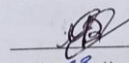
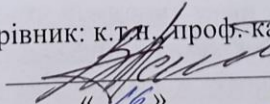


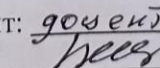
**Бакалаврська кваліфікаційна робота
(у формі проєкту) на тему:**

**«ІНТЕГРОВАНА СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ПРОМИСЛОВОГО
ОЧИЩЕННЯ ВИКИДНИХ ГАЗІВ»**

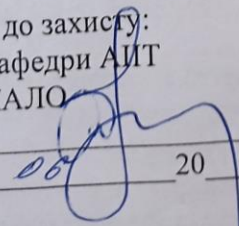
Виконав: студент IV курсу, групи АКІТР-23мс,
спеціальності 174 – Автоматизація, комп'ютерно-
інтегровані технології та робототехніка

 Микола ШУЛЯК
« 13 » 06 2025 р.

Керівник: к.т.н., проф. кафедри АІТ
 Володимир ПАПІНОВ
« 16 » 06 2025 р.

Рецензент: доцент каф. КН к.т.н.
 Валерій ДЕНИСЮК
« 16 » 06 2025 р.

Допущено до захисту:
завідувач кафедри АІТ
Олег БІСІКАЛО


« 17 » 06 20 р.

Вінниця ВНТУ - 2025 рік

Вінницький національний технічний університет
Факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації
Кафедра автоматизації та інтелектуальних інформаційних технологій
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
Галузь знань 17 – «Електроніка, автоматизація та електронні комунікації»
Спеціальність 174 – «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»
Освітньо-професійна програма Інтелектуальні комп'ютерні системи управління.

ЗАТВЕРДЖУЮ

завідувач кафедри АІПТ

д.т.н., професор Олег БІСІКАЛО

“ ” 2025 р.

ЗАВДАННЯ

НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Шуляк Миколі Вікторовичу

1. **Тема роботи** «Інтегрована система автоматизації процесу промислового очищення викидних газів»

керівник проекту Папінов Володимир Миколайович, к.т.н., проф.

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

затверджені наказом ВНТУ від « 20 » березня 2025 року № 97 .

2. **Термін подання студентом роботи** 10 червня 2025 р.

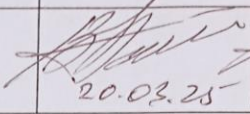
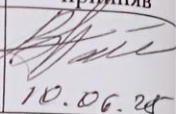
3. **Вихідні дані до роботи** Очищення викидних (нітрозних) газів здійснюється на типовому промисловому устаткуванні, яке має такі геометричні розміри: камера згорання – висота 2 м, ширина 2 м, довжина 6 м; реактор каталітичної очистки – висота 6 м, радіус 0,5 м; відстань між камерою згорання і реактором каталітичної очистки становить 15 м; схема каталітичної очистки встановлена на відстані 400 м від приміщення диспетчера. Витрати викидних газів змінюються в діапазоні від 0 до 50 м³/с; концентрація кисню в викидних газах змінюється в діапазоні від 0 до 0,085-10-3 мг/м³; витрати повітря змінюються в діапазоні від 0 до 20 м³/с; витрати природного газу на вході камери згорання змінюються в діапазоні від 0 до 45 м³/с, а на вході реактора - в діапазоні від 0 до 25 м³/с; температура верхнього шару каталізатора реактора очищення змінюється в діапазоні від 480°C до 500°C; температура нижнього шару каталізатора змінюється в діапазоні від 750°C до 770°C. Проектування інтегрованої системи управління даним виробництвом здійснювати на основі рекомендацій діючих стандартів в області комп'ютерно-інтегрованого виробництва.

4. **Зміст текстової частини (перелік питань, які потрібно розробити)** 1) Техніко-економічне обґрунтування кваліфікаційного проекту. 2) Проектування технічної частини системи. 3) Проектування програмної частини системи

5. **Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)**

1) Концепція функціональної структури інтегрованої системи автоматизації. Плакат демонстраційний 2) Автоматизована система управління технологічним процесом. Схема електрична структурна. 3) Автоматизована система управління технологічним процесом. Схема автоматизації функціональна.

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-3	Папінов В.М., професор кафедри АІТ	 20.03.25	 10.06.25

7. Дата видачі завдання 20.03.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

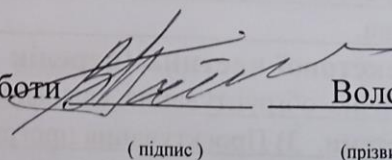
№ з/п	Назва етапів бакалаврської кваліфікаційної роботи (у формі проекту)	Термін виконання		Примітка
		початок	закінчення	
1	Техніко-економічне обґрунтування кваліфікаційного проекту	03.10.2024	09.10.2024	
2	Розробка концепції функціональної структури інтегрованої системи автоматизації	12.03.2025	29.03.2025	
3	Розробка технічного завдання на дипломне проектування	01.04.2025	26.04.2025	
4	Розробка електричної структурної схеми системи	29.04.2025	10.05.2025	
5	Розробка функціональної схеми автоматизації системи	13.05.2025	24.05.2025	
6	Проектування програмного забезпечення системи	27.05.2025	31.05.2025	
7	Перевірка ПЗ на відповідність вимогам	03.06.2025	07.06.2025	
8	Попередній захист, доопрацювання, та рецензування БКР	10.06.2025	15.06.2025	
9	Захист БКР	16.06.2025	23.06.2025	

Студент


(підпис)

Микола ШУЛЯК
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Володимир ПАПИШ
(прізвище та ініціали)

Анотація

Бакалаврська кваліфікаційна робота у формі проєкту складається з 73 сторінок формату А4, на яких є 17 рисунків, 7 таблиць, список використаних джерел містить 24 найменувань.

Метою роботи є пошук концептуального рішення інтегрованої системи автоматизації (ІСА) промислового очищення викидних (нітрозних) газів, побудованої на основі комплексної системи автоматизації його основного технологічного процесу.

У загальній частині роботи проведений аналіз існуючих аналогічних систем автоматизації, обґрунтована концепція більш досконалої інтегрованої системи автоматизації промислового очищення викидних (нітрозних) газів та розроблено технічне завдання на проєктування автоматизованої системи управління технологічним процесом (АСУТП). В розрахунково-конструкторській частині роботи спроектована технічна частина АСУТП (схема функціональної структури, електрична структурна схема, функціональна схема автоматизації) та програмне забезпечення робочої станції оператора АСУТП (схема даних, загальна архітектура, окремі програмні модулі, графічний ЛМІ).

