

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**Інститут (факультет) автоматизації і комп'ютерних систем
Кафедра автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління**

«До захисту в ЕК»
Директор інституту(декан факультету)
_____ **Андрій ФОРСЮК**
(підпис) (ім'я та прізвище)

« ____ » _____ 2023р.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
_____ **Ярослав СМІТЮХ**
(підпис) (ім'я та прізвище)

« ____ » _____ 2023р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

зі спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» _____
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми Комп'ютерні технології та програмування в автоматизованих системах управління

на тему: Розробка системи автоматизації парового котла на побутових відходах з програмним керуванням концентрації вмісту шкідливих речовин у вихідних газах

Виконав: здобувач 2 курсу, групи 2

_____ **Заєць Олексій Сергійович** _____
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник _____ **Сідлецький Віктор Михайлович** _____
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Консультанти _____ (ім'я та прізвище) _____ (підпис)

_____ (ім'я та прізвище) _____ (підпис)

_____ (ім'я та прізвище) _____ (підпис)

Рецензент _____ **Юрій Савіцький** _____
(ім'я та прізвище) (підпис)

Я як здобувач(ка) Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач _____
(підпис)

Київ - 2023р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) Автоматизації і комп'ютерних систем

Кафедра Автоматизації і комп'ютерних технологій систем управління

Освітній ступінь Магістр

Спеціальність 151 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології"

(код і назва)

Освітньо-професійна програма Комп'ютерні технології та програмування в автоматизованих системах управління

(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Ярослав Смітюх

— “ ” _____ 20__ року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Зайця Олексія Сергійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка системи автоматизації парового котла на побутових відходах з програмним керуванням концентрації вмісту шкідливих речовин у вихідних газах

керівник роботи Сідлецький Віктор Михайлович - доцент, к.т.н.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “ 18 ” 11 2021 року № 953-к

2. Строк подання здобувачем роботи 13 лютого 2023р.

3. Вихідні дані до роботи Робоче завдання, методичні рекомендації, результати переддипломної практики

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Анотація. Зміст. Вступ. Розділ 1 – Аналітичний огляд літератури та мета магістерської роботи. Розділ 2 – Загальносистемні рішення по створенню системи. Розділ 3 – Розробка системи контролю технічних параметрів продукції. Розділ 4 – Індивідуальне завдання. Висновки. Список використаної літератури.

5. Перелік графічного матеріалу Функціональна структура АСУ, креслення схеми автоматизації, креслення принципової схеми регулювання та управління, проект системи нейтралізації димових газів.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ З№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
	Розділ 1 - Аналітичний огляд літератури та мета магістерської роботи.	30.10.2022	
	Розділ 2 – Загальносистемні рішення по створенню системи.	30.11.2022	
	Розділ 3 – Розробка системи контролю технічних параметрів продукції.	30.12.2022	
	Розділ 4 – Індивідуальне завдання.	30.01.2023	

Здобувач _____
(підпис)

Керівник роботи _____
(підпис)

Засць О.С. _____
(прізвище та ініціали)

Сідлецький В.М. _____
(прізвище та ініціали)

Анотація

В Україні розташований один із найбільш забруднюючих парків твердопаливних електростанцій у світі. Українські твердопаливні електростанції відповідають за 80% загальних викидів діоксиду сірки в Україні та 25% оксидів азоту, але при цьому на українських твердопаливних станціях практично відсутній контроль за цими викидами. Рівні викидів зольного пилу особливо високі та перевищують граничні значення, визначені Директивою про великі спалювальні установки, в 40 разів. Серед 30 великих спалювальних установок з найвищими викидами золи — 18 українських ТЕС.

Україна належить до країн з високим рівнем урбанізації, де внаслідок зростання споживання надзвичайно актуальною є проблема поводження з накопичуваними відходами. Захоронення побутових відходів на звалищах і полігонах є найбільш практикованим способом знешкодження і утилізації ТПВ. Так, у вигляді полігонів та звалищ в Україні розміщується понад 80% всіх відходів, що утворюються. Існуючі полігони та звалища ТПВ представляють собою значну екологічну небезпеку, яка буде діяти ще десятки років.

У цій кваліфікаційній роботі розглядається технічне переозброєння системи газоочищення твердопаливного парогенератора «Радіант» що працює на твердому побутовому смітті. Система ступінчастого газоочищення забезпечить зменшення викидів твердих, рідких та летючих забруднюючих речовин в атмосферу.

Спалювання альтернативних видів палива для виробництва електроенергії є перспективним вирішенням проблем у країні відсутності тепла та енергії у 2023 році. Розвиток систем газоочищення дозволить створення різних типів екологічних ТЕС на альтернативних видах палива які мають високий вміст шкідливих речовин.

Abstract

One of the most polluting parks of solid fuel power plants in the world is located in Ukraine. Ukrainian solid fuel power plants are responsible for 80% of total emissions of sulfur dioxide in Ukraine and 25% of nitrogen oxides, but at the same time there is practically no control over these emissions at Ukrainian solid fuel plants. Ash dust emission levels are particularly high and exceed the limits set by the Large Combustion Directive by 40 times. Among the 30 large combustion plants with the highest ash emissions are 18 Ukrainian TPPs.

Ukraine belongs to the countries with a high level of urbanization, where due to the growth of consumption, the problem of handling accumulated waste is extremely urgent. Disposal of household waste in landfills and landfills is the most practiced method of solid waste disposal and disposal. Thus, more than 80% of all generated waste is placed in the form of landfills and landfills in Ukraine. The existing landfills and solid waste landfills represent a significant environmental hazard that will continue to operate for decades to come.

This qualification work considers the technical retooling of the gas cleaning system of the solid fuel steam generator "Radiant" operating on solid household waste. The staged gas purification system will ensure the reduction of emissions of solid, liquid and volatile pollutants into the atmosphere.

The burning of alternative fuels for the production of electricity is a promising solution to the country's lack of heat and energy in 2023. The development of gas cleaning systems will allow the creation of various types of ecological TPPs on alternative types of fuel that have a high content of harmful substances.

Зміст

1. Аналітичний огляд літератури та використовувані методи при побудові систем управління	
1.1. Аналіз видів парогенераторів в промисловості та їх системи керування	6
1.2. Принцип функціонування жаротрубних котлоагрегатів	7
1.3. Принцип функціонування водотрубних котлоагрегатів	9
1.4. Принцип функціонування систем фільтрації та нейтралізації вихідних газів	11
1.5. Постановка задачі роботи	25
2. Загальносистемні рішення по створенню системи	
2.1. Аналіз систем керування парових котлоагрегатів	26
2.2. САК витрати живильної води	27
2.3. САК розрідження в топці котла	28
2.4. САК тиску пари	29
2.5. САК економічності горіння палива	30
2.6. САК температури перегрітої пари	31
2.7. САК температури перегрітої пари	32
2.8. Використання моделей в системах керування паровими котлами	33
2.9. Параметрична модель об'єкту автоматизації	34
3. Розробка підсистеми управління технологічним процесом	
3.1. Розробка загальної моделі ієрархії обладнання	36
3.2. Схема автоматизації та специфікація	39
3.3. Схема компонування та специфікація ПЛК, опис програми управління	47
4. Індивідуальне завдання	
4.1. Проєкт автоматизації котла, з загальностанційним обладнанням та комплексом фільтрування.	56
Висновки та рекомендації	69
Список літератури	74

1. Аналітичний огляд літератури та використовувані методи при побудові систем управління

1.1 Аналіз видів парових котлів для ТЕЦ в промисловості та їх системи керування

Котлоагрегатом є пристрій для одержання гарячої води або водяної пари за рахунок теплової енергії що виділяється при спалюванні палива.

Основними елементами котла є топка і теплообмінні поверхні. Спеціальний пристрій котла, в якому відбувається спалювання палива, називається топкою або топкової камерою.

В котел подається вода, яка називається живильною. Живильна вода в котлі нагрівається, а потім перетворюється в насичену або перегріту пару необхідних параметрів. Під параметрами пари маються на увазі її тиск і температура. Основним споживачем водяної пари, що виробляється в котельнях установках, є парові установки. Всі котлоагрегати за видом отриманого продукту можна класифікувати на парові та водогрійні. На промислових ТЕЦ, де відбувається вироблення електроенергії з пари використовуються парові котли різних типів.

Парові котлоагрегати можна класифікувати за наступними ознаками:

За режимом руху тепло обмінюваних середовищ (води, пари, димових газів): жаротрубні, водотрубні;

За типом використовуваного палива: Газові, мазутні, вугільні, з комбінованою паливоподачою (газوماзутні);

По призначенню : опалювальні, виробничо-опалювальні, енергетичні;

По характеру теплоносія що виробляється: парові та водогрійні;

По аеродинамічному режиму топки: з розрідженням та наддувом;

По транспортабельності: стаціонарні та пересувні.

В свою чергу водотрубні котли поділяються за типом циркуляції води та пароводяної суміші на барабанні та прямоточні (з природною циркуляцією) котли.

1.2 Принцип функціонування жаротрубних котлоагрегатів

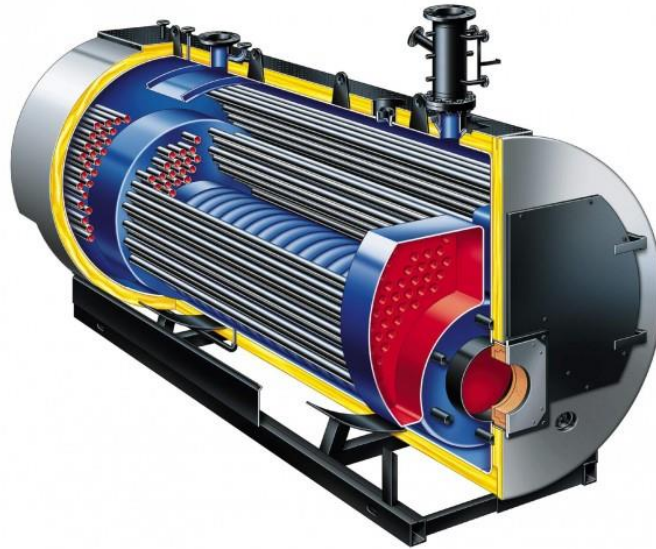


Рис.1.1 Конструкція жаротрубного парового котла

Жаротрубні котлоагрегати складаються з ряду прямих труб що заповнені водою, та жарових труб в яких відбувається виділення теплової енергії при згорянні палива.

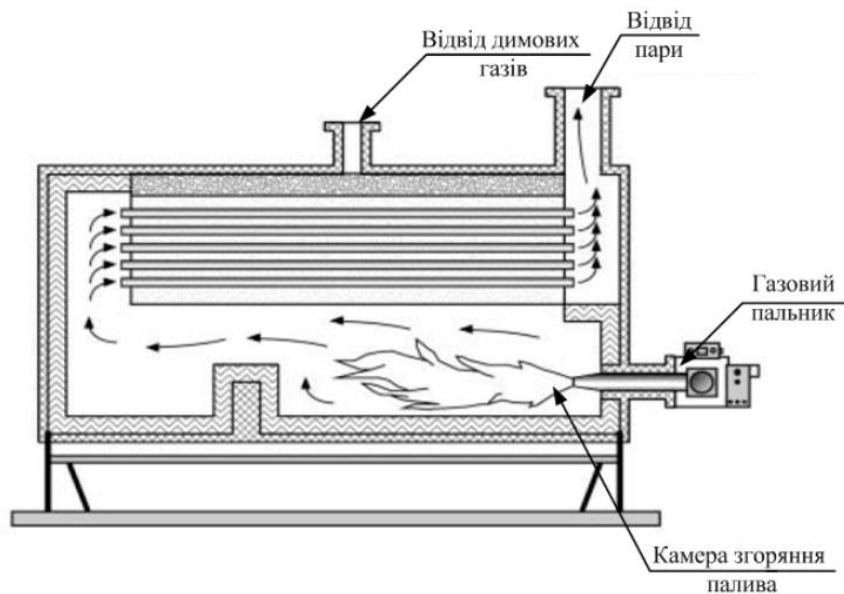


Рис.1.2 Принцип роботи жаротрубного парового котла

Пара в таких котлах отримується шляхом нагріву живильної води, яка надходить в водотрубний змійовик, тепловою енергією що отримана за рахунок спалювання газу в жаровій трубі що є камерою згорання палива в таких котлах.

Жаротрубні котли за рахунок простоти конструкції мають менше вимог до їх виготовлення, це дозволяє виготовляти їх з низькоякісної сталі. Але існує ряд недоліків даного типу котлоагрегатів саме:

- Високі вимоги, порівняно із водотрубними котлами, до якості живильної води. Це пояснюється високими питомими тепловими потоками в жаровій трубі та малими швидкостями руху води, за рахунок чого при неякісній живильній воді утворюється шлам та накип. Якщо утворені шлам або накип покривають поверхню жаротрубної труби то є ризик утворення дефектів поверхні труби (так званих відтулин), що приводить до руйнування трубних пучків.

- Вибухонебезпечність даного типу котлів. Даний недолік виникає при великій кількості нагрітої води, під час розкриття шва відбувається зниження тиску до атмосферного що в свою чергу призводить до викиду великої кількості пари що призводить до вибуху.

- За рахунок низької швидкості руху води в контурі котла виникає невеликий гідравлічний опір, це робить жаротрубні котли недовговічними та ненадійними.

- За рахунок великого об'єму води в котлоагрегаті він досить повільно реагує на зміну потреби в парі. Досить довгий час нагріву води призводить до необхідності підтримання високої температури водяної маси для оперативного реагування на зміну навантаження за потребою, що вимагає більшої витрати палива.

Через наявність широкого ряду недоліків даний тип котлів поступово витісняється водотрубними котлоагрегатами що на порядок економічніші та ефективніші в порівнянні з жаротрубними котлоагрегатами.

1.3 Принцип функціонування водотрубних котлоагрегатів

Водотрубні котлоагрегати мають широкий спектр модифікацій.

Найпоширенішими є барабанні котли. Конструктивно барабанний котел являє собою агрегат що складається з ряду засобів для перетворення живильної води в перегріту пару.

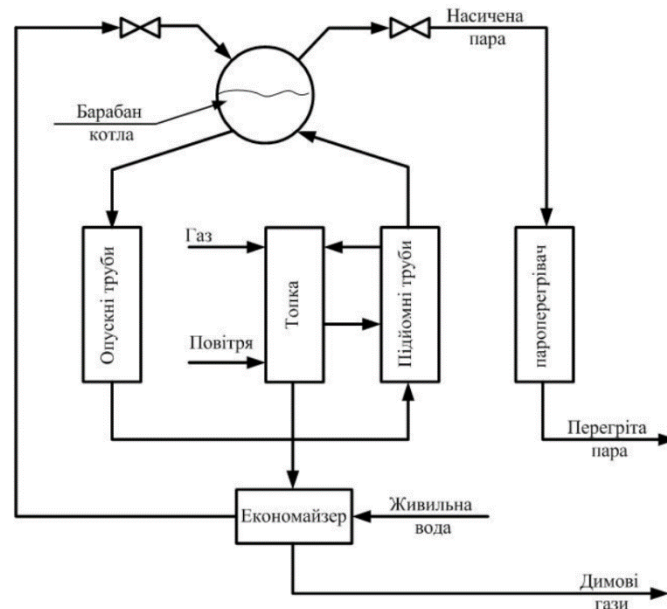


Рис.1.3 Принцип роботи барабанного котла

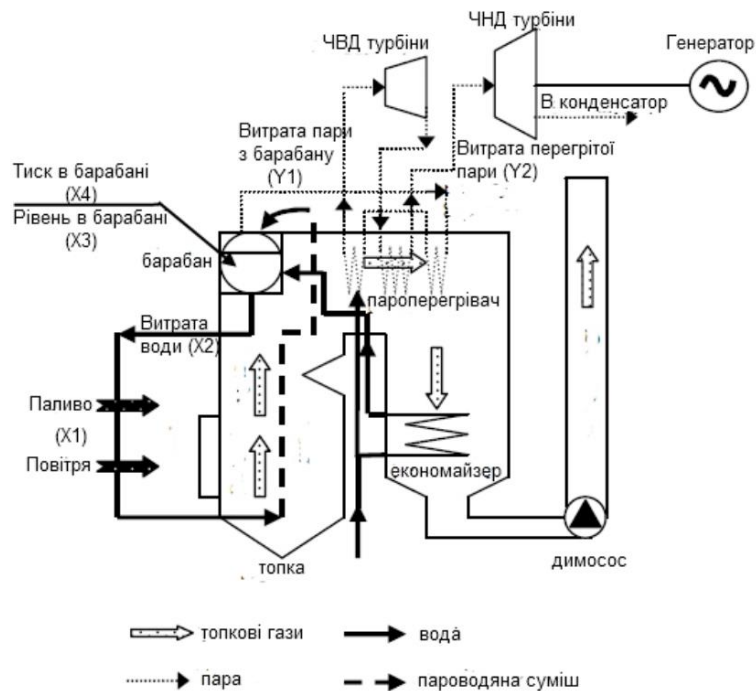


Рис.1.4 Технологічна схема взаємодії котла з турбіною різних тисків

Живильна вода після водопідготовки проходить через економайзер котлоагрегату, де відбувається її підігрів до заданої температури, та надходить в барабан котла де постійно підтримується сталий рівень пароводяної суміші.

З барабану котла вода по опускним трубам спускається вниз котла та надходить у підйомний трубний пучок, в деяких моделях котлів внизу встановлено «грязьовий» барабан для вловлювання бруду з котлової води.

В підйомних трубах відбувається випаровування води за рахунок тісного контакту з топковою камерою, де відбувається передача тепла від згорання паливо-повітряної суміші з виділенням теплоти.

З підйомних труб пароводяна суміш надходить в барабан котла де відбувається відділення насиченої пари від води, вода проходить повторний цикл а насичена пара проходячи через пароперегрівач перетворюється в перегріту пару що йде на потреби споживача.

Димові гази, що виділяються під час згорання паливо повітряної суміші проходять через економайзер де віддають залишкове тепло на нагрів живильної води.

На ТЕЦ великої потужності окрім газових (що використовуються як резервні) використовують пиловугільні котлоагрегати типів П та ТПП. Це великогабаритні котлоагрегати що в якості палива використовують вугільний пил, отриманий шляхом подрібнення кам'яного вугілля різних марок.

1.3 Принцип функціонування систем фільтрації та нейтралізації вихідних газів

Велика кількість сучасних виробничих процесів пов'язано з дробленням, подрібненням та транспортуванням сипких матеріалів. При цьому неминуче частина матеріалів переходить до аерозольного стану, утворюючи пил, що з технологічними або вентиляційними газами викидається у повітря. При цьому пил не лише негативно впливає на довкілля та здоров'я людей, але ще й сприяє зниженню ефективності виробництва. Таким чином, стає актуальним питання про очищення викидів, що містять у собі велику кількість виробничого пилу.

