 \cdot CH_4 +$$

$$+ 3 \cdot C_2H_4 - O_2) \cdot (1 + 0,00124 \cdot d_B),$$

$$L_0 = 0,0476 \cdot (0,5 \cdot 22,4 + 0,5 \cdot 13,21 + 2 \cdot 5,56 +$$

$$+ 3 \cdot 0,82 - 0,12) \cdot (1 + 0,00124 \cdot 10) = 1,498, \quad (2.31)$$

де: d_B - вологомісткість сухого повітря приймається рівним 10 г/м³.

Дійсна кількість повітря при $\alpha = 1,0$, м³/м³:

$$L_d = L_0 \cdot \alpha,$$

$$L_d = L_0 \cdot \alpha = 1,498 \cdot 1,0 = 1,498, \quad (2.32)$$

де: α - коефіцієнт витрати повітря.

Кількість продуктів згорання, $\text{м}^3/\text{м}^3$:

$$V_{CO_2} = (CO + CO_2 + CH_4 + 2 \cdot C_2H_4) \cdot 0,01 ,$$
$$V_{CO_2} = (22,04 + 8,17 + 5,56 + 2 \cdot 0,82) \cdot 0,01 = 0,374; \quad (2.33)$$

$$V_{H_2O} = (2 \cdot CH_4 + 2 \cdot C_2H_4 + H_2 + H_2O + 0,124 \cdot L_d \cdot d_B) \cdot 0,01,$$
$$V_{H_2O} = (2 \cdot 5,56 + 2 \cdot 0,82 + 13,21 +$$
$$+ 3,7 + 0,124 \cdot 1,498 \cdot 10) \cdot 0,01 = 0,315; \quad (2.34)$$

$$V_{N_2} = (N_2 + 79 \cdot L_d) \cdot 0,01 ,$$
$$V_{N_2} = (46,38 + 79 \cdot 1,498) \cdot 0,01 = 1,647; \quad (2.35)$$

$$V_{O_2} = 0,21 \cdot (\alpha - 1) \cdot L_0 ,$$
$$V_{O_2} = 0,21 \cdot (1 - 1) \cdot 1,498 = 0. \quad (2.36)$$

Загальна кількість продуктів згорання, $\text{м}^3/\text{м}^3$

$$V_d = V_{CO_2} + V_{H_2O} + V_{N_2} + V_{O_2} ,$$
$$V_d = 0,374 + 0,315 + 1,647 + 0 = 2,34. \quad (2.37)$$

Склад продуктів згорання, %

$$CO_2 = \frac{V_{CO_2}}{V_d} \cdot 100 ,$$
$$CO_2 = \frac{0,374}{2,34} \cdot 100 = 16,01. \quad (2.38)$$

Аналогічно знаходимо вміст інших компонентів у продуктів згорання.

Результати розрахунку складу продуктів згорання зведенв в таблицю.2.6.

Таблиця 2.6 - Склад продуктів згорання, %

CO_2	H_2O	N_2	O_2
16,01	13,49	70,5	0

Щільність продуктів згорання, $кг/м^3$

$$\rho_{п.зг.} = \frac{44 \cdot CO_2 + 18 \cdot H_2O + 28 \cdot N_2 + 32 \cdot O_2}{22,4 \cdot 100},$$

$$\rho_{п.зг.} = \frac{44 \cdot 16,01 + 18 \cdot 13,49 + 28 \cdot 70,5 + 32 \cdot 0}{22,4 \cdot 100} = 1,304. \quad (2.39)$$

Калориметричний тепловміст продуктів згорання на холодному газі та повітрі, $кДж/м^3$

$$i_{кал} = \frac{Q_{н.сум}^p}{V_d},$$

$$i_{кал} = \frac{6700}{2,34} = 2834,25. \quad (2.40)$$

Середня теплоємність диму, $кДж/(м^3 \cdot ^\circ C)$

$$C_{0д}^{1600} = 0,01 \cdot (CO_2 \cdot C_{0CO_2}^{1600} + H_2O \cdot C_{0H_2O}^{1600} + N_2 \cdot C_{0N_2}^{1600} + O_2 \cdot C_{0O_2}^{1600}),$$

$$C_{0д}^{1600} = 0,01 \cdot (16,01 \cdot 2,36 + 13,49 \cdot 1,815 + 70,5 \cdot 1,45 + 0 \cdot 1,55) = 1,645. \quad (2.41)$$

Калориметрична температура продуктів згорання, $^\circ C$

$$t_{\text{кал}} = \frac{i_{\text{кал}}}{C_{0\text{д}}^{1600}},$$

$$t_{\text{кал}} = \frac{2834,25}{1,645} = 1723. \quad (2.42)$$

Дійсна температура продуктів згорання, °С

$$t_{\text{д}} = \eta_{\text{пір}} \cdot t_{\text{кал}},$$

$$t_{\text{д}} = 0,85 \cdot 1723 = 1465, \quad (2.43)$$

де $\eta_{\text{пір}} = 0,85$ - пірометричний коефіцієнт.

Результаты расчета коксодоменной газовой смеси с $Q_{\text{н.сум}}^{\text{р}} = 6700$ кДж/м³ сведены в таблицу 2.7.

Таблица 2.7 - Результаты розрахунку згорання коксо-доменної суміші з теплотворною здатністю $Q_{\text{н.сум}}^{\text{р}} = 6700$ кДж/м³

α	1,0	1,4	1,8	2,2	2,6	3,0	3,4	3,8	4,0
$L_{\text{д}}, \text{м}^3/\text{м}^3$	1,5	2,1	2,7	3,3	4,54	4,49	5,09	5,69	5,99
$V_{\text{д}}, \text{м}^3/\text{м}^3$	2,34	2,94	3,55	4,16	4,76	5,37	5,98	6,58	6,89

$t_{\text{кал}}, ^\circ\text{C}$	1723	1426	1224	1069	951	857	781	716	687
$t_{\text{д}}, ^\circ\text{C}$	1465	1212	1040	909	808	728	664	609	584

2.7.2 Розрахунок згорання вторинних горючих газів та їх сумішей

За поданим нижче алгоритмом виконані розрахунки горіння доменного і коксового газів (склад див. табл. 2.2) та їх горючих сумішей з нижчою теплотою згорання $Q_{\text{н.сум}}^{\text{р}} = 10500 \text{ кДж/м}^3$ и 12550 кДж/м^3 . Розрахунки виконані для умов спалювання палива з коефіцієнтом витрати повітря рівному $\alpha = 1,0 \dots 4,0$. Результати розрахунків представлені в таблицях 2.8 - 2.10.

Таблиця 2.8 – Результати розрахунку згорання доменного газу з теплотворною здатністю $Q_{\text{н.сум}}^{\text{р}} = 3984 \text{ кДж/м}^3$

α	1,0	1,4	1,8	2,2	2,6	3,0	3,4	3,8	4,0
$L_{\text{д}}, \text{м}^3/\text{м}^3$	0,79	1,11	1,43	1,74	2,06	2,38	2,69	3,01	3,17
$V_{\text{д}}, \text{м}^3/\text{м}^3$	1,65	1,97	2,29	2,62	2,94	3,26	3,58	3,9	4,06
$t_{\text{кал}}, ^\circ\text{C}$	1450	1261	1114	999	905	830	765	709	684
$t_{\text{д}}, ^\circ\text{C}$	1233	1072	947	849	769	706	650	603	581

Таблиця 2.9 - Результати розрахунку згорання коксо-доменної суміши з теплотворною здатністю $Q_{\text{н.сум}}^{\text{р}} = 10500 \text{ кДж/м}^3$

α	1,0	1,4	1,8	2,2	2,6	3,0	3,4	3,8	4,0
$L_d, \text{м}^3/\text{м}^3$	2,49	3,48	4,48	5,47	6,46	7,46	8,45	9,45	9,95
$V_d, \text{м}^3/\text{м}^3$	3,29	4,3	5,3	6,32	7,32	8,33	9,34	10,34	10,85
$t_{\text{кал}}, \text{°C}$	1908	1541	1291	1112	977	872	790	720	689
$t_d, \text{°C}$	1622	1310	1097	945	830	741	672	612	586

Таблиця 2.10 - Результати розрахунку згорання коксо-доменної суміші з теплотворною здатністю $Q_{\text{н.сум}}^{\text{р}} = 12550 \text{ кДж/м}^3$

α	1,0	1,4	1,8	2,2	2,6	3,0	3,4	3,8	4,0
$L_d, \text{м}^3/\text{м}^3$	3,02	4,23	5,44	6,64	7,85	9,06	10,27	11,47	12,08
$V_d, \text{м}^3/\text{м}^3$	3,81	5,03	6,26	7,48	8,7	9,92	11,15	12,37	13,0
$t_{\text{кал}}, \text{°C}$	1970	1578	1311	1125	985	876	793	721	690
$t_d, \text{°C}$	1675	1341	1114	956	837	745	674	613	587

Таблиця 2.11 - Результати розрахунку згорання коксового газу з теплотворною здатністю $Q_{\text{н.сум}}^{\text{р}} = 17364 \text{ кДж/м}^3$

α	1,0	1,4	1,8	2,2	2,6	3,0	3,4	3,8	4,0
$L_d, \text{м}^3/\text{м}^3$	4,27	6,0	7,69	9,4	11,1	12,81	14,5	16,23	17,09
$V_d, \text{м}^3/\text{м}^3$	5,02	6,75	8,48	10,2	11,94	13,67	15,4	17,13	18

$t_{\text{кал}}, ^\circ\text{C}$	2063	1632	1341	1143	996	883	796	722	690
$t_{\text{д}}, ^\circ\text{C}$	1754	1387	1140	972	847	751	677	614	587

2.8 Вибір палива та умов його спалювання

З метою вибору палива і умов його спалювання на підставі даних таблиць 2.7 - 2,10 виконано побудову графічних залежностей, які представлено на рисунках 2.5-2.7.