Ключові слова: інтегрована система автоматизації, автоматизована система управління технологічним процесом, викидний (нітрозний) газ

Abstract

Bachelor's qualification work in the form of a project consists of 73 pages of A4 format, which contain 17 figures, 7 tables, the list of used sources contains 24 items.

The aim of the work is to find a conceptual solution for an integrated automation system (ISA) for industrial purification of exhaust (nitrous) gases, built on the basis of a complex automation system for its main technological process.

In the general part of the work, an analysis of existing similar automation systems is carried out, the concept of a more advanced integrated automation system for industrial purification of exhaust (nitrous) gases is substantiated, and a technical task for the design of an automated process control system (APCS) is developed. In the design and calculation part of the work, the technical part of the APCS (functional structure diagram, electrical structural diagram, functional automation diagram) and the software of the APCS operator's workstation (data diagram, general architecture, individual program modules, graphical LMI) are designed.

Keywords: integrated automation system, automated process control system, exhaust (nitrous) gas

3мiCT

Вступ.....	3
1 Техніко – економічне обґрунтування кваліфікаційного проєкту.....	5
1.1 Аналіз технологічного процесу, що підлягає автоматизації	5
1.2 Аналіз існуючих аналогічних АСУ технологічним процесом	8
1.3 Вимоги діючих стандартів до проєктування ІСА виробництва	18
1.4 Обґрунтування концепції побудови нової ІСА.....	22
2 Проєктування технічної частини системи.....	30
2.1 Деталізація функціональної структури системи	30
2.2 Електрична структурна схема системи	33
2.3 Функціональна схема автоматизації системи	37
3 Проєктування програмної частини системи.....	41
3.1 Вибір інструментальної системи проєктування	43
3.2 Схема даних програмного забезпечення ПК оператора	45
3.3 Архітектура програмного забезпечення ПК оператора	47
3.4 Проєктування окремих програмних модулів	55
3.5 Проєктування графічного ЛМІ оператора	55
3.6 Програмне забезпечення для формування звітності	57
Висновки	58
Література	61
Додаток А (обов’язковий) Технічне завдання на бакалаврську кваліфікаційну роботу (у формі проєкту).....	67
Додаток Б (обов’язковий) Графічна частина.....	68
Концепція функціональної структури інтегрованої системи автоматизації. Плакат демонстраційний	69
Автоматизована система управління технологічним процесом. Схема електрична структурна	70
Автоматизована система управління технологічним процесом. Схема автоматизації функціональна	71
Додаток В (довідковий) – Стратегія управління в редакторі задач SCADA «Genie».....	72
Додаток Г (довідковий) – Графічний ЛМІ оператора АСУТП	73
Додаток Д (обов’язковий) Протокол перевірки кваліфікаційної роботи ..	

					08-31.БДП.014.00.000 ПЗ						
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Шуляк М.В.			Інтегрована система автоматизації промислового очищення викидних газів. Пояснювальна записка			Літ.	Арк.	Аркушів	
Перевір.		Папінов В.М.									
Реценз.								ВНТУ, гр. АКІТР-23мс			
Н. контр.		Овчинников К.В.									
Затверд.		Бісікало О.В.									

Вступ

Актуальність. В промисловій автоматизації вже протягом 30 років сформувалася стійка тенденція переходу від автономних розподілених систем управління (РСУ) до інтегрованих систем автоматизації (ІСА) промислового виробництва у цілому в масштабах підприємства, холдингу або об'єднання. Передумовою цього процесу став поточний рівень розвитку усіх апаратно-програмних засобів автоматизації, який досягнутий на основі принципів міжнародної стандартизації та уніфікації [1].

Економічною причиною інтеграції є прагнення керівників підприємств шукати реальні додаткові джерела підвищення економічної ефективності виробничої діяльності підприємства. На кожному підприємстві такі джерела є, треба тільки вміти їх знайти, а для цього необхідно забезпечити збір, обробку і аналіз інформації оперативних даних з усіх технологічних і виробничих ділянок. Саме оперативної, а не в кінці зміни, робочого дня або місяця. Для того, щоб керувати собівартістю продукції треба поряд з інформацією про вартість сировини і робочої сили знати скільки сировини, електроенергії, пари, води і палива пішло на виготовлення кінцевої продукції.

Будь-яке промислове виробництво створюється на конкретному технологічному процесі, завдяки чому він вважається основним. Саме тому створення ІСА даним промисловим виробництвом у першу чергу вимагає впровадження комплексної автоматизації його основного технологічного процесу [2]. Така комплексна автоматизація дозволяє значно зменшити вплив людського фактору на якісні показники як управління основним технологічним процесом, так і всім виробничим процесом, побудованим на його основі. В результаті система автоматизації основного технологічного процесу стає надійним фундаментом для подальшої побудови інтегрованої системи управління всім виробництвом, яка об'єднує усі взаємопов'язані процеси виробництва, керуючи ними як єдиним цілим для досягнення поставлених перед виробництвом кількісних та якісних завдань.

Метою бакалаврської кваліфікаційної роботи у формі проєкту є пошук концептуального рішення інтегрованої системи управління для промислового очищення викидних газів, побудованої на основі комплексної системи автоматизації його основного технологічного процесу.

Нова інтегрована система управління призначається для роботи у складі інтегрованої системи автоматизованого управління хімічним підприємством.

Об'єктом розробки є процес управління виробничою діяльністю по промислового очищенню викидних газів на хімічному підприємстві.

Предметом розробки є автоматизація процесу управління виробничою діяльністю хімічного підприємства шляхом застосування інтегрованої системи управління.

Для досягнення мети розробки мають бути вирішені такі задачі:

1. Техніко – економічне обґрунтування кваліфікаційного проєкту.
2. Розробка концепції інтегрованої системи автоматизації.
3. Розробка технічного завдання на кваліфікаційне проєктування.
4. Розробка електричної структурної схеми системи.
5. Розробка функціональної схеми автоматизації системи.
6. Проєктування програмного забезпечення системи

Інноваційна новизна отриманих результатів полягає в тім, що на відміну від існуючих, нова інтегрована система управління спроектована з урахуванням рекомендацій діючих міжнародних стандартів в області комп'ютерно-інтегрованого виробництва, що дозволило суттєво зменшити її загальну вартість за рахунок раціонального проєктного рішення системи як на рівні управління виробництвом, так і на рівні управління основним технологічним процесом.

Практична цінність отриманих результатів проєктування полягає в тім, що завдяки раціональності проєктних рішень системи, її легко реалізувати на хімічному підприємстві навіть власними силами фахівців ІТ та КВПіА відділків.

Апробація результатів проєктування: концептуальні результати виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи у формі проєкту опубліковані в матеріалах LIV науково-технічної конференції підрозділів Вінницького національного технічного університету (НТКП ВНТУ–2025) [3].