Метою роботи технічне переозброєння існуючого газоочищення що, дозволить підвищити ефективність роботи газоочищення, знизити викид твердих забруднюючих речовин в атмосферу, а також використовувати уловлений пил (повернення у виробництво).

Основними джерелами забруднення атмосферного повітря є промислові підприємства, транспорт, енергетичні системи. Їх відносна участь у забрудненні атмосфери розподіляється наступним чином:

- Теплоенергетика - 27,0%;
- Чорна металургія - 24,3%;
- Кольорова металургія - 10,5%;
- Нафтовидобуток і нафтохімія - 15,5%;
- Транспорт - 13,3%;
- Будівельна індустрія - 8,1%;
- Хімічна промисловість - 1,3%.

Найбільша питома вага забруднень атмосферного повітря посідає частку оксидів вуглецю, сірки та азоту, вуглеводнів та промислового пилу. У атмосферу Землі щорічно викидається 250 млн. т пилу, 200 млн. т оксиду вуглецю, 150 млн. т діоксиду сірки, 50 млн. т оксидів азоту, понад 50 млн. т різних вуглеводнів та 20 млрд. т діоксиду вуглецю.

Забруднення в атмосферу можуть надходити безперервно або періодично, залпами чи миттєво. У разі залпових викидів за короткий час у повітря виділяється велика кількість шкідливих речовин. Залпові викиди можливі при аваріях або спалюванні відходів виробництва, що швидко горять, на спеціальних майданчиках утилізації. При миттєвих викидах забруднення викидаються в малий проміжок часу іноді на значну висоту, що відбувається при вибухових роботах та аваріях.

Організований промисловий викид - це викид, що надходить у атмосферу через спеціально споруджені газовідведення, димарі, труби.

Неорганізований – промисловий викид, що у атмосферу як ненаправлених потоків газу внаслідок порушень герметичності обладнання, відсутності або незадовільної роботи обладнання відсмоктування газу в місцях завантаження, вивантаження та зберігання продукту. Організовані викиди на підприємствах можуть бути технологічними та вентиляційними.

До технологічних відносяться викиди при технологічних процесах, викиди під час продування обладнання, труб ТЕС, котелень. До вентиляційних відносяться викиди загальнообмінної та місцевої витяжної вентиляції.

У атмосферу з газами надходять тверді, рідкі, паро- і газоподібні неорганічні та органічні речовини, тому по агрегатному станом забруднення поділяють на тверді, рідкі, газоподібні та змішані.

Відхідні гази промисловості, що містять зважені тверді або рідкі частинки, являють собою двофазні системи. Суцільною фазою в системі є гази, а дисперсійною – тверді частинки чи крапельки рідини.

Промислове виробництво - джерело різного виду забруднень довкілля. Вид, кількість та склад забруднень визначаються виробничим процесом, що використовується сировиною, матеріалами та масштабами виробництва.

Основними виробництвами машинобудівного та авіаційного комплексів є ливарне, зварювальне, прокатне, електрохімічна та механічне оброблення металів.

У ливарному виробництві атмосферне повітря забруднюється в основному пилом, оксидом вуглецю та сірковуглецем. Крім того, до складу вентиляційних викидів можуть входити аміак, формальдегід, фенол, вуглеводні та ін.

Застосування в термічних цехах хімічних речовин (ЗІ, CO₂, NH₃, Рb, олії, горючі гази, ціаніди) створює можливість надходження у повітря як самих перелічених речовин, і продуктів їх термічної деструкції.

Майже всі технологічні процеси в цехах металопокриттів є джерелами виділення повітряне середовище шкідливих речовин. Нагріті травильні та гальванічні розчини інтенсивно випаровуються, виділяючи ціаніди, оксиди азоту, сірчаний ангідрид (SO₃), хлористий водень, хромовий ангідрид (CrO₃), пари кислот та лугів.

Очищення промислових викидів від пилових частинок

З газами, що відходять, в атмосферу надходять тверді, рідкі, паро-газоподібні неорганічні та органічні речовини.

Для очищення газових викидів як основні методи застосовують гравітаційні, інерційні (відцентрові), механічні, електричні, адгезійні, абсорбційні, адсорбційні та термічні (каталітичні та конденсаційні) методи поділу компонентів. Як додаткові методи, що підвищують ефективність основних, використовують підвищення турбулізації газового потоку, конденсацію на частинках будь-якої рідини, високоінтенсивні звукові коливання, що призводять до коагуляції (укрупнення) частинок забруднювача, адгезійні явища (змочування), що сприяють виведення із зони поділу частинок забруднювача, виділених із газового потоку.

Гравітаційне осадження засноване на осадженні завислих частинок під дією сили тяжіння при русі запиленого газу з малою швидкістю без зміни напряму потоку. Процес проводять у відстійних газоходах та пилеосаджувальні камери. Для зменшення висоти осадження частинок осаджувальних камерах встановлено на відстані 40-100 мм безліч горизонтальні полиці, що розбивають газовий потік на плоскі струмені. Гравітаційне осадження діє лише для великих частинок діаметром

понад 50-100 мкм, причому ступінь очищення не перевищує 40–50%. Метод придатний лише попередньої, грубої очищення газів.

Інерційне осадження ґрунтується на прагненні зважених частинок зберігати початковий напрямок руху при зміні напрямку газового потоку. Серед інерційних апаратів найчастіше застосовують жалюзійні пиловловлювачі з великою кількістю щілин (жалюзі). Гази знепилюються, виходячи через щілини і змінюючи при цьому напрямок руху, швидкість газу на вході до апарату становить 10–15 м/с. Гідравлічне опір апарату 100 - 400 Па. Частинки пилу з $d < 20$ мкм у жалюзійних апаратах не виловлюються. Ступінь очищення залежно від дисперсності частинок становить 20-70%. Інерційний метод можна застосовувати лише для грубого очищення газу. Крім малої ефективності, недолік цього методу – швидке стирання чи забивання щілин.

Відцентрові методи очищення газів засновані на дії відцентрової сили, що виникає при обертанні газового потоку, що очищається, в очисному апараті або при обертанні частин самого апарату. Відцентрові апарати пилоочищення застосовують циклони різних типів: батарейні циклони, що обертаються пиловловлювачі (ротоклони) та ін. Часто застосовують у промисловості для осадження твердих аерозолів. Газовий потік подається в циліндричну частину циклону тангенціально. спіраль у напрямку до дна конічної частини і потім прямує вгору через турбулізоване ядро потоку у осі циклону на вихід. Циклони характеризуються високою продуктивністю по газу, простотою пристрою, надійністю у роботі. Ступінь очищення від пилу залежить від розмірів частинок. Для циклонів високої продуктивності, зокрема батарейних циклонів (продуктивністю понад 20000 м³/год), ступінь очищення становить близько 90% при діаметрі частинок $d > 30$ мкм. Для часток з $d = 5-30$ мкм ступінь очищення знижується до 80%, а при $d = 2-5$ мкм вона становить менше 40%. Гідравлічне опір високопродуктивних циклонів становить близько 1080 Па.

Циклони широко застосовують при грубому та середньому очищенні газу від аерозолів.

Іншим типом відцентрового пиловловлювача служить ротоклон, що складається з ротора та вентилятора, поміщеного в осадний кожух. Лопаті вентилятора, обертаючись, направляють пил у канал, який веде до приймача пилу. Механічний поділ (фільтрація). Фільтрація заснована на проходженні очищеного газу через різні фільтруючі тканини (бавовна, вовна, хімічні волокна, скловолокно та ін.) або через інші фільтруючі матеріали (кераміка, металокераміка, пористі перегородки з пластмаси та ін). Найчастіше для фільтрації застосовують спеціально виготовлені волокнисті матеріали - скловолокно, вовна або бавовна азбестом, асбоцелюлозу. Залежно від фільтруючого матеріалу розрізняють тканинні фільтри (у тому числі рукавні), волокнисті, із зернистих матеріалів (кераміка, металокераміка, пористі пластмаси).

Тканинні фільтри, найчастіше рукавні, застосовуються за температури газу, що очищається, не вище 60–65 °С. Залежно від гранулометричного складу пилу та початкової запиленості ступінь очищення становить 85–99 %. Гідравлічний опір фільтра DP близько 1000 Па; витрата енергії ~ 1 кВт·год на 1000 м³ газу, що очищається. Для безперервного очищення тканини продувають повітряними струменями, що створюються різними пристроями – соплами, розташованими проти кожного рукава, що рухаються зовнішніми продувними кільцями та ін. Зараз застосовують автоматичне керування рукавними фільтрами з продуванням їх імпульсами стисненого повітря. Волокнисті фільтри, що мають пори, рівномірно розподілені між тонкими волокнами, що працюють з високою ефективністю; ступінь очищення $\eta = 99,5\text{--}99,9\%$ при швидкості фільтрованого газу 0,15–1,0 м/с та DP=500–1000 Па.

На фільтрах зі скловолокнистих матеріалів можливе очищення агресивних газів за температури до 275°C. Для тонкого очищення газів при підвищених температурах застосовують фільтри з кераміки, тонковолокнистої вати з нержавіючої сталі, що володіють високою міцністю та стійкістю до змінних навантажень; проте їхній гідравлічний опір великий – 1000 Па. Фільтрація - дуже поширений прийом тонкого очищення газів. Її переваги – порівняльна низька вартість обладнання (за винятком металокерамічних фільтрів) та висока

ефективність тонкого очищення. Недоліки фільтрації – високий гідравлічний опір та швидкий забивання фільтруючого матеріалу пилом.

Електричний поділ (осадження в електричному полі) зважених частинок і газів полягає в іонізації газу під дією коронного розряду в поле високої напруги (до 80000 В), передачі заряду іонами, що утворюються. частинок забруднювача, рух заряджених частинок в електричному полі до осаджувального електроду та осадженні їх на ньому. Осадження в електричному полі особливо успішно застосовується для тонкого очищення димових газів. теплових електростанцій, в цементній промисловості, чорній та кольоровій металургії.

Адгезійний поділ заснований на прилипанні рідких або твердих частинок забруднювача до рідкої або твердої поверхні при їх контакті за рахунок сил міжмолекулярного тяжіння. Наслідком адгезії рідини до певної поверхні є змочування. Адгезія найбільш застосовна при очищенні газових викидів від пилу (адгезія між твердими частинками та рідиною, головним чином, водою) та від спреїв (адгезія між частинками рідини та твердою поверхнею елементів апарату). Контакт частинок з поверхнею здійснюється як за допомогою їх інерційного осадження (для частинок більше 0,2 мкм), так і під дією броунівського руху (для частинок менше 0,1 мкм).

Адсорбційний поділ застосовують для різних технологічних цілей - поділ парогазових сумішей на компоненти з виділенням фракцій, осушення газів та для санітарного очищення газових вихлопів. Останнім часом адсорбційні методи виходять на перший план як надійний засіб захисту атмосфери від токсичних газоподібних речовин, що забезпечує можливість концентрування та утилізації цих речовин.

Адсорбційні методи засновані на виборчому витягу з парогазової суміші певних компонентів за допомогою адсорбентів твердих високопористих матеріалів, що володіють розвиненою питомою поверхнею. Промислові адсорбенти, які найчастіше застосовуються в газоочищенні – це активоване вугілля, силікагель, алюмогель, природні та синтетичні цеоліти (молекулярні сита). Основні вимоги до

промислових сорбентів - висока поглинальна здатність, вибірковість дії (селективність), термічна стійкість, тривала служба без зміни структури та властивостей поверхні, можливість легкої регенерації. Найчастіше для санітарного очищення газів застосовують активний вугілля завдяки його високій поглинальній здатності та легкості регенерації.

Адсорбцію газових домішок зазвичай ведуть у поличкових реакторах періодичної дії без теплообмінних пристроїв; адсорбент розташований на полицях реактора. Коли необхідний теплообмін (наприклад, потрібно отримати при регенерації десорбат в концентрованому вигляді), використовують адсорбери з вбудованими теплообмінними елементами або виконують реактор у вигляді трубчастих теплообмінників; адсорбент засипаний у трубки, а в міжтрубному просторі циркулює теплоносій.

Газ, що очищається, проходить адсорбер зі швидкістю 0,05–0,3 м/с. Після очищення адсорбер перемикається на регенерацію. Адсорбційна установка, що складається з кількох реакторів, працює в цілому безперервно, оскільки одночасно одні реактори знаходяться на стадії очищення, а інші – на стадіях регенерації, охолодження та ін. Регенерацію проводять нагріванням, наприклад випалюванням органічних речовин, пропусканням гострої або перегрітої пари, повітря, інертного газу (Азоту). Іноді адсорбент, який втратив активність (екранований пилом, смолою), повністю замінюють.

Адсорбційний метод особливо раціональний для видалення токсичних домішок (органічних сполук, парів ртуті та ін.), що містяться в малих концентраціях, тобто як завершальний етап санітарного очищення газів, що відходять.

Недоліки більшості адсорбційних установок – періодичність процесу і пов'язана з цим мала інтенсивність реакторів, висока вартість періодичної регенерації адсорбентів. Застосування безперервних способів очищення в рухомому і киплячому шарі адсорбенту частково усуває ці недоліки, але потребує

високоміцних промислових сорбентів, розробка яких більшість процесів ще завершено.

Абсорбційні методи очищення газів, що відходять, поділяють по наступними ознаками:

1. за компонентом, що абсорбується;
2. за типом застосовуваного абсорбенту;
3. за характером процесу – з циркуляцією та без циркуляції газу;
4. щодо використання абсорбенту – з регенерацією та поверненням його в цикл (циклічні) та без регенерації (не циклічні);
5. за використання компонентів, що вловлюються – з рекуперацією і без рекуперації;
6. за типом рекуперованого продукту;
7. з організації процесу – періодичні та безперервні; 8) по конструктивним типам абсорбційної апаратури.

Для фізичної абсорбції на практиці застосовують воду, органічні розчинники, що не вступають у реакцію з видобутим газом, та водні розчини цих речовин. При хемосорбції як абсорбент використовують водні розчини солей та лугів, органічні речовини та водні суспензії різних речовин.

Термічний метод заснований на допаленні та термічній деструкції шкідливі речовини у викидах. Використовується в тому випадку, коли шкідливі домішки у викидах горючі. Цей метод застосовують для очищення викидів від лакофарбових та просочувальних ділянок. Системи термічного та вогневого знешкодження забезпечують ефективність очищення до 99%.

Каталітичний процес очищення заснований на хімічних перетвореннях токсичних домішок нетоксичні на поверхні твердих каталізаторів. У результаті реакцій домішки, що перебувають у газі, перетворюються на інші з'єднання, що становлять меншу небезпеку, або легко відокремлюються від газу.

Каталітичне очищення застосовується в основному при невеликій концентрації компонента, що видаляється в газі, що очищається. Вона дозволяє знешкоджувати оксиди азоту, оксиду вуглецю, інші шкідливі газові забруднення. Завдяки застосування каталізаторів можна досягти високого ступеня зчищення газу, досягає у ряді випадків 99,9%. При температурі 100...150 °С процеси розглядаються як незворотні, що дозволяє отримувати газ з дуже низьким вмістом домішок.

Конденсаційний поділ застосовується для очищення гомогенних газових сумішей і відбувається за рахунок переходу забруднювача з газоподібного стану в рідке або тверде внаслідок його охолодження (рідше – стискування). Конденсація пара можлива тільки при температурах нижче критичної для даної речовини і зазвичай здійснюється на поверхнях, що охолоджуються. У присутності неконденсованих газів конденсація починається при досягненні паром у поверхні охолодження парціального тиску та температури, відповідних стану насичення (точці роси).

Відомі два режими поверхневої конденсації: плівковий (реалізується на поверхні, що змочується) і краплинний (спостерігається на незмочуваній поверхні). Конденсація може відбуватися також усередині обсягу парогазової суміші. Для початку об'ємної конденсації пара має бути помітно перенасичена.

Конденсація залежить від вмісту в газі дрібних порошин (аерозолів), є готовими центрами конденсації. Центрами конденсації можуть служити також електрично заряджені частинки, зокрема іонізовані атоми.

При виборі способу очищення та технологічних викидів забруднюючих компонентів необхідно враховувати склад газів, що викидаються в атмосферу, температуру газів, наявність пилу в газах, що викидаються, концентрацію газоподібних та пароподібних домішок.

Рукавний фільтр – один з найефективніших видів очищення сильнозапиленого повітря. Найчастіше вони використовуються в обладнанні для видалення пилу з важкими умовами роботи.

Для виготовлення рукавних фільтрів застосовуються матеріали на основі поліестеру, поліпропілену, поліаміду, поліакрилонітрилу, полівінілсульфіду, Араміда. Фільтри можуть бути виготовлені з внутрішньої та зовнішньої робочої поверхнею.

Рукавні фільтри призначені для очищення пилогазоповітряних потоків з температурою до 260 оС та вихідною запиленістю до 100 г/м³. Запиленість на виході після процесу фільтрації становить не більше 10 мг/м³, а чистота повітря після очищення понад 99%.

Рукавні фільтри відносяться до пиловловлюючого обладнання «сухого» типу. Вони мають більш високу ефективність очищення газів у порівнянні з будь-якими видами електрофільтрів та апаратами мокрого очищення газів.

Як фільтруючі елементи в рукавних фільтрах використовуються рукави пошиті із нетканого голкопробивного матеріалу. Схематичне пристрій рукавних фільтрів наведено малюнку 1.

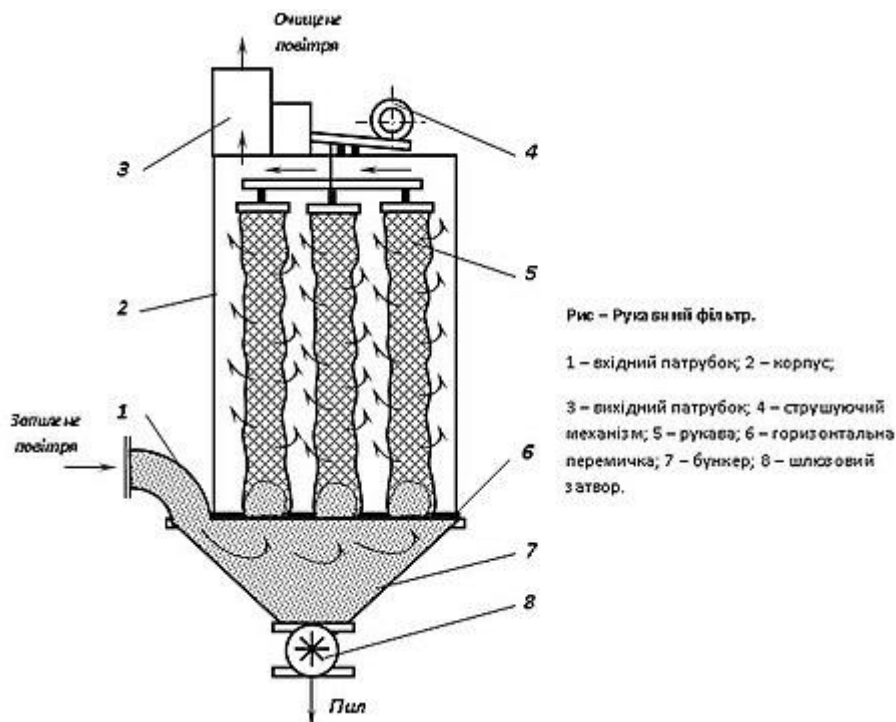


Рис.1.5 Схема функціонування рукавного фільтру

Запилене повітря потрапляє в рукавний фільтр по повітропроводу через патрубок в камеру «запиленого» повітря, що йде через рукави, при цьому елементи пилу затримуються на їх зовнішній поверхні, а очищене повітря визначається в

камеру чистого повітря і відводиться з фільтра. До камери «запиленого» повітря під'єднаний ресивер стисненого повітря електромагнітними клапанами, повітря з ресивера через електромагнітні клапана визначається в продувальні труби.