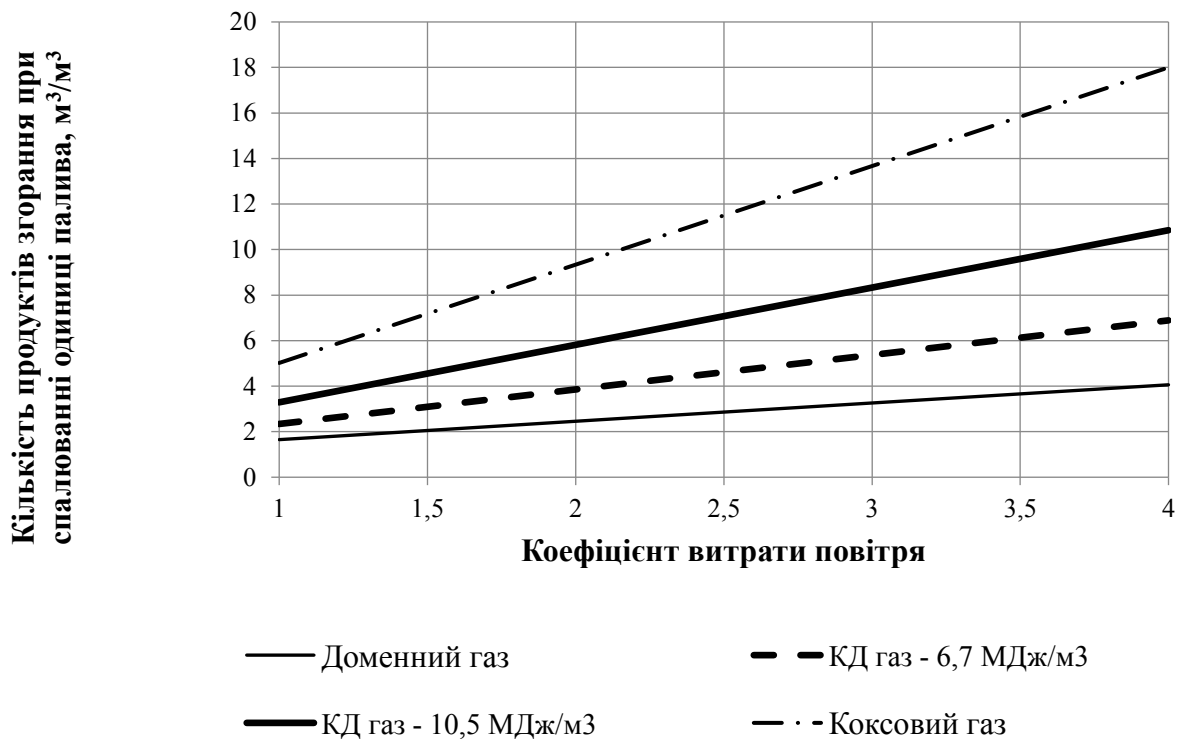


Рисунок 2.5 - Кількість продуктів згорання при спалюванні одиниці палива в умовах суттєвого надлишку повітря необхідного для горіння

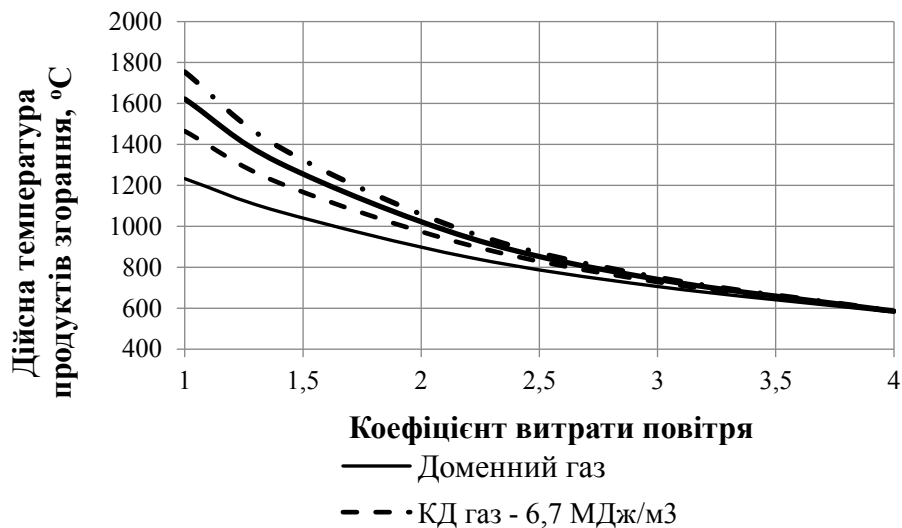


Рисунок 2.6 - Дійсна температура продуктів згорання при спалюванні одиниці палива в умовах суттєвого надлишку повітря необхідного для горіння способствує

Аналіз залежностей, які представлено на рисунках 2.5 і 2.6 дозволяє зробити наступні висновки:

1. Підвищення теплотворної здатності палива сприяє збільшенню кількості продуктів згорання. Для розглянутих палив максимум припадає на коксовий газ;
2. Простежується така ж залежність і для дійсної температури продуктів згорання;
3. Збільшення коефіцієнта витрати повітря сприяє збільшенню кількості продуктів згорання і суттєвому зниженню дійсної температури горіння палива. При цьому, при $\alpha > 3,0$ ця температура практично не залежить від теплоти згорання.

На газозмішувальній станції комбінату «Запоріжсталь» на базі доменного і коксового газів готують коксодоменний суміш з теплотворною здатністю $Q_{н.сум}^p = 10500$ кДж/м³. З огляду на вимоги паливного балансу підприємства і наявність зазначеної горючої суміші вибираємо в якості палива коксодоменний суміш з $Q_{н.сум}^p = 10500$ кДж/м³.

Умови спалювання палива вибираємо з наступних міркувань:

- за умовами стійкого горіння температура в камері згоряння повинна бути не нижче 800 °С;

- температура продуктів згоряння перед надходженням в котел не должна бути нижче 1000 °С, при цьому спалювання палива має супроводжуватися утворенням достатньої кількості продуктів згоряння.

З урахуванням цих вимог спалювання палива виробляємо з коефіцієнтом витрати повітря $\alpha = 2,0$ (див. рис. 2.5, 2.6).

2.9 Вибір режиму стабілізації теплової роботи котла – утилізатора

Основні витратні характеристики підготовки додаткового теплоносія (продукти згоряння) визначимо з рівняння теплового балансу

$$G_d \cdot t_d \cdot c_d + G_{mi} \cdot t_{mi} \cdot c_{mi} = G_{m1} \cdot t_{m1} \cdot c_{m1}, \quad (2.44)$$

де G – витрата, м³/с; t - температура, °С; c - теплоємність, кДж/(м³·°С);
індекси:

d – додаткові продукти згоряння;

m – основний теплоносій (продукти згоряння після мартенівської печі);

1 – основний теплоносій при нормальному навантаженні котла (див. табл. 2.1);

$i = 2, 3, 4$ – основний теплоносій при зниженому навантаженні котла (див. табл. 2.1).

Виходячи з цього рівняння визначимо кількість додаткового теплоносія, м³/с

$$G_d = \frac{G_{m1} \cdot t_{m1} \cdot c_{m1} - G_{mi} \cdot t_{mi} \cdot c_{mi}}{t_d \cdot c_d}. \quad (2.45)$$

Витрату палива визначимо за виразом, м³/с

$$B_T = \frac{G_d}{V_d}, \quad (2.46)$$

де V_d - питомий об'єм продуктів згоряння, м³/ м³.

Витрата повітря, м³/с

$$V_{\Pi} = L_d \cdot B_T, \quad (2.47)$$

де L_d – дійсна кількість повітря, м³/ м³.

З урахуванням даних таблиці 2.1 за представленими формулами визначені режимні параметри підготовки додаткового теплоносія. Витратні характеристики підготовки додаткового теплоносія представлені на рисунку 2.7.

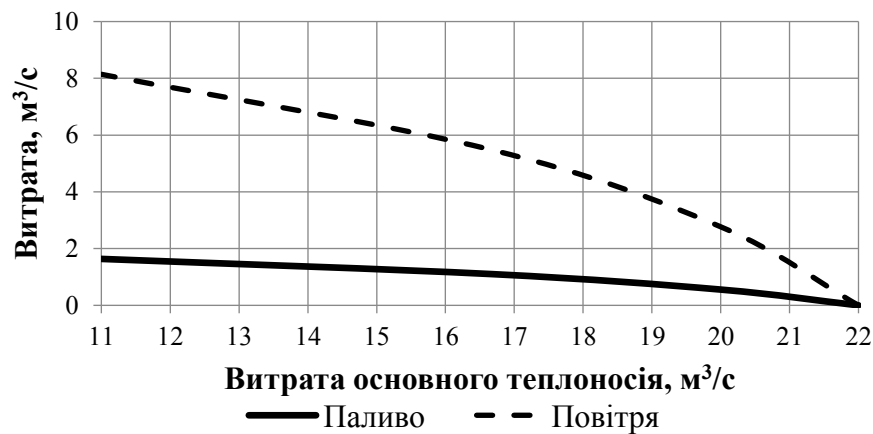


Рисунок 2.7 – Витратні характеристики підготовки додаткового теплоносія

Аналіз результатів розрахунку показав, що для стабілізації теплової роботи котла-утилізатора в умовах нестабільного надходження основного теплоносія протягом мартенівської плавки необхідно компенсувати його

дефіцит продуктами згоряння коксодоменної суміші з $Q_{\text{н.сум}}^{\text{р}} = 10500 \text{ кДж/м}^3$ при її спалюванні з коефіцієнтом витрати повітря $\alpha = 2,0$. Відповідні витрати палива і повітря представлені на рисунку 2.7[16-20].

3 БЕЗПЕКА ПРАЦІ ПІД ЧАС ЕКСПЛУАТАЦІЇ КОТЕЛЕНЬ

3.1 Пуск котла-утилізатора

Попередити змінного теплотехніка мартенівського цеху, сталевара мартенівської печі про пуск котла-утилізатора. Шибер обвідного тракту на газоочистку повинен бути повністю відкритий протягом усього періоду розпалювання і включення котла в парову магістраль. Переконатися в повному відкритті котельного шибера – повна висота підйому 800мм. Про включення котла в роботу поінформувати апаратника газоочистки і разом з ним підняти котельний шибер. Підняття тиску на котлі проводити з відкритим шибером обвідного тракту. Почати прогрів котла. Швидкість прогріву котла регулювати дроселем після котла. На котлах-утилізаторах №5 і №6 – поворотними дроселями, встановленими після котла. Розпалювання холодного котла вести повільно. Тривалість розтоплення – 40хв. Одночасно з розігрівом котла проводити прогрівання паропроводу пором, вироблюваним котлом, або від магістральних паропроводів. При розпалюванні рівень води в котлі підвищується. Стежити за підтриманням середнього рівня у котлі. При підвищенні тиску в барабані котла вище від атмосферного і появи пара з воздушки, її необхідно закрити. При тиску в барабані котла 0,5 кгс/см продути водовказівні колонки. Продування водоуказательной колонки проводиться в наступному порядку:

- відкривається спускний вентиль - продути паровий і водяний штуцера і слюду;
- закрити водяний вентиль
- продути паровий вентиль і слюду;
- відкрити водяний вентиль і закрити паровий вентиль – продути водяній штуцер;
- відкрити паровий вентиль і закрити спускний вентиль.

Перевірити рівень води в барабані. При закритті спускного вентиля

рівень води повинен швидко підвищуватися, а потім коливатися біля свого середнього положення. Повільний підйом води в слюді свідчить про засмічення водяного штуцера. У цьому випадку слюду необхідно продути знову. Продування слід проводити повільно, відвертаючи обличчя від колонки і обов'язково в рукавицях. Перевірити щільність запобіжних клапанів. При пропусках пара слід усунути не щільності, злегка піднявши клапан і посадивши його на місце. Якщо на котлі проводилися роботи, пов'язані з разбалчиваним люків, фланців, то при тиску 3кгс/см провести обтяжку болтових з'єднань. Дане тиск витримувати протягом усього періоду обтягування. При тиску в барабані 3кгс/см котел необхідно підживити до верхнього рівня і по черзі продути барабан, фільтр і колектора випарних змішувачів котла. Величина продувки – 60мм з водовказівного скла. При продуванні казана стежити за тим, щоб не упустити рівень нижче допустимого.

Стежити за прогріванням паропроводу, особливу увагу звертати на роботу опор, підвісок. У разі ненормального розширення прогрівання паропроводу припинити т усунути дефект. Перед включенням котла в магістраль, водовказівні колонки ввести в роботу, звіряти їх покази з реєструючим приладом. У разі великих розбіжностей приладу – відкоригувати [30].

3.2 Включення котла в роботу

При включенні котла в парову магістраль тиск в котлі має бути на 0,5 кгс/см² нижче, ніж упаропроводі. Якщо при включенні котла в парову магістраль виникають поштовхи або гідравлічні удари, включення слід припинити, підсилити продувку пароперегрівача і паропроводу. При появі витрати пари продувку пароперегрівача і паропроводу закрити. Ретельно стежити за рівнем води в барабані, підтримувати його середнім. З включенням котла в магістральний паропровід проводити підживлення котла живильною

водою. Закрити вентиль на рециркуляцію.