Розробка інтегрованої системи управління для промислового очищення викидних газів виконувалась на основі індивідуального завдання, виданого кафедрою АІТ, та складеного технічного завдання на бакалаврську кваліфікаційну роботу у формі проєкту (додаток А).

1 Техніко-економічне обґрунтування кваліфікаційного проєкту

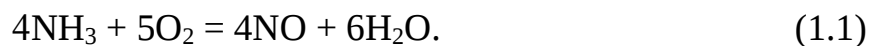
1.1 Аналіз технологічного процесу, що підлягає автоматизації

Азотна кислота (HNO_3) по об'єму виробництва займає серед інших кислот друге місце після сірчаної кислоти [4-8]. Все зростаючий об'єм її виробництва пояснюється величезним значенням азотної кислоти і її солей для народного господарства. Азотна кислота є одним з вихідних продуктів для одержання більшості речовин, що містять азот. До 70-80% її кількості витрачається на одержання мінеральних добрив. Одночасно азотна кислота застосовується при одержанні вибухових речовин майже усіх видів, нітратів і ряду інших технічних солей; у промисловості органічного синтезу; у ракетній техніці, як окислювач у різних процесах і в багатьох інших галузях народного господарства.

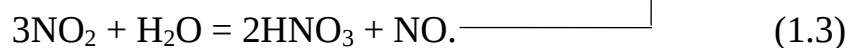
Промисловістю виробляється неконцентрована (до 60-62% HNO_3) і концентрована (98-99% HNO_3) кислота. У невеликих об'ємах випускається реактивна й азотна кислота особливої чистоти.

Основною сировиною для виробництва неконцентрованої азотної кислоти в даний час є аміак, повітря і вода. Допоміжними матеріальними й енергетичними ресурсами є каталізатори окислювання аміаку й очищення викидних (вихлопних) газів, природний газ, пара й електроенергія.

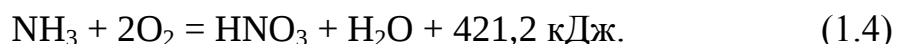
В даний час промислове виробництво азотної кислоти здійснюється на основі контактного окислювання синтетичного аміаку (NH_3). Процес складається з двох основних стадій: одержання окису азоту і переробка її в азотну кислоту. Стадія окислювання аміаку в окис азоту в загальному вигляді виражається рівнянням [9]:



Стадія окислювання окису азоту у вищі окисли азоту і переробки їх в азотну кислоту може бути представлена рівняннями:



Сумарну реакцію без урахування побічних реакцій, що проходять з утворенням елементарного азоту й інших сполук, можна виразити рівнянням



Процес окислювання аміаку може протікати в кількох напрямках, при цьому склад кінцевих продуктів буде визначатися насамперед вибіркою

здатністю застосованого каталізатора. При використанні платинового каталізатора вихід окису азоту в інтервалі температур 700-850⁰С може досягати 97-98%. Каталізатори з платинових сплавів є найкращими для вибірного окислювання аміаку в окис азоту.

Реакція окислювання аміаку до окису азоту йде з незначною зміною об'єму, тому зміна тиску не робить істотного впливу на рівноважний вихід продуктів взаємодії. Великі значення константи рівноваги цієї реакції (10⁵³ при 900⁰С) свідчать про практичну її необоротність при промислових умовах здійснення процесу.

Платиновим каталізаторам надають сітчасту форму, що дозволяє застосовувати контактні апарати простого типу. Звичайно сітки каталізатору виготовляють із дроту діаметром 0,05-0,09 мм. Для виготовлення сіток застосовуються сплави наступного складу: Pt+4%Pd+3,5%Rh (для контактних апаратів, що працюють при атмосферному тиску) і Pt+7,5%Rh (для конвертерів, що працюють при підвищеному тиску). При окислюванні аміаку під атмосферним тиском установлюють від 2 до 4 сіток (звичайно 3 штуки). В апарати, що працюють під підвищеним тиском, закладають від 16 до 18 сіток.

Викидні газы, отримані контактним окислюванням аміаку, містять в основному окис азоту, з якого при подальшому окислюванні виходять вищі окисли азоту. Утворення їх протікає по наступним рівнянням [8]:



Зі зниженням температури рівновага всіх цих реакцій зміщується вправо. На наступних етапах процесу окисли азоту переробляють у неконцентровану азотну кислоту за допомогою їхнього поглинання з газової фази водою чи розведеною азотною кислотою. Для цього викидні газы охолоджують і направляють у поглинальні вежі чи абсорбційні колони, де відбувається окислювання NO і поглинання окислів азоту, що утворилися. У залежності від умов охолодження й окислювання в газовій фазі можуть бути присутніми різні окисли азоту, що реагують з водою по реакціях з виділенням тепла:



З практичної точки зору не має значення, що реагує з водою - двоокис чи чотириокис азоту, бо швидкість їхнього взаємного перетворення дуже велика, а кількість азотистої й азотної кислот, що утворюються з NO_2 і N_2O_4 , однакова.

Таким чином, увесь процес одержання азотної кислоти зв'язаний з розчиненням у воді окислів азоту - NO_2 , N_2O_4 і N_2O_3 . В результаті взаємодії пар води з цими окислами азоту у газовій фазі утворюється також незначна кількість азотної й азотистої кислот.

На рисунку 1.1 наведена спрощена технологічна схема установки АК-72 для виробництва неконцентрованої азотної кислоти [4].