Регенерація заплених рукавів у рукавному фільтрі імпульсом стисненого повітря, пил, що обтрушується з рукавів, обсипається в бункер і через живильник забирається з фільтра.

Газоходи - це спеціальні канали, призначені для відведення продуктів, що виникають внаслідок згоряння палива.

Багато технологічних процесів супроводжуються передачею великих обсягів повітря чи інших газів. Наприклад, потоки гарячих газів, що відводяться через газоходи на електростанціях або системи вентиляції папероробних машин, що несуть у собі велику кількість теплової енергії, що підлягає регенерації. Контроль температури має критично важливе значення для підтримки працездатності обладнання та економічної ефективності процесу.

До якості газоходів висувають підвищені вимоги. Основні з них, звичайно ж довговічність та міцність. У процесі експлуатації металоконструкція буде відчувати вплив високих температур. Тому ще одне важливе властивість, якою повинен мати хороший газохід - це термостійкість.

Крім високих температур, на конструкцію впливатимуть і інші агресивні елементи середовища, такі як конденсат та різні кислоти.

Димосос - тягодутьєва машина (як правило, відцентрового типу), яка служить видалення димових газів – продуктів згоряння палива. Призначений для застосування в теплоенергетиці (встановлюється після котла) або для протипожежних заходів.

У теплових електричних станціях, в яких використовується органічна паливо, дуже часто застосовують димососи. Вони є обов'язковими елементом для газоповітряних трактів з енергетичних об'єктів. Показники, які зберігають матеріал та енергію, можна обчислити за технологічними характеристик. Потрібні димососи

для того, щоб оснащувати таке обладнання, як водонагрівальні та парові котли. Також вони зустрічаються у багатьох областях промислової промисловості. Наприклад, це можуть бути системи аспірації та очищення газу. Такі димососи, як відцентрові, виготовляють різних напрямів обертання. Відповідно, бувають праві та ліві. Лівим зазвичай вважають таке обертання робочих коліс, яке рухається проти того, як прямує годинникова стрілка. Правим називається зворотнє обертання.

Такі димососи як ДН-11,2; ДН-10; ДН-12,5 та ДН-9 потрібні для того, щоб відводити димовий газ. У котли на твердому паливі, з тягою, що знаходиться в рівновазі, встановлені такі прилади. Також подібний димосос застосовують у найрізноманітніших технологічних установках. Але при цьому температурний режим, якому він використовується, повинен бути не вище, ніж 40 °С, а також не нижче, ніж – 30 °С. Температура, яка допускається для переміщення димових газів, не може бути більше, ніж 200.

Димова труба – труба для відведення відпрацьованих газів в атмосферу. Зазвичай вертикальна труба, але може містити окремі горизонтальні або похилі ділянки.

Основне призначення промислових димових труб – виведення диму, різних газів, продуктів згоряння різних видів твердого палива, газів згоряння рідкого палива. Після виведення перелічених продуктів згоряння через спеціальні люки в металевій димарі видаляються кіптява, сажа, попіл, які, при тривалому використанні димових труб формуються на внутрішньої поверхні димової труби, відповідно при великих нальотах на стінах димаря, вони ускладнюють надалі проходження відпрацьованих газів та диму. Ще одним призначенням промислових димових труб є забезпечення нормальної тяги та забезпечення нормального згоряння палива. Природна тяга в димарі – відбувається при заміщенні гарячих відпрацьованих шарів повітря холодними, як і у звичайних побутових димарях і вентиляції. Природна тяга в димарі безпосередньо залежить від товщини і висоти димової труби та від матеріалу, з якого вона виготовлена. Найкращим матеріалом для димової труби служить нержавіюча сталь, тому що на стіни димаря з

нержавіючої сталі менше осідає кіптява і сажа, та й естетично димова труба з нержавіючої сталі краще виглядає.

Метою проєкту є переозброєння існуючого газоочищення для підвищення ефективності роботи газоочищення, зниження викиду твердих забруднюючих.

Реалізація проектних рішень дозволить забезпечити ступінь очищення відпрацьованих газів від пилу на 99,72 % і вихідну запиленість відпрацьованих газів після очищення у рукавних фільтрах на рівні 10 мг/м³.

Проєкт очищення вихідних газів, включає:

- Рукавний фільтр ФРІК-2500 із імпульсною регенерацією стисненим повітрям;
- Димосос ДРГ-073-0220.10-2К – 1 шт.;
- Газоходи запиленого та очищеного газів;
- Обладнання пиловивантаження та транспорту уловленого пилу.

Рукавний фільтр ФРІК-2500 забезпечує очищення газів обсягом до 180 тис.м³/год. Тканина фільтрувальних елементів (рукавів) фільтра здатна витримувати температурне навантаження до 180 °С.

Регенерація фільтрувальних рукавів здійснюється посекційно, періодичною подачею імпульсів осушеного стисненого повітря з тиском 5-6 кг/см². Стиснене повітря подається всередину фільтрувальних рукавів зверху через продувальні клапани. При цьому відсічний клапан "чистого" газу блоку регенерації закривається автоматично. Періодичність та тривалість процесу регенерації встановлюється при пусконаладжувальних роботах.

Для захисту тканини рукавів фільтра від підвищеної температури газу, надходить на очищення, передбачений регульований підсмоктувач охолоджуючого атмосферного повітря. Підсмоктування охолоджуючого повітря здійснюється через встановлений на газоході запиленого газу патрубок із дросельним клапаном діаметром 600 мм. Управління дросельним клапаном та регулювання кількості повітря, що підсмоктується, проводиться автоматично за допомогою виконавчого

механізму. Відкриття клапана підсмоктування повітря здійснюється при досягненні температури газу 175 °С, закриття клапана – при температурі газу 170 °С.

Для вимірювання параметрів газу на газоходах передбачено встановлення лючків.

Очищені у рукавному фільтрі газу по газоходу діаметром 1820 мм транспортуються димососом, що знаходиться в робочому режимі, до існуючої димової (витяжної) труби діаметром 2200 м, висотою $H=50$ м для виходу атмосферу.

Уловлений у процесі очищення газів пил з бункерів рукавного фільтра ФРІК-2500, за допомогою шлюзових живильників вивантажується у гвинтовій конвеєр.

1.5 Постановка задачі роботи

Об'єктом проектування у магістерській роботі є автоматизована система управління котлоагрегату з підсистемою контролю технологічних параметрів вхідного палива та якості вихідних газів.

Предметом роботи є:

- проект автоматизованої системи управління парового котла;
- алгоритм підсистеми контролю технологічних параметрів вхідного палива та якості вихідних газів.

Метою магістерської роботи є реалізація системи аналізу та управління котлоагрегатом для підвищення ефективності спалювання палива шляхом побудови пріоритетів сортування та впровадження системи поточного аналізу вихідних (димових) газів.

Ключовими процесами є:

- контроль та облік прийнятої сировини для спалювання
- визначення характеристик вхідного палива
- забезпечення правильного зберігання палива
- нормалізація згорання палива при різних навантаженнях
- слідкування, забезпечення якості вихідних газів

У відповідності до цієї мети виділено основні задачі, які потрібно виконати у роботі:

- розробити схему автоматизації котлоагрегату;
- розробити електричну принципову схему управління;
- скомпонувати ПЛК та розробити схему підключень;
- розробити дисплейну мнемосхему;
- розробити алгоритм та програму логічного управління.
- розробити алгоритм та програму логічного управління підсистеми фільтрації вихідних димових газів.

2 Загальносистемні рішення по створенню системи.

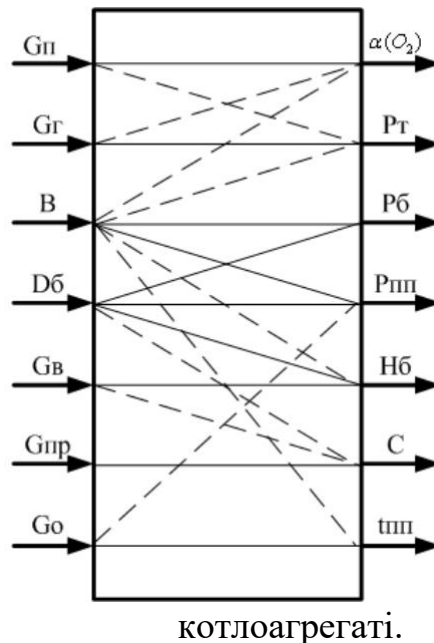
2.1 Аналіз систем керування парових котлоагрегатів

Барабанні парові котлоагрегати є складними об'єктами керування, для них характерною є квазістаціонарність параметрів регулювання, не лінійності, багато вимірність а також неконтрольовані збурення, всі вони в комплексі значно ускладнюють процеси керування в цілому.

Існуючі системи керування недостатньо добре відпрацьовують великі значення збурюючі впливів, в тому числі стрибкоподібні різкі зміни навантаження, в цих випадках регульовані параметри виходять за допустимі режимні значення що часто призводить до спрацювання систем аварійного захисту котлоагрегатів.

Системи керування паровими котлоагрегатами характеризуються зв'язністю параметрів регулювання, цей взаємозв'язок умовно представлено на рис.1.4

Рис.2.1 Схема взаємозв'язків технологічних параметрів в барабанному



Так на коефіцієнт надлишку повітря в димових газах ($\alpha(O_2)$) напряму впливає витрата повітря в котел ($G_{п}$) а збуренням до даного параметру є продуктивність димососа ($G_{г}$) та витрата газу (B). На тиск розрідження в топці котла ($P_{т}$) прямо впливає продуктивність димососа а збуреннями є витрата повітря та газу в топку.

Тиск пари в барабані котла прямо залежить від витрати газу та витрати насиченої пари з барабану ($D_{б}$), ці параметри також прямо впливають на тиск в

пароперегрівнику (Рпп), збуренням до якого виступає витрата охолоджувальної води (G_o). На рівень води в барабані (Нб) прямо впливає витрата живильної води (G_b) та витрата насиченої пари, збурюючим фактором для даного параметру є витрата газу від якої залежить кількість отриманої теплоти а як наслідок витрата та тиск пари.

Важливим параметром є також вміст солей в котловій воді (С), надлишок яких може спричинити швидку кальцинацію котлових труб, на нього впливає витрата продувочної води ($G_{пр}$), а збуреннями для нього буде витрата живильної води та витрата пари на виході з барабану. Як один з головних параметрів виділяють температуру перегрітої пари ($t_{пп}$), на нього прямий вплив наносить витрата охолоджувальної води, а збуреннями виступає витрата газу.

Загальна система автоматичного керування (САК) паровим котлоагрегатом включає такі складові:

- САК витрати живильної води;
- САК розрідження в топці котла;
- САК тиску пари;
- САК економічності горіння палива;
- САК температури перегрітої пари;
- САК продувки;

2.2 САК витрати живильної

Регулювання витрати живильної води є необхідним для підтримання одного з основних технологічних параметрів – рівня води в барабані, відхилення якого від нормальних меж (± 100 мм) може призвести до руйнівних наслідків для котлоагрегату.

Відхилення рівня в барабані котлоагрегату від заданого значення пов'язане з наявністю розбалансу між витратою живильної води та витратою пари. Такий розбаланс повинна ліквідувати трьох імпульсна система керування представлена на рис.1.5. Регулятор (1-4) переміщує РО (3) при появі сигналу розбалансу між показами датчика витрати пари (1-1) та витрати живильної води (1-3), окрім того

регулятор реагує на зміну рівня води в барабані (датчик 1-2). Ця система керування поєднує принципи регулювання за рівнем та за збуренням.

2.3 САК розрідження в топці котла

Наявність постійного розрідження в топці (20-30 Па) є необхідною для підтримання нормального топкового режиму. Воно являється опосередкованим показником матеріального балансу між поданим до топкової камери повітрям та вихідними димовими газами. Система керування представлена на рис.1.6. Регулювання розрідження в такій схемі здійснюється шляхом зміни продуктивності роботи димососа через регулятор (1-2), завдання якому встановлюється здавачем (1-3). Витрата димових газів визначається шляхом вимірювання падіння тиску дифманометром (1-1) на ділянці газоходу через економайзер (2), а витрата повітря також визначається шляхом вимірювання падіння тиску дифманометром (2-1) через засувку (1). Регулювання витрати повітря здійснюється стабілізуючим регулятором (2-2) згідно завдання (2-3).

Якщо теплове навантаження змінюється динамічно в процесі роботи котла то також змінюється витрата повітря.

Щоб ліквідувати такий розбаланс вводиться додаткова регулююча дія з регулятора витрати повітря (2-2) через пристрій динамічного зв'язку (2-4), який видає сигнал про зміну витрати повітря раніше ніж виникає сигнал на зміну розрідження. Як пристрій динамічного зв'язку використовують інерційну ланку з регульованим коефіцієнтом підсилення.

2.4 САК тиску пари

САК тиску пари є складовою частиною САК процесу економічності горіння палива. Базова схема з індивідуальним регулятором тиску представлена на рис.1.7.

В даній схемі тиск пари вимірюється датчиком (1-1), сигнал з якого надходить на регулятор (1-4) на який паралельно надходить коригуючий сигнал від датчика витрати газу (1-3), цей сигнал дозволяє зменшити запізнювання в подачі палива при самовільній зміні його витрати.

Регулятор видає керуючий вплив на виконавчий механізм (1-6) згідно завдання (1-5)

Рис.1.7 САК тиску пари з індивідуальним регулятором тиску

Недоліком такої схеми є те що при використанні декількох котлоагрегатів на одній паровій магістралі (що є практично на всіх теплоенергетичних установках) при зміні споживання пари встановлюється нерівномірне навантаження на котлоагрегати.

2.5 САК економічності горіння палива

Економічність роботи котлоагрегату оцінюється за його ККД, який дорівнює відношенню корисної теплоти, затраченої на генерування та перегрів пари, до затраченого тепла яке могло б бути отримане при спалюванні палива.

Завдання САК економічності горіння полягає у підтриманні заданого ККД котла, якщо зводити до мінімуму втрати тепла, що супроводжують процес згорання палива і передачу тепла воді та парі. Регулювання безпосередньо за ККД або за сумарною оцінкою втрат тепла не знайшло поки що широкого вжитку через відсутність надійних і точних методів та засобів їх безперервного виміру.

Одним з найбільш представницьких побічних методів оцінки економічності процесу згорання палива є аналіз складу газів, які виходять з паливної камери.

В даній схемі двох імпульсний регулятор повітря (поз 1-4) приймає сигнали з датчика витратоміра газу (1-1) та сигнал про перепад тиску в повітря підігрівачі (1) з дифманометра (1-3). Регулятор згідно сигналу завдання (1-5) змінює продуктивність роботи вентилятора (1-7) що забезпечує подачу повітря в топкову камеру котла.

2.6 САК температури перегрітої пари

Необхідність підтримання температури перегріву пари в досить вузьких межах (+5...-10°C) диктується вимогами надійності роботи обладнання, а також умовами економічності паросилового циклу. Падіння температури пари нижче допустимої межі викликає погіршення економічності і, крім того, посилює ерозію в останніх ступенях турбіни. Зростання температури пари вище деякого значення також недопустиме через зниження надійності роботи металу пароперегрівника, трубопроводів і передньої частини турбіни.

В процесі експлуатації котельних агрегатів зустрічаються з цілим рядом чинників, які створюють збурення для пароперегрівника і викликають відхилення температури пари. Їх можна розділити на дві групи:

1. Збурення, що пов'язані із зміною кількості тепла, сприйнятого поверхнями нагріву пароперегрівника (його газова сторона).

2. Збурення, які пов'язані із зміною тепловмісту пари, що надходить у пароперегрівник (збурення за паровою стороною).

Основні збурення за газовою стороною:

- а) навантаження котла;
- б) якість палива і форма факела;
- в) коефіцієнт надлишку повітря;
- г) шлакування і забруднення поверхонь пароперегрівника золою і покриття внутрішніх поверхонь труб солями.

Основні збурення за паровою стороною:

- а) температура живильної води;
- б) шлакування і забруднення поверхонь нагріву котла;
- в) порушення роботи сепараційних пристроїв.

Найбільш істотним джерелом, що впливає на температуру перегріву пари, є навантаження котла. Найпоширеніша схема регулювання перегріву пари зображена на рис. 1.9

Температура пари вимірюється термопарою (1-1), цей сигнал є основним для регулятора (1-4), термопара (1-2) включена в схему через диференціатор (1-3), на

виході якого сигнал що дорівнює першій похідній температури, видає сигнал випередження про зміну температури пари після паро охолоджувача. Завдяки цьому регулятор набуває властивостей ПІД-регулятора, тобто пропорційно-інтегрального (іпродромного) з додатковою дією за похідною регульованої величини.

2.7 САК солевмісту

Хімічний склад води впливає на довговічність роботи теплоенергетичного обладнання. На котлах що не оснащені САК регулювання солевмісту величину продування задають за результатами лабораторних аналізів.

Типова три імпульсна САК продувки котла представлена на рис.1.10. В такій системі регулятор (1-4) визначає кількість продувальної води $G_{пр}$, виходячи з показань датчика солевмісту (1-1) що пропорційні вмісту солей в котловій воді. Такі датчики характеризуються великим запізненням, тому для протидії цьому вводиться сигнал про витрату пари (1-2). Вважається, що основною причиною зміни солевмісту в воді є зміна навантаження котлоагрегату. Для покращення якості регулювання в систему вводиться зворотній сигнал про відкриття клапану. Така трьох імпульсна система зводить запізнювання в системі до мінімуму.

Для усунення накипу з труб котлоагрегату в систему вводиться АСР введення фосфатів, концентрація яких визначається залежно від навантаження котла. Сигнал про витрату пари надходить на регулятор (2-1) який через пусковий пристрій (2-3) згідно завдання (2-2) вмикає або вимикає насос (2-4).

Співвідношення між кількістю фосфатів, паровим навантаженням та продуванням встановлюється згідно теплотехнічних випробувань.

2.8 Використання моделей в системах керування паровими котлами.