Якщо на котлі проводилася ревзія або ремонт запобіжних клапанів, необхідно до включення котла в парову магістраль провести регулювання запобіжних клапанів. Регулювання клапанів проводиться під керівництвом старшого майстра виробничої дільниці.

Запобіжні клапана регулюються на відкриття при таких тисках:

- клапан за пароперегрівачем на 2 % від робочого тиску 8 кгс/см для всіх котлів, тобто на 8,36 кгс/см²;
- контрольний клапан – на 3 % від робочого тиску, тобто на 8,54 кгс/см²;
- робочий клапан – на 5 % від робочого тиску тобто 8,9 кгс/см²;

Після включення котла при сталому режимі перевіряється стан водоуказательних колонок і манометрів. Випробувано легким підняттям, дуже обережно запобіжні клапана, перевіряється щільність спускний і продувної арматури.

Якщо знижені показчики рівня ремонтувалися, то після включення котла в магістраль потрібно включити їх в роботу, для чого необхідно:

- продути імпульсні траси і водоуказательную колонку;
- закрити дренажні вентиля і спресувати імпульсні траси, водоуказательную колонку і дренажні вентиля;

закрити вентиль перед водоуказательной колонкою і дати витримку часу для конденсації пари в імпульсних трубках вони повинні бути холодними. Включити регулятор живлення. Простежити за роботою регулятора живлення. Повідомити оператору насосно-деаераторної установки про включення котла в роботу [20, 26].

3.3 Обслуговування котла під час роботи

Під час чергування персонал зобов'язаний стежити за справністю котла і допоміжного обладнання, суворо дотримувати встановлений режим роботи котла. При виявленні несправності персонал повинен вжити заходів до їх

усунення. Якщо несправність усунути неможливо повідомити начальнику зміни ТЕЦ і керівництву котельного цеху №2. В аварійних випадках котел повинен бути негайно зупинений див. противоаварійною інструкцією для операторів КУ. Для КУ встановлені наступні граничні величини параметрів вище яких забороняється експлуатація котла.

- під час роботи особливу увагу слід звертати:
- на підтримку нормального рівня води в барабані;
- на підтримку нормального тиску і температури перегрітої пари;
- на забезпечення надійної і безперервної циркуляції води в котлі;
- на підтримання заданого хімічного режиму та своєчасне видалення шламу.

- живлення котла повинно вестися, як правило автоматично і повинно бути рівномірним, плавним без поштовхів.

Подача води в котел повинна здійснюватися від обох живильних ліній одночасно. На живильній лінії одночасно повинні бути відкриті всі вентиля, за винятком вентиля №3 при справній роботі регулятора живлення. Вода в водоуказательних колонках має слабо коливатися близько встановленого рівня. Ні при яких умовах не слід допускати рівні до граничних положенням 100 від середнього. Продування водоуказательних колонок повинна проводитися не рідше одного разу в зміну і у випадках, які викликають сумніви у правильності роботи колонки. Не рідше двох разів у зміну звіряти на водоуказательних колонках показання знижених показників рівня води в барабані котла (реєструвального і вказівного). У разі розбіжності показань водоуказательних приладів водовказівні колонки необхідно продути, а знижені показники рівня відрегулювати.

- при поломці водоуказательной колонки слід:
- закрити спочатку водяний, а потім паровий вентиль;
- відкрити спускний вентиль;
- переставити слюду.

При включенні водоуказательной колонки напочатку повинен бути

відкритий спускний вентиль, потім повільно відкривається паровий вентиль, добре прогрівається колонка, потім водяний вентиль відкривається і закривається, спускний. Не допускати підвищення тиску в котлі вище 8 кгс/см. При підвищенні тиску вище допустимого, оператор котельні зобов'язаний перевести роботу газоочистки по обвідному тракту, з'ясувати і усунути причину підвищення тиску і включити котел в роботу [24].

Перевірка манометрів котла повинна проводитися оператором котельні не рідше одного разу в зміну на барабані, на пароперегрівачі, на живильній лінії, на нагнітанні циркуляційних насосів.

- порядок перевірки манометра з посадкою стрілки на «0»:
- закрити вентиль, який з'єднує сифонну трубку з трубопроводом;
- відкрити вентиль, який з'єднує манометр з атмосферою.

Включення манометра проводиться в зворотному порядку, манометр вважається несправним, якщо:

- відсутня пломба, клеймо;
- прострочений термін перевірки;
- стрілка манометра при повірці на «0» не повертається в нульове положення на величину, що перевищує половину допустимої для нього похибки;

Розбите скло або є інші пошкодження, що можуть позначитись на правильності показання манометра. На циферблаті манометра повинна бути нанесена червона риска по тиску, відповідному вищому допустимому робочому тиску в котлі з урахуванням додаткового тиску від ваги стовпа рідини при опущених манометрах. Щозміни при прийманні зміни оператор котельні зобов'язаний зусиллям великого пальця руки підняти вантаж запобіжного клапана і переконається, що клапан «шипіт», а не прикипів до сідла. Справність пружинних клапанів перевіряється впливом руки на важіль. Крім того, перевірку справності запобіжних клапанів продувкою оператор котельні зобов'язаний здійснювати: перед зупинкою котла на плановий ремонт.

при кожному включенні котла в роботу, якщо проводився ремонт запобіжного клапана. Робота котла з несправними і не відрегульованими клапанами забороняється. Категорично забороняється заклинювати запобіжні клапани або збільшувати натискання на їх тарілки шляхом збільшення вантажу або іншим способом. При підвищенні температури пари понад допустимої необхідно відкрити димовий шибер. Витрата циркуляційної води на котлі повинен бути (0...40) м³/год (кратність циркуляції повинна становити (8...0). В роботі повинен знаходитися один циркуляційний насос, другий повинен бути в резерві з відкритими на всасе і нагнітанні засувками і з включеним АВР. При прийманні зміни оператор котельні зобов'язаний випробувати резервний циркуляційний насос, включивши його в паралельну роботу на (3...5) хвилин.

При роботі циркуляційного насоса оператор котельні зобов'язаний:

- стежити за нормальним рівнем масла, його чистотою і при необхідності долити або замінити масло;
- стежити за нормальною підтяжкою сальників. При необхідності сальники підтягти або замінити;
- стежити за зливних воронок за безперебійним надходженням охолоджуючої води;
- стежити за чистотою сальникової ванни.

стежити за температурою підшипників насоса та електродвигуна. При підвищенні температури негайно вжити заходів до усунення нагріву. При підвищенні температури понад допустимої необхідно запуснути в роботу резервний насос і зупинити працює. Температура підшипників кочення не повинна перевищувати 90 °С і визначатися на дотик рукою або термометром. У разі підвищення температури підшипників електродвигуна необхідно негайно повідомити черговому електрику і перейти на резервний насос. стежити за нормальною роботою електродвигуна по рівномірному гудіння, температурі корпусу. Рука повинна вільно витримувати температуру нагрівання корпусу. У разі появи всередині електродвигуна шуму або

ненормального гудіння, а так само надмірного підвищення температури корпусу, негайно викликати чергового електрика і при необхідності включити резервний насос, зупинивши працює;

ледіть за нормальним навантаженням електродвигуна насоса, не допускати перевантаження.

- стежити за справністю заземлення;
- стежити за наявністю захисних кожухів.
- про всі несправності в роботі насосів повідомляти старшому оператору котелень КУ МП.

- негайно включити в роботу резервний насос і зупинити працює:

- при появі диму з підшипників;
- при появі іскор або диму з електродвигуна;
- при появі сильної вібрації;
- при появі загрозливого шуму в насосі або електродвигуни.
- при падінні тиску в напірній магістралі насоса.

Негайно підтвердити відключення двигуна насоса і включити резервний насос:

- при зупинці насоса внаслідок поломки всередині насоса;
- при неспрацьовуванні АВР.

Перехід з працюючого циркуляційного насоса на резервний проводиться через 5 днів кожного місяця. При цьому обов'язково перевіряється АВР в присутності чергового електрика. Забороняється проводити ремонтні роботи на працюючому насосі. Не допускати парень і течі через сальники, виробляти їх підтяжку під час роботи. Стежити за щільністю арматури, люків і лючків барабана, фланцевих з'єднань.

Стежити за газовим опором котла. При різкому підвищенні з'ясувати причину. Опір КУ з віброімпульсною очищенням не повинно бути вище 100 мм.в.ст. Прислухатися до шуму всередині газоходів котла, перевіряти присоси по газовому тракту, перевіряти відсутність води в шламовий приямок. Утримувати в чистоті шламовий приямок.

Підтримувати чистоту і порядок всього обладнання. Поблизу працюючого обладнання не повинні знаходитися сторонні предмети. На вимогу хімічної лабораторії ТЕЦ виробляти періодичну продувку барабана, колекторів, випарних змішувачів і фільтра. Продувку парових колекторів виробляти при зниженні температури перегрітої пари нижче 50 °С. Про майбутню продувку котла оператор котельні зобов'язаний попередити персонал, що працює в котельні. Перед початком продувки необхідно: зробити зовнішній огляд продувних вентилів, звернувши увагу на їх штока, гайки, сальники перевірити на дотик щільність арматури переконавшись в тому, що котли, які стоять на ремонті відключені від продувочної лінії підживити котел до верхнього рівня. Порядок періодичної продувки: Підірвати первинний від колектора, барабана, фільтра вентиль для прогріву продувочної лінії відкрити повністю первинний вентиль відкрити повністю і через - хвилини закрити вторинний вентиль закрити первинний вентиль. У разі виникнення в продувочної лінії гідравлічних ударів, вібрації трубопроводів або інших ненормальностей, продування негайно повинна бути припинена [33].

Після закінчення продувки необхідно переконавшись, що спуск води припинився і перевірити на дотик щільність арматури. Забороняється здійснювати продувку з несправною продувочною арматурою, відкривати і закривати її ударами молотка або якими-небудь іншими предметами і за допомогою подовжених важелів.

Не допускати самопродувки котла за рахунок щільності арматури. При повністю закритій і справній арматурі ділянку труби повинен бути холодним за нею. У разі пропуску арматури слід обережно відкрити і закрити її, в результаті чого пропуски можуть бути усунені.

Під час продування слід ретельно стежити за рівнем води в барабані. У разі ненормальностей з харчуванням продувку котла негайно припинити.

Якщо під час продувки сталася аварія на котлі, продування необхідно припинити. Винятком є випадок пережитки, коли необхідно збільшити продувку.

Забороняється під час роботи котла проводити підтягування лючків, фланців. Всі прилади автоматичного регулювання і блокування повинні підтримуватися в справному стані. При несправності приладів Квпіа викликати чергового слюсаря Квпіа мартенівського цеху і вимагати усунення несправностей. Підтримувати постійний зв'язок з оператором насосно-деаераторної повідомляти про зупинці та пуску котла контролювати тиск живильної води і при пониженні тиску відновити до нормальних умов бути обізнаним про якості котлової води і пари на обслуговуваних котлах контролювати роботу охолоджувачів відбору проб. Підтримувати зв'язок зі слюсарем по обслуговуванню теплових мереж, повідомляючи йому зупинки та пуски котла у зв'язку з ремонтами дані роботи обладнання за станом на кінець зміни. Підтримувати зв'язок зі сталеваром мартенівської печі, дізнаючись причини змін параметрів димових газів, режим роботи печі [26].