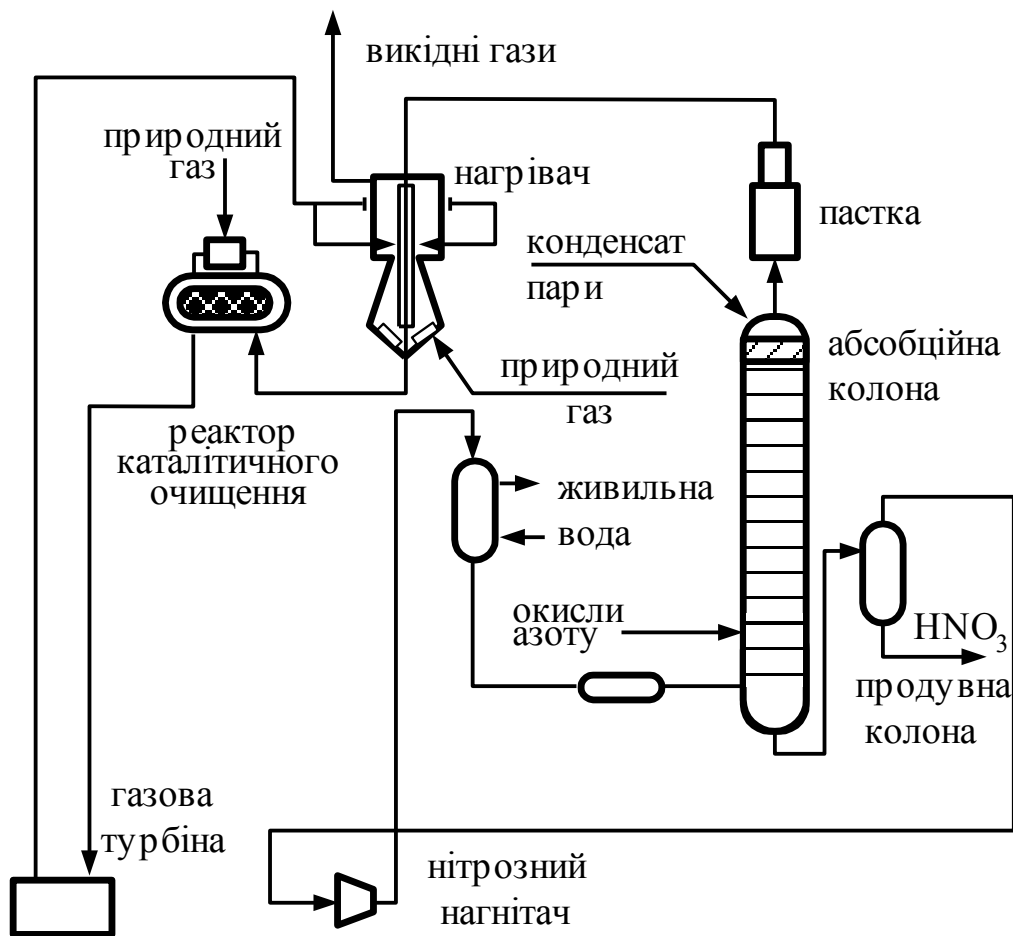


Рисунок 1.1 – Спрощена технологічна схема установки АК-72

Особливістю установки АК-72 є використання високотемпературного каталітичного очищення викідних газів від оксидів азоту за допомогою природного газу, а також подача гарячих вихлопних газів з абсорбційної колони до газової турбіни без попереднього охолодження.

Окисли азоту разом зі слабкою азотною кислотою поступають на вхід абсорбційної колони з контактного апарату. Туди ж подаються викідні гази з продуктивної колони через викідний нагнітач та підігрівач. В абсорбційній

колоні ці гази та рідини зрошуються конденсатом водяної пари. В результаті за рівняннями (1.8) – (1.10) утворюється 60%-азотна кислота, а також викидні (вихлопні) гази, що містять оксиди азоту. Кислота виводиться через продувну колону на вихід установки (до складу готової продукції), а викидні гази подаються до пастки з вбудованим нагрівачем. Там вони нагріваються до 50°C для випарювання бриз, що залишилися, а потім поступають на вхід нагрівача, що працює на природному газі. В ньому викидні гази нагріваються до температури 480-500°C, а потім змішуються зі стисненим природним газом на вході реактора каталітичного очищення типу АПК-2.

Цей реактор являє собою двохступеневий каталізатор, де у надлишку природного газу оксиди азоту, що містяться в викидних (вихлопних) газах, відновлюються до азоту з виділенням додаткового тепла. Температура газів у другій ступені реактора збільшується при цьому до 750-770°C. Гарячі викидні (вихлопні) гази направляються до газової турбіни, а з неї – до нагрівача, щоб частково нагріти викидні газ з виходу абсорбційної колони. Охолоджені викидні гази виводяться у атмосферу.

Перший шар каталізатору АПК-2 виконаний на основі Al_2O_3 з 2% Pd. У якості другого каталітичного шару використовується гранульований Al_2O_3 .

Природний газ для реактора каталітичного очищення не повинен містити сірки більше, ніж 20 мг/м³. Процес відновлення оксидів NO_x відбувається при об'ємній швидкості газу 15000-25000 год⁻¹ та лінійній швидкості газу 1,0-1,5 м/с. Для забезпечення залишкової концентрації оксидів азоту в викидних газах 0,002-0,008% (об'ємних) підтримується 10%-надлишок природного газу.

1.2 Аналіз існуючих АСУ технологічним процесом

Питанням автоматизації процесів виробництва азотної кислоти завжди приділялося достатньо багато уваги. Це пов'язано і зі значенням азотної кислоти для народного господарства (необхідність підвищення продуктивності), і з небезпечністю самого виробництва для навколишнього середовища (необхідність підвищення безпечності і надійності виробництва), і з чутливістю ходу хімічних реакцій до зовнішніх умов (необхідність стабілізації режимів роботи обладнання).

Роботи по розробці і впровадженню нових систем управління цим складним виробництвом тривають і в наш час [9-13].

Так компанія "Флекс Контролз" розробляє системи керування на базі продукції фірми ALLEN-BRADLEY ROCKWELL AUTOMATION (США) для хімічної, нафтохімічної промисловості й енергетики [10]. Зокрема ним розроблена автоматизована система управління (АСУ) виробництвом азотної кислоти. Вона побудована на контролерах двох сімейств: MicroLogix/SLC і Logix. Контролер ControlLogix є самим потужним з тих, що випускаються на

сьогоднішній день компанією. Її головною особливістю є архітектура, заснована на базі мережі ControlNet. Шасі контролера являє собою сегмент мережі ControlNet, де кожний модуль є станцією. Обмін даними між модулями в шасі контролера ControlLogix здійснюється за принципом “джерело-споживач”, як у мережі ControlNet. Така архітектура забезпечує ряд переваг:

- всі місця в шасі рівноцінні, тому модулі введення/виведення, процесори й інші модулі можуть бути встановлені на будь-яке місце;
- в одне шасі може бути встановлене будь-яке число процесорів, що дозволяє створити повноцінну багатопроцесорну систему управління;
- у системі управління на базі мережі ControlNet, процесорів і шасі ControlLogix, кожний модуль є самостійним вузлом мережі, що, зокрема, дозволяє вільно розподіляти процесори по різних шасі системи управління;
- для підключення до «зовнішніх» мереж ControlNet, Ethernet і ін. використовуються мережні модулі; число мережних модулів у шасі не обмежено, кожний з них є вузлом мережі й може самостійно, без участі процесора, передавати й приймати інформацію.

Саме усі ці переваги контролерів ControlLogix і реалізовані у розробленій розподіленій системі управління виробництвом азотної кислоти.

ВАТ "Сумське НВО ім. Фрунзе" (Україна) випускає комплектну технологічну лінію виробництва неконцентрованої азотної кислоти, оснащену засобами автоматизації і управління [9]. Вона застосовується для виробництва азотної кислоти з рідкого аміаку й повітря.