У сучасній теплоенергетиці математичні моделі парових котлоагрегатів відіграють важливу роль. Вони застосовуються при розробці тренажерів, навчальних систем, систем діагностики. За допомогою математичних моделей відбувається синтез та налагодження автоматизованих систем керування.

При проектуванні і налагодження АСР необхідно мати максимально точне уявлення про поведінку системи і об'єкта регулювання при різних стаціонарних і перехідних режимах роботи котла, які можуть виникнути як в процесі нормальної експлуатації, так і при аварійних ситуаціях.

Математичні моделі є адекватним описом реальних процесів об'єкта. Отримати їх можливо розрахунково-теоретичним (аналітичним) шляхом або в результаті обробки експериментальних даних (емпіричні моделі). Емпіричні моделі найбільш точно відображають поведінку об'єкта. Особливістю їх є те, що вивчається система представляється у вигляді «чорного ящика». Зміна вихідних величин об'єкта є узагальнюючим проявом різноманітних внутрішніх взаємодій в об'єкті, при цьому не розкриває внутрішньої сутності. Тому емпіричні моделі є найменш інформативними моделями.

Власне складання комплексної моделі парового котла є трудомісткий та складним процесом, тому, як правило, складаються математичні моделі окремих частин котлоагрегатів виходячи з конкретних задач. Моделюються окремо барабанний простір котла, процес пароутворення. З них створюються імітаційні системи частин парових котлів.

Імітаційні системи займають в моделюванні особливе місце. В принципі, будь-яка модель імітаційна, бо вона імітує реальність. Основа імітації - це математична модель. Імітаційна система - це сукупність моделей, що імітують протікання досліджуваного процесу, об'єднана зі спеціальною системою допоміжних програм та інформаційною базою, що дозволяють досить просто і оперативно реалізувати

варіантні розрахунки. Таким чином, під імітацією розуміється чисельний метод проведення машинних експериментів з математичними моделями, що описують поведінку складних систем протягом 18 тривалих періодів часу, при цьому імітаційний експеримент складається з наступних шести етапів:

1. формулювання завдання,
2. побудова математичної моделі,
3. складання програми для ЕОМ,
4. оцінка придатності моделі,
5. планування експерименту,
6. обробка результатів експерименту.

Математичні методи управління можна розділити на кілька груп:

- Методи оптимізації;
- Методи, що враховують невизначеність, ймовірно-статистичні методи;
- Методи побудови і аналізу імітаційних моделей;
- Методи аналізу конфліктних ситуацій.

Недоліком таких імітаційних систем є їх вузька спеціалізація на конкретний агрегат (в даному випадку паровий котел), так як при їх практичному використанні не враховуються моделі споживачів пари (турбіни та технологічних апаратів основного виробництва), які в комплексі мають створювати єдину імітаційну систему паро виробництва та споживання на підприємстві.

2.9 Параметрична модель об'єкту автоматизації

Залежно від наявності відображення змін стану об'єкта у часі моделі поділяються на такі: моделі статички та моделі динаміки.

Моделі статички (static model) відображають стан та функціонування об'єкта без врахування їх змін у часі. Як правило, вони подаються у вигляді функціональних залежностей, рівнянь та систем рівнянь.

Моделі динаміки (dynamic model) відображають поведінку об'єкта у часі. Моделі динаміки багатші за моделі статички, оскільки останні можуть розглядатися

як окремий випадок для певного фіксованого моменту часу. Відповідно і форм подання моделей динаміки значно більше (диференціальні рівняння, операторні рівняння, спектральні подання тощо).

Основні методи моделювання є наступних видів:

1. Математичне моделювання (включає математичний «еквівалент» процесу або об'єкта керування, що відображає його основні властивості);
2. Статистичне моделювання (модель заснована на виявлених статистичних закономірностях);
3. Економіко-математичне моделювання (включає методи вирішення економічних задач);
4. Імітаційне моделювання (система що вивчається замінюється на модель яка з достатньою точністю описує реальну систему, над моделлю проводяться експерименти з метою отримання певної інформації);
5. Фізичне моделювання (експериментальне моделювання що засноване на фізично подібній зменшеній в розмірах моделі об'єкта керування);
6. Натуральне моделювання (Моделлю є матеріально чи умовно представлений об'єкт, що в достатній мірі повторює властивості істотні для моделювання);

Для моделювання процесів виробництва та споживання пари буде використовуватись імітаційне математичне моделювання. Даний метод не потребує суттєвих затрат на проведення експериментів (наприклад як при фізичному або натурному моделюванні). Його основним недоліком можна вважати складність опису всіх умов та процесів що протікають в обладнанні.

Оскільки паровий котел є досить складним об'єктом для моделювання через взаємопов'язаність параметрів то його схему умовно спрощують до трьох частин топки, барабану та пароперегрівача, для яких виділяють пов'язані з ними змінні.

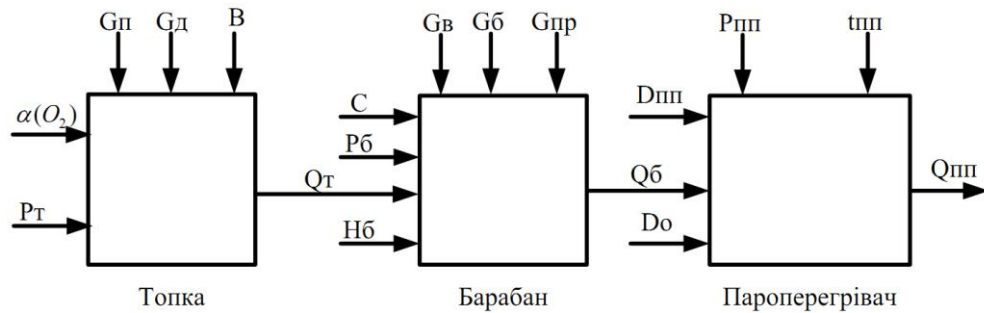


Рис.2.4 Спрощена параметрична модель парового котла

$\alpha(O_2)$ - коефіцієнт надлишку повітря;

$P_{\text{т}}$ - тиск розрідження у верхній частині топки;

$Q_{\text{т}}$ -кількість теплоти що виділяється з топки;

$Q_{\text{б}}$ -кількість теплоти що виділяється з барабану;

$Q_{\text{пп}}$ -кількість теплоти що виділяється з пароперегрівача;

B - витрата газу, кг/с;

$G_{\text{п}}$ - продуктивність вентилятора (витрата повітря);

$G_{\text{д}}$ - Продуктивність димососа (витрата димових газів);

$G_{\text{в}}$ – витрата живильної води ;

$G_{\text{б}}$ – Витрата пари;

$G_{\text{пр}}$ – Витрата продувочної води;

C - солевміст котлової води;

$H_{\text{б}}$ –Рівень в барабані;

$P_{\text{б}}$ –Тиск в барабані;

$D_{\text{о}}$ –витрата води на пароохолодження;

$D_{\text{пп}}$ -Паропроductивність котла (витрата перегрітої пари);

$P_{\text{пп}}$ –Тиск перегрітої пари;

$t_{\text{пп}}$ –температура перегрітої пари;

3. Розробка підсистеми управління технологічним процесом

3.1 Розробка загальної моделі ієрархії обладнання

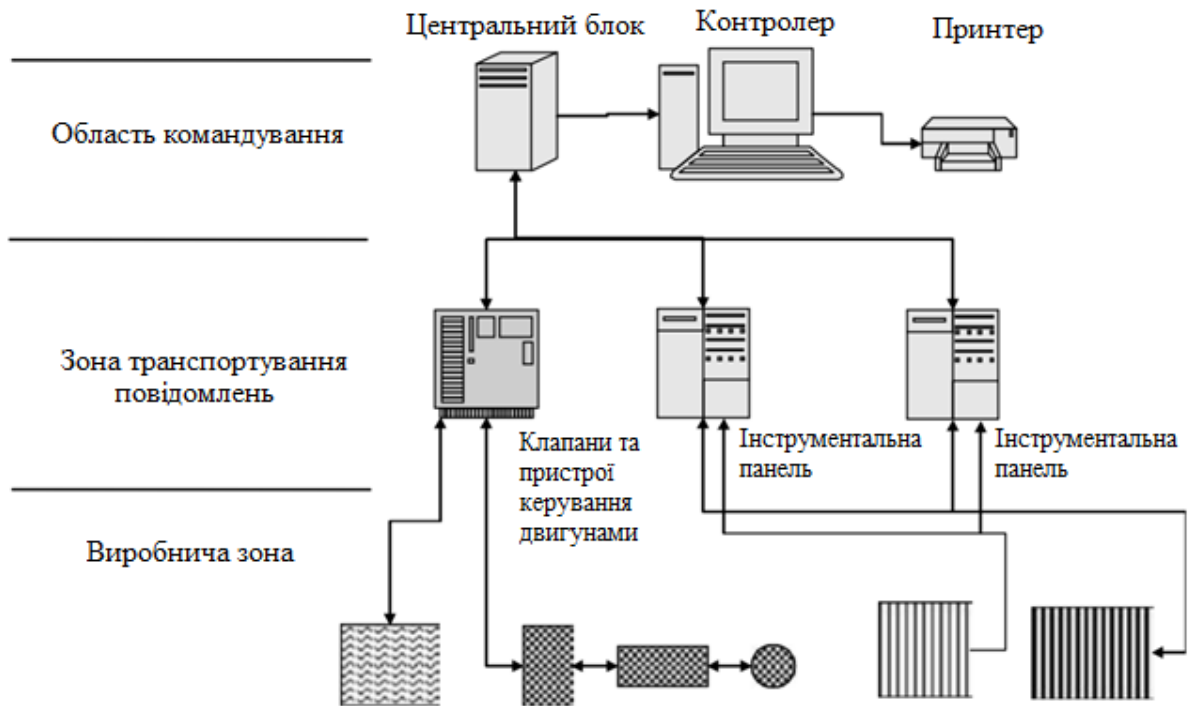


Рисунок 3.1 Типова автоматизована система.

АСУ ТП це інформаційно-керуюча людино-машинна система, призначена для безперервної роботи в реальному часі з забезпеченням:

1. високої надійності, економічності, безпеки і довговічності устаткування, внаслідок зменшення інтенсивності випадкових коливань параметрів технологічних процесів;
2. реалізація складних алгоритмів керування і регулювання;
3. розширення інформаційних функцій АСУ ТП;
4. високої надійності системи при відмовах її елементів і зниження ризиків аварій;
5. захисту персоналу та обладнання при загрозі аварії;
6. скорочення часу простою обладнання в планових ремонтах і при аварійних зупинках;
7. запобігання помилкових дій персоналу;
8. розрахунку техніко-економічних показників.

АСУ ТП виконує:

1. збір та первинну обробку інформації;
2. надання інформації про протікання процесу оператору;
3. автоматичну архівацію і протоколювання даних контрольно-вимірювальних приладів, стану виконавчих механізмів, значення параметрів, команди операторів, стану обладнання та апаратури АСУ ТП, повідомлень сигналізації, дані про спрацювання захистів і блокування;
4. дистанційне керування;
5. функціонально-групове керування;
6. автоматичне регулювання;
7. технологічну сигналізацію;
8. технологічні захисти та блокування;

АСУ ТП являє собою ієрархічну, розосереджену, розподілену мікропроцесорну систему, що складається з:

- польового рівня;
- нижнього рівня;
- верхнього рівня;

Польовий рівень АСУ ТП утворюють датчики тепломеханічних і електричних параметрів, вторинні перетворювачі, джерела дискретної інформації та виконавчі пристрої (ВП).

Нижній і верхній рівень утворюють програмно-технічний комплекс (ПТК). Програмно-технічний комплекс і його складові елементи пристосовані до безперервно-дискретного режиму роботи в жорстких умовах промислової експлуатації (перепади температур, наявність пилу, вологи, вібрації).

У складі ПТК використовуються контролери Siemens S7-1500, реалізовані на базі сучасних мікропроцесорів у відповідності із загальноприйнятими у світовій практиці промисловими стандартами, з розвинутою системою команд, що дозволяють реалізувати в реальному часі передбачені алгоритми контролю і

управління технологічним процесом. Контролери можуть також ефективно (оперативно і без втрат) обробляти внутрішні і зовнішні події і обмінюватися інформацією і командами з іншими елементами системи.

АСУ котла являє собою дворівневу систему:

Нижній рівень системи реалізований у декількох шафах. Центральний ПЛК встановлений в шафі ПТК, яка виконує функцію основного управління котлоагрегатом.

Сигнали вимірювання технологічних параметрів вводяться в систему за допомогою шаф віддаленого вводу/виводу що необхідно розташувати поруч зі збірками управління реверсивними приводами. Керуючі сигнали виводяться за допомогою зазначених шаф.

Верхній рівень системи виконує функції керування і забезпечення подання необхідної інформації про роботу технологічного обладнання та систем керування, в тому числі діагностичної функції; зміну завдання і режимів роботи регуляторів, включення/відключення захистів, завантаження програмного забезпечення та контроль функціонування нижнього рівня; реєстрацію і архівування інформації (дані вимірювань, події, тривоги, тощо).

Верхній рівень побудований на базі двох АРМ оператора котла.

На відеокадрах ЛМІ забезпечено відображення виміряних технологічних параметрів, що накладені на відповідні технологічні схеми. Відображення технологічних поєднані із візуалізацію технологічної сигналізації. На кожному відеокадрі визначене поле відображення останніх аварійних повідомлень та кнопки швидкого доступу до листів аварійних повідомлень та подій.

Функціональна структура ПТК АСУ котлоагрегату представляє собою ряд взаємозв'язаних підсистем, які класифікуються по виконуваним функціям:

- підсистема збору і первинної обробки значень технологічних параметрів, і стану польового устаткування;
- інформаційна підсистема;
- підсистема попереджувальної і аварійної сигналізації відхилень технологічних параметрів, і стану завдань;

- підсистема реєстрації та архівування;
- підсистема автоматичного регулювання;
- підсистема технологічних захистів і захисних блокувань.

3.2 Схеми автоматизації та специфікація

Паровий котел вертикальний водотрубний, однобарабанний з природньою циркуляцією, виконаний у П - подібній компоновці з врівноваженою тягою.

Первинне проектне паливо котла природний газ з калорійністю 8200 ккал/кг.

Система автоматизації парового котла побудована на базових елементах що вироблялись в 60-70 роках минулого століття. Обладнання, що нині задіяне морально та технічно застаріле, та потребує заміни на сучасне.

Реконструкцією котла передбачається будівництво вугільної паливоподачі, колосникової решітки, системи золовидалення, системи газовидалення і газоочищення, та реконструкція тягодуттьової групи механізмів. В зв'язку з цим збільшується кількість технологічного обладнання, що в свою чергу призводить до збільшення кількості вимірювання технологічних параметрів та контурів регулювання.

Для забезпечення сучасного рівня кодування технологічного обладнання, систем вимірювання та регулювання технологічних параметрів необхідно розробити Систему ідентифікації KKS, відповідатиме міжнародній системі ідентифікації KKS "Kraftwerks Kennzeichnungs System". Під час розробки переліку

Система ідентифікації KKS (Kraftwerks-Kennzeichnungs-System).

Ідентифікаційна система KKS для електростанцій використовується для ідентифікації процесів та устаткування, яке встановлене на підприємстві.

Об'єкти, такі як електростанція, часто є надзвичайно складними. Об'єкт може бути чітко описаний шляхом поділу його обладнання на дрібніші одиниці. Як правило, вони поділяється відповідно до функціоналу та структури (зони, системи, підсистеми, обладнання тощо). Основна особливість системи кодування KKS полягає в тому, що кожному елементу присвоєний унікальний номер, що складається з інформації, що ідентифікує обладнання, його тип та номер.

KKS базується на чередуванні літер (A) та цифр (N).

<i>Рівень 0</i>	<i>Об'єкт (N or A)</i>	<i>Об'єкт ідентифікується номером (N) або символом (A).</i>
<i>Рівень 1</i>	<i>Система ((N) AAA NN)</i>	<i>Система ідентифікується трьома символами і двома цифрами. Іноді префікс номер (N) включений.</i>
<i>Рівень 2</i>	<i>Обладнання (AA NNN)</i>	<i>Обладнання ідентифікується двома символами і трьома цифрами.</i>
<i>Рівень 3</i>	<i>Компонент (AA NN)</i>	<i>Компонент ідентифікується двома символами і двома цифрами.</i>

Головна мета полягає у створенні системи для ідентифікації компоненту. Кожна деталь обладнання, труби або клапана носить унікальний код, який ідентифікує систему, до якої вони належать.

ПРИКЛАДИ

Обладнання. 1LAA10BB501 (Резервуар живильної води).

<i>рівень 0</i>	<i>об'єкт</i>	<i>1</i>	
<i>рівень 1</i>	<i>система</i>	<i>LAA10</i>	
			<i>L Парові, водяні та газові цикли</i>
			<i>LA Система живильної води</i>
			<i>LAA Зберігання, деаерація води</i>
			<i>10 Нумерація системи</i>
<i>рівень 2</i>	<i>обладнання</i>	<i>BB501</i>	
			<i>B Механічне обладнання</i>
			<i>BB Обладнання для зберігання (резервуари</i>
			<i>501 Нумерація обладнання</i>

вимірювань та регулювання технологічних параметрів підібрати коди ККС як для існуючих систем, та і систем, що проектуються.

АСУ СКК передбачається для підтримання технологічних параметрів котлоагрегату.

Для забезпечення працездатності системи передбачені базові алгоритми що задіяні для виконання всього комплексу задач, а саме:

1. Алгоритм вимірювання технологічного параметру, що забезпечує масштабування та фільтрацію сирого виміряного значення;

2. Алгоритм формування сигналів технологічної сигналізації, що забезпечує порівняння поточного значення з уставками ТС та подальшим формуванням повідомлень про досягнення рівнів: "Нижня межа. Тривога", "Нижня межа. Попередження", "Верхня межа. Попередження", "Верхня межа. Тривога", "Обрив";

3. Алгоритм управління механізмом з регулюванням частоти, що забезпечує формування командних та статусних бітів в контрольному слові, та передбачає передачу значення частоти обертання як з системи людино-машинного інтерфейсу (ручний дистанційний режим керування), так і з блоку ПД-регулятора (автоматичний дистанційний режим керування);

4. Алгоритм управління механізмом з підтриманням частоти, що забезпечує формування командних та статусних бітів в контрольному слові, та передбачає передачу заданого значення частоти обертання;

5. Алгоритми управління реверсивними та нереверсивними приводами і збірками, що забезпечують формування командних та статусних бітів в контрольному слові, і визначають режим роботи та стан обладнання;

6. Алгоритм ПД-регулятора технологічного параметру, що забезпечує порівняння виміряного значення технологічного параметру зі значенням уставки регулювання та формує вихідний керуючий сигнал для виконавчих механізмів.

Окрім базових алгоритмів управління механізмами, що діють за способом управління, реалізовано алгоритми управління механізмами, що діють за призначенням механізму, та враховують взаємозв'язки між ними, і пов'язані взаємоблокування.