3.4 Зупинка котла

Зупинка котла на ремонт проводиться паралельно із зупинкою мартенівської печі. До зупинки котла оператор котельні повинен скласти докладну дефектну відомість і перевірити працездатність захисне блокування. Коли паропродуктивність котла знизиться до «0» оператор котельні повинен провести очищення поверхонь нагріву імпульсної очищенням відключити котел з харчування, необхідно стежити за підтриманням в котлі середнього рівня відключити котел по пару і відкрити продувку пароперегрівача і дренажні вентиля на паропроводі. Якщо після відключення котла від паропроводу тиск в котлі підвищується слід підсилити продувку пароперегрівача. Коли тиск в котлі знизиться до $0,5 \text{ кгс/см}^2$, відкрити воздушку на барабані котла щоб уникнути утворення вакууму всередині котла при повній конденсації пари. Після зниження тиску в котлі до «0» і зниження температури перед котлом до $600 \text{ }^\circ\text{C}$ розвантажити і зупинити циркуляційний насос. Після припинення вироблення пара закрити котельний

шибер. Після відкриття обвідного тракту на газоочистку і закриття котельного шибера, розбирається електросхема котельного шибера, а жетон-бирка видається старшому оператору котельні. Спуск води з котла можна робити, після падіння тиску до «0» при температурі води не вище (70...80) °С. Спуск води потрібно вести повільно через продувні і спускні вентиля. Черговий електрик розбирає всі електросхеми власних потреб котла. Провести підготовку котла доремонту, охолодити котел. Про зупинку котла повинен бути сповіщений оператор насосно-деаераторної для коригування навантаження живильних насосів. При зупинці котла взимовий час необхідно ретельно переглянути все обладнання і трубопроводи на предмет запобігання замерзання води при можливості воду спустити якщо не можна зробити зневоднення здійснити постійне дренування води. Аварійна зупинка котла проводиться згідно протиаварійної інструкції [30].

3.5 Ризначення і пристрій очищення ударними хвилями з екранами

Пристрій очищення ударними хвилями з екранами (віброімпульсная очищення) призначені для періодичного очищення поверхонь нагріву котла від відкладень пилу. Пристрій очищення ударними хвилями з екранами включає такі вузли та деталі:

- імпульсні камери релаксаційного горіння;
- екрани рухомі, сполучені з зміювиками поверхонь нагріву;
- екрани нерухомі;
- трубопроводи природного газу, стисненого повітря та кисню;
- ежектор змішувач;
- сесепроводи від ежектора до імпульсних камер;
- слок запалювання;
- свіча запалювання;
- запірно-регулюючу арматуру та прилади контролю роботи імпульсних камер.

Система очищення ударними хвилями з екранами працює наступним чином з трубопроводу $\varnothing=57 \times 3,5$ мм повітря з тиском 4 кгс/см^2 надходить у колектор $\varnothing=08 \times 4$ мм, де змішується з киснем, що надходить з трубопроводу $\varnothing=3 \times 3$ мм, в якому він має тиск, кгс/см^2 3 колектора повітряно-кисневу суміш через сопло надходить в ежектор-змішувач, в якому змішується з природним газом, що надходять з трубопроводу $\varnothing=573,5$ мм, де він має тиск $4-8 \text{ кгс/см}^2$ з ежектора газоповітряна суміш надходить у розподільний колектор, з якого здійснюється розведення суміші на всі імпульсні камери через дросельні клапани, що забезпечують можливість регулювання її витрати на кожну з камер на розподільному колекторі встановлена свічка запалювання, на яку від блоку запалювання періодично подається напруга. Після подачі напруги на свічку в колекторі відбувається займання газоповітряної суміші і наступні її горіння у всій системі подають труб і в різних камерах в процесі прогресуючого прискорення фронту полум'я вище звукових швидкостей в імпульсних камерах розвиваються ударні хвилі і відбувається викид потоку газів, який впливає на рухливий екран, розташований перпендикулярно осі вихлопної труби імпульсної камери у протилежної стінки газоходу, викликаючи його коливання. Внаслідок реактивної сили від дії потоку вихлопних газів на імпульсну камеру і дії подсасуваного потоку димових газів відбувається коливання рухомого екрану, закріпленого на камері в місці її вода в газохід. Кожен з рухомих екранів з'єднаний за допомогою виброштанг відповідно з парними і непарними рядами пакетів труб, викликаючи їх вібрацію.

В результаті вібрації, а також впливу ударної хвилі і газового потоку відбувається руйнування пилових відкладень на трубах і їх скидання з поверхонь нагріву. Нерухомі екрани служать для запобігання обмурівки котла від руйнування ударними хвилями і потоком викидаються з імпульсних камер газів [23].

3.6 Підготовка системи очищення до роботи

Схема розводки трубопроводів до імпульсних камер додається. Вихідне положення. При тривалій стоянці або ремонті котла вся запірна арматура на трубопроводах кисню і природного газу повинна бути відглушена. Перед включенням системи очищення заглушки знімаються. При включенні системи очищення у роботу в період експлуатації котла або після короткочасної зупинки, корінні засувки на лініях повітря (3-В), природного газу (4-ПГ) і кисню (3) знаходяться у відкритому положенні, заглушка 6 з лінії природного газу знята, вся інша запірна арматура і дренажна знаходяться в закритому стані, за винятком засувки 3-ПГ на продувній свічці природного газу, яка повинна бути відкритою.

При включенні системи очищення після капітального ремонту або тривалої стоянки необхідно:

- зняти заглушку 6 після корінної засувки 4-пг на лінії природного газу;
- відкрити докорінну засувку 3-в на лінії повітря;
- відкрити докорінну засувку 3-к на лінії кисню;
- відкрити докорінну засувку 4пг на лінії природного газу;
- відкрити засувку 3 пг на продувній свічці лінії природного газу.

Подальші операції збігаються з операціями, що проводяться при включенні системи очищення в період експлуатації котла і після короткочасних зупинок і виконуються в наступному порядку:

- переконатися за показаннями манометрів в наявності робочого тиску в лініях повітря, кисню і природного газу;
- відкрити перші по ходу агента засувки на лініях повітря (1-У) і кисню (1-К);
- продути систему очищення послідовно по ділянках, для чого:
- відкрити дренаж;
- відкрити другі по ходу агента засувки на лініях повітря (2-У) і кисню (2-К);
- переконатися в правильності роботи витратомірів повітря і кисню;

- після видалення конденсату з дренажу Ін - відкрити продувну засувку ПК - і дренаж Ін-6;
- після видалення конденсату з дренажу ІН-відкрити засувку 6-ОМ або «-ОМ при підготовці до включення системи очистки котла №6 і дренаж ІН-3 або ІН-4;
- після видалення конденсату з дренажу ІН-3 (або ІН-4) відкрити засувку 3-ГО або 4-ГО) і відкрити дренажі ІН-5 (або ІН-4);
- після видалення конденсату з дренажу ІН-4 (або ІН-5) закрити продувну засувку ПК - та дренажі ІН-, Д-6, Д-3 (або ІН-4), ІН- (або ІН-5);
- продути лінію природного газу, для чого відкрити першу походу газу засувку -ПГ, потім свічку 3-ПГ;
- після видалення конденсату з лінії газу закрити свічку 3-ПГ;
- перевірити відповідність установки кожного з дросельних болтів їх робочого стану (поєднати індикаторні ризики). Після виконання всіх перерахованих робіт система очищення готова до включення в роботу.

3.7 Включення в роботу системи очищення

Включення проводиться в наступній послідовності. За допомогою засувки установити згідно з доданою режимною картою витрата повітря на систему, в межах 300-000 м³/ч. при складанні режимної карти закладені за даними «Ураленергочермет» оптимальна величина вмісту кисню в суміші повітря з технічним киснем 8 % і вміст кисню в технічному кисні 95 % за даними ККЦ;

- при допомоги засувки -К встановити необхідний режимною картою витрата кисню на систему в залежності від витрати повітря;
- при включенні системи очищення після капітального ремонту котла або після його тривалої зупинки зібрати електричну схему блока запалювання.
- перевірити відповідність положення перемикача блоку запалювання 5 його робочого стану необхідно подавати напругу лише на один з котлів;

- перевірити, чи встановлений перемикач режиму роботи блоку запалювання в положення, що забезпечує необхідну режимною картою періодичність подачі напруги на свічку;

- включити блок запалювання поволі відкриваючи вентиль -ПГ встановити необхідний по режимній карті витрата природного газу залежно від витрати повітря. Через ежектор, після цього на імпульсні камери буде надходити горюча суміш природного газу і повітря, збагаченого киснем.

Після виконання перерахованих пунктів система включена в роботу, що має підтверджуватися регулярним з заданою частотою вибухів суміші очищення, необхідно контролювати роботу всіх імпульсних камер по висоті вихлопів полум'я з контрольних отворів імпульсних камер.

3.7 Відключення системи очищення

Проводиться в такій послідовності:

- закрити подачу природного газу на систему, для чого закрити вентилі 1-ПГ, 2-ПГ і відкрити продувну свічку 3-ПГ.

- вимкнути блок запалювання;

- припинити подачу кисню на систему, для чого закрити вентилі -До і -До;

- закрити вентилі 1-У, 1-У, припинити подачу повітря;

- закрити вентилі 2-СМ, 3-СМ (або 5-СМ, 4-СМ)

При зупинці котла на капітальний ремонт або при його тривалому виведення з експлуатації необхідно виконати додаткові операції:

- закрити корінні засувки на трубопроводах повітря (3-В), природного газу (4-ПГ), кисню;

- встановити заглушку 6 після корінної засувки 4-ПГ;

- відкрити дренажні вентилі ІН-1, ІН-2, ДР-5, ДР-4

Після видалення конденсату через (0...30) хвилин закрити їх.

3.8 Несправності в роботі системи очищення і способи їх усунення

Повна відсутність вихлопів. Перевірити витрати повітря, кисню і природного газу, величини, яких повинні відповідати зазначеним у режимній карті для даного котла. У разі відповідності витрат необхідно перевірити роботу свічки, яка в процесі роботи поступово заноситься пилом. Перевірка роботи свічки і її налагодження проводиться черговим електриком.

Швидкий розігрів окремих ділянок імпульсних камер або трубопроводів внаслідок горіння суміші замість вибуху за неправильного співвідношення компонентів. На (30...40) % секунд закрити вентилі ПГ-1 і 3-До на газопроводі і кислородопроводі, продути систему повітрям, знову відкрити вентилі 2-До, а потім 2-ПГ і продовжити очищення, встановивши витрати по режимній карті.

3.9 Заходи безпеки при експлуатації системи очищення

Категорично забороняється включати в роботу систему імпульсної очистки на непрацюючому котлі, коли відсутній пропуск димових газів через котел.

При несправності блоку запалювання не горить табло відсутність імпульсів тощо включення очищення в роботу забороняється. Забороняється торкатися до високовольтним висновків при включеному блоці запалювання. Після відключення блоку запалювання не стосуватися його внутрішніх частин протягом хвилини. Перед включенням очищення в роботу необхідно перевірити відсутність на майданчиках котла людей, прибрати всі сторонні предмети, а також перевірити надійність кріплення маховиків вентилів, засувок, дросельних болтів, опор, імпульсних камер і інших вузлів імпульсної очистки. При несправності арматури або трубопроводів газу, повітря, кисню включення очищення в роботу забороняється. Виконання всіх робіт по налагодці запалювання може проводитися тільки черговим електриком з дотриманням правил техніки безпеки. При виникненні аварійних ситуацій на котлі в період

роботи системи очищення її необхідно терміново вимкнути. Час включення і виключення системи очищення фіксується в добовій відомості, оператора котельні, а так само в спеціальному журналі обліку роботи імпульсної очистки, зберігаються у оператора котельні.

