

Міністерство освіти і науки України

_____ (повне найменування закладу вищої освіти)

_____ (назва факультету)

_____ (повна назва кафедри)

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи

рівень вищої освіти _____ (другий (магістерський) рівень)

на тему _____

Виконав: студент _____ курсу, групи _____

_____ (ПБ)

_____ (підпис)

спеціальності

_____ (шифр і назва)

освітньо-професійна програма

_____ (шифр і назва)

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник _____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

_____ - 20__ року

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ФАКУЛЬТЕТ ЕНЕРГЕТИКИ, ЕЛЕКТРОНИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ

КАФЕДРА ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКИ ТА ГІДРОЕНЕРГЕТИКИ

Кваліфікаційна робота

другий магістерський

(рівень вищої освіти)

на тему Аналіз роботи котла- утилізатора тунельної печі

"_____".

Виконав: студент 2 курсу, групи ТЕ-18-1мз
спеціальності 144 теплоенергетика

(код і назва спеціальності)

освітньої програми теплоенергетика

(код і назва освітньої програми)

спеціалізації _____

(код і назва спеціалізації)

О.С. Савін

(ініціали та прізвище)

Керівник к.т.н. доц. Бахтін В.І.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, підпис, ініціали та прізвище)

Рецензент Головний інженер Філії Концерну
«Міські теплові мережі» Дніпровського району

С.М. Симонік

(посада, вчене звання, науковий ступінь, підпис, ініціали та прізвище)

Запоріжжя
2020

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)

Савіна Олексія Сергійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проекту) Аналіз роботи котла- утилізатора тунельної печі

керівник роботи Бахтін Валерій Іванович доцент, к.т.н.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, місце роботи)

затверджені наказом ЗНУ від « 10 » вересня 2019 року № 1537-с

2 Строк подання студентом роботи 26 грудня 2019 року

3 Вихідні дані до роботи ВАТ "Пантелеймонівський завод вогнетривих". Тиск пари – 0,6 МПа; витрати пари – 4,2 т/год; температура димових газів: на вході - 1250 °С на виході - 450 °С.

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) загальні положення, призначення тунельної печі, розрахунок термосифонного котла – утилізатора для вироблення пари, охорона праці.

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Загальний вигляд тунельної печі. Перетини тунельної печі. Паливних тунельної печі, повздовжній перетин котла – утилізатора, вид зверху та збоку котла – утилізатора, висновки.

6 Консультанти розділів роботи

Робота	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис	
		завдання	вдачі
1 загальна характеристика об'єкту дослідження	Бахтін В. І. доцент, к.т.н.		
2 розрахунок термосифонного котла – утилізатора для вироблення пари	Бахтін В. І. доцент, к.т.н.		
3 охорона праці	Бахтін В. І. доцент, к.т.н.		

7 Дата видачі завдання 02.09.19

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Статус
1	Загальні положення	02.09.19-03.09.19	виконано
2	Характеристика заводу ВАТ «Пантелеймонівський завод котлеттривів»	02.09.19-06.09.19	виконано
3	Призначення цеху, характеристики сушила та тунельної печі	09.09.19-12.09.19	виконано
4	Розрахунок термосифонного котла – утилізатора для вироблення пари	13.09.19-31.10.19	виконано
5	Охорона праці	04.10.19-15.10.19	виконано
6	Висновки	16.10.19-25.10.19	виконано
7	Оформлення графічного матеріалу	01.11.19-04.12.19	виконано
8	Оформлення магістерської роботи	05.12.19-26.12.19	виконано

Студент

(підпис)

О.С. Савін

(ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проекту)

(підпис)

В.І. Бахтін

(ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер

АНОТАЦІЯ

Савін Олексій Сергійович. Дослідження роботи котла-утилізатора тунельної печі ВАТ «Пантелеймонівський завод вогнетривів».

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 144 – Теплоенергетика, науковий керівник В.І. Бахтін. Інженерний інститут Запорізького національного університету. Факультет енергетики, електроніки та інформаційних технологій, 2020.

В магістерській роботі вирішено актуальну науково - технічну задачу підвищення енергетичної ефективності промислового обладнання – тунельної печі шляхом використання теплових вторинних енергетичних ресурсів – теплоти газів, що йдуть.

Ключові слова: КОТЕЛ-УТИЛІЗАТОР, ТУНЕЛЬНА ПІЧ, ОРГАНІЧНЕ ПАЛИВО, ДИМОВІ ГАЗИ, ПАРОПЕРЕГРІВАЧ, АЕРОДИНАМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК, ВТОРИННІ ЕНЕРГЕТИЧНІ РЕСУРСИ

ANNOTATION

Savin Oleksey. Investigation of the utilization of the boiler-utilizer of the tunnel kiln of OJSC Panteleimonov Refractory Plant.

Qualification graduation work for the degree of higher education of master's degree in specialty 144 - Heat and Power Engineering, supervisor V.I. Bakhtin. Engineering Institute of Zaporizhzhya National University. Faculty of Energy, Electronics and Information Technology, 2020.

The master 's work solved the actual scientific and technical problem of increasing the energy efficiency of industrial equipment - tunnel kiln by using thermal secondary energy resources - the heat of the gases leaving.

Keywords: BOILER-UTILIZER, TUNNEL OVEN, ORGANIC FUEL, Flue gases, HEATER, AERODYNAMIC CALCULATION, SECONDARY ENERGY RESERVES

АННОТАЦИЯ

Савин Алексей Сергеевич. Исследование работы котла-утилизатора туннельной печи ОАО «Пантелеймоновский огнеупорный завод».

Квалификационная выпускная работа для получения степени высшего образования магистра по специальности 144 - Теплоэнергетика, научный руководитель В.И. Бахтин. Инженерный институт Запорожского национального университета. Факультет энергетики, электроники и информационных технологий, 2020.

В магистерской работе решена актуальная научно - техническая задача повышения энергетической эффективности промышленного оборудования - туннельной печи путем использования тепловых вторичных энергетических ресурсов - тепла уходящих газов.

Ключевые слова: КОТЕЛ-УТИЛИЗАТОР, ТУННЕЛЬНАЯ ПЕЧЬ, ОРГАНИЧЕСКОЕ ТОПЛИВО, ДЫМОВЫЕ ГАЗЫ, ПАРОПЕРЕГРЕВАТЕЛЬ, АЭРОДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ, ВТОРИЧНЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ

ЗМІСТ

ВСТУП

1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

- 1.1 Характеристика заводу ПАТ «Запоріжвогнетрив»
- 1.2 Призначення цеху, характеристики сушила та тунельної печі

2 РОЗРАХУНОК ТЕРМОСИФОННОГО КОТЛА-УТИЛІЗАТОРА ДЛЯ ВИРОБЛЕННЯ ПАРИ

- 2.1 Пропозиція для використання відхідних газів
- 2.2 Вихідні дані на проектування котла-утилізатора
- 2.3 Розрахунок зони нагріву термосифонів
- 2.4 Розрахунок зони охолодження термосифонів
- 2.5 Гідравлічний розрахунок
- 2.6 Конструктивні характеристики котла
- 2.7 Аеродинамічний розрахунок

3 КВП ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ

- 3.1 Обґрунтування необхідності контролю, регулювання і сигналізації технологічних параметрів
- 3.2 Вибір і обґрунтування функціональної схеми контролю і управління
- 3.3 Захист і сигналізація

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

- 4.1 Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів
- 4.2 Заходи з поліпшення умов праці
- 4.3 Виробнича санітарія
- 4.4 Електробезпека
- 4.5 Пожежна безпека
- 4.6 Вибір і розрахунок системи вентиляції

ВИСНОВОК

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

ВСТУП

В даний час, для України, особливо актуальною є проблема енергозбереження та забруднення повітряного середовища. Одним з основних джерел забруднення повітря є промисловість. В даний час техногенне навантаження на одного жителя Пантелеймонівки становить 191 кг викидів забруднюючих речовин.

Одним з визначальних умов зниження витрат на промислових підприємствах і підвищення економічної ефективності виробництва в цілому є раціональне використання енергетичних ресурсів. Разом з тим, енергозберігаючий шлях розвитку економіки можливий тільки при формуванні і подальшій реалізації програм енергозбереження та переозброєння на окремих підприємствах, для чого необхідне створення відповідної методичної бази.

Затримання реалізації енергозберігаючих заходів завдає значних економічних збитків підприємствам і негативно відбивається на загальній екологічній та соціально-економічній ситуації. Крім цього, подальше зростання витрат у промисловості та інших галузях супроводжується зростаючим дефіцитом фінансових ресурсів, що затримує оновлення виробничої бази підприємств відповідно з досягненнями науково-технічного прогресу. Технічну оснащеність підприємства можна розглядати з точки зору виробництва будь-якого продукту на базі вже існуючого або з точки зору організації нового виробництва.

Однією з характерних рис сучасного етапу науково-технічного прогресу є зростаючий попит на всі види енергії. Важливим паливно-енергетичним ресурсом є природний газ. Витрати на його видобуток і транспортування нижче, ніж для твердих видів палива. Будучи прекрасним паливом (калорійність його на 10 % вище мазуту, в 1,5 рази вище вугілля і в 2,5 рази вище штучного газу), він відрізняється також високою віддачею тепла в різних установках. Газ використовується в печах, що вимагають

точного регулювання температури; він мало дає відходів і диму, що забруднюють повітря. Широке застосування природного газу в металургії, при виробництві цементу і в інших галузях промисловості дозволило підняти на більш високий технічний рівень роботу промислових підприємств і збільшити об'єм продукції, одержуваної з одиниці площі технологічних установок, а так само поліпшити екологію регіону.

В зв'язку з актуальністю вище перерахованих завдань в дипломній роботі, визначається найбільш економічні режими роботи тунельної печі, з чим знижується споживання газу, а також використовувати вторинних енергоресурсів промислового виробництва.

Успішне вирішення задач економного використання паливно-енергетичних ресурсів країни в цілому залежить від рівня використання вторинних енергоресурсів промислового виробництва. Основним видом вторинних енергоресурсів в промисловості являються теплові ВЕР, важливе місце серед яких займає теплота відходячих газів теплоенергетичних та технологічних агрегатів.

Для утилізації теплових відходів в різних галузях промисловості застосовуються різноманітне теплоутилізаційне обладнання (котли-утилізатори, повітропідігрівачі, теплообмінники традиційних конструкцій), особливості роботи яких потребують різноманітних нових технологій та зразків технологічного та енерговикористовуючого обладнання з інтенсивним протіканням виробничих процесів. Такими установками являються термосифонні утилізатори теплоти, які працюють по замкнутому випарувально-конденсаційному циклу – циклу замкнутих двофазних термосифонів (ЗДТ). ЗДТ представляють собою автономні теплопередаючі пристрої з фазовим переходом проміжкового теплоносія з використанням гравітаційних сил в якості побудника руху.

Актуальність роботи полягає в розробці енергоефективної системи паропостачання промислового об'єкту з використанням передових світових технологій.

Метою дипломної роботи є розрахунок основних характеристик парогенератора – котла-утилізатора для тунельної печі.

Об'єктом дослідження є енергоефективні інженерні мережі промислової будівлі.

Предметом дослідження є процес створення системи ефективного використання теплового вторинного енергетичного ресурсу.

Методи дослідження. Використано розрахунково-дослідницький метод, заснований на результатах досліджень і експлуатаційних даних, а також, розрахунок окремих складових технологічного процесу.

Особистий внесок. Наукові результати, які викладено в дипломній роботі, отримані особисто автором.

1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Зростаючий попит на якість і об'єми виробництва цегли припускають використання новітніх передових технологій, методів і способів виробництва, а також вдосконалення технологій існуючих виробництв, поліпшення якості продукції, що випускається [1].

Тунельні печі являють собою безперервно діючі установки, в яких по спеціальному тунелю назустріч продуктам горіння рухаються вагонетки з обпалювати на них виробами [2].

Принцип роботи тунельних печей полягає в тому, що в міру просування по тунелю печі матеріали, завантажені на вагонетки, спочатку підігріваються (у зоні підігріву) за рахунок відхідних продуктів горіння і нагрітого повітря, що надходить в зону підігріву із зони охолодження, потім обпікаються (у зоні випалу) і охолоджуються (у зоні охолодження) [3].

Тунельні печі дозволяють створити поточність виробництва і повністю механізувати й автоматизувати весь технологічний процес з випалювання цегли. Вони відносяться до печей з рухомим складом і працюю за принципом протитечії: вироби що випалюють переміщують на вагонетках по наскрізному тунелю назустріч теплоносію. Вагонетки з виробами по рейковому шляху подаються гідравлічним штовхачем через певні проміжки часу. Кожна вагонетка, пройшовши всю довжину тунелю, видається з печі з іншого кінця при кожному проштовхуванні. Таким чином створюється безперервне переміщення вагонеток в печі, поступовий підігрів, випал і охолодження виробів, що знаходяться на поду вагонетки [4].

У виробництві цегли є найбільш складним, енергоємним і відповідальним процесом є випал, так як саме під час нього формуються властивості цегли, що визначають поняття - якість готової продукції. Крім того, що випал є основним споживачем теплової енергії, він також стає і джерелом теплового забруднення навколишнього середовища [5].

Увага до проблеми раціонального використання енергетичних ресурсів не слабшає у всіх промислово розвинених країнах. Наприклад, у Німеччині розпочато дослідження за програмою, основний напрямок якої - впровадження нових технологічних процесів з більш низькою питомою витратою теплової енергії, в яких поряд з економією енергії передбачено поліпшення екологічної ситуації [6].

Автори роботи [7], розглядаючи стратегію використання енергії, відзначають, що попит на енергію в усьому світі безперервно збільшується, незважаючи на те, що неконтрольоване її споживання несе в собі глобальну загрозу навколишньому середовищу. За рік людство спалює таку кількість викопного палива, на виробництво якого природа затратила мільйон років. Накопичення в атмосфері діоксиду вуглецю та інших продуктів згоряння загрожує зміною клімату.

Енергозберігаючі технології можуть сприяти зниженню споживання палива без шкоди для економічного розвитку.

Високий рівень життя в США, Японії, Німеччині та інших промислово розвинених країнах значною мірою забезпечений доступністю енергії: одна п'ята частина населення земної кулі, яка проживає у цих країнах, споживає більше 70% всієї виробленої в світі енергії. Разом з тим питома енергоспоживання в промислово-розвинутих країнах знижується [7].

Особливе значення для промисловості та енергетики України має таке зручне для застосування, чисте і висококалорійне паливо як природний газ. На частку природного газу припадає близько 20% виробництва та споживання промислових видів палива. У міру виснаження наявних джерел буде тривати зростання цін на паливо. Стане економічно доцільно розробляти інші види енергії і удосконалювати способи використання наявного палива.

Кількісний аналіз різних способів енергозбереження проводять з використанням коефіцієнта використання теплоти палива (КВТ). Питома витрата умовного палива знижується пропорційно збільшенню КВТ.

Збільшення КВТ забезпечується підвищенням теплоти згорання палива, підігрівом палива і окислювача, зниження втрат з газами, [8].

Втрати теплоти з відхідними газами визначається їх температурою і об'ємом. Зменшення об'єму газів досягається вдосконаленням процесу спалювання палива або використання кисню для збагачення повітря.

Ефективність використання палива залежить від його раціонального спалювання. Інтенсифікація теплових процесів у зоні обробки матеріалу пов'язана з підвищенням температурного потенціалу джерела тепла. Використання технічного кисню, первинного повітря і підігріву суміші дозволяє змінювати теплові, аеродинамічні і геометричні характеристики факела, а це дає можливість керувати процесом горіння, його інтенсифікацією і призводить до підвищення ефективності використання палива в теплових агрегатах [9].

При використанні кисню в нагрівальних печах значно скорочується витрата палива, підвищується температура горіння палива, збільшується продуктивність [10]. Чим менше витрата палива на одиницю продукції, тим менше забруднення навколишнього середовища і витрата кисню в чистому вигляді або в складі повітря. Останнє сприяє економії кисню в загальному балансі атмосфери, а це дуже важливо, оскільки кількість кисню в атмосфері землі щорічно зменшується більш ніж на 10 млрд. т [11].