Алгоритми, що діють за призначенням механізму, розроблені та реалізовані на стадії розробки програмного забезпечення.

Основні взаємоблокування роботи механізмів:

- Подія "Димотяг в роботі та автоматичному режимі, регулятор розрідження в роботі та в автоматичному режимі" дає дозвіл на запуск Вентилятора подачі первинного повітря, Вентиляторів №1 та №1 вторинного повітря;

- Подія "Димотяг в роботі та в автоматичному режимі, регулятор розрідження в роботі та в автоматичному режимі" дає дозвіл на роботу регулятора рівня в барабані;

- Події "Димотяг в роботі та автоматичному режимі, регулятор розрідження в роботі та в автоматичному режимі", "Вентилятор подачі первинного повітря в роботі та в автоматичному режимі, регулятор тиску первинного повітря в роботі та в автоматичному режимі", та "Вентилятори №1, №2 подачі вторинного повітря в роботі та в автоматичному режимі, та регулятори тиску вторинного повітря в роботі та автоматичному режимі" дають дозвіл на запуск механізмів колосникової решітки та системи паливоподачі;

Запуск в роботу механізмів паливоподачі здійснюється за умови, що наведена вище, та виконується послідовно від механізму розвантаження палива з паливоподачі до механізму завантаження палива в систему.

Запуск в роботу механізмів системи газоочищення здійснюється за умови досягнення температури димових газів заданого значення температури (уточнюється при проведенні пусконаладжувальних робіт).

Основа автоматизованої системи управління технологічним процесом базується на якості вимірювань і точності відпрацювання виконавчих механізмів. Для забезпечення якості та точності вимірювання параметрів технологічного процесу, обрано давачі виробництва компанії SIEMENS, основними вимірювальними пристроями є SITRANS P DS III / P410, SITRANS P210, SITRANS TS500, SIEMENS Thermocouple, SITRANS LVS200, та інше. Більшість виконавчих механізмів, що потребують точності регулювання технологічних параметрів оснащена перетворювачами частоти, виробництва компанії Scheider Electric і в

якості основного типу перетворювачів обрано ALTIVAR серії 650. Технологічний персонал, задіяний в керуванні котлом, здійснює управління за допомогою АРМ Оператора №1 та АРМ Оператора №2, що розміщені в приміщенні Центрального щита керування.

Функціональна схема автоматизації (креслення №1) має 66 точок вводу/виводу, які згруповані на 28 контурів. Метою під час побудови системи було забезпечення всіх необхідних важелів керування для забезпечення можливості автономної роботи з мінімізацією втручання персоналу. Через це було взято до уваги необхідність обслуговування системою операцій, які вимагають прийняття рішень на основі загального стану майже всіх апаратів.

Складність полягає в тому, що система має 2 ділянки з різними обов'язками, які мають працювати разом опираючись на інформацію про один-одного. В зв'язку з цим деякі контури тісно пов'язані між собою і інколи не можуть забезпечувати самостійне функціонування. Більш детально про контури та їх послідовність функціонування розписано далі.

Система, що проектується має такі технологічні контури:

1. Вимірювання тиску:

- 1.1. Тиск живильної води в колекторі,
- 1.2. Тиск пари в колекторі,
- 1.3. Тиск живильної води після регулятора,
- 1.4. Тиск в барабані котла,
- 1.5. Тиск пари для парової обдувки,
- 1.6. Тиск перегрітої пари,
- 1.7. Розрідження в топці котла, давач 1,
- 1.8. Розрідження в топці котла, давач 2,
- 1.9. Розрідження в топці котла, давач 3,
- 1.10. Розрідження між 3-ю та 2-ю ступенями пароперегрівача,
- 1.11. Розрідження між 2-ю та 1-ю ступенями пароперегрівача,
- 1.12. Розрідження між 1-ю ступеню пароперегрівача та 1-ю ступеню водяного економайзера,

- 1.13. Розрідження між 2-ю та 3-ю ступеню водяного економайзера,
- 1.14. Розрідження після 4-ї ступені водяного економайзера,
- 1.15. Тиск повітря за вентилятором підічі первинного повітря,
- 1.16. Тиск повітря за вентилятором подачі вторинного повітря №1,
- 1.17. Тиск повітря за вентилятором подачі вторинного повітря №2,
- 1.18. Тиск газу в колекторі після ГРП,
- 1.19. Тиск газу на котел №3 після регулятора,
- 1.20. Тиск газу на пальник,

2. Вимірювання температури:

- 2.1. Температура живильної води перед водяним економайзером,
- 2.2. Температура живильної води після водяного економайзера,
- 2.3. Температура пари після пароохолоджувача,
- 2.4. Температура перегрітої пари,
- 2.5. Температура первинного повітря,
- 2.6. Температура первинного повітря після водяного повітряпідігрівача,
- 2.7. Температура в кінці колосникової решітки, ліворуч,
- 2.8. Температура в кінці колосникової решітки, праворуч,
- 2.9. Температура в топці котла, ліворуч,
- 2.10. Температура в топці котла, праворуч,
- 2.11. Температура димових газів в поворотній камері,
- 2.12. Температура димових газів між 3-ю та 2-ю ступенями пароперегрівача,
- 2.13. Температура димових газів між 2-ю та 1-ю ступенями пароперегрівача,
- 2.14. Температура димових газів між 1-ю ступеню пароперегрівача та 1-ю ступеню водяного економайзера,
- 2.15. Температура димових газів між 2-ю та 3-ю ступеню водяного економайзера,
- 2.16. Температура димових газів після 4-ї ступені водяного економайзера;

3. Вимірювання рівня:

- 3.1. Рівень в барабані котла, давач №1,
- 3.2. Рівень в барабані котла, давач №2,

- 3.3.Рівень в барабані котла, давач №3,
- 3.4.Рівень води у скребковому конвеєрі мокрої золи №1,
- 3.5.Рівень води у скребковому конвеєрі мокрої золи №2,
- 3.6.Розподільник палива, рівень шару палива ліворуч,
- 3.7.Розподільник палива, рівень шару палива праворуч,
- 3.8.Нижній рівень палива у витратному бункері котла,
- 3.9.Верхній рівень палива у витратному бункері котла;
- 4. Вимірювання що здійснюються аналітичними приладами:
 - 4.1.Вміст O₂ в димових газах після економайзера,
 - 4.2.Вміст CO в димових газах після газоочистки,
 - 4.3.Вміст SO₂ в димових газах після газоочистки,
 - 4.4.Вміст O₂ в димових газах після газоочистки,
 - 4.5.Вимірювання рівня рН живильної води на котел №3,
 - 4.6.Вимірювання електропровідності живильної води на котел №3,
 - 4.7.Вимірювання рівня рН котлової води з циклону №1,
 - 4.8.Вимірювання електропровідності котлової води з циклону №1,
 - 4.9.Вимірювання рівня рН котлової води з циклону №2,
 - 4.10. Вимірювання електропровідності котлової води з циклону №2,
 - 4.11. Вимірювання рівня рН пароводяної суміші в барабані,
 - 4.12. Вимірювання електропровідності пароводяної суміші в барабані;
 - 4.13. Регулювання технологічних параметрів та управління механізмами:

Регулювання:

- a. Регулятор розрідження в топці котла,
- b. Регулятор тиску первинного повітря після вентилятора,
- c. Регулятор тиску вторинного повітря після вентилятора №1,
- d. Регулятор тиску вторинного повітря після вентилятора №2,
- e. Регулятор теплового навантаження,
- f. Регулятор повітря,
- g. Регулятор розрідження,
- h. Регулятор температури пари,

- i. Регулятор O₂,
- j. Управління підпорним клапаном,
- k. Регулятор живлення,
- l. Керування резервним клапаном води,
- m. Регулятор подачі палива,
- n. Регулятор паливного шару,

Найменування величин		обозн.	розмір-ність.	Проект
1	Номінальна витрата свіжої пари	D _{оп}	т/год	53
2	Тиск свіжої пари	P _{оп}	МПа	4,1
3	Температура свіжої пари	t _{оп}	°C	440
4	Тиск живильної води	P _{жв}	МПа	5,9
5	Температура живильної води	t _{жв}	°C	102
6	Температура відхідних газів	t _{ух}	°C	170
7	Температура повітря	t _п	°C	30
8	Безперервна продувка котла	ρ	%	-
9	Витрата води крізь зовнішній парохолод	A1	%	-

Рисунок 3.2 Основні параметри роботи котла які повинна забезпечити АСУ

3.3 Схема компоновання та специфікація ПЛК, опис програми управління

ПТК АСУ котла побудований на базі інтегрованої мікропроцесорної системи збору, обробки інформації і керування, з урахуванням сучасного рівня розвитку систем керування.

В якості центрального ПЛК системи, використано контролер SIMATIC S7-1500, CPU 1516 3PN 2DP з резервуванням за принципом Redudent. Передачу даних забезпечено мережею PROFINET, з резервуванням "кільцем". В якості комутатора використовується Profinet SCALANCE XB216, що встановлено в шафі ПТК. Для забезпечення відділеного вводу/виводу дискретних та аналогових сигналів використані наступні пристрої: інтерфейсні модулі ET 200SP, IM 155-5 PN BA, модулі введення дискретних сигналів S7-1500, DI 16x24VDC HF, модулі виведення дискретних сигналів S7-1500, DQ 16x24V DC/0.5A HF, модулі введення аналогових сигналів S7-1500, AI 8xU/I HS, модулі виведення аналогових сигналів S7-1500, AQ 8xU/I HS. Передачу даних забезпечити мережею PROFINET, з резервуванням "кільцем". В якості комутатора використовуються Profinet SCALANCE XB216.

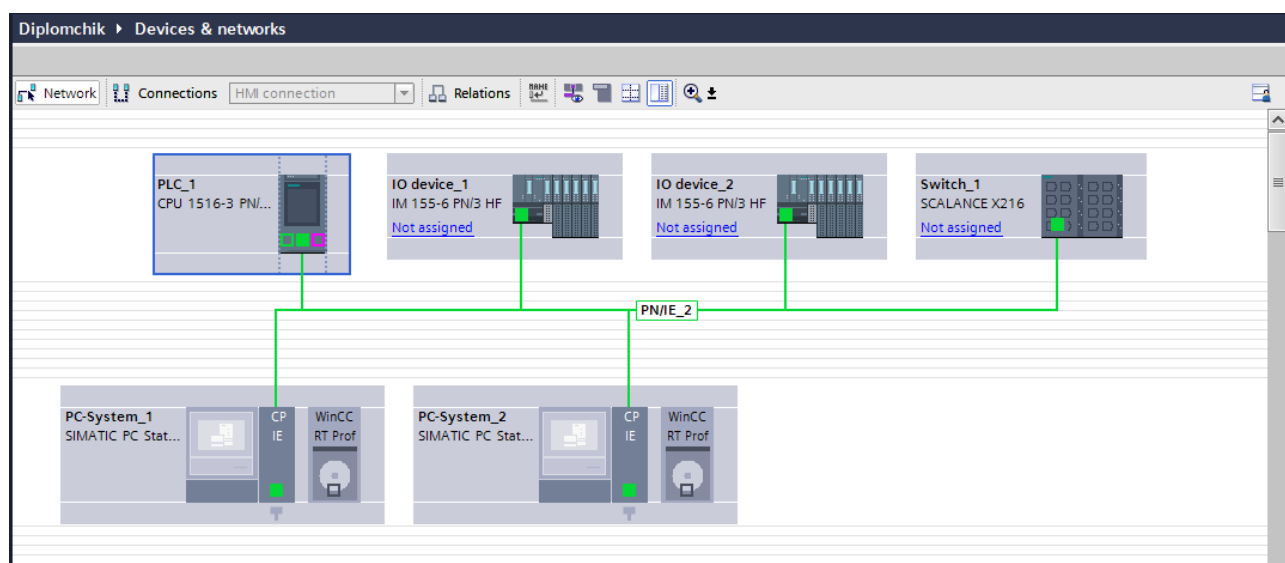


Рисунок 3.3 Конфігурація комплекту ПЛК та АРМ оператора

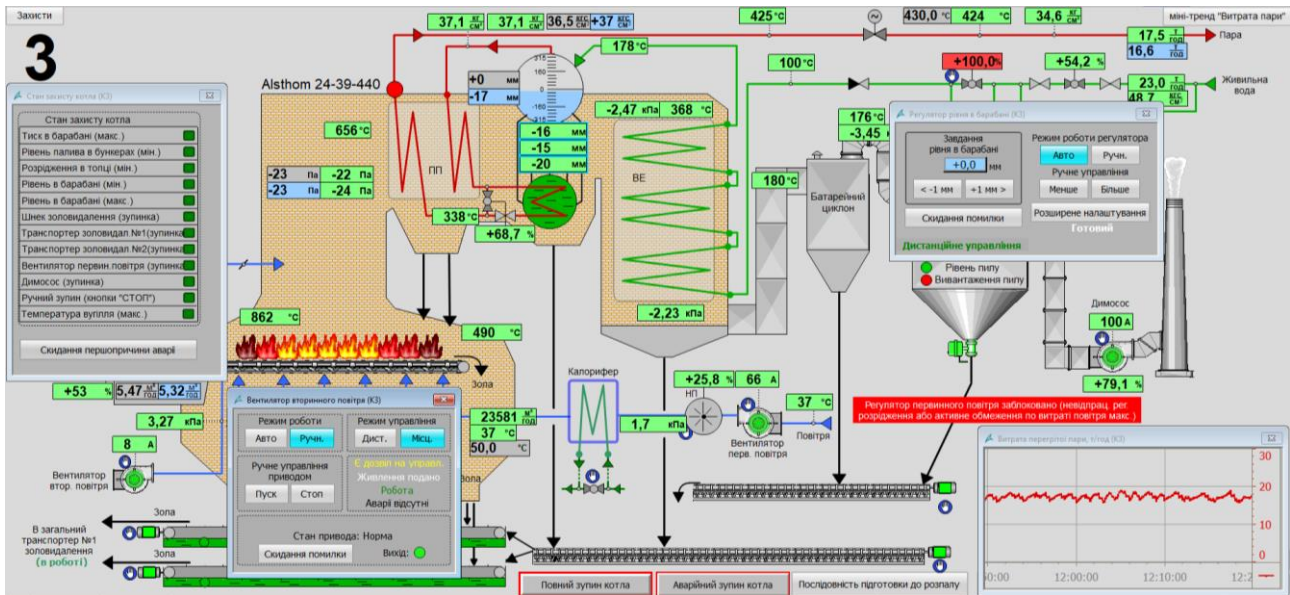


Рисунок 3.4 Відеокадр ЛМІ котлоагрегату

Програмно комплекс ПТК АСУ будується на основі декількох базових, уніфікованих функціональних блоків (FC), які забезпечують виконання основних функцій вимірювання, контролю та керування. Безпосередній блок управління тим, чи іншим механізмом, що містить в своєму складі відповідний FC блок, є складовою частиною блока (DB), що об'єднує однакові за призначенням механізми: вентилятори; транспортери, конвеєри та живильники; клапани; засувки; тощо.

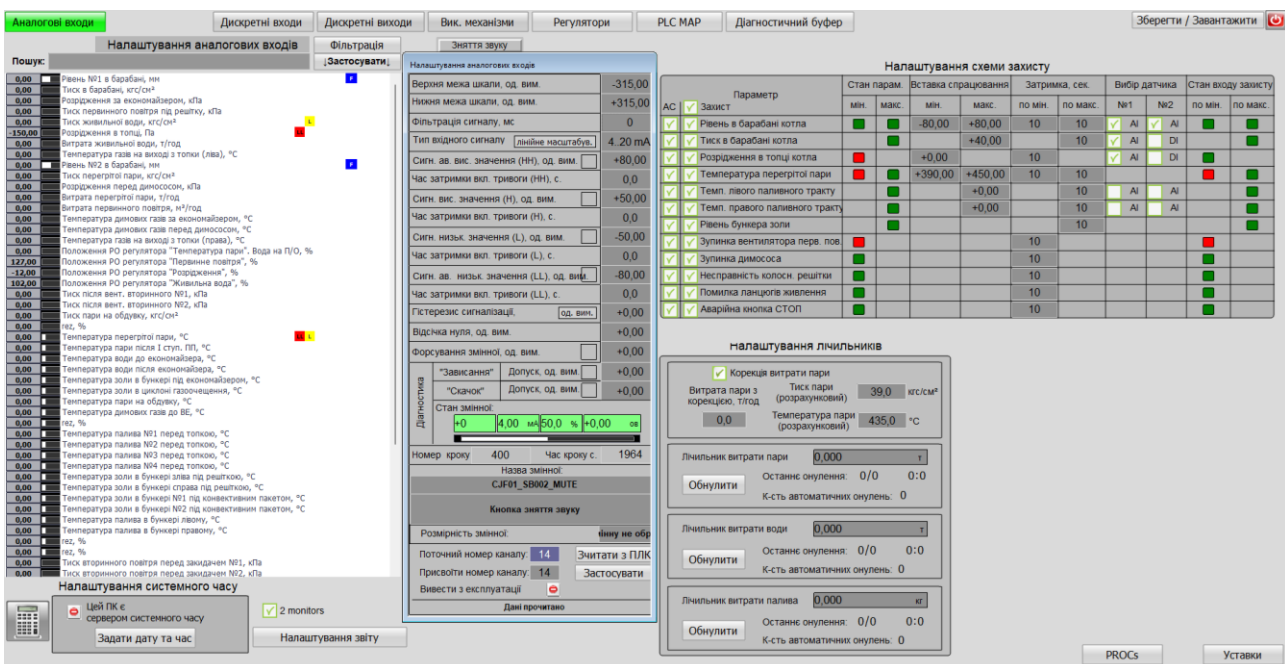


Рисунок 3.5 Відеокадр ЛМІ налаштувань аналогових входів

Функціональний блок вимірювання "FC_Meas" забезпечує обробку та масштабування вхідного сирого значення, що відповідає аналоговому сигналу вимірюваного технологічного параметру, в інженерні одиниці, відповідно до меж вимірювання (масштабування), що передаються з АРМ Оператора.

Крім того, блок забезпечує порівняння поточного значення із межами технологічної сигналізації: "ВЕРХНІЙ РІВЕНЬ. ТРИВОГА", "ВЕРХНІЙ РІВЕНЬ. ПОПЕРЕДЖЕННЯ", "НИЖНІЙ РІВЕНЬ. ПОПЕРЕДЖЕННЯ" та "НИЖНІЙ РІВЕНЬ. ТРИВОГА". За рівнем вхідного, сирого значення, блок формує сигнал "ОБРИВ", що свідчить про обрив електричного зв'язку з давачем.

За умов спрацювання технологічної сигналізації або обриві давача формується відповідний дискретний сигнал, що обробляється системою ЛМІ на рівні АРМ та панелей ЛМІ. Включення меж технологічної сигналізації, включення режиму симуляції технологічного сигналу та підтвердження їх статусу здійснюється за допомогою контрольного слова.