При включенні імпульсної очистки котла в котельні повинні одночасно перебувати людини: оператор котельні і старший оператор котельні, або інший вільний оператор котельні.

Черговому електрикові щотижня слід перевіряти роботу систем захисту і сигналізації системи очищення для усунення можливих відхилень її роботи від заданих параметрів.

3.10 Пожежна безпека

Застосування вогню в місцях можливих витоків природного газу або газоповітряної суміші не дозволяється. Забороняється допускати на газові ділянки сторонніх осіб без відома начальника котельного цеху №2, старшого майстра виробничої ділянки, старшого оператора котельні. При огляді трубопроводів природного газу і киснепроводів не допускати застосування вогню та утворення іскор. На ділянці системи очищення повинен бути в постійному наявності справний протипожежний інвентар. Найбільшу небезпеку у відношенні вибуху являє суміш природного газу з повітрям або киснем, що може утворитися при продувці комунікацій в періоди включення або відключення. В цілях забезпечення безпеки необхідно дотримуватися вимоги в частині послідовності і тривалості виконання продувок.

Персонал зобов'язаний постійно оглядати газові комунікації, запобігаючи пропуски газу і загазованості приміщення. При появі сильного запаху газу необхідно викликати газоспасателя, перевірити концентрацію природного газу в приміщенні котельні, вона не повинна перевищувати 10 %.

Ремонтний персонал цеху не має права перебувати на газових комунікаціях без відома персоналу, що обслуговує ці комунікації. При ремонті

арматури і під час експлуатації на системі імпульсної очистки не допускається застосування мастильного матеріалу, а персонал, що обслуговує систему імпульсної очистки, повинен користуватися чистим не промасленим інструментом, рукавицями та спецодягом. При роботі на кислородопроводі, одяг і волосся працюючого можуть насититися киснем. Тому вийшовши з кисневої атмосфери, не можна підходити до вогню, курити. Необхідно перевірити одяг протягом 5 хвилин. У разі насичення приміщення киснем роботи необхідно зупинити, провітрити приміщення і взяти проби повітря на вміст кисню, якого не повинно бути більше 5 %.

3.11 Додаткові заходи при експлуатації імпульсної очистки

Щоб уникнути відкладень пилу на змеевиках під дією вологи повітря. При зупинках мартенівської печі, газоочистки або котла не відкривати без потреби люка лази і вибухові клапани. Підтримувати поверхню нагріву котла в «гарячому стані».

Не допускати при зупинці мартенівської печі присоса холодного повітря через газоходи котла під дією тяги димососа або димової труби. Безпосередньо перед відключенням пропуску димових газів через включати котел на 5хвилин імпульсну очищення. Доповнення і зміни до інструкції підготовлені лабораторією енерго технологічного використання тепла Донецької філії ВНИПИ черметенергоочистка [32].

3.12 Ліквідації аварій та неполадок на котлах-утилізаторах

Найважливішою умовою для ліквідації виниклої аварій або несправностей є збереження персоналом спокою, точне визначення, що саме трапилося і свідоме виконання вказівок впорядку і послідовності, викладеної в даній інструкції: негайне повідомлення про виниклу аварії або неполадку вищестоящому оперативному персоналу ТЕЦ і керівництву котельного цеху

№2 оператору насосно - деаераторною і апаратникові газоочисток.

Для правильного аналізу причин неполадок і аварій і накопичення досвіду їх попередження та ліквідацією, персонал повинен негайно після ліквідації ретельно записати всі обставини, що передували аварії або пов'язаних із ними, точний час виникнення, причини виникнення та свої дії по ліквідації аварії або неполадки.

Без чітких знань цих правил, персонал обслуговуючий КУ, не можуть бути допущені до виконання посади. Персонал обслуговуючий КУ не рідше одного разу в рік піддається перевірці знань цієї інструкції та не рідше одного разу в квартал, бере участь в аварійних тренуваннях, складених згідно з цією інструкцією. Крім того, обслуговуючому персоналу КУ не рідше одного разу на квартал проводиться повторний інструктаж з охорони праці і пожежної безпеки. Позачерговій перевірці знань цієї інструкції піддається персонал, неправильні дії якої призвели до аварії або неполадки, або до розвитку сталася аварії або неполадки.

Всі випадки аварій або несправностей і дія персоналу щодо їх ліквідації, а також допущені неправильні дії та ведення неправильних режимів, хоча б не призвели до аварії, повинні бути негайно після здачі зміни обговорені працівниками зміни. На них керівникові цеху повинні бути складені пояснювальні записки: оператора котельні КУ, а так само осіб, причетних до аварії. Відповідальними особами за попередження та ліквідацію аварії або неполадок у котельні під час зміни є: старший оператор котельні. При наявності завад або аварії передача-приймання зміни заборонена до повного відновлення нормального положення. Прийшов на зміну персонал надходить у розпорядження особи, керівний операціями з ліквідації аварії або неполадок, чітко виконуючи його вказівки.

При сигналі «аварія» черговий персонал, який не має постійного робочого місця, як наприклад черговий електрик припиняє свою роботу, якщо це не викликає будь-яких порушень або несправностей і прямують до місця, де сталася аварія або неполадка і виконують вказівки особи, керівного

операціями з ліквідації аварії або несправності.

Для створення умов надійної роботи котлів і своєчасного попередження і швидкої ліквідації виниклих аварій або несправностей, обслуговуючий персонал повинен забезпечити постійне підтримання надійного працездатного стану запірної, що відсікає, регулюючої, пароводяної арматури, регуляторів живлення, водоуказательних приладів приладів, сигналізації, автоматики та блокування.

Вся запірна арматура на живильних трубопроводах, продувних точках, на паропроводах повинна вільно обертатися від руки, очищатися і розходжуватися один раз у зміну. Штока повинні бути очищені від бруду і пилу, мастила. Робота виконується оператором котельні на закріплених ділянках. Живлення котла водою повинна здійснюватися, як правило, автоматично. Переклад живлення котла на ручне управління вважається аварійним станом і персоналом повинні бути вжиті заходи для негайного автоматичного відновлення живлення.

Аварійна зупинка котла проводиться оператором котельні наступним чином після підняття обвідного димового шиберу, закрити котельний шибер і зажадати від апаратника газоочистки перевести роботу газоочистки по обвідному тракту. Закрити дросель після котла.

3.13 Перепитка котла

Ознаки: По реєструвального вказівником рівня перо реєструє вище вказаного, температура перегрітого пара може знижуватися.

Дії оператора котельні:

- звірити показання приладів витрати пари і води;
- відкрити продувку пароперегрівача.
- закрити вручну запірним вентилям живлення котла водою;
- звірити показання водоуказательних стекол зі зниженими показниками рівня. При появі видимого рівня в водоуказательном склі

відрегулювати живлення котла водою;

- при відсутності видимого рівня в водоуказательном склі відкрити аварійний скид води з барабана;

- якщо видимий рівень не знижується в водоуказательном склі, аварійно зупинити котел;

- після зупинки котла, якщо не з'явиться видимий рівень в водоуказательном склі, відкрити додаткові продувні точки відключити живлення котла від поживних збірок.

При досягненні нормального рівня після виявлення та усунення причин перепитки, котел включити в нормальну роботу.

3.14 Скипання і кидки котлової води

Причиною можуть бути: підйом навантаження через різке підвищення температури газів перед котлом, підрив запобіжних клапанів, перевищення норм солеміст котлової води.

Ознаки: Рівень води за водовказівного приладів йде вгору (також, як при перепитке) і супроводжується різким підвищенням температури пари, рідше ширянням у фланцях, навіть гідравлічними ударами.

Як правило, скипання буває короткочасним, але іноді і тривалим.

Дії оператора котельні:

- відкрити димовий шибер прямого ходу і знизити навантаження котла, відповідно прикрити живлення котла водою;

- відкрити продувку пароперегрівача;

- продути всі точки періодичної продувки котла;

- відібрати позачергові проби котлової води і відповідно з результатом аналізу встановити режим котлової води, що виключає повторне закипання;

- після встановлення нормального режиму котлової води закрити димовий шибер [35].

3.15 Упуск води з котла

Ознаки: водоуказательной колонці рівня не видно. За реєструвального вказівником рівня перо реєструє нижче 100. Циркуляція не зірвана, витрат циркуляційної води і навантаження циркуляційного насоса не змінюється.

Дії оператора котельні:

- порівняти показання водоміра і паромера;
- перевірити правильність показань знижених водоуказательних приладів за водомерним склу;
- посилити живлення котла через обвідну лінію, крім клапана регулятора живлення;
- перевірити тиск живильної води і при зниженні вимагати від оператора насосно-деаераторної його відновлення;
- перевірити щільність закриття спускний і продувної арматури;
- якщо вжитими заходами не вдається відновити нормальний рівень, стався зрив циркуляції – аварійно зупинити котел. Рішення про живлення котла водою і розпалюванні може бути прийнято після огляду котла головним інженером ТЕЦ або начальником котельного цеху №2.

3.16 Розрив труб випарних змієвиків

Ознаки: догляд води за водовказівного колонкам, шум впливає пари або води в газоходах котла, значне перевищення показання водоміра над показанням паромера, надходження води в шламовий приямок -го газоходу котла.

Дії оператора котельні:

- звірити показання водоміра і паромера, а також свідчення показчиків рівня;

- регулятор живлення перевести з автоматичного на ручне управління слід пам'ятати, що при великому розриві труби працює автоматично регулятор буде намагатися підтримувати рівень у барабані, відкриваючи повністю пропуск води в котел, що може призвести до зриву харчування інших котлів;

- посилити живлення котла водою вище паровий навантаження на (30...40) %;

- якщо при посиленні живлення котла водою вище паровий навантаження на (30...40) % рівень води швидко падає і його не вдається в межах видимого рівня утримати і при цьому тиск в живильних трубопроводах знижується до 8 кгс/см², котел аварійно зупинити.

- відкачати воду з шламового напрямка.

При незначних пошкодженнях випарних змійовиків котла (утворення свищів, не супроводжуються більшою втратою води і не загрожує швидким розвитком аварії внаслідок руйнування обмурівки або стирання струменем води сусідніх труб, час зупинки котла визначається головним інженером ТЕЦ або начальником котельного цеху № 2.

3.17 Пошкодження труб пароперегрівача

Ознаки: різкий шум струменя витікаючої в області пароперегрівача, рідше супроводжується вибиванням газу і пари з газоходів.

Як правило, розрив труби пароперегрівача неї викликає зниження рівня води в барабані.

Стікаючи з пошкодженого змійовика пароперегрівача пар в короткий термін може перерізати сусідні трубки пароперегрівача, тим самим збільшивши розмір пошкоджень і час для його ліквідації.

Дії оператора котельні:

- звірити показання парометрів і водомірів;

- захистити котел і повісити плакати, що забороняють ходіння в районі пошкодженої до місця його зупинки;

- щогодини прослуховувати, не збільшується розрив труби і не пошкоджені сусідні труби.

Рішення про зупинку котла може бути прийнято головним інженером ТЕЦ або начальником котельного цеху № 2.