Підвищений інтерес до питання використання кисню в печах цілком виправдовується виключно великими потенційними можливостями технічного прогресу печей на цій базі [12].

1.1 Характеристика заводу ВАТ «Пантелеймонівський завод вогнетривів»

1.1.1 Асортимент продукції заводу

ВАТ «Пантелеймонівський завод вогнетривів» - одне з найбільших підприємств в Україні з виробництва вогнетривких виробів і матеріалів.

Об'єм виробництва складає більше 30% від загального виробництва вогнетривів в Україні, займає провідне місце вітчизняної вогнетривкової промисловості. Асортимент продукції, що випускається завод не має рівних у світі. Шамотні вироби для футерування сталерозливних ковшів, для сифонного розливання сталі, для футерівки обертових печей, гніздової цегли, вироби мулітокорудові для кладки теплових агрегатів, мулітокремніземісті для печей випалу анодів, для кладки повітрянагрівачів і повітропроводів гарячого дуття доменних печей, трубки алюмосилікатні для продуктів сталі в ковші інертними газами, магнезіальні хромоперіклазові і періклазохромітові вироби для футерування сталерозливних ковшів, для кладки склепінь сталеплавильних печей і для конверторів кисневої продувки, переклазові без випалювальних припасів, склянки, склянки-колектори, карбід-кремнієві електронагрівачі, різні неформовані вогнетриви - шамот кусковий і мулітокорундовий кусковий, мертель мулітокорундова, мелені порошки шамоту і глини, заповнювачі для бетонних виробів, бетонних мас, сумішей, покриттів і мертелей, порошки періклазохромітові для торкретування стін і укосів сталеплавильних печей - та інше.

Продукція з маркою ВАТ «Пантелеймонівський завод вогнетривів» сьогодні відома в усьому світі. Вона користується попитом у великих металургійних фірм України, країн СНД і Балтики, Європи, Азії, Африки, Центральної Америки. Високий статус підприємства - результат політики керівництва заводу, пріоритетним напрямком якої протягом багатьох років є технічне вдосконалення виробництва на основі останніх світових досягнень у сфері виробництва вогнетривів, розробка і впровадження нової високоякісної конкурентоспроможної на світовому ринку продукції [13].

ВАТ «Пантелеймонівський завод вогнетривів» сьогодні - це майже дві з половиною тисячі висококласних фахівців, що створюють своєю працею продукцію, відому в багатьох країнах світу. Це складний механізм, кожен вузол котрого, виконуючи свою певну функцію, працює на вирішення спільних завдань.

1.1.2 Основні та допоміжні цехи

Завод складається з таких цехів, служб, відділів:

- цех магнезійних виробів (помольна ділянка, пресова ділянка, пічна ділянка, склад);
- шамотний цех (помольна ділянка, пресова ділянка, пічна ділянка, склад);
- цех високоглиноземистих виробів (помольна ділянка, пресова ділянка, пічна ділянка, склад);
- шамотнообпалювальний цех;
- цех карбідкремнієвих електронагрівачів;
- відділ головного енергетика (об'єднаний електроенергетичний цех);
- залізничний цех;
- цех безрейкового транспорту;
- управління реконструкції виробництва (ремонтно-будівельний цех);
- служба економічної безпеки та режиму підприємства;
- служба охорони праці;
- виробничо-диспетчерський відділ;
- технічний відділ;
- відділ збуту;
- проектно-конструкторський відділ;
- екологічний відділ (санітарна лабораторія);
- відділ технологічного контролю;
- планово-економічний відділ;
- центр науково-технічного розвитку підприємства (лабораторія);
- відділ зовнішньоекономічних зв'язків;
- бухгалтерія;
- розрахунковий відділ;
- фінансовий відділ;
- управління матеріально-технічного забезпечення і комплектації;

- центральна лабораторія метрології та вимірювальної техніки;
- відділ наукової організації праці та управління;
- відділ управління персоналом;
- відділ автоматизованої системи управління виробництвом;
- юридичний відділ;
- контрольно-ревізійний відділ;
- відділ по роботі з цінними паперами;
- житлово-експлуатаційна дільниця;
- господарська частина і канцелярія.

1.1.3 Вдосконалення технологічного обладнання

Площа підприємства складає близько 75 га.

На підприємстві розроблена і функціонує система менеджменту якості, що визначає відповідність вимогам міжнародного стандарту ISO 9001-2000 в системі сертифікації «TUV CERT». Екологічний аудит на підприємстві не проводився.

На єдиній території розташовані п'ять основних виробничих цехів і вісім допоміжних. У 90-ті роки підприємство виробляло 500 тисяч т вогнетривкої продукції на рік. У 2013 році виробництво склало близько 160000 т

Виконання цих заходів дозволило знизити об'єми викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря на 61,5 %. Так, в 2001 році загальна кількість викидів (рис. 1.1) склала 1555,7 тонн (твердих - 666,2 т; газоподібних - 889,5 т), а в 2013 році - 601,4 тонни (твердих - 226,24 т; газоподібних - 375,12 т).

В атмосферне повітря здійснюються викиди від 177 стаціонарних джерел (у тому числі 24 неорганізованих джерел: склади сировини, зварювальні пости на відкритому повітрі, автотранспорт тощо).

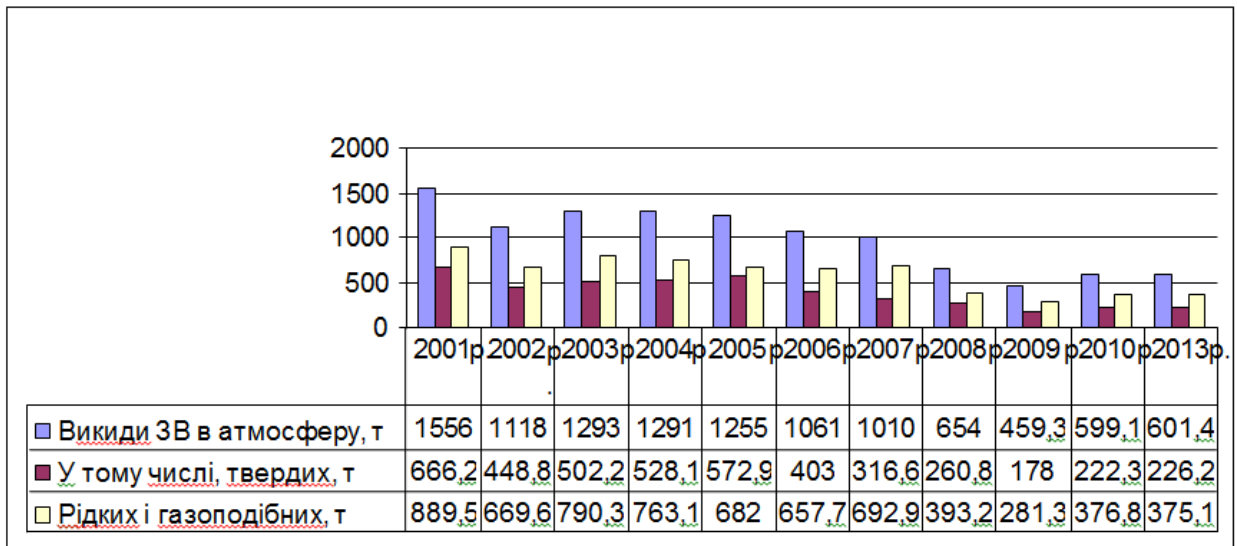


Рисунок 1.1 – Об'єм викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел з 2001 по 2013 роки

Пилогазоочисними установками оснащені 94% джерел викидів основних виробничих цехів. За останні роки кількість джерел викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря скоротилося з 192 до 177.

Основними забруднюючими речовинами, що викидаються в атмосферне повітря, є речовини у вигляді суспендованих твердих частинок недиференційованих за складом; сірчистий ангідрид; вуглецю оксид та оксиди азоту.

У «Обласну програму охорони навколишнього середовища та раціонального використання природних ресурсів на період з 2001 по 2010 рік» на підприємстві були заплановані два заходи - обидва виконані у встановлені терміни.

Найбільш великими джерелами викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря є теплові агрегати - тунельні і обертові печі випалу, сушильні барабани. Щоб поліпшити екологічну обстановку, створювану цими агрегатами, було виконано ряд заходів.

У 2006-2008 роках на тунельних печах цехів магнезійного і високоглиноземистого була виконана реконструкція з автоматизацією процесів випалу. Роботи з проектування, постачання і монтажу обладнання

виконувалися іншою фірмою. Вартість робіт склала 15,5 млн. грн. результат - скорочення витрат природного газу на 15 % і, як наслідок, зниження викидів оксидів вуглецю, поліпшення якості продукції, умов праці випалювачів.

На підприємстві до 2008 року використовувалися в якості палива природний і коксовий газ. Об'єми споживання паливних ресурсів наведено на рисунку 1.2. Починаючи з лютого 2008 року підприємство припинило використання коксового газу, що призвело до значного зменшення викидів сірчистого ангідриду (з 322 т в 2007 році до 144 т в 2008 році).



Рисунок 1.2 - Споживання паливних ресурсів з 2001 по 2013 роки

За обортовими печами 1, 2 і 3 встановлено п'ять котлів-утилізаторів, які призначені для вироблення пари. Надалі пара використовується як на технологічні потреби, так і для нагрівання води для побутових потреб. Об'єми вироблення пари на котлах-утилізаторах наведено на рисунку 1.3.

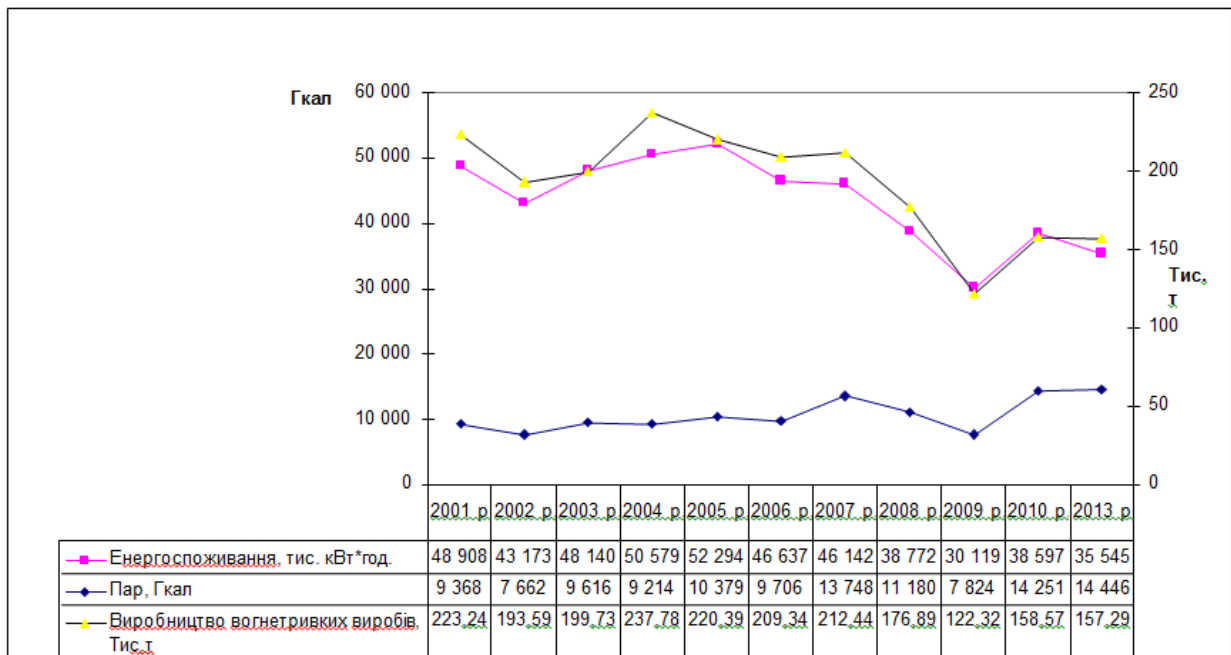


Рисунок 1.3 - Споживання електроенергії та вироблення пари на котлах утилізаторах ВАТ «Пантелеймонівський завод вогнетривів» з 2001 по 2013 роки

На підприємстві використовується природний газ, що має найменший показник емісії вуглекислого газу. Відновлювані та альтернативні джерела енергії на підприємстві не використовуються. Застосування альтернативних видів палива (наприклад, пиловугільна суміш і т.д.) може спричинити за собою погіршення якості продукції (випал шамоту в обертових печах, виробів в тунельних печах, сушки сировини в сушильних барабанах).

При виробництві вогнетривких виробів використовують, в основному, сипучі матеріали. Так як постачальниками є країни, розташовані на значній відстані (такі як Китай, ПАР, Туреччина, країни Європи), поставки здійснюються великими партіями. Щоб уникнути значного пиловиділення при перевантажувальних роботах, поставка проводиться в мішках типу «Біг-Бег», дозволяється збільшити вологість сировинного матеріалу. В даний час підприємство припинило зберігання сипучих сировинних матеріалів на відкритих складах. Тільки в 2007-2008 роках на будівництво та реконструкцію складів сировини вкладено 4,3 млн. грн. Це дозволило не

тільки скоротити втрати дорогої сировини, але і поліпшити екологічну ситуацію (зменшити пиловиділення в атмосферне повітря).

Крім того, в літній час проводиться зволоження автомобільних доріг на території підприємства. Утримання в належному санітарному стані територій як в межах кордонів підприємства, так і прилеглих до кордону ділянок (закріплених Заводською райадміністрацією) проводиться силами цехів, відділів і хозслужб.

На ВАТ «Пантелеймонівський завод вогнетривів» піклуються про зменшення викидів у водні басейни нашого регіону для чого була впроваджена і успішно експлуатується єдина замкнута оборотна система водопостачання. Очищені промислові та дощові стічні води повторно використовуються для промислового водопостачання. Введення в експлуатацію в 1997 році нових очисних споруд дозволило повністю припинити скидання стічних вод у р. Дніпро, і за рахунок використання очищених промислових і дощових вод, скоротити споживання технічної води в 5 разів, а питної - в 2,75 рази.

Надалі заміна морально і фізично застарілих гідропресів (що використовують воду) на імпорتنі преса німецької фірми «Лайс» (що використовують масло), а також поршневих компресорів з водяним охолодженням на імпорتنі компресора з повітряним охолодженням дозволила додатково скоротити витрату технічної води ще на 50 %.

Сьогодні виробництво продукції на ВАТ «Пантелеймонівський завод вогнетривів» засноване на безвідходній технології. При переробці сировинних матеріалів побічних відходів не утворюється - вловлений пил повертається у виробництво.

З урахуванням ситуації, що склалася в даний час в промисловому комплексі України, підприємством складені і виконані «Пріоритетні напрямки розвитку ВАТ «Пантелеймонівський завод вогнетривів» на 2009-2019 роки», в яких визначені наступні основні завдання:

- впровадження ресурсозберігаючих технологій при виробництві вогнетривів з метою зниження їх собівартості;

- виробництво імпортозамінної вогнетрикої продукції

У результаті - це поступовий перехід від виробництва формованих (випалювальних) на не формовані вироби (торкрет-маси, вогнетривкі бетони, заповнювачі, суміші), основна кількість яких поставляється в Україну по імпорту. Враховуючи досвід передових країн на підприємстві вже розпочато роботи з відпрацювання технологій, випуск дослідних промислових партій цих матеріалів. При цьому підприємство скорочуючи виробництво випалювальних виробів суттєво зменшує викиди в атмосферне повітря газоподібних речовин та парникових газів.

Крім того в 2012 році були встановлені рукавні фільтри, зниження викидів речовин у вигляді суспендованих твердих частинок недиференційованих за складом складає 1,8 т/рік.