Для кожного вимірюваного параметру функціональним блоком, що відповідає певному вимірюванню, блоком FC_Meas та системами людино-машинного інтерфейсу обробляється 13 тегів.

В таблиці наведено зазначений перелік тегів, на прикладі параметру 00LAB10CP201

НАЙМЕНЬША ТЕГА	ОПИС ЗНАЧЕННЯ ТЕГА
<i>00LAB10CP201_CTW</i>	<i>Контрольне слово</i>
<i>00LAB10CP201_RAW</i>	<i>Безпосередньо виміряне значення без обробки (сире значення)</i>
<i>00LAB10CP201_SCA</i>	<i>Значення технологічного параметру після обробки (інженерне значення)</i>
<i>00LAB10CP201_SHL</i>	<i>Уставка спрацювання технологічної сигналізації ВЕРХНЯ МЕЖА. ТРИВОГА</i>
<i>00LAB10CP201_SHW</i>	<i>Уставка спрацювання технологічної сигналізації ВЕРХНЯ МЕЖА. ПОПЕРЕДЖЕННЯ</i>
<i>00LAB10CP201_SLW</i>	<i>Уставка спрацювання технологічної сигналізації НИЖНЯ МЕЖА. ПОПЕРЕДЖЕННЯ</i>
<i>00LAB10CP201_SLL</i>	<i>Уставка спрацювання технологічної сигналізації НИЖНЯ МЕЖА. ТРИВОГА</i>
<i>00LAB10CP201_HH</i>	<i>Повідомлення про спрацювання технологічної сигналізації ВЕРХНЯ МЕЖА. ТРИВОГА</i>
<i>00LAB10CP201_HW</i>	<i>Повідомлення про спрацювання технологічної сигналізації ВЕРХНЯ МЕЖА. ПОПЕРЕДЖЕННЯ</i>
<i>00LAB10CP201_LW</i>	<i>Повідомлення про спрацювання технологічної сигналізації НИЖНЯ МЕЖА. ПОПЕРЕДЖЕННЯ</i>
<i>00LAB10CP201_LL</i>	<i>Повідомлення про спрацювання технологічної сигналізації НИЖНЯ МЕЖА. ТРИВОГА</i>
<i>00LAB10CP201_WB</i>	<i>Повідомлення про обрив зв'язку з датчиком ОБРИВ</i>
<i>00LAB10CP201_FIL</i>	<i>Завдання сталолі часу фільтрування сигналу</i>

Рисунок 3.6 Перелік тегів для параметру 00LAB10CP201

Тиск живильної води в колектор

Функціональний блок "FC_Cont" забезпечує зворотню обробку та масштабування сигналу керування, що обробляється ПЛК в інженерних одиницях в сире значення, яке перетворюється в уніфікований сигнал постійного струму модулями аналогового виведення сигналу.

Функціональний блок управління механізмами, що керуються перетворювачами частоти, "FC_Moto_FI" забезпечує основні функції управління механізмом та сигналізації про його поточний стан

Основні команди керування, як то переключення режимів "Автоматичний" або "Ручний", команди "Пуск" або "Стоп", та зворотнє підтвердження їх статусу, а також загальні повідомлення про аварію механізму, його готовність або не готовність до роботи, досягнення ліміту мотогодин, тощо, здійснюється за допомогою контрольного слова. Крім підтвердження статусу виконання команд та повідомлень, блок, в режимі "Ручного управління", забезпечує передачу завдання частоти обертання, що задається за допомогою системи ЛМІ, в підпорядкований блок формування частоти обертання вентилятора. Який в свою чергу, в залежності від статусу режиму роботи обробляє завдання або від блоку "FC Moto_FI", або від блоку відповідного регулятора в "Автоматичному режимі".

Для кожного механізму, функціональним блоком управління та блоком FC Moto_FI обробляється 10 тегів

Основні команди керування, як то переключення режимів "Автоматичний" або "Ручний", команди "Пуск" або "Стоп", та зворотнє підтвердження їх статусу, та загальні повідомлення про аварію механізму, його готовність або не готовність до роботи, досягнення ліміту мотогодин, тощо, здійснюється за допомогою контрольного слова.

Функціональний блок ПІД-Регулятора, з вихідним сигналом, що змінюється, та постійно діє на виконавчий механізм "FC_PID1" забезпечує порівняння вхідного виміряного значення технологічного параметру (змінна PV) із заданим значенням уставки регулювання (змінна SP), та в залежності від значення різниці, та її знаку, формує вихідний сигнал керування (змінна Y), що передається до функціонального блоку "FC_Moto_FI", як що той знаходиться в "Автоматичному режимі". За умови автоматичного режиму, блок передбачає роботу від двох уставок, а саме внутрішня уставка (змінна In.PV) або зовнішня уставка (змінна Ex.PV). Робота від зовнішньої уставки здійснюється в режимі каскадного регулювання.

Каскадне управління передбачає сумісну роботу двох або більше регуляторів, коли визначається головний регулятор, вихідний керуючий сигнал якого є уставкою для регулювання підпорядкованого регулятора. При цьому, для кожного

наступного регулятора в ланці, що є підпорядкованим, попередній регулятор є головним.

Крім режиму регулювання, блок FC_PID1" за допомогою контрольного слова забезпечує переключення режимів роботи регулятора, "Автоматичний режим" або "Ручний режим" відповідно, та належну сигналізацію про стан регулятора "В роботі" або "Зупинений", та аварійну сигналізацію. Основною умовою готовності блока до роботи є логічна " & " стану готовності керованого механізму до роботи та обраний йому автоматичний режим роботи.

Для стабілізації технологічного параметру під час перемикання режимів роботи регулятора реалізовано "безударний перехід", який полягає в процедурі перезаписування значення PV в значення SP, при переході в автоматичний режим роботи, та значення вихідного сигналу регулятора Y в значення YH (ручне введення значення вихідного керуючого сигналу регулятора), в зворотньому перемиканні режиму.

Функціональний блок ПІД-Регулятора, з вихідним сигналом що змінюється, та має імпульсну дію на виконавчий механізм "FC_PID2" в своїй основі має більшість функцій аналогічних до функцій регулятора "FC_PID1". Відмінність полягає у формі вихідного сигналу керування.

В залежності від значення різниці між PV та SP регулятор формує змінний за фронтом сигнал керування. Чим більше значення різниці, тим скорше зростає по фронту рівень вихідного сигналу. По мірі зменшення значення різниці, швидкість зростання зменшується, для забезпечення більш точного регулювання.

В залежності від знаку різниці між PV та SP, визначається напрямок дії регулятора, при цьому рівень вихідного сигналу залежить виключно від модулю різниці.

Керування режимами роботи регулятора та відповідна сигналізація здійснюється за допомогою контрольного слова.

Кожен з блоків ПІД-Регулятора обробляє 11 основних тегів, що наведені в таблиці, на прикладі 02НВК10DP201 Регулятор розрідження в топці котла:

<i>НАЙМЕНУВАННЯ ТЕГА</i>	<i>ОПИС ЗНАЧЕННЯ ТЕГА</i>
<i>02НВК10DP201_CTW</i>	<i>Контрольне слово</i>
<i>02НВК10DP201_SP</i>	<i>Значення уставки регулювання</i>
<i>02НВК10DP201_PV</i>	<i>Значення параметру регулювання</i>
<i>02НВК10DP201_P</i>	<i>Значення пропорційної складової</i>
	<i>налаштування регулятора</i>
<i>02НВК10DP201_I</i>	<i>Значення інтегральної складової</i>
	<i>налаштування регулятора</i>
<i>02НВК10DP201_D</i>	<i>Значення диференційної складової</i>
	<i>налаштування регулятора</i>
<i>02НВК10DP201_YA</i>	<i>Вихідне значення керуючого сигналу, при роботі</i>
	<i>регулятора в автоматичному режимі</i>
<i>02НВК10DP201_YH</i>	<i>Вихідне значення керуючого сигналу, при роботі</i>
	<i>регулятора в ручному режимі</i>
<i>02НВК10DP201_YMIN</i>	<i>Обмеження мінімального значення вихідного сигналу</i>
<i>02НВК10DP201_YMAX</i>	<i>Обмеження максимального значення вихідного сигналу</i>
<i>02НВК10DP201_DBW</i>	<i>Значення зони нечутливості регулятора</i>

Рисунок 3.7 Перелік тегів для регулятора 02НВК10DP201

Крім того, блоком регулятора обробляються теги, що пов'язані із блоками управління механізмами, як то режим роботи механізму та його стан.

Блоки управління механізмами:

Блоки управління будуються за основою одноманітності функціональних блоків та схожості алгоритмів керування механізмами. Узагальнено, у відповідності до зазначених ознак, визначено наступні блоки:

"Fun_DB" блок управління вентиляторами, включає до свого складу наступні функціональні блоки управління:

02HNC10AN001_FB - блок управління Димотягом,

02HLB10AN001_FB - блок управління Вентилятором подачі первинного дуття,

02HLA21AN001_FB - блок управління Вентилятором №1 подачі

вторинного дуття,

02HLA22AN001_FB - блок управління Вентилятором №2 подачі вторинного дуття "ConvFI_DB" блок управління конвеєрами та транспортерами, що керуються за допомогою перетворювачів частоти, включає до свого складу наступні функціональні блоки управління:

- 02ННН10АF001_FB - блок управління Стрічковим конвеєром №1,
- 02ННН20АF001_FB - блок управління Стрічковим конвеєром №2,
- 02ННН11АF001_FB - блок управління Стрічковим конвеєром №4,
- 02ННН21АF001_FB - блок управління Норія,
- 02ННН30АF001_FB - блок управління Стрічковим конвеєром №3,
- 02ННК10АF001_FB - блок управління Паливним живильником котла,
- 02ННК20АА001_FB - блок управління Регулятором паливного шару,
- 02ННС10АF001_FB - блок управління електроприводом №1 колоснікової решітки
- 02ННС10АF002_FB - блок управління електроприводом №2 колоснікової решітки,
- 02НДА21АF001_FB - блок управління Скребковим конвеєром мокрої золи №1 з котла,
- 02НДА22АF001_FB - блок управління Скребковим конвеєром мокрої золи №2 з котла,
- 02НДА10АF001_FB - блок управління Шнеком золи №1 з економайзера,
- 02НДА20АF001_FB - блок управління Шнеком золи №2 з економайзера,
- 02НДА30АF001_FB - блок управління Стрічковим конвеєром золи,
- 02НТР11АF001_FB - блок управління гвинтовим конвеєром №1 рукавного фільтра,

- 02НТР12АF001_FB - блок управління гвинтовим конвеєром №2 рукавного фільтра,
 - 02НТР20АF001_FB - блок управління гвинтовим конвеєром №3 рукавного фільтра,
 - 02НТХ14АN001_FB - блок управління вентилятором-нагнітачем повітря,
 - 02НТJ20АF002_FB - блок управління дозуючим шнеком
- "MotFR_DB" блок управління реверсивними механізмами, що керуються релейно-контакторними схемами включає до себе наступні механізми:
- 02ННН40АА001_FB - блок управління ножовою засувкою, з електроприводом,
 - 02ННН50АА001_FB - блок управління запірним клапаном витратного бункера
- "MotF_DB" блок управління неревверсивними механізмами, що керуються релейно-контакторними схемами, включає до себе наступні механізми:
- 02ННН40CF201_FB - блок управління дозатором-витратоміром,
 - 02НDА10АВ001_FB - блок управління шлюзовим живильником золи №1
 - АВ002_FB - блок управління шлюзовим живильником золи №2 з котла,
 - 02НDФ11АВ001_FB - блок управління шлюзовим живильником золи №1 з мультіциклону,
 - 02НDФ11АВ001_FB - блок управління шлюзовим живильником золи №2 з мультіциклону,
 - 02НТJ20АF003_FB - блок управління вентилятором обдуву дозуючого шнеку;
- "ValveC_DB" блок управління регулюючими клапанами, включає до себе:
- 02LАВ10АА001_FB - блок управління клапаном подачі води на котел,
 - 02LАВ20АА001_FB - блок управління клапаном резервної лінії подачі води на котел,
 - 02LАВ11АА001_FB - блок управління клапаном подачі води

на пароохолоджувач

- 02LAB12AA001_FB - блок управління клапаном перерозподілу

живильної води,

- 02NHG10AA001_FB - блок управління клапаном подачі

газу на котел;

"ValveG_DB" блоки управління засувками, включає до себе:

- 02LAB10AA101_FB - блок управління засувкою на лінії

живильної води,

- 02LAB10AA102_FB - блок управління засувкою на байпасі

живильної води,

- 02LAB20AA101_FB - блок управління засувкою на резервній

лінії живильної води,

- 02HAD10AA801_FB - блок управління вентилям аварійного

збросу з барабану,

- 02HAN10AA801_FB - блок управління вентилям продувки

пароперегрівача,

- 02LBA10AA101_FB - блок управління засувкою на лінії

перегрітої пари

4.Індивідуальне завдання

4.1Проект автоматизації котла, з загальностанційним обладнанням та комплексом фільтрування.

Режимна карта роботи парового котла

Найменування		Значення величин				
1		2	3	4	5	
ПАРА	Паропродуктивність, т/год	17	19	22	26	
	Тиск, кгс/см ²	В барабані	37,0	38,0	38,0	38,0
		За пароперегрівником	35,0	36,0	36,0	36,0
	Температура перегрітої пари, °С		417	424	428	430
ЖИВИЛЬНА ВОДА	Тиск, кгс/см ²	перед блоком живлення	45÷50			
		перед економайзером	39÷40			
	Температура, °С	перед економайзером	102			
		після економайзера	181	183	184	191
	Витрата живильної води, т/год		17,5	19,6	22,7	26,8
ПАЛИВО-кам'яне вугілля	Теплота спалювання палива, ккал/кг		6375			
	Об'ємна витрата палива, м ³ /год		4,6	5,1	5,6	6,2
	Швидкість колосникової решітки, %		40	45	50	55
	Шар палива на колосниковій решітці, мм		90	90	90	90
ПОВІТРЯ	Тиск первинного повітря до калорифера, кПа		1,9	2,0	2,1	2,1
	Витрата первинного повітря, м ³ /год		24500	26000	26500	27000
	Тиск вторинного повітря, кПа		2,2	2,2	2,2	2,2
	Температура первинного повітря, °С	За вентилятором	31	31	32	32
		Після калорифера	50	50	50	50
	Відкриття шиберу 1 зони, %		0	0	0	0
	Відкриття шиберу 2 зони, %		0	0	0	0
	Відкриття шиберу 3 зони, %		50	50	50	50
	Відкриття шиберу 4 зони, %		70	70	70	70
	Відкриття шиберу 5 зони, %		30	30	30	30
	Відкриття шиберу 6 зони, %		0	0	0	0
Відсоток відкриття направляючого апарату, %		30	50	60	85	
Струм двигуна первинного вентилятора, А		68	70	72	74	
ДИМОВІ ГАЗИ	Розрідження	В топці, Па	20-30			
		Перед ВЕ, кПа	0,031	0,032	0,034	0,036
		Перед димососом, кПа	2,27	2,35	2,41	2,56

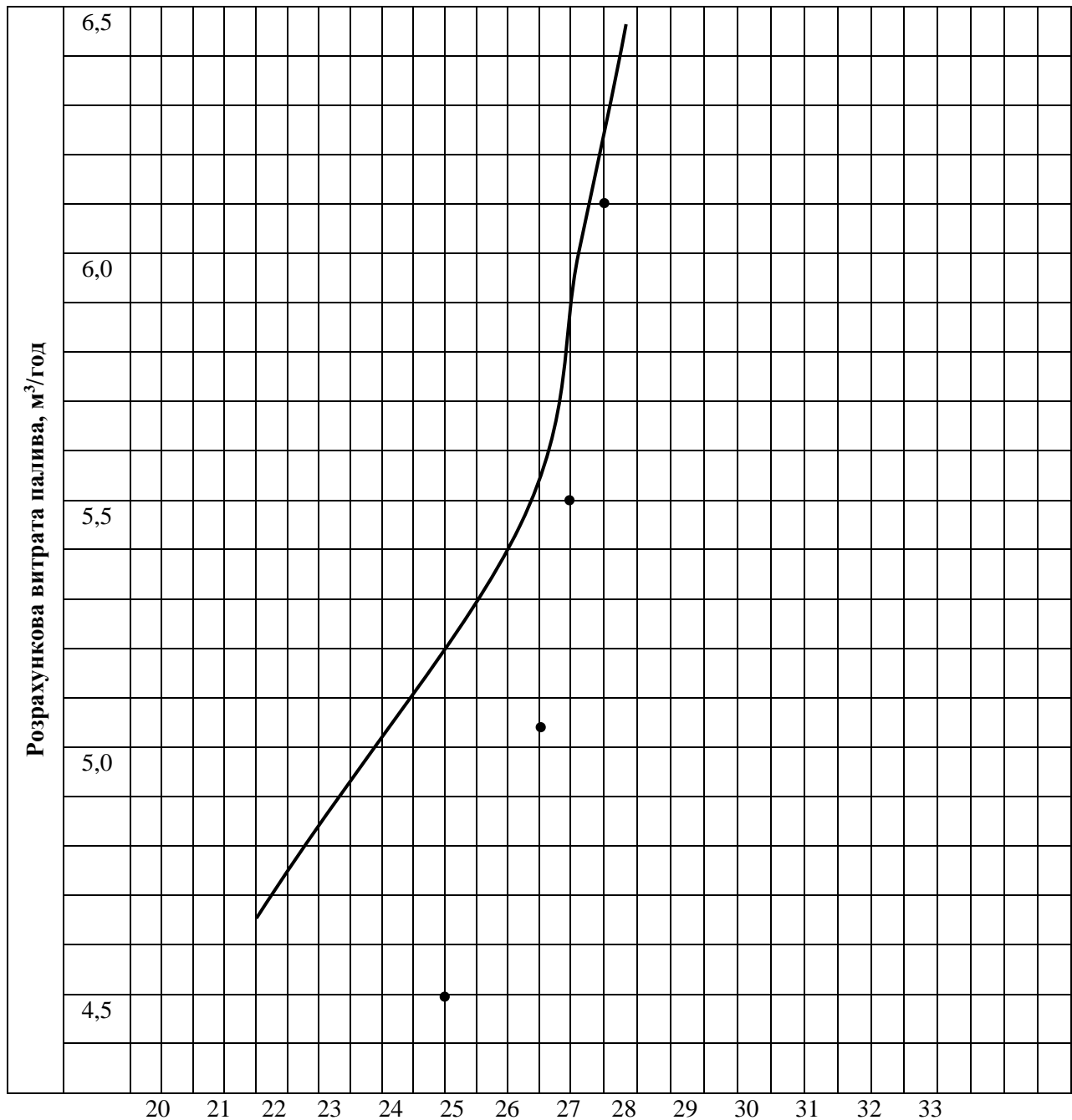
	Температура, °С	Перед пароперегрівником	677	689	714	762
		Перед ВЕ	340	341	351	380
		Перед циклоном	193	200	205	208
		Перед фільтром	187	195	199	203
		Перед димососом	185	189	194	196
	Вміст димових газів, %	CO ₂	9,3	9,3	10,7	11,1
		O ₂	10,8	10,7	9,2	8,8
		CO·10 ⁴	70	80	100	115
		NO _x ·10 ⁴	110	115	132	140
		SO ₂ ·10 ⁴	78	82	94	101
	Коефіцієнт надлишку повітря		2,06	2,05	1,79	1,73
	Положення РО розрідження, %		80	82	83	87
Струм димососа, А		104	105	106	112	
1		2	3	4	5	
ЕКОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ	Вміст шкідливих речовин в сухих димових газах при $\alpha=1,0$ мг/м ³	CO	180,3	205,0	223,8	248,7
		NO _x	465,2	484,0	485,1	497,2
		SO ₂	459,5	480,8	481,2	499,7
	Масовий викид шкідливих речовин (секундний), г/сек	CO	0,695	0,888	1,109	1,452
		NO _x	1,794	2,096	2,403	2,903
		SO ₂	1,772	2,082	2,384	2,918
	Питомі викиди шкідливих речовин на 1 Гкал виробленого тепла, г/Гкал	CO	216,2	245,8	264,2	292,4
		NO _x	557,9	580,3	572,9	584,6
		SO ₂	551,1	576,4	568,3	587,5
	Питомі викиди шкідливих речовин на 1000 м ³ спаленого палива, кг/1000м ³	CO	1,149	1,307	1,426	1,585
		NO _x	2,966	3,085	3,092	3,170
		SO ₂	2,929	3,065	3,068	3,186
ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ	Втрата тепла	З димовими газами, q ₂ , %	11,81	12,07	10,99	10,78
		Від хімічного недопалу, q ₃ , %	0,0406	0,0465	0,0505	0,0560
		Від механічного недопалу, q ₄ , %	2,99	2,88	2,91	2,94
		В навколишнє середовище, q ₅ , %	1,78	1,59	1,38	1,16
	К.К.Д. котла (брутто), η_k , %		83,38	83,41	84,67	85,06
	Витрати палива на 1 Гкал тепла, кг у.п./Гкал		171,3	171,3	168,7	168,0

ПРИМІТКА: 1. При подачі на колосникову решітку вологого вугілля та переміщення початку загорання палива в 2 зону (візуальний нагляд, зниження температури переднього склепіння), необхідно відкрити другу зону подачі повітря під решітку $0 \div 10\%$.