У разі розриву паропроводу або не відключається ділянки живильної лінії оператор котельні повинен аварійно зупинити котел і відключити пошкоджену ділянку. Загоряння неспаленого газу в газоходах котла. Ознаки: поява диму і полум'я з ущільнення після димососа і навіть іскор і полум'я з димової труби. В цьому випадку котел повинен бути аварійно зупинений.

3.18 Підвищення тиску пари

Ознаки: різке збільшення температури димових газів перед котлом, раптове скорочення опору пара, обрив дисків на парових засувках.

Дії оператора котельні:

- відкрити димовий шибер аварійною кнопкою;
- розвантажити котел шляхом прикриття або повного закриття котельного шибера;

При хлопках або вибухах в системі газового тракту мартенівська піч-котел - димова труба оператор котельні повинен:

- відкрити аварійний шибер, аварійною кнопкою;
- необхідно повідомити черговому теплотехніку про необхідність вжиття заходів з ліквідації причин, що викликають удари або вибухи по газовому тракту.

Крім перерахованих випадків оператор котельні повинен негайно зупинити котел:

- на вимогу оператора насосно-деаераторної станції у разі аварій на ЦНТ;
- при припиненні подачі живильної води на котел;

- при виході з ладу обох циркуляційних насосів;
- при виході з ладу всіх водоуказательних приладів або всіх запобіжних клапанів;
- якщо в основних елементах котла (в барабані, колекторах) виявлені тріщини, випучены і т. д.;
- при неможливості швидко загасити пожежу, що загрожує роботі устаткування і персоналу;
- у всіх інших випадках, що загрожують роботі персоналу і цілісності устаткування

3.19 Обслуговування системи сигналізації котлів-утилізаторів

Система сигналізації служить для виклику чергового обслуговуючого персоналу на котел відхилення одного чи декількох параметрів від норми. Вона пов'язує між собою п'ять котелень і ЦНТ.

У кожному приміщенні встановлено щит системи, на якому змонтовані світлові табло місцевої і між котельні сигналізації.

На кожному котлі контролюються наступні параметри:

- при підвищенні рівня в барабані котла на 100 мм вище середнього включається звуковий і світловий сигнал табло «високий рівень»;
- при зниженні рівня в барабані котла на 100 мм нижче середнього рівня включається звуковий і світловий сигнал на табло «низький рівень»;
- при зменшенні витрати циркуляційної води до 80 м³/год включається звуковий і світловий сигнал табло «порушення циркуляції». Одночасно подається імпульс на включення в роботу системи АВР циркуляційних насосів, которая включает резервный циркуляционный насос и отключает работающий. При этом включается световое табло «АВР сработало».

В ЦНД контролюється тиск в питательних магістралях. При понижении тиска в них ниже 8 кгс/см² включається звуковий сигнал и включается в работу резервный питательный насос [29].

На кожній котельні і в ЦНТ встановлено на щиті 5 світлових табло з позначенням номерів котлів поза цього приміщення і одне світлове табло «низький тиск в поживних магістралях». При відхиленні від норми одного з контрольованих параметрів одного з котлів включається звуковий і світловий сигнал у всіх приміщеннях котлів-утилізаторів і загоряється табло із зазначенням агрегату, де це сталося. Наприклад: при відхиленні параметрів на КУ №5, в котельні №, 7-8, включається звуковий сигнал і горить світлове табло «Несправність на КУ №5-6». Ключі і кнопки управління і перевірки системи сигналізації.

У кожній котельні на щиті встановлено:

- дві кнопки для перевірки справності роботи ламп кожного з двох котлів;

- кнопка к - для зняття звукового сигнал;

- кнопка к-3 служить для перевірки роботи звукового сигналу;

- ключу п- 2 міжкотельної сигналізації служить для включення і відключення міжкотельної сигналізацією і перевірки справності ламп міжкотельної сигналізації. Він встановлюється в одне з трьох положень:

- «включено» - система міжкотельної сигналізації включена;

- «вимкнено» - система міжкотельної сигналізації відключена;

- «перевірка ламп міжкотельної сигналізації»

Ключ УП - харчування системи місцевої сигналізації служить для включення і відключення місцевий сигналізації одного з двох котлів, встановлених у даній котельні. Він встановлюється в одне з таких положень:

- включені обидва котла;

- включений один з котлів;

- включений другий з котлів;

- відключені обидва котла.

Експлуатація системи сигналізації. При прийманні зміни оператор котельні зобов'язаний:

- переконатися в наявності напруги на лампочці контролю напруги;
- провести перевірку справності роботи ламп одного котла відповідними кнопками;
- зробити перевірку роботи кнопкою дзвінка До-3;
- провести перевірку справності роботи лам межкотельной сигналізації ключами УП. При включенні в роботу системи межкотельной сигналізації ключ УП - повинен стояти в положенні «включено». Ключ УП - повинен стояти в положенні «включено обидва котла».

При включенні звукового і світлового сигналу на котлі місцевої сигналізації оператор котельні зобов'язаний:

- кнопкою к -1 зняти звуковий сигнал;
- роботи обладнання і приладів переконатися в правильності сигналу;
- вжити заходів щодо усунення несправності.

Світловий сигнал включається тільки після відновлення нормального параметра. При включенні сигналу «порушення циркуляції» та наступного «АВР спрацювало» оператор котельні зобов'язаний:

- вжити заходів до відновлення нормального витрати циркуляційної води;
- після відновлення нормального витрати циркуляційної води світловий сигнал «порушення циркуляції» повинен відключитися (виконати квитивання ключів та циркуляційних насосів);
- ключ блокування залишити в положенні «АВР» - при справності відключилася насоса або поставити в положення «ручне» при його несправності.

При включенні тільки сигналу «АВР сработало» оператор обязан произвести квитирование ключей согласно инструкции по эксплуатации КУ.

При включенні тільки сигналу «АВР спрацювало» оператор зобов'язаний зробити квитирование ключів згідно з інструкцією по експлуатації КУ.

Перед зупинкою котла на ремонт, а також при перекладі видачі пара з

котла з одного паропроводу на інший, оператор котельні зобов'язаний відключити сигналізацію на даний котел.

Включення відключеною сигналізації проводиться після включення котла в роботу з доведенням всіх параметрів до нормальних.

Якщо проводиться ремонт або налагодження системи сигналізації електриками або приладником, оператор котельні зобов'язаний після закінчення робіт провести перевірку роботи системи місцевої та межкотельної сигналізації (аналогічно приймання зміни).

При несправності або помилкової роботі системи сигналізації системи сигналізації система на даному котел повинна бути відключена і викликаний черговий електрик для її справності і включення в роботу.

Про всі несправності або помилкової роботі сигналізації повинна бути проведена детальна запис в оперативному журналі [36].

ВИСНОВКИ

У розрахунково – пояснювальній записці дипломної роботи виконано розрахунок котла-утилізатора КУ-80 мартенівського цеху ПАТ «Запоріжсталь» який працює на відхідних газах від мартенівської печі. В обсязі 80000 м/год і при температурі 600 °С .

Котел – утилізатор КУ-80, виробляє 10 тон пари на годину . поверхності нагріву з'єднані між собою охолоджуючими балками. ККД котла становить 93%

Робота зроблено аналіз залежності роботи котла-утилізатора від етапів плавильного процесу в мартенівській печі . були виявлені основні проблеми в роботі котла утилізатора а саме;

- під час закриття мартенівського дроселя іде стрімкий зниження об'єму відхідних газів в наслідок чого стрімко падає температура.

- під час падіння температури теплоносія зменшується продуктивність котла .

В результаті отриманих даних було прийнято рішення о знаходження альтернативного способу підвищення температури відхідних газів які проходять через котел – утилізатор.

Було виконано розрахунок суміші коксодоменого газу і окремо доменного і коксового газу¹. Підвищення теплотворної здатності палива сприяє збільшенню кількості продуктів згорання. Для розглянутих палив максимум припадає на коксовий газ;

2. Простежується така ж залежність і для дійсної температури продуктів згорання;

3. Збільшення коефіцієнта витрати повітря сприяє збільшенню кількості продуктів згорання і суттєвому зниженню дійсної температури горіння палива. При цьому, при $\alpha > 3,0$ ця температура практично не залежить від теплоти згорання.

На газозмішувальній станції комбінату «Запоріжсталь» на базі

доменного і коксового газів готують коксодоменний суміш з теплотворною здатністю $Q_{\text{н.сум}}^{\text{р}} = 10500 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3}$. З огляду на вимоги паливного балансу підприємства і наявність зазначеної горючої суміші вибираємо в якості палива коксодоменний суміш з $Q_{\text{н.сум}}^{\text{р}} = 10500 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3}$.

Умови спалювання палива вибираємо з наступних міркувань:

- за умовами стійкого горіння температура в камері згоряння повинна бути не нижче $800 \text{ }^{\circ}\text{C}$;

- температура продуктів згоряння перед надходженням в котел не должна бути нижче $1000 \text{ }^{\circ}\text{C}$, при цьому спалювання палива має супроводжуватися утворенням достатньої кількості продуктів згоряння.

З урахуванням цих вимог спалювання палива виробляємо з коефіцієнтом витрати повітря $\alpha = 2,0$

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Роддатис К.Ф. Котельные установки. Учеб. пособие для студентов неэнергетических специальностей вузов. М., «Энергия», 1977. 432 с. ;
2. Кузнецов Н.В. и др. Тепловой расчёт котельных агрегатов (Нормативный метод). М.. «Энергия», 1973. 296 с.;
3. Частухин В.И. Тепловой расчёт промышленных парогенераторов. Учебное пособие для вузов - Киев: Вища школа. Головне изд-во – 1980, 184 с.;
4. Ривкин С.Л., Александров А.А. Термодинамические свойства воды и водяного пара: Справочник. Рек. Гос. службой стандартных справочных данных – 2-е изд., перераб. И доп. – М.: Энергоатомиздат, 1984, 80с. ;
5. Голубцов В.М. Методические указания к выполнению курсового проекта по дисциплине «Котельные установки промышленных предприятий» для студентов специальности «Теплоэнергетика» - Запорожье, ЗГИА, 1999, - 37с.;
6. Балдина О.М., Локшин В.А., Петерсон Д.Ф. и др. Гидравлический расчёт котельных агрегатов (Нормативный метод) – М.: Энергия, 1978. – 256с.;
7. Мочан С.И. Аэродинамический расчёт котельных установок (Нормативный метод). Изд. 3-е. Л., «Энергия», 1977. 256с.;
8. Соколов Б.А. Устройство и эксплуатация оборудования газомазутных котельных – Издательский центр «Академия». Москва – 2007, 304 с.;
9. Стопкевич В.В. Методические указания по разделу «Автоматизация производственных процессов» в дипломном проекте для студентов всех специальностей. – Запорожье: ЗГИА, 1988. – 40с.;
10. Котельные установки. Паровые котлы : учебное пособие к выполнению курсового проекта для студентов, изучающих дисциплину «Котельные установки и парогенераторы» / Н. П. Жуков, Н. Ф. Майникова, О. Н. Попов и др. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2013. – 80 с.;
11. Карякин С.К. Котельные установки и парогенераторы. Тепловой расчет котлов: учебное пособие / С.К. Карякин ; Томский политехнический

университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 156 с.;

12. Шафрановский В.А. Справочник наладчика автоматики котельных установок.-М.: Энергоатомиздат, 1987.-176 с.;

13. Кобевник В.Ф. Охрана труда.- К.: Высшая школа, 1990.-286 с.;

14. Справочник по охране труда на промышленном предприятии / Ткачук К.Н. и др. - К.: Техника, 1991.-285 с.;

15. Сердюк Л.С. Методичні вказівки до виконання організаційної і економічної частин дипломних проектів для студентів ЗДІА спеціальності „Теплоенергетика” денної та заочної форм навчання. – Запоріжжя, 2005. – 28с.;

16. Колесник Л.Ф. Структура и содержание дипломного и курсового проектов;

17. Жариков В. М. Практическое руководство инженера по охране труда. — Москва: Изд-во «Инфра-Инженерия», 2017. — 280 с.;

18. Маляренко В.А, Варламов Г.Б., Любчик Г.Н., Стольберг Ф.В., Широков С.В., Шутенко Л.Н. Энергетические установки и окружающая среда: / Под ред. проф. Маляренко В.А. – Харьков: ХГАГХ, 2002. – 398 с.;

19. Варламов Г.Б., Любчик Г.М., Маляренко В.А. Теплоэнергетичні установки та екологічні аспекти виробництва енергії. Підручник. – К.: «Політехніка», 2003. – 232 с.;

20. Степанов Д.В., Ткаченко С.Й., Боднар Л.А. Експериментальні дослідження теплообміну в жаротрубному котлі. Вісник Вінницького політехнічного університету, 2008, №1.