Технологічний процес ділиться на чотири основні стадії:

- конверсія аміаку;
- охолодження викидних газів;
- абсорбція азоту;
- каталітичне очищення викидних (вихлопних) газів.

Вміст окислів азоту після каталітичного очищення відповідає санітарним нормам. Управління процесом повністю автоматизоване, що дозволяє скоротити до мінімуму кількість обслуговуючого персоналу при забезпеченні оптимального режиму роботи обладнання. Пуск і зупинка лінії провадиться з диспетчерського пункту. Висока ефективність і надійність функціонування апаратів дозволяють експлуатувати їх протягом більше 25 років.

В таблиці 1.1 наведені основні технічні характеристики роботи цієї комплексної автоматизованої лінії.

ВАТ «ВІБРАТОР» (Україна) розробляє й впроваджує локальні системи керування для хімічної промисловості. Зокрема, створена система управління виробництвом азотної кислоти на основі багатоканального електронного реєстратора REGIGRAF [10]. Регулювання технологічних параметрів здійснюється за допомогою мікроконтролера Ремиконт Р-130.

Таблиця 1.1 - Технічні характеристики автоматизованої лінії

Продуктивність, т/рік	до 360000
Концентрація кислоти, %	60
Об'ємний вміст окислів азоту у викидних газах, %	0,004 - 0,006

Український науково-дослідний і проектний інститут азотної промисловості й продуктів органічного синтезу (УКРГІАП) виконує модернізацію виробництва неконцентрованої азотної кислоти в агрегатах серії УКЛ-7 з використанням засобів автоматизації управління [10].

Українська інжинірингова фірма «ТРІАЛАН» також розробляє й впроваджує сучасні системи автоматизації для азотного виробництва. Зокрема, вона впровадила АСУ ТП виробництва азотної кислоти (400 входів/виходів, 2-процесорний контролер, 6 станцій диспетчера). Використовуються контролери TREI-5B, які мають два виконання: загальнопромислове (О) і вибухозахищене (Ex). Вид вибухозахисту - іскробезпечне електричне коло.

ЗАТ "Северодонецкий ОРГХИМ" (Україна) розробило й впровадило в 2004 році автоматизовану систему керування виробництвами неконцентрованої азотної кислоти АК-72М та аміачної селітри АС-72М на ВО «Азот» (м. Фергана., Узбекистан) [11].

До складу об'єкта управління входять: агрегат неконцентрованої азотної кислоти АК-72М, агрегат аміачної селітри АС-72М, склад упакованої готової продукції, допоміжне обладнання. Одержання неконцентрованої азотної кислоти в АК-72М здійснюється методом каталітичного окислювання аміаку киснем повітря при тиску 2,5-3,7 кгс/см² і абсорбції окислів азоту конденсатом водяної пари при тиску 8,0-11,6 кгс/см².

Аналіз об'єкту автоматизації АК-72М з точки зору управління дозволив виявити наступний ряд його істотних особливостей:

- об'єкт являє собою послідовну структуру виробництва кінцевого продукту, у якій технологічні лінії, установки й вузли агрегатів перебувають у тісному технологічному й інформаційному взаємозв'язку, самі ж агрегати характеризуються відносною автономністю;

- тривала безперервна робота агрегатів великої одиничної потужності в умовах відсутності буферних ємностей, у режимах ведення процесу, близьких до критичних, при зовнішніх і внутрішніх збурюваннях (старіння каталізатора, зміна навантажень, гідравлічних опорів апаратів та рухливості енергетичних зв'язків).

Мета створення цієї АСУТП неконцентрованої азотної кислоти за

допомогою прямого зв'язку з UCN менеджера безпеки FSC функції безпеки інтегруються в систему TPS, у той же час, функції блокувань (ESD – аварійна зупинка) відділені окремою "мережею безпеки" від стратегій управління процесом.

Цей інтерфейс із універсальною мережею управління дозволяє менеджерові безпеки FSC вільно використовувати дані спільно зі своїми рівноправними партнерами - високопродуктивними менеджерами процесу (HPM).

Протягом кожного циклу керуючої програми FSC процесор робить сканування й відновлення даних в FSC-SMM для того, щоб забезпечити обмін інформацією між керуючою програмою й UCN. FSC-SMM перетворює ці дані у формат типів даних UCN, здійснюючи перетворення в інженерні одиниці, обробку аварійної сигналізації, оповіщення, передачу діагностичної інформації й функцій зв'язку по UCN.

Система архівації БД процесу PHD призначена для збору даних, завантаження й обробки історичних даних виробництва, включаючи дані безперервного процесу в реальному часі, матеріальні переміщення, обслуговування подій, дані якості й інше. Система PHD підтримує довгострокову історію діючого процесу в реальному часі, а також інтелектуальний пошук даних на вимогу. PHD Server збирає дані з LCN і інших джерел даних і завантажує їх в Історичну БД.

За допомогою інтерфейсу даних у реальному часі (RDIs) забезпечується широкий обмін історичними даними для системи TotalPlant Solution (TPS) і інтерфейсів із третьою стороною DCS.

Система управління CCC забезпечує безаварійну роботу турбокомпресорного агрегату і його моніторинг за вібрацією. Деяка інформація доступна для відображення в системі DCS. Мережна архітектура системи управління включає мережу TPS Network UCN (Універсальна мережа управління), є TPS Network LCN (Локальна мережа управління) і мережа Ethernet (Локальна інформаційна мережа).

Як апаратні засоби для здійснення всіх функцій контролю й управління використовується система TotalPlant Solution (TPS 530R, GUS 311R), інтегрована із системою протиаварійного захисту Fail Safe Control (FSC 532,1R) і із системою архівації даних процесу Process History Database (PHD 160R).

До складу основних апаратних засобів АСУ ТП включені:

- три резервованих контролери процесу HPM, які виконують функції збору сигналів (аналогових і цифрових) з польових пристроїв, первинну обробку сигналів, регулювання, логічні операції й управління;
- менеджер безпеки SM, що забезпечує роботу відмовостійкого контролера Honeywell FSC з подвійним резервуванням, який виконує задачі безпечного управління й блокувань;
- шість GUS-станцій (глобальна станція) Z-консольного виконання,

постачені двома 21-дюймовими моніторами з високою роздільною здатністю, сенсорним екраном, інтегрованою клавіатурою й пристроєм управління курсором (трекболом), які розміщаються в трьох операторських консолях і забезпечують організацію робочого місця операторів-технологів АК-72М та АС-72М;

- станції для конфігурування, адміністрування й підготовки історичних даних, ведення історії процесу PHD і конфігурування, адміністрування й обслуговування системи FSC;

- принтери системи й інженерної консолі, які служать для реєстрації сигналізації й подій у системі при їхньому виявленні; крім того, можливе одержання роздруківок по запиту для різних рапортів і системних журналів.