Г Р А Ф І К

Співвідношення «Паливо-повітря» парового котла

Паливо кам'яне вугілля (шар 90 мм)



Режим роботи котлоагрегату на пряму впливає на показники якості вихідних газів. При різних аварійних ситуаціях з'являється некероване інерційне утворення шкідливих речовин.

Система фільтрації та нейтралізації димових газів створена окремо від системи управління основним агрегатом- колоагрегатом. Але системи пов'язані основними регуляторами. Регулятор співвідношення «Паливо-повітря» на пряму впливає на кількість СО у вихідних(димових) газах. Система фільтрації передбачає

деяку інерційність та корегує регулятор фільтра-скрубера коефіцієнтом корекції навантаження-паливо-повітря.

Показник який не залежить від режиму роботи агрегату та якості функціонування регуляторів основних параметрів згоряння це SO₂. Серед оксидів сірки, що утворюються в процесі спалювання твердих видів палива, переважає її діоксид – SO₂.

Зниження викидів NO_x (оксиду азоту) в димових газах здійснюється при реалізації первинних заходів та вторинної обробці димових газів. Первинні заходи дозволяють знизити викиди оксиду азоту більш ніж на 30%. Однак такого зниження часто буває недостатньо, тому необхідна вторинна обробка.

Основний чинник підвищення NO_x у димових газах це висока температура горіння у топці. Режим роботи котлоагрегатів має забезпечити споживачів необхідною кількістю пари при заданих параметрах температури та тиску (для різних типів парогенераторів та споживачів).

Нижче представлені графіки основних залежностей у парогенераторі французького виробництва Радіант продуктивністю до 26т/год.

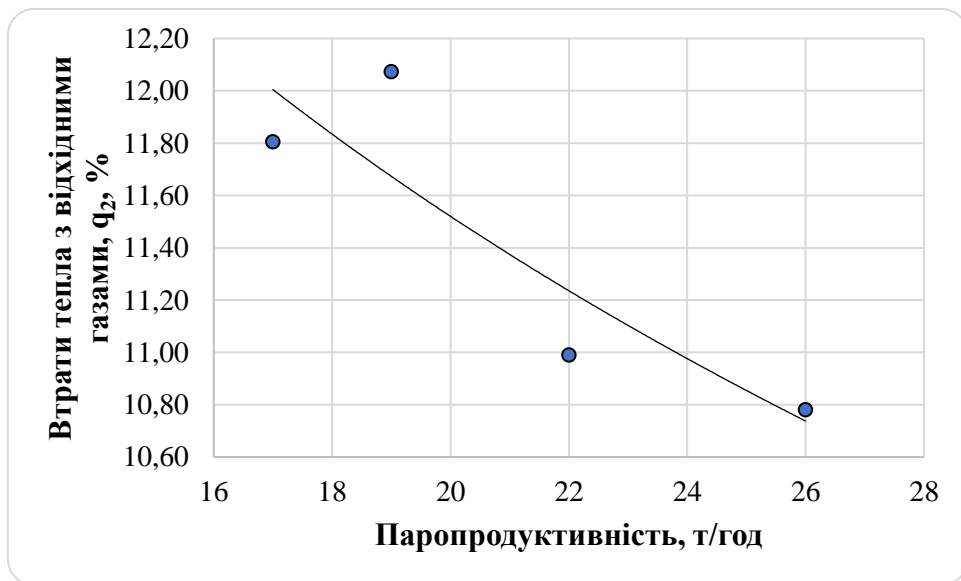
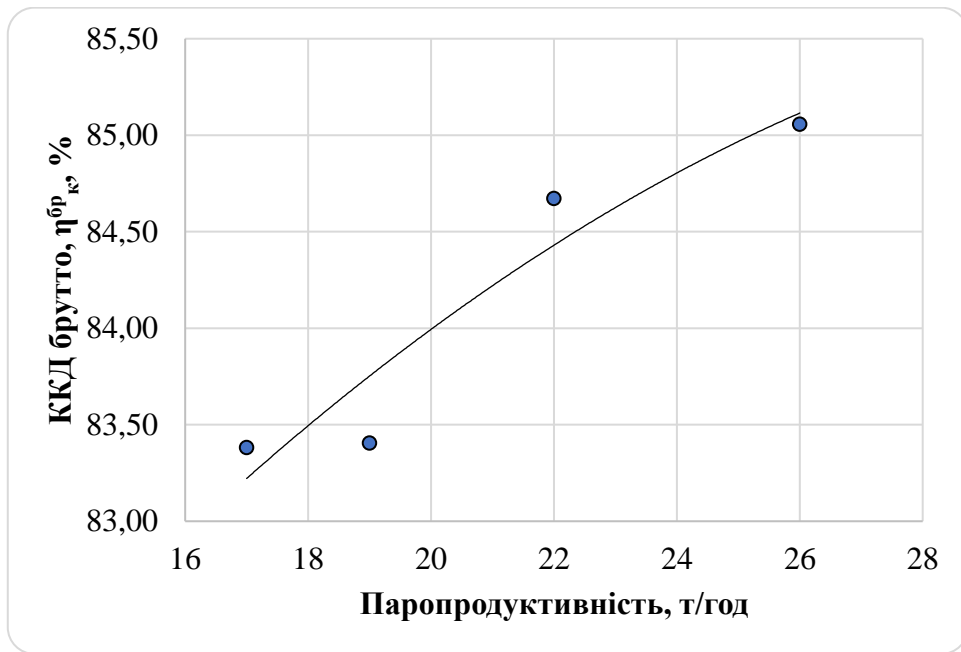
Система автоматизації комплексу фільтрування створена на базі мікропроцесорного контролера Siemens S-1500 та на модулі віддаленого вводу-виводу ET-200SP. Система складається з послідовно інтегрованими фільтрами різного типу взаємодії з димовими газами. Мультициклон відокремлює основні летючі речовини такі як зола від суміші димових газів. Скрубер встановлений після першого контуру зняття показань температури та розрідження. Основні показники якості димових газів аналізує газоаналізатор ENSITU 7001. Склад газової суміші після першої ступені очищення дає розуміння на скільки потрібна якісна очистка хімічними реагентами далі по тракту. Впорскування хімічних реагентів відбувається відповідно показанням газоаналізатора.

Датчики якості димових газів встановлені після кожного кроку очищення (загалом 4 ступені очищення) для більш точного відображення та реагування системи на зміну показників та якості палива (побутових відходів).

Нейтралізація NO_x відбувається у фільтрі-абсорбері. Фільтр наповнений негашеним вапном для хімічної взаємодії з газовими сумішами. При хімічній взаємодії осадок не випадає тому шлюзовий дозатор пилу не передбачений.

Останньою стадією очищення є скрубер вологого очищення. Після всіх стадій очистки зменшення температури всі тверді частинки мають властивість збирати вологу. Впорскування води призводить до осипання твердих мілкодисперсних речовин які не можливо уловити традиційними підходами.

**Графіки залежності тепло-економічних характеристик від паропродуктивності
Паливо – кам'яне вугілля марки «ДГ»**





Відомість результатів розрахунків шкідливих викидів з димовими газами парових котлів

Найменування	Позначення	Спосіб отримання величин	Тип котла			
			Радіант ст. №3			
			Навантаження			
			61,8	69,1	80,0	94,5
1	2	3	4	5	6	7
Паропродуктивність, т/год	D	Вимірювання	17	19	22	26
Теплопродуктивність, Гкал/год	Q_k	Вимірювання	11,57	13,00	15,10	17,88
Витрата палива, кг/год	$B_{\text{пал}}$	Розрахунок	2167	2445	2798	3297
Вид палива			кам'яне вугілля			
Коефіцієнт надлишку повітря у відхідних газах	$\alpha_{\text{відх}}$	Вимірювання	2,06	2,05	1,79	1,73
Зміна об'єму сухих продуктів згоряння	h	Вимірювання	2,05	2,05	1,78	1,72
Температура відхідних газів, °C	$t_{\text{відх}}$	Вимірювання	185	189	194	196
Теоретично необхідна кількість повітря, м ³ /кг	$V_{\text{п}}^{\circ}$	Таблиця XII	6,678			
Теоретичний об'єм продуктів згоряння, м ³ /кг	$V_{\text{Г}}^{\circ}$	Таблиця XII	7,311			

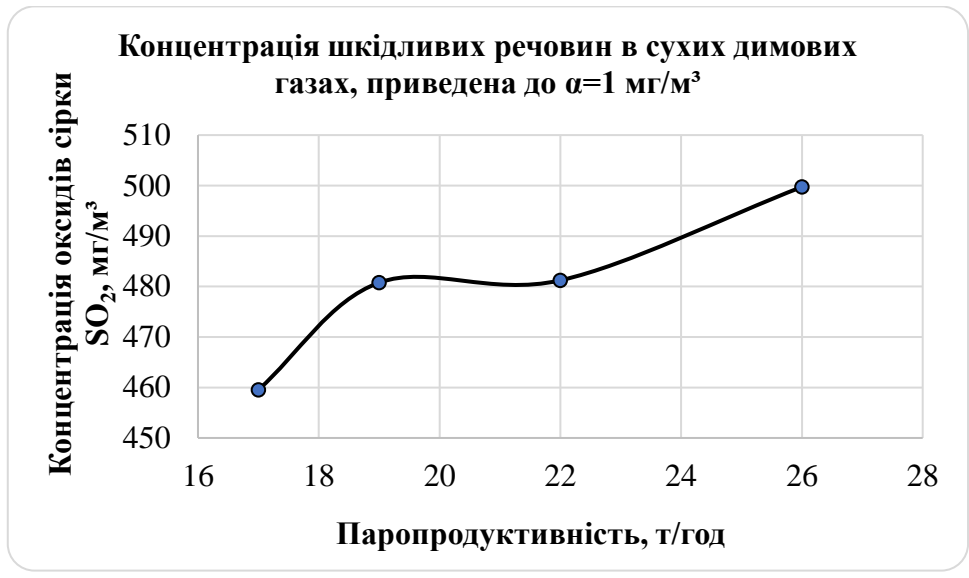
Теоретичний об'єм водяних парів, м ³ /кг	V ^o _{H2O}	Таблиця XII	0,845			
Теоретичний об'єм сухих газів, м ³ /кг	V ^o _{сг}	Таблиця XII	6,463			
1	2	3	4	5	6	7
Об'ємні концентрації шкідливих викидів, %·10 ⁻⁴	CO	Вимірювання	70	80	100	115
	NO _x	Вимірювання	110	115	132	140
	SO ₂	Вимірювання	78	82	94	101
Масова концентрація шкідливих речовин в сухих димових газах при нормальних умовах, мг/м ³	CO	C _{с.н.} =1,25·CO	87,5	100,0	125,0	143,8
	NO _x	C _{с.н.} =2,05·NO _x	225,8	236,1	271,0	287,4
	SO ₂	C _{с.н.} =2,86·SO ₂	223,1	234,5	268,8	288,9
Масова концентрація шкідливих речовин в сухих димових газах при нормальних умовах, приведена до α=1,00, мг/м ³	CO	C _{с.н.} ^{α=1} = C _{с.н.} ·α _{відх}	180,3	205,0	223,8	248,7
	NO _x		465,2	484,0	485,1	497,2
	SO ₂		459,5	480,8	481,2	499,7
Масовий викид шкідливих речовин (секундний), г/сек	M ^c _{CO}	b _Q ^{шк.} ·Q _к /3600	0,695	0,888	1,109	1,452
	M ^c _{NO_x}		1,794	2,096	2,403	2,903
	M ^c _{SO₂}		1,772	2,082	2,384	2,918
Годинний масовий викид шкідливих речовин, кг/год	M ^г _{CO}	M ^c _{шк.} ·3,6	2,502	3,196	3,991	5,227
	M ^г _{NO_x}		6,457	7,545	8,652	10,45
	M ^г _{SO₂}		6,378	7,494	8,584	10,50
Питомий викид шкідливих речовин на 1т/1000м ³ спаленого палива, кг/т, кг/1000 м ³	b ^{пал} _{CO}	M ¹⁰⁰⁰ _ш /B _{пал}	1,149	1,307	1,426	1,585
	b ^{пал} _{NO_x}		2,966	3,085	3,092	3,170
	b ^{пал} _{SO₂}		2,929	3,065	3,068	3,186
Питомий викид шкідливих речовин на 1 Гкал виробленого тепла, г/Гкал	CO	3,6·C ^{шк.} _{α=1} ·1,163/(4,187·η ^б _{р.к})	216,2	245,8	264,2	292,4
	NO _x		557,9	580,3	572,9	584,6
	SO ₂		551,1	576,4	568,3	587,5

ГРАФІКИ

Залежності масового викиду шкідливих речовин з димовими газами від паропродуктивності

Паливо – кам'яне вугілля марки «ДГ»

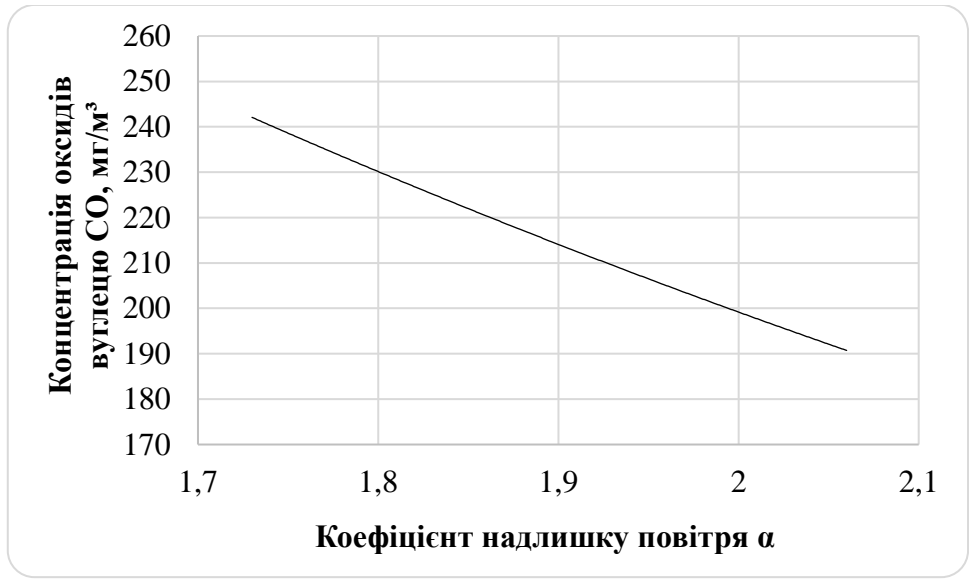


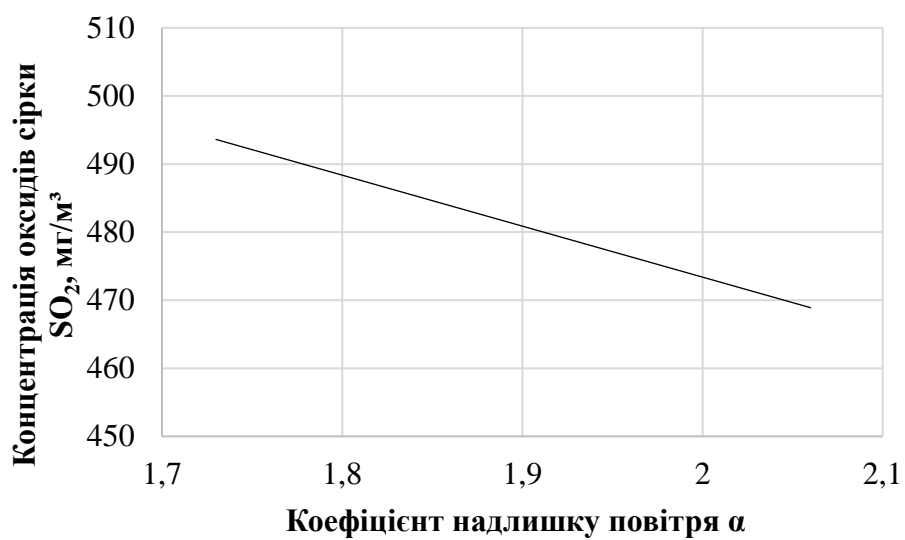
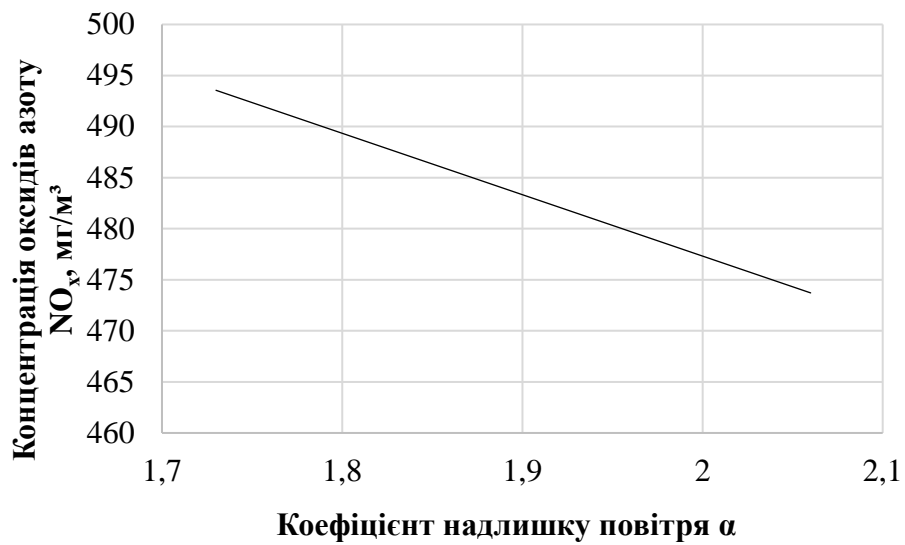