21. Закон України «Про охорону праці».

22. Кодекс законів про працю України .

23. Закон України «Основи законодавства України про охорону здоров'я».

24. Закон України «Про пожежну безпеку».

25. Закон України «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення» .

25. Закон України «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування

від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності» .

26. Постанова Кабінету Міністрів України від 25.08.2004 р. N 1112 «Деякі питання розслідування та ведення обліку нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на виробництві».

27. НПАОП 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці».

28. НПАОП 0.00-4.21-04 «Типове положення про службу охорони праці».

29. Рекомендації щодо організації роботи кабінету промислової безпеки та охорони праці . Затверджено Головою Держгірпромнагляду 16.01.2008 р.

30. Рекомендації щодо побудови, впровадження та удосконалення системи управління охороною праці. Затверджено Головою Держгірпромнагляду 07.02.2008 р.

31. Виробнича санітарія: Навч. посіб./Ткачук К. Н., Каштанов С. Ф. Зацарний В. В., Ткачук К. К. - К.: НТУУ«КПІ», 2009. - 323 с.

32. Ткачук К. Н., Халімовський М. О., Зацарний В. В. та інші. Основи охорони праці: Підручник. – Київ: Основа, 2006. – 444 с.

33. Гандзюк М. П., Желібо Є. П., Халімовський М. О. Основи охорони праці: Підручник. – Київ: Каравела, 2006. – 392 с.

34. Жидецький В. Ц. Основи охорони праці: Навчальний посібник.- Київ: Основа, 2003.- 151 с.

Додаток Б

Варіанти завдань для перевірного теплового розрахунку водотрубного конвективного котла-утилізатора

№ варіанта	Типорозмір котла	Температура газів перед котлом $t_{ПВГ}$, °C	Витрата відхідних газів $V_{ВГ}$, тис.м ³ /год	Об'ємний состав відхідних газів, %				Частка повітря, що підсмоктується в котел $\Delta\alpha_{П}$, %	Тиск одержуваної пари P , МПа
				CO ₂	H ₂ O	O ₂	N ₂		
1	КУ-60	650	55,0	12,0	10,5	5,5	72,0	0,05	1,8
2	КУ-60	750	60,0	11,5	9,5	5,4	73,6	0,045	4,5
3	КУ-60	700	65,0	11,0	10,0	5,3	73,7	0,048	1,8
4	КУ-80	750	75,0	10,5	11,0	5,2	73,3	0,04	4,5
5	КУ-100	780	95,0	10,0	11,5	5,1	73,4	0,055	1,8
6	КУ-100	750	100,0	9,5	10,8	5,0	74,7	0,08	4,5
7	КУ-125	750	120,0	12,0	10,5	5,5	72,0	0,05	1,8
8	КУ-125	800	125,0	11,5	9,5	5,4	73,6	0,045	4,5
9	КУ-150	850	145,0	11,0	10,0	5,3	73,7	0,048	4,5
10	КУ-60	600	55,0	10,5	11,0	5,2	73,7	0,04	1,8
11	КУ-60	750	60,0	10,0	11,5	5,1	73,4	0,055	4,5
12	КУ-80	650	80,0	9,5	10,8	5,0	74,7	0,06	1,8
13	КУ-80	800	85,0	12,0	10,5	5,5	72,5	0,05	4,5
14	КУ-100	850	100,0	11,5	9,5	5,4	73,6	0,045	1,8
15	КУ-100	800	95,0	11,0	10,0	5,3	73,7	0,048	4,5
16	КУ-125	800	120,0	10,5	11,0	5,2	73,3	0,04	1,8
17	КУ-125	850	130,0	10,0	11,5	5,1	73,4	0,055	4,5
18	КУ-150	800	150,0	9,5	10,8	5,0	74,7	0,06	4,5
19	КУ-60	600	60,0	12,0	10,5	5,5	72	0,05	1,8
20	КУ-60	750	65,0	11,5	9,5	5,4	73,6	0,045	4,5
21	КУ-80	600	80,0	11,0	10,0	5,3	73,7	0,048	1,8
22	КУ-80	700	85,0	10,5	11,0	5,2	73,3	0,04	4,5
23	КУ-100	700	95,0	10,0	11,5	5,1	73,4	0,055	1,8
24	КУ-100	850	105,0	9,5	10,8	5,0	74,7	0,06	4,5
25	КУ-125	800	120,0	12,0	10,5	5,5	72,0	0,05	1,8
26	КУ-125	850	125,0	11,5	9,5	5,4	73,6	0,045	4,5
27	КУ-60	650	60,0	11,0	10,0	5,3	73,7	0,048	1,8
28	КУ-60	750	55,0	10,5	11,0	5,2	73,3	0,04	4,5
29	КУ-80	700	80,0	10,0	11,5	5,1	73,4	0,055	1,8
30	КУ-80	750	85,0	9,5	10,8	5,0	74,7	0,06	4,5
31	КУ-100	800	100,0	12,0	10,5	5,5	72,0	0,05	1,8
32	КУ-100	850	95,0	11,5	9,5	5,4	73,6	0,045	4,5
33	КУ-125	800	130,0	11,0	10,0	5,3	73,7	0,048	1,8

Додаток В

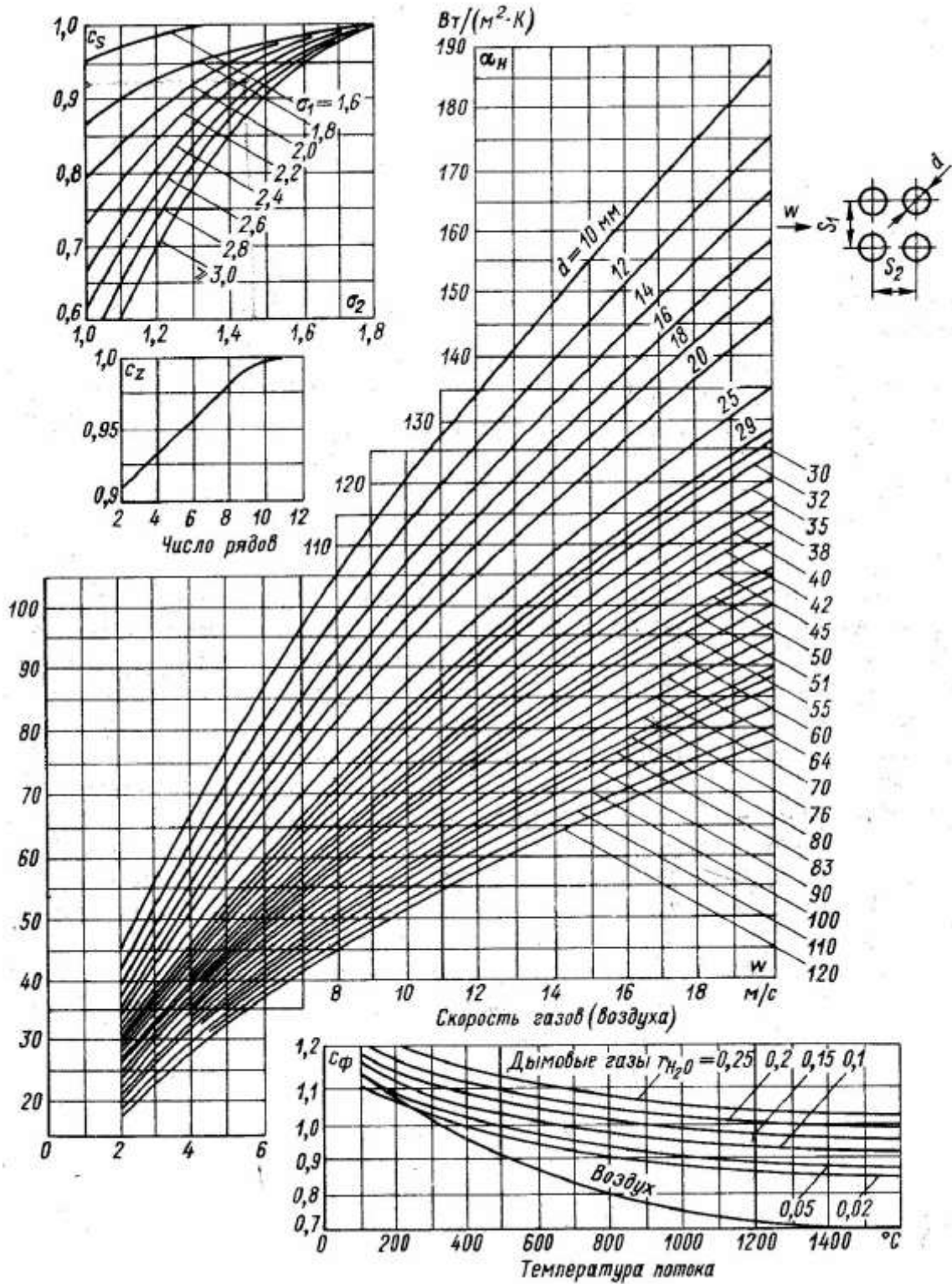
Конструктивні характеристики водотрубних конвективних котлів-утилізаторів відповідно до їхніх типорозмірів

Найменування характеристик	Типо-розмір котла	Випарні секції				Пароперегрівник		Економ айзер
		1	2	3	4	P=4,5 МПа	P=1,8 МПа	
Площа поверхні нагрівання F, м ²	КУ-60	46	173	192	175	70	70	247
	КУ-80	60	219	244	221	87	87	370
	КУ-100	85	285	315	295	110	110	460
	КУ-125	110	370	410	380	145	145	615
	КУ-150	133	415	475	436	166	-	725
Число рівнобіжно включених змійовиків, шт.	КУ-60	28	60	60	60	30	60	16
	КУ-80	36	76	76	76	38	76	24
	КУ-100	40	80	80	80	40	80	24
	КУ-125	52	104	104	104	52	104	32
	КУ-150	64	120	120	120	60	-	32
Площа живого перетину для проходу газів f _{ВГ} , м ²	КУ-60	7,0	5,06	5,06	4,63	5,06	5,06	4,55
	КУ-80	8,63	6,34	6,34	5,77	6,34	6,34	6,36
	КУ-100	10,8	8,04	8,04	7,35	8,04	8,04	7,67
	КУ-125	13,2	10,3	10,3	9,4	10,3	10,3	9,8
	КУ-150	16,6	12,5	12,5	11,5	12,5	-	9,65
Площа живого перетину для проходу пароводяної суміші, пари чи води f _{ПВ} , м ²	КУ-60	0,0148	0,0318	0,0318	0,0318	0,0159	0,0318	0,0085
	КУ-80	0,0404	0,0404	0,0404	0,0404	0,0202	0,0404	0,0127
	КУ-100	0,0212	0,0425	0,0425	0,0425	0,0212	0,0425	0,0127
Конструктивні характеристики однакові для всіх типорозмірів котлів								
Діаметр труб (зовнішній/внутрішній) d _з /d _{вн} , мм		32/26						
Число рядів труб по ходу газів z, шт.		12	20	22	22	8	8	2x20 3x16*
Шаги труб:								
- по ширині пучка s ₁ , мм		172	86	86	86	86	86	90
- по глибині пучка s ₂ , мм		70	70	70	70	70	70	70