Людино-машинний інтерфейс (ЛМІ), побудований на базі GUS-станції, забезпечує ефективну взаємодію між оперативним персоналом і розподіленою системою управління.

Концепція системної організації системи TPS для АК-72М та АС-72М включає розбивку технологічного процесу й бази даних (БД) на юніти, зони, консолі, що поєднують, та станції процесу для спостереження й управління за однією зоною процесу.

Імена юнітів, зон і консолей безпосередньо використані в системі для організації даних і для реалізації функцій тривоги. LCN може підтримувати максимум 100 юнітів, 10 зон і 10 консолей. Кожна зона може управляти до 36 юнітами. Юніт може належати більш ніж одній зоні.

Юніти, що визначені для даного проекту, представлені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2- Юніти, визначені в АСУТП виробництва неконцентрованої азотної кислоти й аміачної селітри

Номер юніту	Ідентифікатор юніту	Опис юніту
Виробництво АК-72М		
1	01	Конверсія аміаку
2	02	КМА-2
3	03	Випар аміаку
4	04	Абсорбція
5	05	Викидний газ
6	06	Склад азотної кислоти
Виробництво АС-72М		
710	10	Складське господарство
713	13	Магnezіальна добавка
714	14	Випар аміаку
717	17	Грануляція й охолодження
718	18	Нейтралізація й випарювання

Виходячи з технологічної структури об'єктів, а також з погляду організації розв'язуваних завдань управління, організовані 3 операторські консолі:

- операторська консоль АК (включає три GUS-Станції);
- операторська консоль АС (включає дві GUS-Станції);
- операторська консоль "Склад АС" (включає віддалену GUS-станцію).

Імена зон, які визначені для АСУ ТП, представлені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 - Зони, визначені для АСУТП виробництва слабкої азотної кислоти й аміачної селітри

Ім'я зони	Опис зони	Юніти, призначені в дані зони
АК-72М	Кислота	01,02,03,04,05,06
АС-72М	Селітра	10,13,14,17,18

Операторська консоль спроектована як інтегроване робоче місце, що забезпечує повний комплект звичайних операторських функцій, що включають:

- поточний контроль і управління технологічними процесами за допомогою стандартних і користувальницьких дисплеїв;
- видачу різних сигналів і повідомлень, визначення послідовностей, системну сигналізацію, а також повідомлення операторові;
- роздруківку рапортів, протоколів і журналів;
- видачу на екран і роздруківку даних про історію процесу, трендів і усереднених значень;
- поточний контроль і зміна стану обладнання системи, що знаходиться як у диспетчерській, так і в зоні процесу;
- завантаження інших системних модулів операційним ПЗ й БД.

Кожна операторська консоль пов'язана з однією технологічною зоною. Оператори кожної консолі управляють сигналізацією, контролюють перебіг процесу й ініціюють різні впливи на процес у межах юніту (юнітів) або зони (зон), що перебувають під їхнім контролем.

Дизайн консолі забезпечує оптимальний огляд екрана монітора й ефективну взаємодію з периферійним обладнанням. Роздільна здатність екрана GUS установлена для цього проекту 1024x768. Ця характеристика дозволяє забезпечити побудову гладких і чітких форм, що зменшують напругу в очах і поліпшують видимості предметів. Створюється можливість нагромадження більшого обсягу інформації на одному екрані, зменшення загального числа екранів і мінімізації вимог навігації (зони управління).

Можливість використання більш глибокої палітри фарб - 65 тисяч відтінків дозволяє застосовувати широку гаму всіляких відтінків. Значення

глибини відтінків полягає в тому, що дуже гарна презентабельність процесу може бути досягнута в чорному, сірому й білому, дозволяючи використання кольору лише для таких ситуацій, коли потрібна спеціальна увага диспетчера. Добре діючий об'єкт має тільки чорний, білий і сірий кольори на екрані, а інший колір з'являється лише в тих випадках, коли необхідно привернути увагу диспетчера до якоїсь спеціальної умови, інформації або частині процесу.

Огляд оператором технологічного процесу здійснюється за допомогою набору ієрархічно побудованих інформаційних зображень, що з'являються на дисплеях станції системи. Основний принцип представлення інформації про технологічний об'єкт у системі - від загального до детального.

Проектом системи управління АК-72М та АС-72М ферганського ВО "Азот" для операторського інтерфейсу GUS передбачене виконання необхідної кількості користувальницьких екранів. Основні типи дисплеїв:

- системні;
- користувальницькі.

Системні дисплеї підрозділяються на:

- оглядові, що відображають інформацію в узагальненому вигляді, наприклад, оглядовий дисплей сигналізації, оглядовий дисплей повідомлень, оглядовий екран зони (області), оглядові екрани юнітів;
- групові, що відображають різну інформацію про вісім зв'язаних точок на одному дисплеї (система підтримує створення довільних груп);
- трендові, що відображають історичні значення процесу у графічному вигляді (система підтримує створення довільних груп трендів);
- детальні, що забезпечують детальну інформацію про певну точку процесу; вони створюються для кожної точки й дозволяють здійснювати маніпулювання параметрів, у тому числі й тих, які не вимагають щоденних дій, як константи налаштування регулятора, межі й пріоритети аварійної сигналізації;
- стани, що відображають інформацію про стан обладнання системи.

Користувальницькі мнемосхеми - екрани деталей процесу або первинний інтерфейс процесу. Дизайн операторського інтерфейсу в системі управління для АС-72М та АК-72М сприяє ефективній роботі диспетчера в екстрених ситуаціях. Найбільш важлива риса інтерфейсу – точний колір, що зберігається, для комунікацій з оператором при виникненні непередбачених і аномальних ситуацій.

Колірні й поведінкові рішення для дисплейних об'єктів мнемосхем виконані з урахуванням можливості графічного побудувача системи TPS (GUS), положень існуючих ДЕСТ, а також ергономічних рекомендацій фірми Honeywell.

При створенні мнемосхем виключалися: всі фактори, що містять візуальний шум; велика кількість непотрібної інформації, анімація або багато

фарбувань (тобто всі не настільки важливі деталі, які усувають можливість використання мнемосхем під час надзвичайних ситуацій).

Зображення технологічного обладнання на мнемосхемах відповідає його дійсній конфігурації на технологічних схемах. Символи технологічного обладнання виконані двомірними статичними об'єктами. Колір технологічного обладнання - сірий. Позиційне позначення обладнання відповідає технологічній схемі. Всі призначені для диспетчера тексти показані символами кирилиці.