На сьогоднішній день ВАТ «Пантелеймонівський завод вогнетривів» керуючись ISO 14001 продовжує впроваджувати нові технології які допомагають зменшити кількість шкідливих викидів в атмосферу, а відповідно і поліпшити екологію. Рівні не канцерогенного ризику також не перевищуватиме допустимий рівень, тому ризик для здоров'я населення знаходиться на мінімальному рівні.

1.2 Призначення цеху, характеристики сушила та тунельної печі

1.2.1 Характеристика цеху високоглиноземистих виробів

Одним з основних цехів ВАТ «Пантелеймонівський завод вогнетривів» є цех високоглиноземистих виробів.

На початку своєї діяльності цех високоглиноземистих виробів спеціалізувався на випуску каолінових вогнетривів. Тут вироблялися шамотні щільні вироби для доменних печей, з часом цех перепрофілювали, освоївши нові технології з виробництва мулітокорундових виробів з хімією

85% Al_2O_3 . Це унікальне виробництво, єдине в Україні, самої високої якості.

Варто зауважити, що вже після ВАТ «Пантелеймонівський завод вогнетривів», його освоїли і зарубіжні вогнетривкі компанії.

Цех високоглиноземистих виробів виробляє:

- вироби мулітокорундові для повітренагрівачів і повітропроводів гарячого дуття доменних печей;
- вироби мулітокорундові для посадки повітронагрівачів;
- вироби мулітокорундові загального призначення;
- вироби мулітові високовогнетривкі для продувки сталі в ковші інертними газами;
- мертель мулітокорундова для зв'язування алюмосилікатних виробів у вогнетривкій кладці.

Кожен з трьох основних цехів заводу займається своєю справою, випускає певні види продукції. Цехи пов'язує не тільки загальний кінцевий результат, а й виробничі процеси. Наприклад, обробка каоліну для цеху високоглиноземистих виробів проходить в помольному відділенні шамотної цеху.

Обробка вогнетривкої маси виробляється в змішувачах в автоматичному режимі в наступній послідовності: завантаження шамоту фракції 3,0...0,0 мм - заливки шликера - перемішування зволожуючим шлікером шамоту - завантаження компонентів маси - вивантаження. Потім – прес та сушка сирцю. На останньому етапі - тунельна піч довжиною 156 м.

Випускаються цехом високоглиноземисті вироби - вироби височайшої якості, вони витримують температуру дуття до 1630 градусів Цельсія, а термін їх служби - до 15 років. Продукція цеху користується підвищеним попитом, 80 % вогнетривів з маркою цеху високоглиноземистих виробів ВАТ «Пантелеймонівський завод вогнетривів» йде на експорт [13].

1.2.2 Сушило і його призначення

Для кожного матеріалу та виробу встановлюється певний режим сушіння, тобто допустима інтенсивність сушіння, температура матеріалу, температура і відносна вологість сушильного агента і теплоносія, швидкість його руху у матеріалу і зміна зазначених параметрів у різні періоди процесу сушіння [2].

Таким чином, теорія сушіння повинна розглядати не лише питання статистики сушіння - матеріальний і тепловий баланси сушки, міграцію вологи в матеріалі, закони тепло- і масообміну в залежності від зв'язку вологи з матеріалом, а й поведінка виробів при сушінні, пов'язане з усадковими напруженнями та максимально допустимими швидкостями сушки. Тільки лише це комплексний розгляд питань теорії сушіння дозволить встановлювати оптимальні режими сушіння, при яких вироби будуть висихати в найкоротші терміни і мати високу якість.

Сушінням називається процес видалення з твердих матеріалів міститься в ній вологи за рахунок її випаровування і видалення пари, що утворилася з поверхні тіла в навколишнє середовище. Для цього до вологого тіла, тобто цегли, необхідне підведення тепла за умови, що тиск водяної пари у поверхні тіла більше тиску водяної пари в навколишньому середовищі. Процес сушіння супроводжується зміною ваги матеріалу в часі внаслідок видалення з нього вологи. Знаючи початкову вологість і вага матеріалу, можна виразити графічно зміну вологості за часом $\omega = f(t)$, тобто побудувати криву сушіння, зображену на рисунку 1.4 (крива 1). За кривою сушіння можна побудувати криву зміни вологості матеріалу в одиницю часу, тобто криву швидкості сушки ω_m (крива 2).

Механізм і швидкість переміщення вологи залежать від ряду факторів: форми зв'язку вологи з матеріалом, його будови, температури і вологості, а також пористості матеріалу та інших його властивостей. Експериментально встановлено, що чим вище температура, вологість тіла і тиск пари всередині нього, тим швидкість сушіння більше.

Процес сушіння виробів можна розділити на основні періоди.

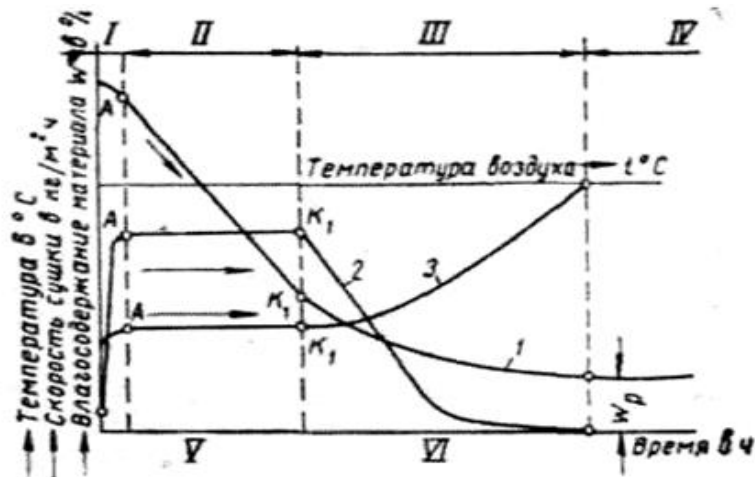


Рисунок 1.4 - Схема зміни в часі вологості , швидкості сушки і температури матеріалу

На рисунку 1.4 варто відзначити основні періоди: I - період прогріву; II-період постійної швидкості сушіння; III-період падаючої швидкості сушки; IV - період рівноважного стану; V - період вологого стану; VI - період гігроскопічного стану матеріалу.

Період прогрівання.

Матеріал, будучи поміщений в простір з підвищеною температурою, прогрівається. Наприкінці цього періоду (точка А на рис. 1.4) встановлюється постійна температура поверхні і теплова рівновага між кількістю тепла, сприйнятим виробом, і витратою тепла на випаровування вологи. Після цього настає період постійної швидкості сушіння.

Період постійної швидкості сушіння.

У цей період швидкість сушіння постійна і чисельно дорівнює швидкості випаровування вологи з відкритої поверхні . Отже, відбувається випаровування вільної вологи з поверхні матеріалу, і поверхня протягом цього часу залишається вологою за рахунок надходження вологи з внутрішніх шарів виробів. Температура поверхні матеріалу, рівна приблизно температурі мокрого термометра, залишається незмінною протягом усього періоду (крива 3 на рис. 1.4). Тиск парів над поверхнею матеріалу одно

парціальному тиску насичених водяних парів при температурі поверхні і не залежить від вологості матеріалу.

Зазначений період є найбільш відповідальним і небезпечним, так як протягом його відбувається усадка матеріалу, що породжує усадочні напруги. Швидкість залишається постійною доти, поки середній вміст вологи у виробі не знизиться до критичного (точка K_1 на рис. 1.4), а на поверхні виробу не стане рівним гігроскопічної вологості. З цього моменту починається період падаючої швидкості сушки. Однак у дійсних умовах він може початися і тоді, коли внаслідок неоднакових умов випаровування вологи зі всієї поверхні вологість окремих ділянок досягає вологості нижче гігроскопічної, в той час як інші ділянки мають вологість нижче гігроскопічної. Отже, більш правильно перехід від періоду постійної до періоду падаючої швидкості сушки характеризувати точкою на кривій сушіння відповідає ω_k , тобто критичної вологості [14].

Критична вологість являє собою середню по всьому виробу вологість, яка залежить від режиму сушіння, товщини виробу і коефіцієнта вологопровідності. При досягненні виробом вологості усадка поверхневих шарів припиняється, і подальша сушка викликає лише збільшення пористості виробу.

Період падаючої швидкості.

Цей період сушки характеризується тим, що із зменшенням вологості виробу сушка поступово сповільнюється. Зменшення інтенсивності випаровування викликає зменшення витрати тепла на випаровування вологи, що за інших постійних умов призводить до збільшення середньої температури виробу і зменшенню температурної різниці між сушильним агентом і поверхнею матеріалу.

Зменшення швидкості сушки обумовлюється тим, що парціальний тиск водяної пари над поверхнею матеріалу падає і стає менше парціального тиску насичених парів при температурі поверхні, будучи функцією температури і вологості поверхні виробу.

1.2.3 Призначення тунельної печі

Тунельна піч призначена для сушки і випалення високоглиноземистих корундових виробів. Вид виробів, що випалюються – вогнетривкі та високовогнетривкі вироби для доменних печей, мулітокорундові, мулітокремнеземісті та інші вироби.

Тунельна піч являє собою безперервно діючу установку, в якій по спеціальному тунелю назустріч продуктам горіння рухаються вагонетки з розташованими на них виробами.

Основним видом палива для тунельної печі є природний газ.

Принцип роботи тунельної печі полягає в тому, що в міру просування по тунелю печі матеріали, що складені на вагонетки, спочатку підігріваються (у зоні підігріву) за рахунок відхідних продуктів горіння і нагрітого повітря, що надходить із зони охолодження, потім обпалюються (у зоні випалу) і охолоджуються (у зоні охолодження) [15].

Піч складається з трьох зон:

- зона підігріву – 72 м;
- зона випалу – 24 м;
- зона охолодження – 60 м.

Характеристики печі:

- довжина сушила – 45 м;
- загальна довжина печі - 156 м;
- ширина печі на рівні поду - 3,2 м;
- перетин тунелю у світлі - 3,52 м²;
- корисний об'єм печі - 549 м³;
- висота у світлі - 1,1 м.

В якості палива застосовується природний газ з теплотою згорання 33,1 МДж/м³ (калорійністю 7900 ккал/м³).

Інші характеристики:

- максимальна температура випалу - 1630°C;
- тип пічного транспорту - вагонетка;
- початкова вологість виробів - 2 %;
- кількість вагонеток в сушилi - 15 шт;
- кількість вагонеток в печі - 52 шт. (довжина – близько 3 м);
- вид тяги - примусова;
- спосіб нагріву - відкритий нагрів продуктами

горіння;

- продуктивність - 40000 т/рік.

Обпалюванні вироби укладаються на подину вагонетки згідно схем садки і потім з пресового відділення по внутрішньо цеховому рейковому шляху подаються до тунельних сушил, через яке проштовхується за допомогою ланцюгового штовхача.

Піч і сушило умовно розділені на позиції таким чином, що кожна вагонетка, що знаходиться в печі (сушилi) має свою позицію, а кордони позицій - це стики між двома сусідніми вагонетками.

Довжина сушила – 45 м що складає – 15 позицій. Довжина печі – 156 м, що становить 52 позиції. З них зона підігріву займає з 1 по 23 позиції (69 м), зона випалу - з 24 по 32 позиції (27 м), зона охолодження - з 33 по 52 позиції (60 м).

Сушка виробів проводиться гарячим повітрям, що забирається із зони охолодження печі на стику позиції 39-40 (117 м) і подається в сушило за допомогою вентилятора.

Рухаються вагонетки в печі по рейковому шляху, який з боку виходу вагонеток з печі має гальмівний пристрій, а з боку входу - пристрій який стопорить.

Простовхування вагонеток по печі проводиться через певний інтервал часу за допомогою тросового 100 тонного штовхача.

Вхідні і вихідні кінці сушила і печі закриваються підйомними дверима з повстяним ущільненням для герметизації робочого простору печі.

По всій довжині тунелю печі з обох сторін є пісочні затвори.

В якості приладів для спалювання застосовані 14 пар (28 шт.) двопровідних пальників: 9 пар основних і 5 пар проміжних, що встановлені в зоні випалу на стику позицій 24-32.

Для спалювання природного газу до пальників подається холодне повітря від вентилятора типу ВВД - 12 в кількості 40-50% від необхідного первинного повітря. Інша частина повітря для горіння надходить по внутрішньому каналу печі із зони охолодження. Подача вторинного повітря та охолодження виробів на виході печі забезпечується трьома вентиляторами, з них один вентилятор 20 - зосередженої подачі і один вентилятор 21 - розподіленої подачі. Крім того встановлений вентилятор 26 для верхньої подачі повітря на позиції №52.

Продукти згоряння відбираються з печі розсереджено, через вікна на позиціях 1-5 зони підігріву і викидаються димососом в атмосферу через димову трубу висотою 30 метрів. На печі встановлено два димососа, один з них резервний.

Для поліпшення експлуатації пічних вагонеток влаштована примусова під подава вентиляція печі. Примусова вентиляція контрольного коридору із створенням урівнюючого протитиску забезпечується вентиляторами. Гідравлічний режим підтримується таким чином щоб тиск в ньому (для зон позитивних тисків) або розрядження (для зон негативних тисків) було на 1 мм більше, ніж у робочому просторі печі. Підтримання перепадів тисків між пічним простором і контрольним коридором досягається шляхом регулювання ступеня відкриття дверей, які поділяють контрольний коридор на 9 відсіків. Контроль управління тепловим режимом печі здійснюється за допомогою КВП і регулюючих пристроїв.

Передбачено автоматичне регулювання температури випалу. Вимірювання температури садки проводиться радіаційними пірометрами встановленими з обох сторін печі на позиціях 24-32. Через комплект реле здійснюється одночасне підключення пари пірометрів однієї позиції печі до

двох регуляторів, що впливають на виконавчі механізми, що керують зміною подачі газу на пальники цієї позиції печі. Охолодження пірометрів забезпечує вентилятор, у разі аварійної зупинки вентилятора передбачено охолодження за рахунок використання стисненого повітря.

Управління подачею природного газу на пальники здійснюється дистанційно, з операторської випалювача.

Тиск газу в пічному газопроводі регулюється автоматично.

Гідравлічний режим печі підтримується двома способами:

- регулюванням розрядження на позиції 21 з впливом на дросель димососа;
- регулювання тиску на позиції 35 з впливом на сводову подачу повітря в зону охолодження позиції 52.

При зупинці димососа і падінні тиску газу в загальному газопроводі передбачена автоматична відсіч газу за допомогою 2-х клапанів типу VK.

Корпус пальника з приєднувальним фланцем призначений:

- для кріплення пальника до печі;
- для установки пальникової частини і пальникової труби;
- для подачі повітря для горіння.

В корпусі є вбудований ніпель, призначений для відбору (виміру) тиску повітря в пальнику.

Пальникова частина призначена для подачі паливних газів і містить приєднувальний газовий фланець. У пальниковому пристрої з вбудованою видатковою шайбою є можливість регулювання пропускну здатності для простою і точного налаштування пальника. Головка пальника призначена для утворення газоповітряної суміші без попереднього змішування і запобігання вибуху газу в трубопроводі.

Для спалювання газу до пальників подається повітря: первинне холодне та вторинне - підігріте по каналу печі із зони охолодження.

При зупинці димососа, падінні тиску газу в загальному газопроводі нижче встановленої межі (1,5 кПа) спрацьовує сигналізація і відбувається автоматичне відсічення газу.

Гідравлічний режим печі підтримується автоматично.

Подача газу, повітря на кожний пальників пристрій здійснюється дистанційним управлінням і автоматичним сервоприводом ІС 40.

На початку зони підігрівання з обох боків розташовані п'ять пар димовідвідних каналів, сполучених зі боровом печі. Димові гази відбираються димососом і через трубу (висота $H=30$ м; діаметр $\varnothing 1200$ м) викидаються в атмосферу.

Тунельна піч опалюється природним газом. В якості паливоспалювальних пристроїв застосовані 28 шт. пальникових пристроїв ВІО 140.