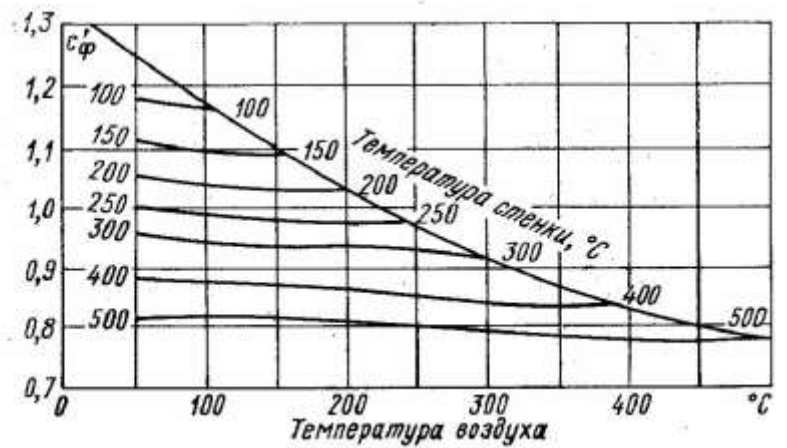
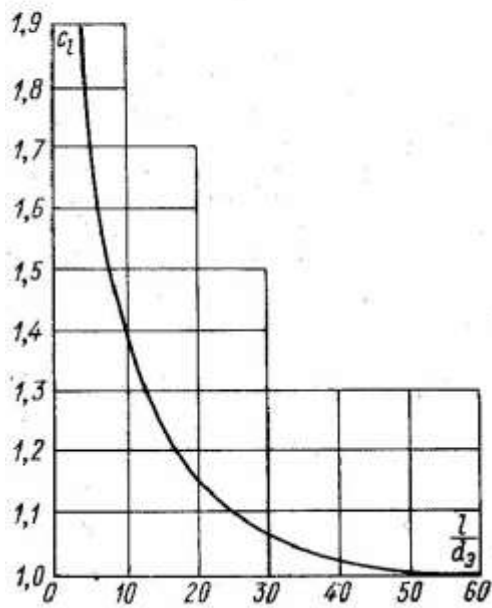
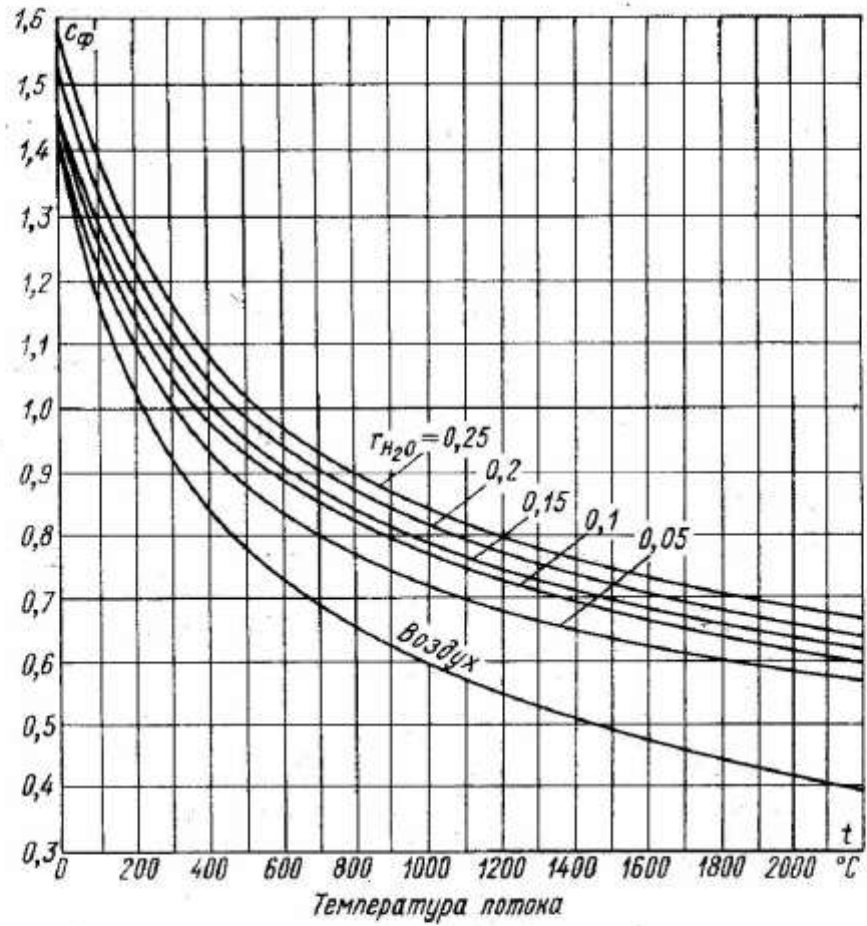
Ентальпії киплячої води та сухої насиченої пари

Тиск Р, МПа	Температур а кипіння t' , °С	Ентальпія киплячої води i' , кДж/кг	Ентальпія сухої насиченої пари i'' , кДж/кг
1,0	179,88	762,7	2778
1,1	184,05	781,1	2781
1,2	187,95	798,3	2785
1,3	191,60	814,5	2787
1,4	195,04	830,0	2790
1,5	198,28	844,6	2792
1,6	201,36	858,3	2793
1,7	204,30	871,6	2795
1,8	207,10	884,4	2796
1,9	209,78	896,6	2798
2,0	212,37	908,5	2799
2,1	214,84	919,8	2800
2,2	217,24	930,9	2801
2,3	219,55	941,5	2801
2,4	221,77	951,8	2802
2,5	223,93	961,8	2802
2,6	226,03	971,7	2803
2,7	228,06	981,3	2803
2,8	230,04	990,4	2803
2,9	231,96	999,4	2803
3,0	233,83	1008,3	2804
3,2	237,44	1025,3	2803
3,4	240,88	1041,9	2803
3,6	244,16	1057,3	2802
3,8	247,31	1072,7	2802
4,0	250,33	1087,5	2801
4,2	253,24	1101,7	2800
4,4	256,05	1115,3	2798
4,6	258,75	1128,8	2797
4,8	261,37	1141,8	2796
5,0	263,91	1154,4	2794

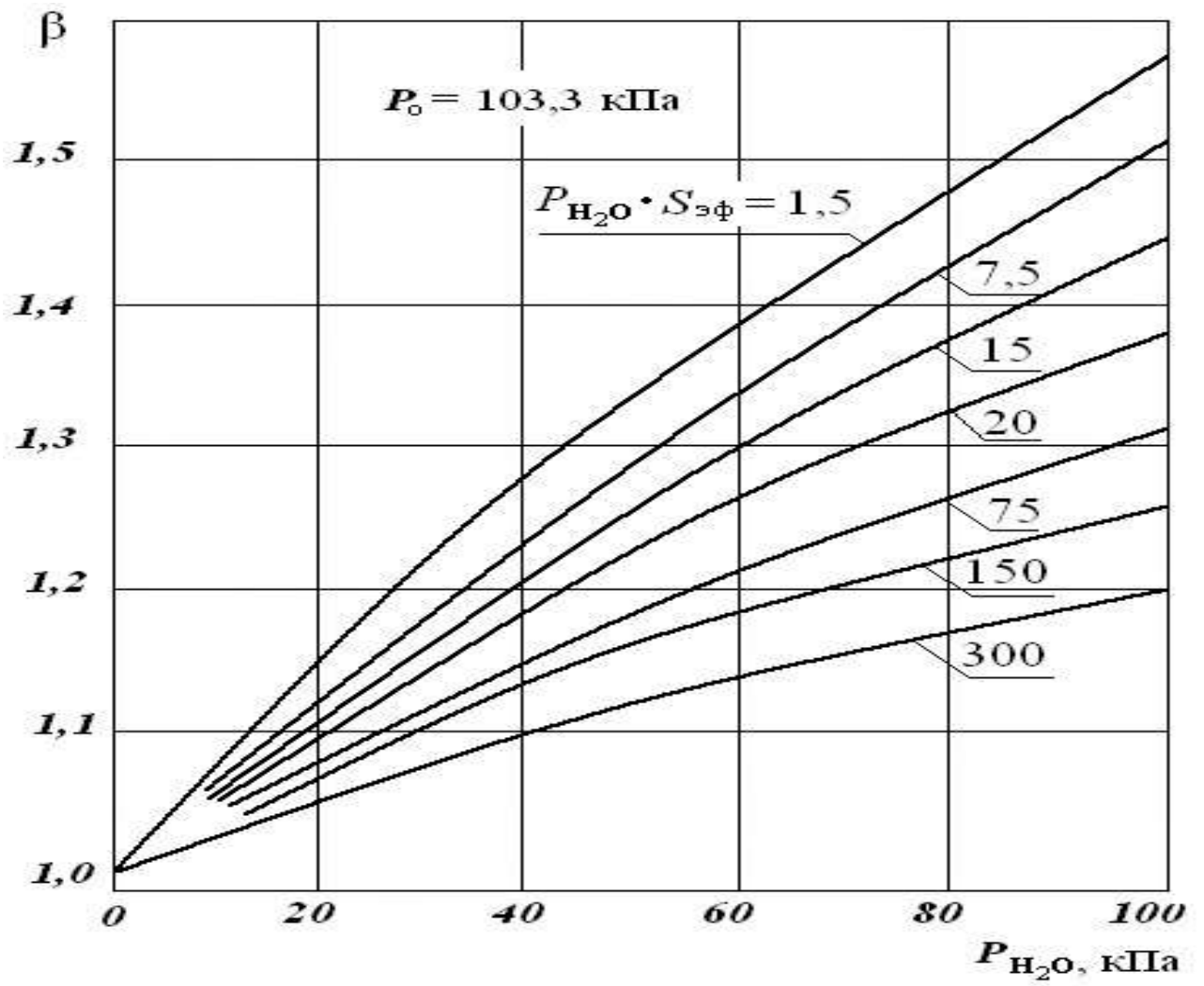
Номограми для визначення коефіцієнта тепловіддачі конвекцією α_k
 При поперечному обтіканні газом гладкотрубного пучка труб при шаховому розташуванні



Графіки для визначення ступеня чорності CO_2 (ϵ_{CO_2})



Графіки для визначення поправочного коефіцієнта β



Додаток I

Значення коефіцієнта тепловіддачі від стінок труб пароперегрівника до пари різних тисків при температурі перегрітої пари $350 \div 450^\circ\text{C}$