Обслуговуючий інструментарій користувальницького екрана - дисплеї деталей процесу (мнемосхеми) забезпечені зоною навігації з метою використання засобів навігації й оцінки оператором ненормальних ситуацій.

Зона навігації - забезпечує пропонований режим навігації, спостереження за аварійною сигналізацією й пріоритет дій по коректуванню. Додатково до екрана навігації цей об'єкт також містить short cut - кнопки для часто використовуваних характеристик, так само як і для іншої загальної інформації. Оскільки даний об'єкт забезпечує операторові необхідну допомогу для визначення ненормальних ситуацій, то він включений на кожний Екран вікна мнемосхеми й не затемнюється.

Вибір цілей у зоні навігації забезпечує рух між екранами. Дві лінії кнопок являють собою різні установки (юнїти) процесу, які перебувають у діапазоні спостереження диспетчера. Селекція кнопки викликає відповідний детальний екран спостереження процесу. Одиничні кнопки забезпечують виклик оглядового дисплея зони, детального дисплея точки, групового дисплея або трендового дисплея.

Мнемосхеми побудовані так, щоб оператор безпосередньо з них міг стежити за процесом і управляти ім. Із мнемосхеми можна відслідковувати будь-який параметр точки даних або будь-яку послідовність і управляти ними. Викликані мнемосхеми містять зображення технологічного обладнання, основні технологічні комунікації, діючі точки, що надають інформацію про стан технологічних параметрів, стан регулюючих арматур, електрифікованого обладнання, про виконані в цей час операції і режими управління, а також навігаційну зону, що дозволяє здійснити швидкий перехід до необхідної технологічної зони й далі до установки. Всі елементи мнемосхем помітні по їхніх іменах і позиційних позначеннях.

Для відображення поведження об'єкта, пов'язаного зі зміною параметрів процесу, станом технологічного обладнання, технологічної схеми, а також діями диспетчера-технолога, використана зміна кольору, миготіння й звуковий сигнал.

Для колірної динамізації алфавітно-цифрових об'єктів використовувалися 4 уставки сигналізації й 3 пріоритети сигналізації для відображення аварійної ситуації процесу. Оскільки аварійні сигналізації є найпершою індикацією ненормальної ситуації, то вони вбудовуються в мнемосхеми й можуть допомогти операторові сфокусувати увагу, задавати

пріоритетні завдання й, насамперед, сконцентруватися на рішенні найбільш серйозних проблем. Крім того, вони допомагають установити причину неполадок, і оператор може скорегувати її по підкресленій помилці.

Лицьова панель - є стандартним засобом управління точками. Це окремий засіб управління, що діє у своєму власному вікні, хоча й має прямий доступ до методів комунікацій TPN платформи Глобальної користувальницької станції GUS. Для осіб, що приймають рішення на рівні начальників змін і начальників виробництв (крім великого набору стандартних системних екранів і журналів) ПЗ системи дає можливість матеріалізувати досить легким конфігуруванням користувальницькі вимоги до інформації, що відповідають функціям осіб, що управляють виробництвами.

Роздивимося більш детально підсистему цієї комплексної АСУ ТП, що управляє процесом очищення викидних газів від оксидів азоту (рисунок 1.3). Саме вона є об'єктом проектування в даному БКП.

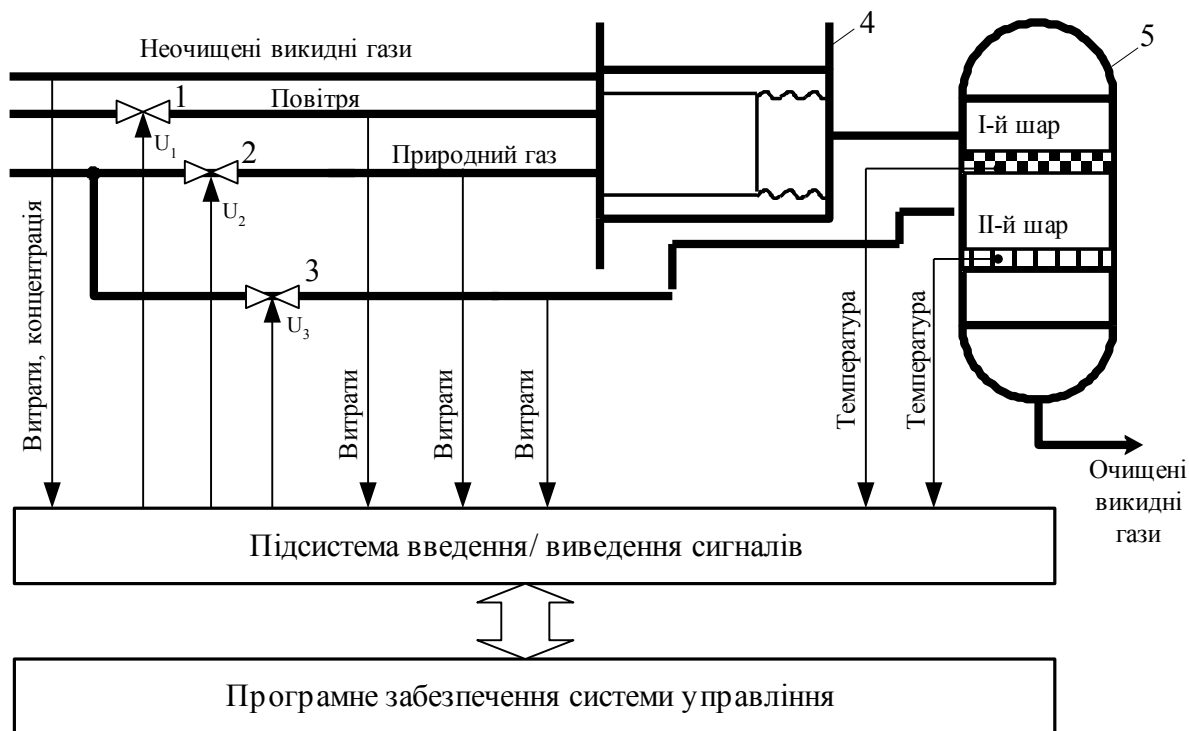


Рисунок 1.3 – Система управління очищенням викидних газів

Оксиди азоту відносяться до помірно небезпечних газів. У робочих зонах їх граничнодопустима концентрація (ГДК) у перерахуванні на NO_2 дорівнює 2 мг/м^3 , а у приземному шарі середньодобова граничнодопустима концентрація складає $0,085 \text{ мг/м}^3$. Вміст же оксидів азоту у викидних газах на абсорбційної колони значно перевищують встановлені санітарні границі. Тому, як це відмічалось вище, в АСУ ТП використовується каталітичне відновлення оксидів азоту до молекулярного азоту та води. Цей процес дуже

чутливий до співвідношення вхідних компонентів (викидних газів абсорбційної колони, повітря та природного газу).