Газовий пальник ВІО 140, складається з наступних конструктивних частин:

- алюмінієва виливка тіла повітряної частини пальника;
- алюмінієва виливка тіла газової частини пальника;
- зовнішній тубус пальники з жаротривкої сталі;
- внутрішня подача газу з жаротривкої сталі;
- головка пальника з жаротривкої сталі;
- запалювальний (і контрольний) електрод;
- керамічний канал згоряння;
- оглядовий отвір;
- внутрішня теплова ізоляція повітряної частини.

Номінальна теплова потужність пальника 450 кВт.

Тиск газу на пальнику до 1,2 атм.

За допомогою вентилятора ВВД подається холодне повітря на пальники в якості первинного повітря для горіння.

Гідравлічний режим печі підтримується дистанційно. Розрідження в каналі печі забезпечується . Тиск в печі забезпечується одним вентилятором

зосередженої подачі повітря і одним вентилятором розподіленої подачі повітря.

З метою зменшення загазованості та економії палива під час прогонки автоматично проводиться відсічення газу на піч до 150 м³/год.

Для виключення прогорання металевих частин вагону, підсосу холодного повітря в піч і вибивання продуктів згорання в контрольний коридор, стики пічних вагонів обмазується шамотноглиняними розчинами.

1.2.4 Підподава вентиляція та пристрій аеродинамічного ущільнення

З метою забезпечення герметизації робочого простору печі та усунення перегріву металевих частин пічних вагонів на тунельних печах виконано аеродинамічний ущільнення методом підподової вентиляції.

Примусова вентиляція контрольного коридору із створенням врівноважуючого протитиску забезпечується двома вентиляторами нагнітання холодного повітря в контрольний коридор типу В - 22, В - 22б.

2 РОЗРАХУНОК ТЕРМОСИФОННОГО КОТЛА-УТИЛІЗАТОРА ДЛЯ ВИРОБЛЕННЯ ПАРИ

2.1 Пропозиція для використання відхідних газів

2.1.1 Характеристика та принцип роботи котла-утилізатора

Термосифонний котел-утилізатор призначений для охолодження високотемпературних відхідних виробничих газів технологічних установок з метою їх подальшої технологічної переробки та очистки, використання фізичної теплоти відхідних газів технологічних агрегатів та промислових печей з отриманням насиченої пари для теплопостачання та технологічних потреб підприємства.

В цілому дане обладнання має ряд переваг. А саме: простота його виконання, надійність в експлуатації, надійність роботи теплопередаючих елементів та висока ефективність процесів тепломосообміну, відносно малий гідравлічний опір, автономність і т.д. Це дає можливість розмірковувати про перспективу використання цих установок в різноманітних напрямках промисловості.

Дана робота присвячена розрахунку вищевказаного котла-утилізатора для наступних параметрів:

- тиск пари 0,6 МПа;
- витрати пари 4,2 т/год;
- температура димових газів:
 - на вході в установку 1250 °С;
 - на виході з установки 450 °С.

Схема термосифонного котла-утилізатора представлена на рисунку 2.1, де: 1- газоход, 2- термосифони, 3- теплообмінні випарні труби, 4- барабан-сепаратор, 5,6- верхній та нижній колектори парогенеруючої системи, 7- опускні труби, 8- паровідвідні труби.

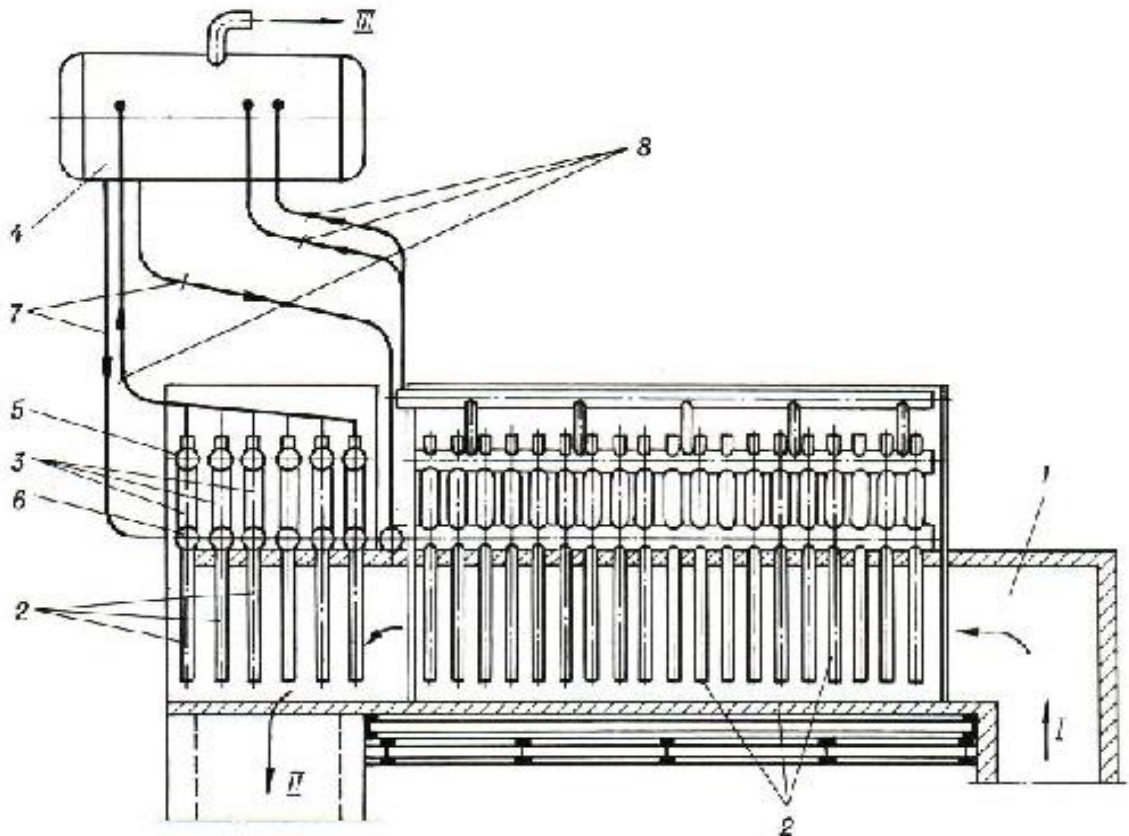


Рисунок 2.1 – Схема термосифонного котла-утилізатора

2.1.2 Установка котла-утилізатора

Основними частинами котла-утилізатора є 12 блоків термосифонів, розміщених в горизонтальному газоході розмірами 2,26x1,53 м, барабан та опорна конструкція.

Стінки газоходу утворені шляхом установки блоків термосифонів с привареними до зовнішніх стінок труб листами.

Термосифони виготовляються з труб діаметром 57x3,5 мм та довжиною 2460 мм.

Труби заглушаються з двох сторін днищами і заповнюються теплоносіями.

Для покращення циркуляції пароводяної суміші всередині термосифонів перших трьох рядів по ходу газів, встановлюються вставки, виготовлені з труби діаметром 16x1 мм і довжиною 2160 мм.

Для охолодження термосифонів та виготовлення пари служать теплообмінники, кожний з яких виконаний з колекторних труб діаметром 133x4 мм, встановлених з міжцентровою відстанню 500 мм і з'єднаних між собою відрізками труб діаметром 89x3 мм.

Блок термосифонів виконується шляхом установки термосифонів в теплообмінники, місця проходу термосифонів в колекторних трубах обварюються. Всі блоки термосифонів кріпляться на опорній конструкції газоходу.

Для видалення пари з пароводяної суміші застосовується барабан-сепаратор, який встановлюється на своїй опорній конструкції на відмітці 6,5 м.

Барабан оснащений двома запобіжними клапанами, які налаштовані на тиск 0,8 МПа.

2.1.3 Принцип роботи установки

Охолоджуюча вода по двом трубопроводам діаметром 159x7 мм надходить з барабану до нижніх колекторів теплообмінників термосифонних блоків, розділених на два паралельних контури. Проходячи паралельно потокам по рядах блоків термосифонів охолоджуюча вода, нагрівається і частково випаровується, а утворена пароводяна суміш відводиться від верхніх колекторів блоків з'єднувальними трубопроводами діаметром 219x6 мм в барабан.

В барабані установки відбувається видалення пари з пароводяної суміші, отримана пара з барабану направляється на виробничі потреби підприємства.

Живлення котла відбувається хімічищенню водою від водопідготовчої установки.

2.2 Вихідні дані на проектування котла-утилізатора

Витрата пари $G_{\text{п}}=4,2$ т/год;

Тиск пари $P_{\text{п}}=0,6$ МПа;

Температура гріючого теплоносія (відхідні газы):

- на вході в КУ $t_{\text{г}}' = 1250$ °С;

- на виході з КУ $t_{\text{г}}'' = 450$ °С;

Середня температура теплоносія, °С

$$t_2 = 1/2 \cdot (t_2' + t_2'') = 1/2 \cdot (1250 + 450) = 850;$$

Теплова потужність котла утилізатора, кВт

$$Q_{\text{ку}} = G_{\text{п}} \times r,$$

де r – питома теплота пароутворення, кДж/кг;

$$Q_{\text{ку}} = 1,17 \cdot 2086 = 2441.$$

Витрати відхідних газів, м³/с

$$V_{\text{г}}' = \frac{Q_{\text{ку}}}{\rho_2' \bar{C}_2 (t_2' - t_2'')},$$

де $\rho_2' = 1,295$ кг/м³, густина димових газів при нормальних умовах;

\bar{C}_2 - теплоємність газів при $t_2 = 850$ °С; при $t_2 = 850$ °С

$$\bar{C}_2 = 1,277 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К});$$

$$V_r' = \frac{2441}{1,295 \cdot 1,277(1250 - 450)} = 1,85,$$

$$V_r = 1,85 \frac{850 + 273}{273} = 7,71.$$

2.3 Розрахунок зони нагріву термосифонів

Схема розміщення труб в пучку термосифона представлено на рисунку 2.2. На рисунку прийнято наступні позначення: $d_3=57\text{мм}$, $S_1=200\text{мм}$, $S_2=120\text{ мм}$.

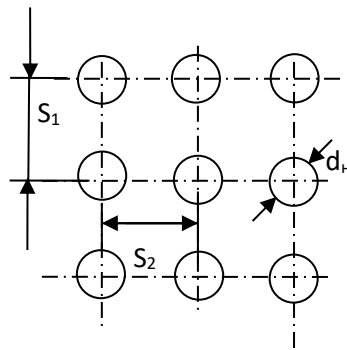


Рисунок 2.2 – Схема розміщення труб у пучку

Приймаємо кількість труб поперек потоку $n_1=12$ шт, тоді ширина газоходу, м

$$a = S_1(n_1 - 1) + d_3,$$

$$a = 200 \cdot (12 - 1) + 57 = 2257\text{мм} = 2,26.$$

Висота зони нагріву термосифонів $l_H = 1,5\text{м}$.

Прохідний переріз для газів, м^2

$$f_\Gamma = a \cdot l_H - n_1 \cdot d_3 \cdot l_H = l_H \cdot (a - d_3 n_1),$$

$$f_\Gamma = 1,5 \cdot (2,257 - 0,057 \cdot 12) = 2,36.$$

Швидкість газів, м/с

$$W_{\Gamma} = \frac{V_{\Gamma}}{f_{\Gamma}},$$

$$W_{\Gamma} = \frac{7,71}{2,36} = 3,27.$$

Конвективний коефіцієнт тепловіддачі зі сторони газів, Вт/(м²·К)

$$\alpha_{\Gamma}^{\text{к}} = \alpha_{\text{н}}^{\text{к}} C_z C_s C_{\phi},$$

де $\alpha_{\text{н}}^{\text{к}}$ - нормативний коефіцієнт тепловіддачі визначений по номограмі 12[2], Вт/(м²·К);

$C_z \cdot C_s \cdot C_{\phi}$ - поправки відповідно на кількість рядів вздовж потоку, на кроки труб і на зміну фізичних властивостей потоку, визначаються по номограмі 12[2]

$$\sigma_1 = \frac{S_1}{d} = \frac{200}{57} = 3,5;$$

$$\sigma_2 = \frac{S_2}{d} = \frac{120}{57} = 2,1.$$

Знаходимо $c_z=1$; $c_s=1$; $c_{\phi}=0,96$.

$$\alpha_{\text{н}}^{\text{к}} = 32 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Тоді

$$\alpha_{\Gamma}^{\text{к}} = 32 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,96 = 30,72 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Приймаємо температуру стінки термосифонів $t_{\text{стс}}=205^{\circ}\text{C}$. Тоді

$$\alpha_{\Gamma}^{\text{np}} = \alpha_{\text{H}}^{\text{np}} a,$$

де $\alpha_{\text{H}}^{\text{np}}$ - нормативний коефіцієнт тепловіддачі випромінюванням, знайдений по номограмі 19[1], Вт/(м² · К);

a- ступінь чорноти потоку газів;

$$\alpha_{\text{H}}^{\text{np}} = 140.$$

$$a = 1 - e^{-k \cdot p \cdot s},$$

де $k \cdot p \cdot s$ - сумарна оптична товщина газового потоку, м.

$$kps = k_{\Gamma} r_{\Pi} ps,$$

k_{Γ} - коефіцієнт послаблення променів трьохатомними газами, (номограма 3[2]), (МПа·м)⁻¹,

r_{Π} - сумарна об'ємна частка трьохатомних газів

$$r_{\Pi} = r_{\text{H}_2\text{O}} + r_{\text{RO}_2} = 0,24;$$

p- тиск газів у газоході, приймається $P=0,981 \cdot 10^5$ Па;

s- ефективна товщина випромінюючого шару, м

$$S = 0,9 d_{\text{H}} \left(\frac{4 s_1 s_2}{\pi d_{\text{H}}^2} - 1 \right),$$

$$S = 0,9 \cdot 0,057 \cdot \left(\frac{4}{3,14} \cdot \frac{0,12 \cdot 0,2}{0,057^2} - 1 \right) = 0,43.$$

Отже,

$$kps = 1,2 \cdot 0,24 \cdot 1 \cdot 0,43 = 0,13;$$

$a=0,125$ (номограма 2[2]).

Тоді

$$\alpha_{\Gamma}^{np} = 140 \cdot 0,215 = 17,5.$$

Сумарний коефіцієнтів тепловіддачі зі сторони газів, Вт/(м²·К)

$$\alpha_{\Gamma} = \xi(\alpha_{\Gamma}^k + \alpha_{\Gamma}^n),$$

де ξ - коефіцієнт використання ширмових пароперегрівачів, $\xi=0,84$;

$$\alpha_{\Gamma} = 0,84 \cdot (30,72 + 17,5) = 40,5.$$

Так як при кипінні всередині термосифона $\alpha_k \gg \alpha_{\Gamma}$, то коефіцієнт теплопередачі розраховуємо по формулі, Вт/(м²·К)

$$K_H = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{\Gamma}} + \xi_3 + \frac{\delta_{CT}}{\lambda_{CT}}},$$

де ξ_3 - тепловий опір забруднюючого шару, (м²·К)/Вт

$$\xi_3 = 0,01;$$

$$\lambda_{CT} = 45;$$

$$K_H = \frac{1}{\frac{1}{40,5} + 0,01 + \frac{0,035}{45}} = 28,2.$$

Приймаємо температуру проміжного теплоносія всередині термосифонів $t_{STC}=200^{\circ}\text{C}$ (рис.2.3).

$$\Delta t_{\delta} = t'_{\Gamma} - t_{STC} = 1250 - 200 = 1050;$$

$$\Delta t_{M} = t''_{\Gamma} - t_{STC} = 450 - 200 = 250;$$

$$\Delta t = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_{M}}{\ln \frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{M}}} = \frac{1050 - 250}{\ln \frac{1050}{250}} = 557,5.$$

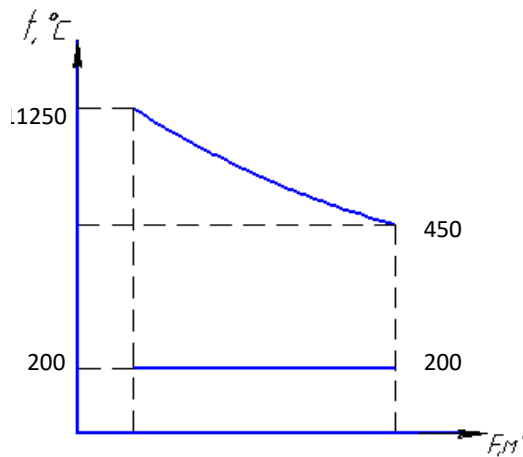


Рисунок 2.3 – Схема визначення температурного напору

Поверхня теплообміну в зоні нагріву термосифонів, м^2

$$F_{H} = \frac{Q_{KY}}{k \cdot \Delta t'}$$

$$F_{H} = \frac{2441 \cdot 10^3}{557,8 \cdot 28,2} = 155,3.$$

Кількість термосифонів, шт

$$n = \frac{F_{H}}{\pi \cdot d_{H} l_{H}}$$

$$n = \frac{155,3}{3,14 \cdot 0,057 \cdot 1,5} = 578.$$

Кількість рядів, шт

$$n_2 = \frac{n}{n_1} = \frac{578}{12} = 48,3.$$

Остаточно приймаємо $n_1=12$ шт. , $n_2=49$ шт. , $n=588$ шт.