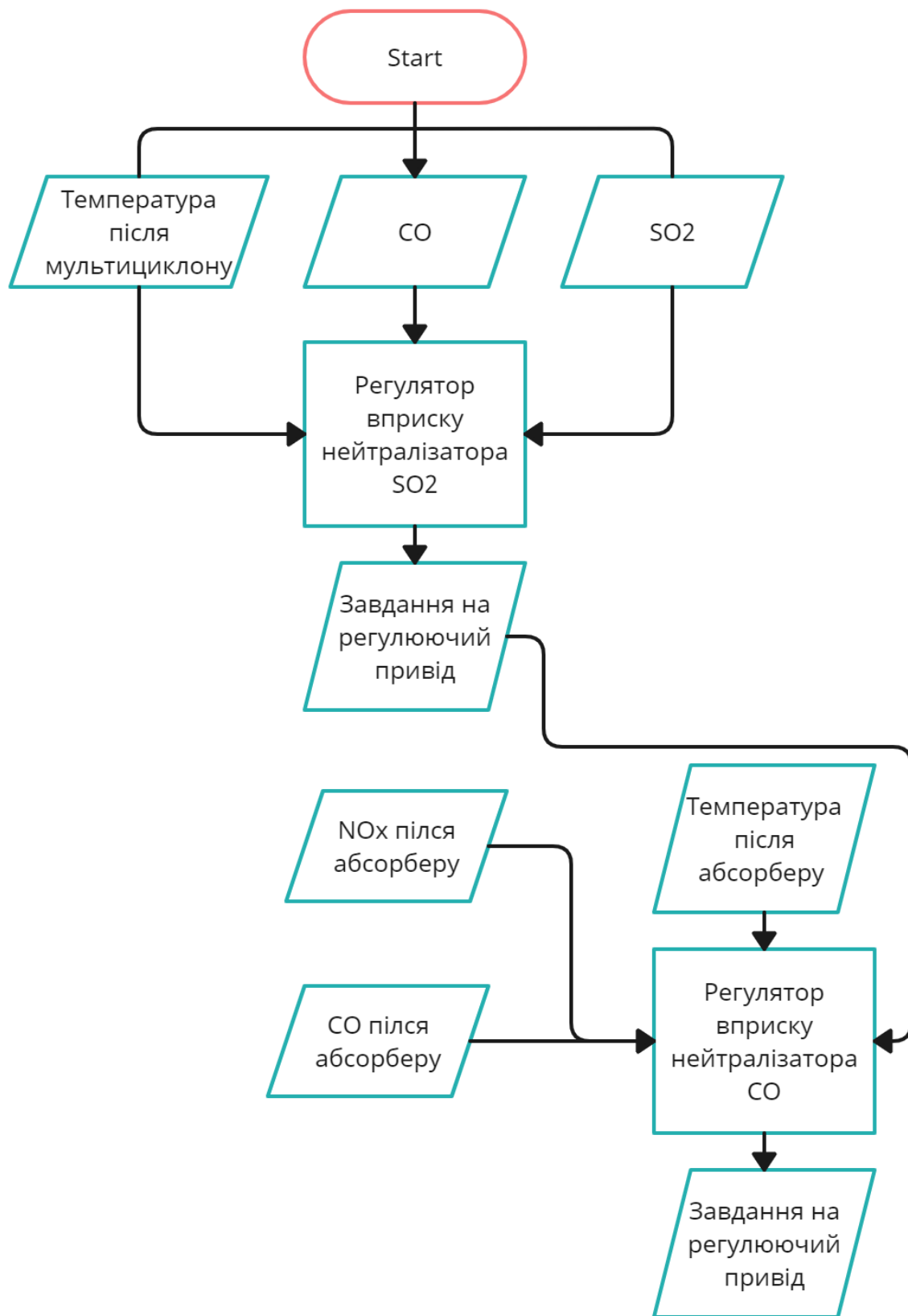
ГРАФІКИ

Залежності концентрації шкідливих викидів від коефіцієнту надлишку повітря

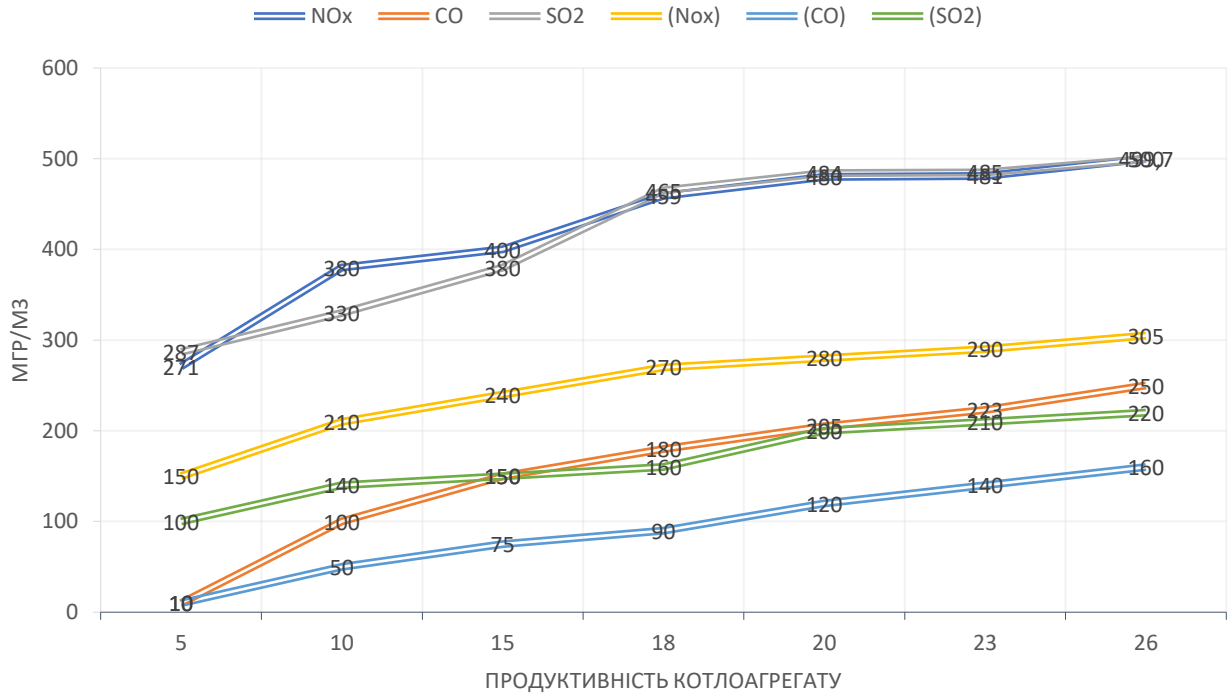
Паливо – кам'яне вугілля марки «ДГ»







ЗАЛЕЖНІСТЬ ШКІДЛИВИХ ВИКИДІВ ВІД НАВАНТАЖЕННЯ



Висновки

Під час роботи над магістерською роботою на основі теми було визначено специфіку систем очищення димових газів парогенератора на побутових відходах, характеристики обладнання та алгоритм функціонування систем. Таким чином конкретизувалась інформація, що тип палива є дуже різноманітний і вимагає не тільки чіткого дотримання регламенту його обробки, а також має значну кількість параметрів, які зазвичай визначаються лабораторією і можуть впливати на якість роботи котлоагрегату в цілому. На основі цих даних було прийнято рішення про створення системи, що здатна аналізувати параметри вихідних газів у димоходах та на основі характеристик обирати режим для нейтралізації, збору легких летючих речовин та твердих частинок. За рахунок такої специфіки системи можна досягти максимальне екологічне очищення газів за основними показниками. Окрім нейтралізації система також забезпечує збирання твердих частинок та виведення з системи транспортерами.

Після визначення мети магістерської роботи та підготовки інформаційної бази було сформована функціональна структура і структурна схема технічних засобів. На їх основі спроектована схема автоматизації та схема електрична принципова. Ці креслення мають особливість у вигляді конфігурації ПЛК та модулю віддаленого вводу-виводу. Така необхідність викликана самостійністю двох відділень та можливою незалежністю функціонування один від одного. Також це дозволяє гарантувати запас обчислювальної потужності на потреби кожної з систем. Проте ПЛК системи автоматизації комплексу фільтрації димових газів поєднаний до єдиної системи ТЕЦ для передачі інформації та команд.

Наступним кроком є створення людино машинного інтерфейсу, який має задовольняти своїм функціоналом потреби оператора, а також бути інформативним. Для цього було прийнято рішення про створення двох окремих вікон для контролю всіх параметрів, адже розміщення інформації про стан усієї системи на одному вікні призведе до погіршення інформативності та складності розуміння і керування

системою. Окрім цього були створені функціональні вікна, необхідні для перегляду тривоги, трендів, подій та хронології.

Останньою задачею магістерської роботи є створення проекту системи зі специфікацією на всі засоби автоматизації. Так як повний проект має дуже великий об'єм, то було представлено лише основні типові частини розділу АТХ. Тому продемонстрований проект має у собі функціональну схему автоматизації, структурну схему КТЗ, основні схеми електричних з'єднань та управління виконавчими механізмами.

Система фільтрації вихідних димових газів зменшить концентрацію шкідливих речовин у суміші газів парогенератора при різних режимних картах та навантаженні, при аварійних ситуаціях та критичних показниках. Система створена на основі новітніх засобах автоматизації та інтегрована як комплекс у систему загальностанційного обладнання ТЕЦ. Відповідає всім вимогам щодо якості викидів шкідливих речовин у атмосферу агрегатів вироблення тепла та пари.

ЛІТЕРАТУРА

1. Методичні рекомендації до виконання магістерської роботи зі спеціальностей 8.05020201 «Автоматизоване управління технологічними процесами» 8.05020202 «Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси та виробництва» / Уклад.: А.П. Ладанюк, І.В.Ельперін, В.Д. Кишенько, В.М.Сідлецький. – К.: НУХТ, 2011. – 15 с.
2. Нестеров, А. Л. Проектирование АСУТП. Книга 1 / А.Л.Нестеров. – СПб.: ДЕАН, 2006. – 552 с.
3. Нестеров А. Л. Проектирование АСУТП. Книга 2 / А.Л.Нестеров. – СПб.:
4. Про КРІ та ОЕЕ. Загальні розрахунки згідно ISO 22400-2. [Електронний ресурс]: Режим доступу: <http://www.slideshare.net/pupenasan/kri-oee>.
5. Промислові мережі та інтеграційні технології в автоматизованих системах: Навч. посібник / О.М.Пупена, І.В.Ельперін, Н.М.Луцька, А.П.Ладанюк.– К.:Ліра-К, 2011. – 552 с.
6. Пупена, О.М. [Електронний ресурс]: Автоматизовані системи управління виробництвом (MES-рівень): курс лекцій для студ. освіт. ст. "магістр" спец. 151 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" спеціалізації "Інтегровані автоматизовані системи управління " денної та заочної форм навчання / О.М. Пупена, Р.М. Міркевич. – К.: НУХТ, 2016. – 135 с.
7. Трегуб, В.Г. Автоматизація об'єктів періодичної дії: Підручник / В.Г.Трегуб. – К.: Ліра-К, 2016. – 136 с.
8. Трегуб, В.Г. Проектування систем автоматизації: Навч. посібник / В.Г. Трегуб. – К.: Ліра-К, 2014.– 344 с.
9. Фёдоров, Ю.Н. Справочник инженера по АСУТП: Проектирование и разработка. Учебно-практическое пособие / Ю.Н. Фёдоров. – М.: Инфра-Инженерия, 2008. – 928 с. 1. Мадоян А. А., Базаянц Г. В. Сероулавливание на ТЭС: К.: Техніка. 1992.160 с.

10. Базаянц Г.В., Светличный В.А., Рыжиков В.А. Выбросы сернистого ангидрида электростанциями Западной Европы: технические и экологические проблемы. Энергохозяйство за рубежом. 1986. № 4. С. 14 –17
11. Базаянц Г.В. Десульфуризация дымовых газов на ТЭС Японии. Энергохозяйство за рубежом. 1987. № 1. С. 21 – 23
12. Базаянц Г.В., Светличный В.А., Десульфуризация дымовых газов на ТЭС США. Энергохозяйство за рубежом. 1986. № 2. С. 11 – 14
13. Corinair. "CORINAIR Atmospheric Emission Inventory Guidebook", EMEP Expert panels UNECE. 1996.
14. Гладкий А.В. Современное состояние и перспективы мирового развития методов десульфуризации отходящих промышленных газов. Промышленная и санитарная очистка газов: М.: ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ, 1990. 28 с.
15. Saleem A., Janssen K.E., Ireland P.A. Аммиачная абсорбция SO₂ приобретает значение. Мир серы, N, P, K. 1994. №4. С. 23 – 29.
16. Gall R.L., Piasecki E.J. The Double Alkali Wet Scrubbing System. Chem. Engin. Progress:1975. Vol. 71, №5. P. 72.
17. Защита окружающей среды при производстве энергии на тепловых электростанциях. / под ред. Г.Г. Ольховского, Л.И. Кроппа. М.: Энергоатомиздат, 1991. 156 с. 70
18. Веччи С.Л., Воргол Д.Д., Кудлак Г.А. Технологии очистки газов на ТЭС, сжигающих уголь II Семинар "Сжигание топлив с минимальным воздействием на окружающую среду". М., 1993. 38 с.
19. Коркоран Э. Очистка угля. В мире науки. 1991. № 7. С. 66 – 79.
20. Ciemat (2000). "Flue Gas Cleaning", Clean Coal Technologies Handbook. PROGRAMA I+D OCICARBON.
21. Анализ методов очистки газовых выбросов от сернистого ангидрида и сероводорода. М: НИИТЭХИМ, 1981. 35 с.
22. H. Bove, R. Bitsko, J. Zonie, E. Sandel. Elec. World. 1985. Vol. 199, №12. P. 44 – 46.

23. Жидкофазные абсорбционные каталитические методы сероочистки отходящих газов предприятий металлургии и энергетики. А. Ермакова ин. ЖВХО им. Д.И. Менделеева. 1990. Т. 35, №1. С. 22 – 32.
24. Вилесов Н.Г., Большунов В.Г. Утилизация промышленных сернистых газов: Киев: Наук. думка, 1990. 136 с.
25. Results from the E-SO_x 5-MOo Pilot Demonstration. K.E. Redinger et al. ; Presented at SO₂ Control Symposium: New Orleans, Louisiana, 1990.
26. Pilot-Scale Demonstration of the LIDS System for SO₂ Control of High-Sulfur Coal. G.T. Amrhein et al. ; Presented at the 17th International Conference on Coal Utilization and Slurry. Technologies, April, 1992.
27. Shaub G., Grabenbauer D., Weinthater G. Efficient Flue Gas Cleaning in Waste Incineration. The Semi-Dry Process – a Proven Technology for Applications in Asia. International Meeting on Chemical, Engineering and Biotechnology, Technical Seminar 4. (ACHEMASIA'95). 18-19 may 1995. P. 63 – 70.
28. А.П. Воронин, Н.З. Ляхов, Р.А. Салимов, Г.А. Спиридонов. Перспективы реализации процесса электронно-лучевой технологии очищения газовых выбросов: ЖВХО им. Д.И. Менделеева. 1990. Т. 35, вып. 1. С. 72 –76.
29. Frank N.M., Kawamura K., Miller G.A. Final Report of Consultants Meeting of Electron Beam Processing of Combustion Flue Gases: Karlsruhe, 1986. P. 97 – 118. 71
30. Frank N.M., Kawamura K., Miller G.A. Ibid. 1985. Vol. 25, №1. P. 5 – 45.
31. Ауслендер В.Л., Салимов Р.А., Спиридонов Г.А. Промышленные ускорители электронов для радиационных технологий. Вестн. АЭС, РАДТЭХ-СССР. – 1991. №1. С. 4 – 18.
32. Pilot plant for flue gas treatment with electron beam – start up and two stage irradiation tests. A.G. Chmielewski et al.: Radiation Physics and Chemistry. 1993. Vol. 42, №4 – 6. P. 663 – 668.
33. Rauchgasreinigung nach dem Elektronenstrahlverfahren. G. Hassler, H. May etc.: VGB Kraftwerktechnik. 1988. Bd 68, №4. S. 425 – 440.

34. Grupe K. i inni. Falling cloud reaktor for removal of SO₂ from flue gas using red mud as desulphurising agent. Sprawozdanie Ekonomicznej Komisji Europy ONZ.: Genewa, Listopad, 1970.
35. Рышка Э. Защита воздушного бассейна от выбросов предприятий черной металлургии: М.: Металлургия, 1979. С. 239
36. В.А. Зайцев, А.А. Кучерова, Т.Б. Пятина, А.П. Коваленко. Очищення димових газів теплової електростанції. Хім. пром-сть. 1993. №3 – 4. С. 119 – 127.
37. Матрос Ю.Ш. Гетерогенно-каталитические методы очищения отходящих газов предприятий металлургии и химии: ЖВХО им. Д.И. Менделеева. 1990. Т. 35, №1. С. 9 – 21.
38. Плашихін С.В., Семенюк М.В., Пилипець І.В. Моделювання міграції твердих частинок в системі каналів з замкненими контурами. 7 міжнародна науковопрактична конференція "Комп'ютерне моделювання в хімії та технологіях і системах сталого розвитку - КМХТ-2019" м. Київ, К.: НТУУ «КПІ», 2019. С. 154-157.
39. SolidWorks. Компьютерное моделирование в инженерной практике. URL: <https://dwg.ru/dnl/1441>