2.4 Розрахунок зони охолодження термосифонів

Приймаємо довжину зони охолодження ТС $l_0=0,5$ м.

Тепловий потік, що передається одним термосифоном, Вт

$$Q_{ТС} = \frac{Q_{КУ}}{n},$$

$$Q_{ТС} = \frac{2441 \cdot 10^3}{588} = 4151,4.$$

Щільність теплового потоку в зоні нагріву термосифонів, Вт/м²

$$q_H = \frac{Q_{ТС}}{\pi \cdot d_H \cdot l_H},$$

$$q_H = \frac{4151,4}{3,14 \cdot 0,057 \cdot 1,5} = 15463.$$

Осьова щільність теплового потоку, Вт/м²

$$q_S = \frac{4 \cdot Q_{ТС}}{\pi \cdot d_{ВН}},$$

$$q_s = \frac{4 \cdot 4151,4}{\pi \cdot 0,05^2} = 2,12 \cdot 10^6.$$

Щільність теплового потоку в зоні охолодження, Вт/м²

$$q_0 = \frac{1}{4} q_s \frac{d_{BH}}{l_0},$$

$$q_0 = \frac{1}{4} \cdot 2,12 \cdot 10^6 \cdot \frac{0,05}{0,5} = 53 \cdot 10^3.$$

Коефіцієнт тепловіддачі від стінки термосифонів до киплячої води, Вт/(м²·К)

$$\alpha_B = 0,075 \left(1 + \frac{10}{\left(\frac{\rho'}{\rho''} - 1 \right)^{2/3}} \right) \left(\frac{\lambda^2}{\nu \sigma T_S} \right)^{1/3} q_F^{2/3},$$

де $\rho' = 908,35$ кг/м³, $\rho'' = 3,169$ кг/м³ - густина киплячої води та пари при тиску вторинної пари $P = 0,6$ МПа;

$\lambda = 68,313 \cdot 10^{-2}$ Вт/(м·К); $\nu = 0,193 \cdot 10^{-6}$ м²/с; $\sigma = 451,15 \cdot 10^{-4}$ Н/м – коефіцієнти теплопровідності, кінематичної в'язкості та поверхневого натягу киплячої води при $P = 0,6$ МПа;

T_S -температура насичення пари, К (при $P = 0,6$ МПа)

$$T_S = 158,84 + 273 = 431,84;$$

$$q_F = q_0 \frac{d_{BH}}{d_H} \text{ Вт/м}^2,$$

$$q_F = 53 \cdot 10^3 \cdot \frac{0,05}{0,057} = 46491 \text{ Вт/м}^2.$$

Тоді

$$\alpha_6 = 0,075 \left(1 + \frac{10}{\left(\frac{908,35}{3,169} - 1 \right)^{2/3}} \right) \left(\frac{(68,313 \cdot 10^{-2})^2}{0,193 \cdot 10^{-6} \cdot 451,15 \cdot 10^{-4} \cdot 431,84} \right)^{1/3} \cdot 46491^{2/3} = 5952,2.$$

Критерій Рейнольдса при конденсації

$$\text{Re}_{\text{кон.}} = \frac{q_0 \cdot l_0}{r \cdot \mu_{\text{ж}}},$$

де $\mu_{\text{ж}} = 133,45 \cdot 10^{-6} \text{ Нсек/м}^2$ - коефіцієнт динамічної в'язкості при $t_{\text{стс}} = 200^\circ\text{C}$;

$r = 1950,6 \text{ кДж/кг}$ - питома теплота пароутворення;

$$\text{Re}_{\text{кон.}} = \frac{53 \cdot 10^3 \cdot 0,5}{1950,6 \cdot 10^3 \cdot 133,45 \cdot 10^{-6}} = 101,8.$$

Критерій Нусельта

$$N\bar{u} = 1,18 \text{Re}^{-1/3},$$

$$N\bar{u} = 1,18 \cdot 101,8^{-1/3} = 0,253.$$

Тоді

$$\bar{\alpha}_{\text{кон.}}^* = \frac{N\bar{u} \cdot \lambda'}{\left(\frac{(v')^2}{g \left(1 - \frac{\rho'}{\rho''} \right)} \right)^{1/3}}$$

$$\bar{\alpha}_{\text{кон.}}^* = \frac{0,253 \cdot 65,9 \cdot 10^{-2}}{\left(\frac{(0,1555 \cdot 10^{-6})^2}{9,81 \left(1 - \frac{8,725}{857,9} \right)} \right)^{1/3}} = 12300.$$

де $\rho' = 857,9 \text{ кг/м}^3$, $\rho'' = 8,725 \text{ кг/м}^3$ - густина киплячої води та пари відповідно при $t_{\text{STC}} = 200 \text{ }^\circ\text{C}$;

$$\lambda' = 66.65 \cdot 10^{-2} \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)};$$

$\nu = 0,1555 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ - коефіцієнт кінематичної в'язкості.

Коефіцієнт теплопередачі в зоні конденсації термосифонів, $\text{Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_B} + \frac{\delta_{\text{CT}}}{\lambda_{\text{CT}}} + E + \frac{1}{\bar{\alpha}_{\text{кон}}^*}}$$

$$K = \frac{1}{\frac{1}{5952,2} + \frac{0,0035}{45} + 0,0005 + \frac{1}{12300}} = 1209.$$

Температура насичення теплоносія в термосифоні, $^\circ\text{C}$

$$t_{\text{STC}} = t_s + \frac{q_F}{K},$$

$$t_{\text{STC}} = 158,84 + \frac{46491}{1209} = 197,3.$$

Знайдемо похибку у визначенні температури насичення проміжкового теплоносія в термосифоні

$$\Delta t_{\text{STC}} = \frac{|200 - 197,3|}{200} \cdot 100\% = 1,4\% < 5\%.$$

Так як похибка не перевищує 5%, то прийняте раніше значення $t_{\text{STC}} = 200 \text{ }^\circ\text{C}$ будемо вважати вірним.

Поверхня зони охолодження одного термосифона, м^2

$$F_{0,TC} = \frac{Q_{TC}}{k \cdot \Delta t'}$$

$$F_{0,TC} = \frac{4151,4}{1209 \cdot (200 - 158,84)} = 0,083.$$

Поверхня зони охолодження всіх термосифонів, м²

$$F_0 = F_{0,TC} n,$$

$$F_0 = 0,083 \cdot 588 = 47,04.$$

Довжина зони охолодження термосифона, м

$$l_0 = h = \frac{F_{0,TC}}{\pi \cdot d_H},$$

$$l_0 = h = \frac{0,083}{3,14 \cdot 0,057} = 0,475 \text{ м}^2,$$

$$\Delta l_0 = \frac{|0,5 - 0,475|}{0,5} \cdot 100\% = 5\%,$$

так як похибка не перевищує 5% то раніше прийняте значення будемо вважати вірним.

У найбільш напруженому першому ряді термосифонів температура насичення, °С

$$t_{S1TC} = \frac{K_1 \cdot t'_\Gamma \cdot F_H + K_2 \cdot t'_8 \cdot F_0}{K_1 \cdot F_H + K_2 \cdot F_0} \dots$$

Швидкість газів у першому ряді, м/с

$$W_\Gamma = \frac{V'_\Gamma \cdot t'_\Gamma + 273}{f_\Gamma \cdot 273} \dots$$

$$W_\Gamma = \frac{1,85}{2,36} \cdot \frac{1250 + 273}{273} = 4,37.$$

Конвективний коефіцієнт тепловіддачі зі сторони газів у першому рядуі, Вт/(м²·К)

$$\alpha_{\Gamma}^{\text{к}} = 40,7 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,94 = 38,25,$$

де $\alpha_{\text{н}}^{\text{к}} = 40,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}); C_z = 1; C_s = 1,0; C_{\phi} = 0,94.$

Коефіцієнт тепловіддачі зі сторони газів, Вт/(м²·К)

$$\alpha_{\Gamma}^{\text{пп}} = \alpha_{\text{н}}^{\text{пп}} a;$$

$$\alpha_{\text{н}}^{\text{пп}} = 285;$$

$$\alpha_{\Gamma}^{\text{пп}} = 285 \cdot 0,125 = 35,6.$$

Сумарний коефіцієнт тепловіддачі зі сторони газів, Вт/(м²·К)

$$\alpha_{\Gamma} = 0,85 \cdot (38,25 + 35,6) = 62,8.$$

Коефіцієнт тепловіддачі зі сторони газів у першому рядуі, Вт/(м²·К)

$$K_1 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{\Gamma 1}} + \frac{\delta_{\text{СТ}}}{\lambda_{\text{СТ}}} + E},$$

$$K_1 = \frac{1}{\frac{1}{62,8} + \frac{0,0035}{45} + 0,01} = 38,5$$

Коефіцієнт теплопередачі від проміжного теплоносія до охолоджуємого теплоносія, Вт/(м²·К)

$$K_2 = K_0 = 1209.$$

Тоді

$$t_{S1} = \frac{38,5 \cdot 1250 \cdot 155,3 + 1209 \cdot 158,84 \cdot 47,04}{38,5 \cdot 155,3 + 1209 \cdot 47,04} = 263,8.$$

Тепловий потік переданий першим термосифоном, Вт

$$Q_{TC1} = K_1 \cdot (t'_\Gamma - t_{S1}) F_{TC} = K_1 \cdot (t'_\Gamma - t_{S1}) \cdot \pi \cdot d_H \cdot l_H;$$

$$Q_{TC1} = 38,5 \cdot (1250 - 263,8) \cdot 3,14 \cdot 0,057 \cdot 1,5 = 10193$$

Осьова щільність теплового потоку в першому ряді, Вт/(м²·К)

$$q_{S1} = \frac{Q_{TC1} \cdot 4}{\pi \cdot d_{BH}^2};$$

$$q_{S1} = \frac{10193 \cdot 4}{3,14 \cdot 0,05^2} = 5,2 \cdot 10^6.$$

Порівнюємо q_{S1} і q_{S1}^{KP} :

$$5,2 \cdot 10^6 \frac{Вт}{м^2 К} < 2,9 \cdot 10^7 \frac{Вт}{м^2 К}.$$

Відповідно перерахунок не потрібен, так як осьова щільність теплового потоку нижча за максимально допустиму, при перевищенні якої настає криза осьового теплопереносу.

2.5 Гідравлічний розрахунок

Задачами розрахунку природної циркуляції можуть бути вибір оптимальної компоновки контурів котельного агрегату, перевірка надійності випарних поверхонь нагрівання та розробка заходів для підвищення їхньої надійності.

Розрахунком природної циркуляції визначаються швидкості води, кратності циркуляції та корисні напори в контурах, запаси надійності по застою, умови руху в опускних трубах, надійність при нестационарних режимах, а також інші показники, пов'язані з конструктивними особливостями поверхонь нагріву.

У зв'язку з різноманіттям конструкцій окремих циркуляційних контурів парових котельних агрегатів, їх параметрів, а деяких випадках, і взаємозв'язком контурів розрахунок циркуляції, як правило, повинен виконуватися для всіх контурів котельного агрегату. Для однотипних контурів допускається розрахунок лише тих контурів, які знаходяться в найгірших умовах по рівномірності та інтенсивності обігріву і конструктивним особливостям.

При виконанні розрахунку складаються таблиці конструктивних даних елементів циркуляційних контурів котельного агрегату та їх теплосприймачь.

Для всіх підйомних, опускних, рециркуляційних, водо- та пароперепускних труб по кресленням визначаються наступні величини:

- кількість труб та колекторів та їхні внутрішні діаметри;
- довжини та висоти труб з розділенням труб на ділянки (в тому числі і висота перевищення над рівнем води);
- кути нахилу ділянок підйомних труб, по відношенню до горизонталі;
- місцеві опори;
- конструктивні характеристики сепараційних установок, опір яких впливає на умови циркуляції.

Висота підйомних труб виведених у водяний об'єм барабана або колектор, визначають як різницю відміток їх вводу і виводу.

Висота підйомних труб, що виходять в паровий простір барабану, визначається від місця виходу з нижнього колектора (або барабана) до рівня води в барабані; висота перевищення - води в барабані до найвищої відмітки труби; при наявності верхніх декількох барабанів вона визначається від барабана, до якого приєднані опускні труби контуру.

Висота контуру дорівнює сумі висот послідовних підйомних елементів.

Повна довжина підйомних труб включає в себе і ділянки, розміщені вище осі барабану.

Визначення корисних напорів підйомних елементів та гідравлічних опорів опускної системи контуру виконується при декількох (зазвичай трьох) попередньо прийнятих витратах води, яка циркулює в ньому.

Кількість води, яка проходить по опускним трубам простих контурів дорівнює кількості води, яка приймається при розрахунку корисних напорів підйомних труб.

Витрата води в підйомних трубах розраховується, кг/год

$$G = 3,6 \cdot \rho' \cdot F \cdot W_B,$$

де ρ' - густина води на лінії насичення, кг/м³;

F - переріз елемента (труби), м²;

W_B - швидкість циркуляції (попередньо прийнята), м/с.

Для розрахунку рухомих опорів підйомних труб згідно з значеннями швидкостей циркуляції й приведеними швидкостями пари для всіх ділянок розраховуються швидкості суміші, м/с

$$W_{\text{сум}} = W_{\text{В}} \cdot \left(1 + \chi \left(\frac{\rho'}{\rho''} - 1 \right) \right),$$

Рухаючий напір кожного контуру розраховується окремо для кожного елемента або його ділянки. Для відвідного контуру, Па

$$S_{\text{відв}} = h_n \cdot \varphi_{\text{відв}} \cdot (\rho' - \rho''),$$

де $\varphi_{\text{відв}}$ - напірний паровміст визначається за допомогою номограм ,

h_n - висота паровмісної ділянки, яка розраховується, м.

Корисний напір в елементах паровідвідних труб визначається як різниця рухаючого напору та гідравлічного опору, Па

$$S_{\text{ВІДВ}}^{\text{КОР}} = S_{\text{відв}} - \Sigma \Delta P,$$

де $\Sigma \Delta P$ - сума місцевих опорів та втрат тиску на тертя, Па.

Розрахунок опорів опускних та рециркуляційних труб виконується для трьох значень витрат води, прийнятих для опускних та рециркуляційних труб. Опір опускних та рециркуляційних труб визначається як сума гідравлічного опору і зменшення маси стовпця середовища в цих трубах через занесення в них пари, Па

$$\Delta P_{\text{оп}} = \Delta P + \Delta S_{\text{нив}},$$

$$\Delta S_{\text{нив}} = \overline{\Phi_{\text{оп}}} (\rho' - \rho'') h_{\text{оп}},$$

$$\Delta P = \Sigma \xi (W_{\text{он}}^2 / 2g) \rho'.$$

Гідравлічна характеристика (рис. 2.4) простих циркуляційних контурів визначається шляхом сумування корисних напорів окремих

елементів для кожного з прийнятих значень витрат води. Дійсні витрати циркулюючої в контурах води та їхні корисні напори визначаються графічно за точкою перетину гідравлічних характеристик підйомної системи труб і загальних елементів опускної системи або паровідвідних труб.

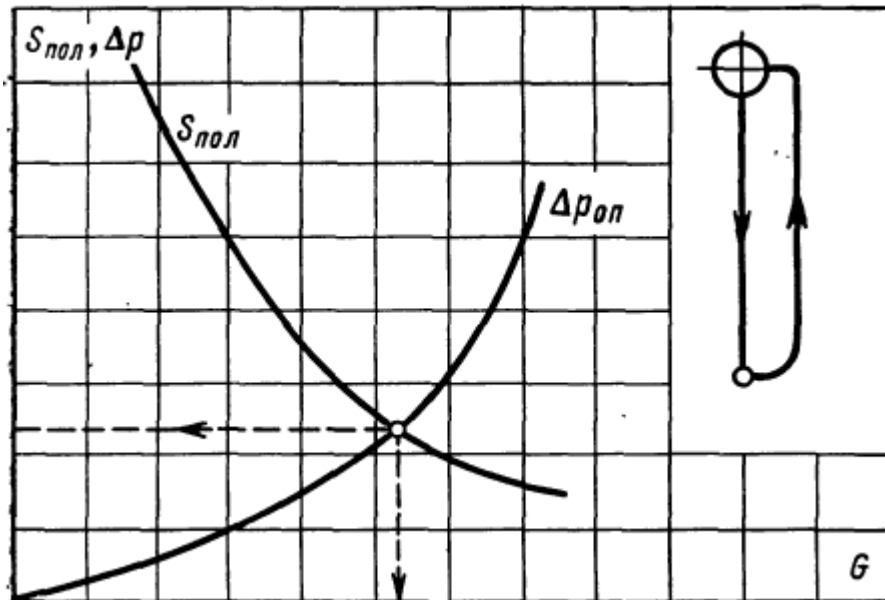


Рисунок 2.4 – Визначення умов циркуляції в простих контурах

Після визначення середніх витрат в окремих контурах та їх елементах слід перевірити правильність попередньо прийнятих в розрахунках величин:

- кратність циркуляції;
- числа опускних рядів в нагріваємих опускних пучках;
- витрат води та опорів, попередньо прийнятих при зведенні балансів в особливо складних контурах.

Кратність циркуляції в котлі

$$K = G_{оп} / D,$$

де $G_{оп}$ - витрати водив опускних трубах, кг/год;

D - паропродуктивність контурів, включених в барабан або його відсік, в який поступає живильна вода, кг/год.

2.6 Конструктивні характеристики котла

Вихідні дані для гідравлічного розрахунку одного контуру термосифонного котла-утилізатора наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Вихідні дані для гідравлічного розрахунку одного контуру термосифонного котла-утилізатора

Назва	Габарити труби, $d_{зов} \times S$, мм	Число труб n , шт	Площа перерізу, m^2		Довжина труб l , м	Висота труб h , м
			однієї труби, f	елемента, F		
Паровідвідна труба	219x6	2	0,03364	0,06728	9,38	3,2
Колектор	133x4	16	0,01227	0,14724	1,5	-
Паровідвідна труба от колектора ТС	57x3,5	96	0,001960	0,14112	0,2	0,2
Колектор верхній	133x4	12	0,01227	0,14724	6,423	-
Підйомна труба	89x3	588	0,00541	2,2722	0,5	0,5
Колектор нижній	133x4	12	0,01227	0,14724	6,763	-
Опускна труба	159x7	2	0,0165	0,033	11,38	3,3

Результати розрахунку коефіцієнтів опорів трубних елементів приведені в таблицю 2.2.

Таблиця 2.2 - Коефіцієнти опорів трубних елементів

Назва	Габарити труби $d_H \times S$, мм	Вхід, шт.	Повороти, шт.	Вихід, шт.	Коефіцієнт опору $\Sigma \xi$. Па/м ²
Паровідвідна труба	219x6	0,5	0,2x4=0,8	1,0	3,105
Колектор	133x4	-	-	-	0,21
Паровідвідна труба від коллектора ТС	57x3.5	0,5	-	1,1x2=2.2	2,784
Колектор верхній	133x4	-	-	-	0,889
Підйомна труба	89x3	-	-	-	0,11
Колектор нижній	133x4	-	-	-	0,947
Опускна труба	159x7	0,5	0.2x6=1,2	1,1	3,005

Коефіцієнт опору паровідвідної системи, що складається з паровідвідної труби $\varnothing 219 \times 6$, двох колекторів $\varnothing 133 \times 4$ та паровідвідної труби $\varnothing 57 \times 3.5$, Па/м²

$$Z_{\text{эл}} = \xi_1 + \left(\frac{F_1}{F_2}\right)^2 \cdot \xi_2 + \left(\frac{F_1}{F_3}\right)^2 \cdot \xi_3 + \left(\frac{F_1}{F_4}\right)^2 \cdot \xi_4,$$

$$Z_{\text{эл}} = 3,105 + \left(\frac{0,06728}{0,14724}\right)^2 \cdot 0,21 + \left(\frac{0,06728}{0,14112}\right)^2 \cdot 2,784 + \\ + \left(\frac{0,06728}{0,14724}\right)^2 \cdot 0,889 = 3,967.$$

Коефіцієнт місцевих опорів паровідвідної системи, що відходить до труби $\varnothing 219 \times 6$, Па/м²

$$Z_{\text{м}} = 2,3 + \left(\frac{0,06728}{0,14112}\right)^2 \cdot 2,7 = 2,913.$$

Коефіцієнт опору тертя паровідвідної системи, що відходить до труби $\varnothing 219 \times 6$, Па/м²

$$Z_{\text{тр}} = Z_{\text{эл}} - Z_{\text{м}}, \\ Z_{\text{тр}} = 3,967 - 2,913 = 1,054.$$

Коефіцієнт опору опускної системи, що складається з опускної труби $\varnothing 159 \times 7$ та колектора $\varnothing 133 \times 4$, віднесеного до труби $\varnothing 159 \times 7$, Па/м²

$$Z_{\text{тр}} = 3,005 + \left(\frac{0,033}{0,14724}\right)^2 \cdot 0,947 = 3,053.$$

На основі отриманих значень приведених коефіцієнтів опору розраховані перепади тисків в паровідвідних та опускних трубах, значення яких приведені в таблицях 2.3 та 2.4 відповідно.

Таблиця 2.3 – Перепади тисків в паровідвідних трубах Ø219×6

Назва	Величина	Од. виміру	Формула					
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Швидкість циркуляції у відвідних трубах	W_0	м/с	приймаємо	0,1	0,3	0,6	0,8	1,0
Витрати води	G	т/год	$3,6 \cdot \rho' \cdot F \cdot W_0$	22	66	132	176	220
Витрати пари	D	т/год		4,2				
Масовий паровміст	χ		$\chi = D/G$	0,19	0,064	0,032	0,024	0,019
Швидкість суміші	$W_{\text{сум}}$	м/с	$W_0(1 + \chi(\frac{\rho'}{\rho''} - 1))$	5,53	5,78	6,09	6,29	6,43
Приведена швидкість пари	W''		$D/(3,6 \cdot F \cdot \rho'')$	5,47				
Напірний паровміст	$\varphi_{\text{відв}}$		$C \cdot k_a \cdot \beta$	1				
Густина пари	γ''	кг/м ³		3,168				
Рухомий напір відвідних труб	$S_{\text{відв}}$	Па/м ²	$h_n \cdot \varphi_{\text{відв}} \cdot (\rho' - \rho'')$	2897,4				

Продовження табл. 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Об'ємний паровміст	β	м/с	$W_0''/W_{\text{сум}}$	0,989	0,946	0,898	0,87	0,851
Швидкісний напір на вході	W		$W_0^2 \cdot \rho'/(2g)$	0,463	4,168	16,672	29,64	46,31
Коефіцієнт для розрахунку втрат на тертя	Ψ			1,5				
Втрата тиску в місцевих опорах	ΔP_M	Па/м ²	$\xi_M(1+x(\rho'/\rho''-1))W$	58,9	184,9	389,04	535,8	684,9
Втрата тиску від тертя	$\Delta P_{\text{тер}}$	Па/м ²	$\lambda_0 l(1+\psi x_{\text{ср}}(\rho'/\rho''-1))W$	28,63	88,91	184,06	250,94	317,66
Сумарна втрата тиску	$\Sigma \Delta P$	Па/м ²	$\Delta P_M + \Delta P_{\text{тр}}$	87,53	273,81	573,1	786,74	1002,56
Корисний напір відвідних труб	$S_{\text{відв}}^{\text{кор}}$	Па/м ²	$S_{\text{відв}} - \Sigma \Delta P$	2809,87	2623,59	2324,3	2107,66	1894,84

Таблиця 2.4 - Розрахунок перепадів тиску в опускних трубах $\varnothing 159 \times 7$

Назва	Величина	Од. виміру	Формула			
Швидкість води в опускних трубах	$W_{оп}$	м/с	приймаємо	0,5	1,0	2,0
Витрати води	G	т/год	$3,6 \cdot \rho \cdot F \cdot W_{он}$	53,97	107	214
Швидкісний напір	W		$W_0^2 \cdot \rho' / (2g)$	11,6	46,31	185,24
Гідравлічний опір опускних труб	ΔP	Па/м ²	$\Sigma \xi (W_{он}^2 / 2g) \rho'$	34,86	139,16	556,65
Сумарний коефіцієнт опору	з табл.2.3		3,005			
Опір опускних труб з врахуванням зменшення маси стовпця рідини через заноси в них пари	$\Delta P_{оп}$	Па/м ²	$\Delta P + \Delta S_{нив} \cdot \varphi_{он} = 0,2$ $\Delta S_{нив} = \overline{\varphi_{он}} (\rho' - \rho'') h_{он} = 597,59$	632,45	736,75	1154,24

Кратність циркуляції

$$K = \frac{G_{on}}{D},$$

$$K = 293/4,2 = 69,8,$$

що задовольняє умові надійності природної циркуляції в котлах-утилізаторах даного класу [3].

Таким чином, прийняті раніше в проекті конструктивні характеристики слід вважати задовільними.

2.7 Аеродинамічний розрахунок

Аеродинамічний розрахунок проводиться для визначених перепадів тисків при течії потоку теплоносія через теплообмінний пучок. За результатами цього розрахунку вибирають нагнітачі для забезпечення заданої швидкості потоку.

Критерий Эйлера

$$Eu = A \cdot z \cdot Cz \cdot Cs \left(\frac{l_0}{d_3} \right)^{0.3} Re^n,$$

де для коридорних пучків $A=0,26$, $n=-0,08$,

$$Cs = \left(\frac{S_2 - d}{S_1 - d} \right)^{0.68},$$

$$Cs = \left(\frac{0,12 - 0,057}{0,2 - 0,057} \right)^{0.68} = 0,57.$$

Критерій Рейнольдса

$$\text{Re} = \frac{W \cdot l_0}{\nu},$$

$$\text{Re} = \frac{3,27 \cdot 0,057}{142,15 \cdot 10^{-6}} = 1311,2,$$

де $\nu = 142,15 \cdot 10^{-6}$ при $t_r = 850^\circ\text{C}$.

Еквівалентний діаметр, м

$$d_{\text{екв}} = \frac{4F}{P} = \frac{4l_{\text{H}}(S_1 - d)}{2(l_{\text{H}} + (S_1 - d))},$$

$$d_{\text{екв}} = \frac{4 \cdot 1,5(0,2 - 0,057)}{2(1,5 + (0,2 - 0,057))} = 0,26.$$

Тоді

$$Eu = 0,26 \cdot 49 \cdot 1 \cdot 0,57 \left(\frac{0,057}{0,26} \right)^{0,3} 1311,2^{-0,08} = 2,59.$$

Аеродинамічний опір пучка, Па

$$\Delta P = Eu \cdot \rho_r \cdot W^2,$$

$$\Delta P = 2,59 \cdot 1,295 \cdot 3,27^2 = 58,71.$$

Так як аеродинамічний опір пучка незначний, то для даного котла-утилізатора димосос не встановлюється.

3 КВП ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ

Застосування автоматизованого управління дає значні переваги: підвищує безперебійність, чіткість і надійність роботи, оскільки автоматична апаратура швидко реагує на зміну режиму роботи; знижує експлуатаційні витрати внаслідок зменшення числа обслуговуючого персоналу, а також витрат на опалення та освітлення приміщень; знижує будівельну вартість, оскільки обладнання концентрується на меншій площі, і відпадає необхідність у пристрої побутових і допоміжних приміщень; збільшує термін служби обладнання і приладів завдяки своєчасному виключенню з роботи агрегатів при виникненні неполадок в їх роботі; виключає участь персоналу в технологічних операціях, що протікають в антисанітарних умовах.

3.1 Обґрунтування необхідності контролю, регулювання і сигналізації технологічних параметрів

Регулювання живлення котельних агрегатів і регулювання тиску в барабані котла-утилізатора головним чином зводиться до підтримки матеріального балансу між відведенням пари і подачею води. Параметром, що характеризує баланс, є рівень води в барабані котла. Надійність роботи котельного агрегату багато в чому визначається якістю регулювання рівня. При підвищенні тиску, зниження рівня нижче за допустимі межі, може привести до порушення циркуляції в трубах випарних пакетів, внаслідок чого станеться підвищення температури стінок труб, що обігріваються, і їх перегрів.

Підвищення рівня також веде до аварійних наслідків, оскільки можливий закид води в пароперегрівач, що викличе вихід його з ладу. У зв'язку з цим, до точності підтримки заданого рівня пред'являються дуже високі вимоги. Якість регулювання живлення також визначається рівністю подачі живильної води. Необхідно забезпечити рівномірне живлення котла

водою, оскільки часті і глибокі зміни витрати живильної води можуть викликати значну температурну напругу в металі економайзера.

Барабанам котла-утилізатора з примусовою циркуляцією властива значна акумулююча здатність, яка виявляється в перехідних режимах. Якщо в стаціонарному режимі положення рівня води в барабані котла визначається станом матеріального балансу, то в перехідних режимах на положення рівня впливає велика кількість обурень. Основними з них є зміна витрати живильної води, зміна пароз'єму котла при зміні навантаження споживача, зміна паровиробництва при зміні температури в газоходах, зміна температури живильної води (рис. 3.1, рис.3.2).

Рисунок 3.1 - Положення рівня води в барабані котла-утилізатора при зниженні рівня нижче за допустимі межі

Рисунок 3.2 - Положення рівня води в барабані котла-утилізатора при підвищенні рівня вище за допустимі межі

Система автоматичного регулювання розрядки в газоходах котла зроблена для підтримки постійності розрядки. За відсутності розрядки димові гази підуть в приміщення цеху, що робить неможливою роботу обслуговуючого персоналу.

У живильній воді є розчинені солі, допустима кількість яких визначається нормами. В процесі паротворення ці солі залишаються в котельній воді і поступово накопичуються. Деякі солі утворюють шлам – тверду речовину, що кристалізується в котельній воді. Важча частина шламу скупчується в нижніх частинах барабана і колекторів.

Підвищення концентрації солей в котельній воді вище за допустимі величини може привести до віднесення їх в пароперегрівач. Тому солі, що скупчилися в котельній воді, віддаляються безперервним продуванням, яке в даному випадку автоматично не регулюється. Розрахункове значення продування парогенераторів при сталому режимі визначається з рівнянь балансу домішок до води в парогенераторі. Таким чином, доля продування залежить від відношення концентрації домішок у воді продувальній і живильній. Чим краще якість живильної води і вище допустима концентрація домішок у воді, тим доля продування менша. А концентрація домішок у свою чергу залежить від долі додаткової води, в яку входить, зокрема, доля продувальної води, що втрачається.

Сигналізація параметрів і захисту, що діють на зупинку котла, фізично необхідні, оскільки оператор або машиніст котла не в силах устежити за всіма параметрами функціонуючого котла. Внаслідок цього може виникнути аварійна ситуація. Наприклад, при втраті води з барабана, рівень води в ньому знижується, внаслідок цього може бути порушена циркуляція і викликаний ним перегрів труб випарних пакетів. Захист, що спрацював без зволікання, запобіжить виходу з ладу парогенератора. Надійність захисту значною мірою визначається кількістю, схемою включення і надійністю використовуваних в ній приладів. По своїй дії

захисту підрозділяються на: такі що діють на зупинку парогенератора; зниження навантаження парогенератора; такі що виконують локальні операції.

Система призначена для автоматизованого управління технологічним процесом вироблення перегрітої пари в котлі-утилізаторі за тунельної піччю.

Для створення умов надійної роботи котла-утилізатора необхідно забезпечити підтримку параметрів котла на певному рівні.

Функції по управлінню технологічним процесом, який підлягає автоматизації, наступні:

— контроль технологічних параметрів, їх оцінка і сигналізація виходу параметрів за встановлені межі;

— при підвищенні рівня води в барабані котла на 100 мм вище середнього включається звуковий і світловий сигнали табло «високий рівень»;

— при пониженні рівня води в барабані котла на 100 мм нижче середнього включається звуковий і світловий сигнали табло «низький рівень»;

— при зменшенні витрати циркуляційної води до 80 м³/час включається звуковий і світловий сигнали табло «порушення циркуляції»;

— при пониженні тиску в живильних магістралях нижче 1,8 МПа включається звуковий сигнал і включається резервний живильний насос;

— при відхиленні температури (пара, до і після котла) від заданого значення включається світловий сигнал;

— визначення параметрів теплового режиму і температурного режиму котла-утилізатора в різні моменти в тунельної печі, необхідних для здобуття перегрітої пари заданої температури;

— стабілізація параметрів теплового режиму за рахунок подачі природного газу в газорегулювальні пристрої, які розташовані на газоході котла-утилізатора;

- формування, зберігання на зовнішніх носіях і протоколювання по виклику оператора історії зміни параметрів теплового режиму, температурного режиму, а також зміни рівня води в барабані котла;
- інформаційне обслуговування операторів технологічних постів;
- розрахунок техніко-економічних показників роботи котла-утилізатора за рахунок економії палива, в тунельної печі;
- облік роботи системи автоматизації і видача повідомлень в разі відмови технічних засобів автоматизації.

Метою створення системи є:

- поліпшення управління технологічним процесом вироблення перегрітої пари за рахунок надання оперативному персоналу повного об'єму обробленої інформації про хід і результати роботи об'єкту;
- здобуття пари заданих параметрів за рахунок зменшення відхилення температури димових газів;
- скорочення витрати палива, використовуваного в тунельної печі, за рахунок вироблення перегрітої пари.

3.2 Вибір і обґрунтування функціональної схеми контролю і управління

Функціональна схема систем автоматизації технологічних процесів є основним технічним документом, що визначає структуру і характер систем автоматизації технологічних процесів, а також оснащення їх приладами і засобами автоматизації.

Розглянувши і проаналізувавши роботу котла-утилізатора, були вибрані схеми контролю і регулювання:

- враховуючи велику інерційність барабана котла, як об'єкту регулювання рівня, для забезпечення стійкої роботи системи регулювання живлення котла-утилізатора здійснюється трьохімпульсною схемою, регулюючим клапаном на лінії подачі живильної води. Система регулювання

складається із зрівняльної судини (11а), вимірювального перетворювача різниці тиску (11б) і сигналізуючого регулюючого пристрою Диск-250 м (11в). При відхиленні рівня води в барабані котла від заданого сигнали від перетворювачів різниці тиску витрати води і пари (8б,9б) поступають до регулятора (11г). З регулювальника сигнал поступає на вхід безконтактного пускача (11е) і через ключ 2SA1 подається на електричний двигун виконавчого механізму (11ж). При такому трьохімпульсному регулюванні стійко підтримується постійний рівень в барабані незалежно від навантаження котла і продуктивності печі;

— витрата циркуляційної води. Система контролю виконується на базі вимірювального перетворювача різниці тиску (10б), який працює в комплексі з блоком живлення і вторинним пристроєм Диск-250 м (10в);

— тиск в живильних магістралях. Система контролю виконана на базі манометра електроконтактного (12а);

— тиск перегрітої пари. Система контролю виконана на базі перетворювача тиску (3а);

— температура перегрітої пари. Вона складається з перетворювача термоелектричного (1а), потенціометра того, що автоматично сигналізує (1б);

— розрідження до і після котла. Система контролю виконана на базі тягомірів (6а,7а). Імпульси узяті від датчиків, встановлених відповідно перед передвключеною секцією в I-ому газоході котла і в II-ому газоході котла.

3.3 Захист і сигналізація

Для забезпечення безпечної експлуатації котлоагрегату передбачена система автоматичного припинення подачі димових газів, при відхиленні наступних параметрів від гранично допустимих значень :

- витрати води нижче мінімально допустимого;
- тиску води на виході з котла нижче мінімально допустимого;

- тиску повітря нижче допустимого;
- температури води на виході з котла вище від допустимої;
- зупинки димососа або дутьєвого вентилятора. Спрацювання захисту по одному з перерахованих параметрів супроводжується звуковою та світловою сигналізацією.

В результаті роботи над проектом було проведено аналіз котельні установки, як об'єкта автоматизації. Обрана найбільш підходяща концепція розробки системи управління.

Реалізована логічна модель, графіки функціонування якої підтверджують правильність обраних керівників алгоритмів.

Проведено підбір необхідних для реалізації системи апаратних засобів і розроблений принцип функціонування управління.

Таким чином впровадження системи управління дозволить підвищити ефективність функціонування комплексу гідроочищення за рахунок оптимального режиму роботи компресорної установки, підвищення продуктивності обладнання і оперативності управління технологічним процесом, зниження споживання енергоресурсів, а також знизити аварійність і збільшити термін служби устаткування, зменшити вплив людського фактора у виробничому процесі і, одночасно, підвищити культуру виробництва.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці розглядається як одне з найважливіших соціально-економічних, санітарно-гігієнічних і економічних заходів, спрямованих на забезпечення безпечних і здорових умов праці робітників у процесі виробництва цегли. Охорона здоров'я робітників і службовців у процесі виконання трудових обов'язків закріплена в кодексі про працю, безпосередньо направленою на створення безпечних і здорових умов праці. Крім того, розроблені і введені в дію численні правила техніки безпеки, санітарії, норми і правила, дотримання яких забезпечує безпеку праці.

4.1 Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів

При виробництві цегли в цеху формовки, сушки, випалення присутні шкідливі та небезпечні фактори, характеристика яких наведена в таблиці 3.1.

Підвищення рівня шуму надає шкідливий вплив на організм людини. Контроль шумового впливу на виробництві здійснюється відповідно до [33] та [34].

Виробниче обладнання цеху повинно відповідати вимогам [35]. Виробниче обладнання повинно відповідати вимогам безпеки протягом всього терміну служби. Рухомі (оберткові) частини виробничого обладнання, що є джерелами небезпеки повинні бути огорожені сітчастими або суцільними металевими огороженнями відповідно [36]

Експлуатація обладнання при знятих або неправильно встановлених огорожах забороняється [37]. При застосуванні сітчастої огорожі повинні дотримуватися зазначені відстані від небезпечного місця до огорожі (Правила ТБ і ПС в ПСМ, частина I).

Таблиця 4.1 - Оцінка ступеня небезпеки технологічного процесу.

Найменування цеху	Найменування устаткування, тип, марка	Перелік токсичних, вибухопечних речовин	Шкідливі і небезпечні фактори
Цех високоглиноземистих виробів	Стрічковий вакуумний прес	Відсутні	Шум, електричний струм, напруга, рухомі частини обладнання
	Тунельна сушарка	CO, NO ₂ , пил	Шум, підвищена температура повітря робочої зони, електричний струм, рухомі частини обладнання, внутрішній заводський транспорт, нагріті стінки технологічного обладнання, вибухопечні речовини
	Тунельна піч	CO, NO ₂ , CH ₄	

В цеху виробничий процес на ділянках сушіння і випалу робить негативний вплив на якість повітря за рахунок надходження теплових надлишків.

4.2 Заходи з поліпшення умов праці

До виконання робіт випалювача допускаються особи чоловічої статі, які досягли 18 років, що пройшли медичний огляд і не мають протипоказань, навчені за фахом «обпалювальник на печах», атестовані кваліфікаційною комісією, мають посвідчення за професією, пройшли вступний інструктаж, інструктаж на робочому місці, атестовані на 2-у групу по електробезпеці.

Експлуатація тунельної печі повинна здійснюватися у відповідність до вимог технічної документації, технологічних інструкцій та інструкцій з охорони праці.

Таблиця 4.2 – Карта умов праці

Чинники виробничого середовища і трудового процесу	Нормативне значення	Фактичне значення	III клас: шкідливі і небезпечні умови			Тривалість дії чинників за зміну %
			I ступінь	II ступінь	III ступінь	
1. Шкідливі хімічні речовини, мг/м ³	-	-	-	-	-	-
2й клас безпеки	20,0	2,6	-	-	-	90,8
3й клас безпеки (вуглецю оксид)	6,0	7,2	1,2	-	-	15,0
2. Пил, переважно фіброгенної дії, мг/м ³	90	37	-	-	-	20,83
3. Вібрація (загальна і локальна), дБ	80	40	-	-	-	100
4. Шум, дБА						
7. Теплове випромінювання (облучаєма поверхня тіла 50 и більше %), Вт/м ²	35	30	-	-	-	25
Мікроклімат - температура повітря	18-23	33	-	6	-	55,0
- підвищений рух повітря	0,2-0,4	0,18	-	-	-	90,8
- відносна вологість повітря	40-55	41	-	-	-	90,8

Основна робота випалювача полягає в якісному веденні процесу випалу виробів і безаварійним обслуговуванні печі. Спостереження за випалюванням у печі необхідно вести тільки в захисних окулярах на відстані

не менше 0,5 м від оглядових вікон. Не допускати присутності сторонніх осіб на робочих майданчиках, зведенні і в контрольному коридорі. При роботі лебідкою бути уважним, стежити за справністю і правильним укладанням троса, надійним кріпленням крюка. Не проходити між грубними вагонами, що стоять один від одного не менше 0,6 м.

Для забезпечення стабільного режиму роботи тунельної печі та створення нормальних умов служби вагонетки парку повинні виконуватися такі вимоги:

— пісочний затвор по всій довжині зони підігріву повинен засипатися чистим меленим шамотом, згідно з установленим графіком; відкривати кришки пісочних затворів обережно, металевим гачком, перебуваючи з боку від затвора;

— необхідно стежити і забезпечувати справний стан і щільність вхідних і вихідних шиберів пічного і підподового каналів.

Під час прогонки стежити за справністю звукової та світлової сигналізації між сушив і піччю.

Виробниче обладнання цеху повинно відповідати вимогам [35]. Виробниче обладнання повинно відповідати вимогам безпеки протягом усього терміну служби. Рухомі (оберткові) частини виробничого обладнання, що є джерелами небезпеки, повинні бути огорожені.

4.3 Виробнича санітарія

Заходи з виробничої санітарії забезпечують раціональне влаштування і використання систем опалення, освітлення і вентиляції.

Якщо є шкідливі і небезпечні чинники то необхідні засоби індивідуального або загального захисту людей.

Для індивідуального захисту органів дихання працюючих необхідно постійне використання засобів захисту. Органи дихання добре захищаються респіраторами ШБ-1 «Лепесток». Їх фільтруюча тканина, виготовлена з дуже

тонких волокон перхлорвініла, затримує 99,9% дрібнодисперсного пилу. Носіння респіратора протягом усього робочого часу обов'язково. Для всіх працюючих, передбачено щоденне лікувально-спецодяг та спецвзуття.

Вентиляція, пилопригнітання.

Системи вентиляції та місцевих відсмоктувачів повинні задовольняти вимогам [38].

При розвантаженні залізничних вагонів з курними матеріалами повинні бути передбачені заходи, що запобігають запилення території.

У всіх виробничих приміщеннях, де можливі виділення пожежонебезпечних або токсичних речовин, під час виробничого процесу припливно-витяжна вентиляція повинна працювати постійно і забезпечувати зниження вмісту шкідливих речовин у цих приміщеннях до ГДК згідно санітарно-гігієнічним вимогам до повітря робочої зони.

При виконанні технологічних процесів повинна забезпечуватися робота всіх аспіраційних установок, передбачених проектом.

На ділянках, де робітники зазнають інтенсивного впливу тепла (при роботі у топках, завантаження та вивантаження печей тощо), повинні застосовуватися душируючі установки, екрани та інші пристрої для захисту від теплових випромінювань відповідно до чинних норм.

Швидкості подачі повітря в приміщення з джерелами пиловиділення повинні відповідати вимогам [39].

Очищення повітропроводів місцевої витяжної вентиляції (аспірації) повинна проводитися за графіком, затвердженим головним інженером підприємства. Для зменшення пилеосадження в повітропроводах аспіраційних систем слід проводити прокладку їх по можливості з нахилом не менше 45⁰С.

На ділянках аспіраційних повітропроводів, що мають кут нахилу до горизонталі менш кута природного укосу осілого пилу і в інших місцях можливого засмічення повітропроводів слід встановлювати герметичні лючки для очищення.

Ремонт та очищення вентиляційних пристроїв у цехах, переробних, що пилять, повинні здійснюватися з використанням засобів захисту органів дихання.

Аналіз повітря на запиленість і загазованість повинен проводитися за графіком, затвердженим головним інженером заводу, не рідше двох разів на тиждень на динасових заводах і одного разу на тиждень на інших заводах. Місця забору повітря повинні бути узгоджені з санітарної та технічної інспекціями праці профспілки.

Для локалізації пилевиділення необхідно передбачати:

- герметизацію і аспірацію устаткування;
- зволоження переробляються, допустиме технологічними нормами;
- відсмоктування повітря з бункерів і установку на люках бункерів щільних кришок;
- розвантаження бункерів при заповненні конусної частини їх більш ніж на одну третину;
- прибирання приміщень мокрою (вологою) або пиłosосами.

Шліфування й різання виробів на верстатах без пристрою пиловідсмоктуючих вентиляційних установок не допускається.

Склади для зберігання матеріалів (чистих оксидів) повинні відповідати вимогам санітарних норм і бути обладнані необхідною вентиляцією і камерами для перетарювання матеріалів.

Тунельна піч повинна бути обладнана газопилеуловлюючими установками.

Вміст шкідливих речовин у викидах при виробничих процесах не повинно викликати збільшення концентрацій шкідливих речовин в атмосферному повітрі населених пунктів і у водоймах санітарно-побутового водокористування вище гранично допустимих величин, встановлених «Санітарними нормами».

Контроль температури повітря в цеху здійснюється згідно [39], який

встановлює оптимальні та допустимі мікрокліматичні умови залежно від характеру виробничих приміщень, пори року і категорії виконуваної роботи.

Таблиця 4.3 - Оптимальні і допустимі норми температури, відносної вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень для холодного і перехідного періодів року для робіт середньої важкості Па.

Температура повітря, °С		Відносна вологість, %		Швидкість руху повітря, м/с, не більше	
оптимальна	допустима	оптимальна	допустима	оптимальна	допустима
18-20	17-23	60-40	75	0,2	0,3

Для забезпечення нормальних метеорологічних умов на ділянці формування, сушіння і випалу передбачена теплоізоляція стінок обладнання та встановлення вентиляційної системи.

Освітлення.

Природне і штучне освітлення на підприємства в проектованому заводі на ділянці формування, сушіння і випалу повинно відповідати вимогам [40].

При освітленні виробничих приміщень використовується природне освітлення, штучне і суміщене, при якому природне доповнюється штучним освітленням. У виробничих приміщеннях природне освітлення бічне, одностороннє. Штучне освітлення здійснюється газорозрядними лампами і лампами розжарювання. Також передбачено аварійне і евакуаційне освітлення.

Аварійне освітлення роблять для продовження роботи в тих випадках, коли раптове відключення робочого освітлення не дозволяє нормально обслуговувати устаткування. Якнайменша освітленість робочих поверхонь, що вимагають обслуговування при аварійному режимі, повинна складати 5% від загальної освітленості, але не менше 2 лк всередині будівлі і не менше 1 лк на території. Для аварійного і евакуаційного освітлення застосовують лампи розжарювання.

Евакуаційне освітлення передбачається для евакуації людей з приміщення при аварійному відключенні робочого освітлення, в місцях небезпечних для проходу людей: на сходових клітках, уздовж основних проходів приміщень, біля щитів управління.

Евакуаційне освітлення повинне забезпечувати якнайменшу освітленість в приміщеннях на підлозі основних проходах і на рівнях не менше 0,5 лк, а на відкритих територіях – не менше 0,2 лк. Вхідні двері повинні бути відзначені світловими сигналами-показчиками.

За неробочого часу, співпадаючого з темним часом доби необхідно забезпечити охоронне освітлення. За відсутності спеціальних технічних засобів охорони воно повинне складати 0,5 лк.

4.4 Електробезпека

Ураження електричним струмом відбувається при зіткненні людини з струмоведучими частинами. Небезпека ураження електричним струмом залежить від сили струму, напруги і електроопору людини. Небезпечним напругою для людини є 40 вольт і вище залежно від навколишнього середовища. Електричний струм силою 0,05 ампер вважається небезпечним для життя людини.

В цеху для обпалення цеглі знаходяться електроспоживачі на напругу 380/220В, що живляться від мережі з глухозаземленої нейтраллю (вакуумній прес, автоматика не піч, димососи, вентилятори горілок, витратоміри повітря, регулятори заслінок і т.д.).

Для місцевого освітлення застосовувати переносні світильники з напругою не більше 36 вольт. Виконувати роботу відповідно до кваліфікаційною групою з електробезпеки. При ремонті устаткування необхідно відключити електродвигуни від системи енергопостачання. Відключення провадиться електротехнічним персоналом (черговий

електромонтер) мають відповідні кваліфікаційну групу з електробезпеки. Вивісити попереджувальні плакати.

З електробезпеки цех у відповідності з вимогами ПУЕ відноситься до категорії з підвищеною небезпекою (2 клас).

Для захисту людей від ураження електричним струмом виробниче обладнання повинно задовольняти наступним вимоги:

— струмопровідні частини виробничого обладнання є джерелом небезпеки повинні бути надійно ізольовані або розташовані в недоступних для людей місцях;

— металеві частини виробничого обладнання, які внаслідок пошкодження ізоляції струмоведучих частин можуть опинитися під напругою небезпечної величини, повинні бути заземлені (занулені) згідно правил.

Розміщення виробничого обладнання у виробничих приміщеннях не повинно становити небезпеки для персоналу та повинна відповідати діючим нормам технічного проектування БНіП.

4.5 Пожежна безпека

Категорія приміщення котельні Д

Номенклатура засобів пожежогасіння в цехах повинна визначатися за Правилами пожежної безпеки в Україні, виходячи з категорії виробництва за пожежо - та вибухонебезпечності .

Первинні засоби пожежогасіння, що розміщуються на об'єкті, або обладнанні, повинні відповідати вимогам стандартів або технічних умов відповідно до вимог «Пожежна техніка для захисту об'єктів. Основні види. Розміщення і обслуговування» [41].

Виробничі приміщення, в яких розташовані вибухо- і пожежонебезпечні виробництва, а також приміщення складів, де зберігаються вибухонебезпечні, вибухопожежонебезпечні та

пожежонебезпечні речовини повинні бути обладнані автоматичними засобами пожежогасіння та пожежною сигналізацією.

У вибухо- та пожежонебезпечних приміщеннях забороняється палити, а також застосовувати відкритий вогонь, про що на зовнішніх дверях зазначених приміщень і всередині них на видних місцях повинні бути вивішені заборонні знаки безпеки, що відповідають вимогам [42].

Вогнезахисна обробка дерев'яних конструкцій будинків повинна проводитися через кожні 3 роки.

При перетині протипожежних перешкод різними комунікаціями зазори між ними та будівельними конструкціями на всю їх товщину повинні бути закладені негорючими матеріалами і не мати нещільностей, через які можуть проникати продукти горіння.

Всі транспортерні галереї повинні бути обладнані автоматичною пожежною сигналізацією та засобами пожежогасіння.

Знову споруджувані і ті, що реконструюються транспортні галереї повинні обладнуватися автоматичними системами пожежогасіння.

У виробничих приміщеннях, в яких вентиляційні пристрої транспортують горючі і вибухонебезпечні речовини, всі металеві повітропроводи, фільтри та інше обладнання витяжних установок повинні бути заземлені.

Застосовувати відкритий вогонь і курити в приміщеннях витратних ємностей, насосних і компресорних станцій, а також відігрівати відкритим вогнем труби, арматуру і резервуари мазутного господарства забороняється.

У приміщеннях пультів та постів управління в якості засобів пожежогасіння повинні застосовуватися вуглекислотні та порошкові вогнегасники.

Для гасіння тліючого вугільного пилу до бункерів приміщень сушильних установок вугілля повинен бути передбачений підвід насиченої пари або вуглекислоти.

Порядок і строки проходження протипожежного інструктажу та знань з пожежотехнічного мінімуму встановлюються наказом головного інженера підприємства.

В якості палива при роботі печі для випалювання цегли використовується природний газ, який вважається пожежо-вибухонебезпечною речовиною (головним складником природного газу є метан CH_4). Продукти горіння природного газу (димові гази CO та NO_2) шкідливі речовини. Природний газ - газ без кольору і запаху, майже в два рази легше повітря, є паливим і вибухонебезпечним, коефіцієнт участі у вибуху 0,5, отруйний газ, горючий легкозаймистий, горить блакитним полум'ям, легший за повітря.

4.6 Вибір і розрахунок системи вентиляції

Рівні небезпечних і шкідливих виробничих факторів у виробничих приміщеннях і на робочих місцях не повинні перевищувати величин, що визначаються нормами, зазначених у [39].

Для вибору системи вентиляції розраховуємо обсяг повітря, що видаляється і визначаємо кратність повітрообміну.

Обсяг повітря, що видаляється, $\text{м}^3/\text{год}$

$$L_{\text{уд}}^{\text{об}} = \frac{Q}{c \cdot \rho_{\text{сп}} \cdot (t_1 - t_2)},$$

де Q – надлишки явного тепла, $\text{кДж}/\text{год}$;

c – теплоємність повітря, $\text{кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$;

$\rho_{\text{сп}}$ – щільність повітря при середній температурі, $\text{кг}/\text{м}^3$,

t_1 і t_2 - температура повітря відповідно що видаляється і прибуває, $^{\circ}\text{C}$;

Щільність повітря, $\text{кг}/\text{м}^3$

$$\rho_{CP} = \rho_0 \cdot (273/273 + t_{CP}),$$

$$\rho_{CP} = 1,29 \cdot (273/(273 + 34,6)) = 1,145.$$

Середня температура, °С

$$t_{CP} = (t_{P3} + t_1)/2 = (25 + 44,2)/2 = 34,6,$$

$$t_1 = t_{P3} + \Delta t \cdot (H - 2) = 25 + 3 \cdot (8,4 - 2) = 44,2,$$

де t_{P3} – температура робочої зони, °С;

Δt – перепад температур по висоті приміщення (2-5 °С/м);

t_2 – середньомісячна температура для найбільш теплого періоду року (21,2°С);

H – висота приміщення, м;

Обсяг повітря, м³/год

$$L_{VD}^{OB} = \frac{3177760,12}{2,24 \cdot 1,145 \cdot (44,2 - 21,2)} = 53869,47.$$

Визначаємо кратність повітрообміну

$$K = \frac{L_{VD}^{OB}}{0,8 \cdot V_{ПОМ}} = \frac{53869,47}{0,8 \cdot 66528} = 0,97.$$

Оскільки кратність повітрообміну в цеху менше одиниці, то для підтримки нормальних метеорологічних умов в цеху не потрібно встановлювати загальну обмінну припливно-витяжну систему вентиляції. Достатньо аераційних ліхтарів.

ВИСНОВОК

У даній дипломному проєкті на тему «Дослідження роботи котла-утилізатора тунельної печі ВАТ «Пантелеймонівський завод вогнетривів» було виконано дослідження можливості використання теплових вторинних енергетичних ресурсів за допомогою термосифонного котла-утилізатора для тунельної печі.

Успішне вирішення задач економного використання паливно-енергетичних ресурсів країни в цілому залежить від рівня використання вторинних енергоресурсів промислового виробництва. Основним видом вторинних енергоресурсів в промисловості являються теплові ВЕР, важливе місце серед яких займає теплота відходячих газів теплоенергетичних та технологічних агрегатів.

В проєкті виконано розрахунок термосифонного котла-утилізатора для вироблення пари. В роботі наведено вихідні дані на проектування котла-утилізатора та виконано розрахунок зони нагріву термосифонів, розрахунок зони охолодження термосифонів. Знайдено похибку у визначенні температури насичення проміжкового теплоносія в термосифоні, яка не перевищує 5%, то прийняте раніше значення температури насичення проміжкового теплоносія в термосифоні $t_{\text{стс}} = 200^{\circ}\text{C}$ є вірним. Обраховано довжину зони охолодження термосифона, яка складає $0,475 \text{ м}^2$ та похибку, що не перевищує 5%. Таким чином, прийнята довжина зони охолодження термосифона можна вважати вірним.

В проєкті виконано гідравлічний розрахунок термосифонного котла-утилізатора. Для всіх підйомних, опускних, рециркуляційних, водо- та пароперепускних труб визначено наступні величини:

- кількість труб та колекторів та їхні внутрішні діаметри;
- довжини та висоти труб з розділенням труб на ділянки (в тому числі і висота перевищення над рівнем води);
- кути нахилу ділянок підйомних труб, по відношенню до горизонталі;

- місцеві опори;
- конструктивні характеристики сепараційних установок, опір яких впливає на умови циркуляції.

Кратність циркуляції дорівнює 69,8, що задовольняє умові надійності природної циркуляції в котлах-утилізаторах. Таким чином, прийняті в проекті конструктивні характеристики слід вважати задовільними.

У розділі «КВП та автоматизація» вирішено питання розробки схеми автоматизації котла-утилізатора, підібрано необхідні контрольно-вимірювальні прилади.

У розділі «Охорона праці» розглянуті питання зменшення впливу негативних факторів (шум, вібрація, загазованість, запиленість, випромінювання, тепловиділення) на обслуговуючий персонал, відповідність робочих місць санітарним нормам, забезпечення ділянки протипожежними засобами гасіння, забезпечення робочих спецодягом та ін.

В результаті потенційної можливості застосування результатів, що було отримано в проекті, буде досягнуто зниження витрати палива на генерацію пари на промисловому підприємстві ВАТ «Пантелеймонівський завод вогнетривів».

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Кузнецов, Н.В. Тепловой расчет котельных установок. Нормативный метод [Текст] / Н.В. Кузнецов. - М: Энергия, 1973. – 324 с.
2. Мочан, С.И. Аэродинамический расчет котельных установок [Текст] / С.И. Мочан. - Л: Энергия, 1977. – 255 с.
3. Липов, Ю.М. Компоновка и тепловой расчет парогенератора [Текст] / Ю.М. Липов. – М: Энергия, 1975. – 266 с.
4. Частухин, В.И. Тепловой расчет промышленных парогенераторов [Текст] / В.И. Частухин.– К: Вища школа, 1980. – 184 с.
5. Макаров, В.Н. Методика поверочного теплового расчета парогенератора [Текст] / В.Н. Макаров.– М: МЭИ, 1976. – 52 с.
6. Мазуров, Д.Я. Теплотехника и теплотехническое оборудование предприятий промышленности строительных материалов [Текст] / Д.Я. Мазуров.– М.: Стройиздат, 1966. – 200 с.
7. Кузнецова, Г.А. Качественный рентгенофазовый анализ [Текст] / Г.А. Кузнецова. - И.: Методическое пособие, 2005. – 28 с.
8. Павлов, В.Ф. Физико-химические основы обжига изделий строительной керамики [Текст] / В.Ф. Павлов. - М.: Стройиздат. 1977.-239 с.
9. Бобровников, Н.А. Охрана воздушной среды на предприятиях строительной индустрии [Текст] / Н.А. Бобровников. - М., 1981. – 54 с.
10. Банит, Ф.Г. Пылеулавливание и очистка газов в промышленности строительных материалов [Текст] / Ф.Г. Банит. - М., 1979. – 163с.
11. Страус, В. Промышленная очистка газов [Текст] / В. Страус. – М.: Химия, 1981. – 616 с.
12. Алиев, Г.М. Устройство и обслуживание газоочистных и пылеулавливающих установок [Текст] / Г.М. Алиев. – М.: Metallургия, 1988. – 368 с.

13. Макаров, Г.В. Охрана труда в химической промышленности [Текст] / Г.В. Макаров. – М.: Химия, 1977. –568 с.
14. Сафонов, Н.А. Спецодежда и спецобувь [Текст] / Н.А. Сафонов. – М.: Химия, 1976. – 152 с.
15. Анисимов, А.С. Предупреждение и тушение пожаров на промышленных предприятиях [Текст] / А.С. Анисимов. – К.: Техника, 1978. – 164 с.
16. Богословский, В.Н. Отопление и вентиляция [Текст] / В.Н. Богословский. – М. 1980. – 290 С.
17. Plechec, L. Tepelny vypocet plynuteho vinuti transformatoru s prirodzenym obehom obeje [Text] / L. Plechec // Electrotechnic obz. — 1972— №1— P.5-10.
18. Petras, V. Teplotne pole olejoveha transformatora so zvitkovym vinutim [Text] / V. Petras, L. Kriho, T. Fiedler // Transformatory.- 1984.- №2.- P. 7-13.
19. Guerra, F. Primeira abordagem a utilizacáo de modelos reduzidos para a determinacao experimental do campo termico de transformadores arrefecidos por conveccáo natural [Text] / Fraklin Guerra, Isaac Moreira // Electricidade.- 1987.- № 233.- P. 141-145.
20. Pivnek, M. Vyzkum tepelnych zavislosti na modelech vinuti transformatoru [Text] / M. Pivnek, K.Havlichek // Electrotechn. obz. — 1974. — №4. — pp. 175-181.
21. Die Darstellung das Wärmeüberganskoeffiyienten im transformator mit Kriteriellen Potenzfunktion [Text] / H. Lobenstein // Elektric. — 1979. — №4. — pp. 218-220.
22. Вукалович, М.П. Теплофизические свойства воды и водяного пара [Текст] / М.П. Вукалович. - М.: Машиностроение, 1967. - 160 с.
23. Дубковский, В.А. Рациональные процессы, циклы и схемы энергоустановок [Текст] / В.А. Дубковский.- Одесса: Наука и техника, 2003. - 224 с.

24. Линецкой, В.А. Охрана труда и техника безопасности и пожарная профилактика на предприятиях химической промышленности [Текст] / В.А. Линецкой.– М.: Химия, 1976. – 440 с.

25. Кораблев, В.П. Электробезопасность на предприятиях химической промышленности [Текст] / В.П.Кораблев.– М.: Химия, 1977. – 232 с.

26. Кукин, П.П. Безопасность технологических процессов и производств [Текст] / П.П. Кукин.– М.: Высшая школа, 2007. – 335 с.

27. Зотов, Б.И. Безопасность жизнедеятельности на производстве [Текст] / Б.И. Зотов. - М.: Колосс, 2003.- 432с.

28. Пчелинцев, В.П. Охрана труда в строительстве [Текст] / В.П. Пчелинцев. – М.: Высшая школа, 1991. –272 с.