Система управління процесом призначена саме для стабілізації цих співвідношень.

Система на рисунку 1.3 побудована за типовою схемою автоматизації [9]. Вона працює наступним чином: неочищені викидні гази з абсорбційної колони попередньо розігрівають в камері згорання 4, куди подають також природний газ і повітря. Далі неочищені гази і природний газ надходять на відновлення в реактор каталітичного очищення 5, де проходять два шари каталізатора.. На першому шарі відбувається горіння водозберігаючих компонентів природного газу і відновлення оксидів азоту до молекулярного азоту, а на другому – догорання оксиду вуглецю до діоксиду.

В схемі системи застосовані три вентиля, які виконують функції регулювання витрат. Вентиль 1 встановлений на лінії подачі повітря в камеру згорання 4. Подача природного газу в камеру згорання 4 здійснюється через вентиль 2. Регулювання подачі природного газу в реактор 5 на відновлення азоту виконується за допомогою вентиля 3.

Система виконує підтримання відновлюваного середовища для першого шару каталізатора шляхом регулювання подачі природного газу та повітря, а також підтримання окислювального середовища, де оксид вуглецю реагує з киснем до утворення діоксиду [12].

Система оснащена тим самим програмним та апаратним забезпеченням, що і основна АСУ ТП, яка описана вище.

1.3 Вимоги діючих стандартів до проєктування ІСА виробництва

Концепція комп'ютерно-інтегрованого виробництва «СІМ» (Computer Integrated Manufacturing) була сформована наприкінці ХХ століття, тоді ж були розроблені перші міжнародні стандарти у цій області [14-16]. Ці стандарти надають конкретні рекомендації як щодо організації самого комп'ютерно-інтегрованого виробництва (неперервного, дискретного, періодичного), так і щодо побудови відповідних інтегрованих систем автоматизації (ІСА) цього виробництва.

Так, в [14] визначена загальна ієрархічна структура ІСА промислового підприємства, яка має такі складові частини (горизонтальні рівні управління) – АСУП або ERP система (рівень управління бізнес процесами), АСУВ або MES/MOM система (рівень управління виробництвом), АСУТП або SCADA система (рівень управління окремими технологічними процесами та виробничими об'єктами).

В такій ІСА на рівні управління бізнес процесами (АСУП або ERP система) мають виконуватися об'ємне стратегічне й оперативне (місячне) планування, бюджетування, фінансування, логістика та взаємодія з

постачальниками й споживачами продукції. На рівні управління виробництвом (АСУВ або MES/MOM система) мають виконуватися контроль, облік, календарне планування й оперативне управління виробництвом і всіма його обслуговуючими службами. На рівні управління окремими технологічними процесами та виробничими об'єктами (АСУТП або SCADA системи) мають виконуватися контроль, облік і оперативне управління виробничими переділами – технологічними агрегатами, транспортними лініями, сховищами (складами, силосами, газгольдерами, парками резервуарів), ділянками компаундування напівфабрикатів, секціями прийому сировинних компонентів і відпуску готової продукції.

Розглянемо більш детально вимоги діючих стандартів щодо побудови ІСА на рівні управління виробництвом, що є темою даного кваліфікаційного проєкту. Так, спеціальна міжнародна асоціація виробників систем управління виробництвом «MESA» зафіксувала в 1994 році типові функції систем рівня АСУВ/MES для підприємств всіх галузей промисловості дискретного, періодичного й безперервного типів [17]. Ця стандартна функціональна структура показана на рисунку 1.4. Ця структура містить такі функції:

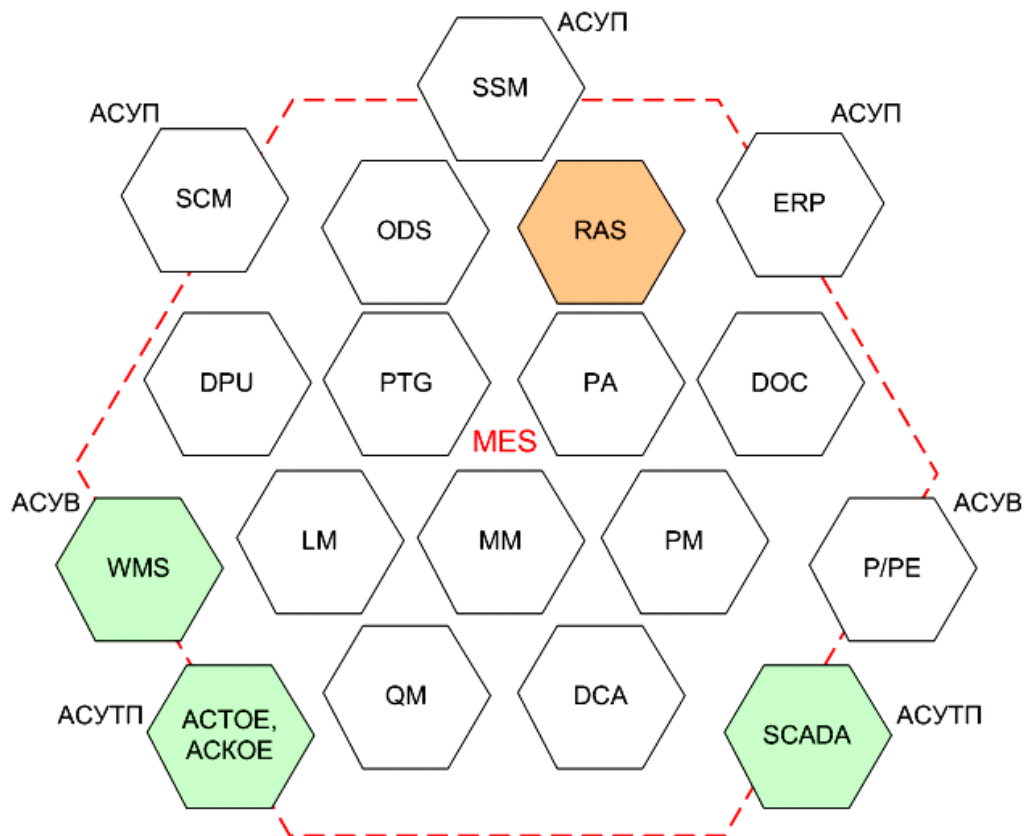


Рисунок 1.4 – Стандартна функціональна структура ІСА на рівні АСУВ/MES

1). Контроль стану й розподілу виробничих ресурсів (англ. Resource Allocation and Status, RAS). Поточний аналіз наявних різних виробничих

ресурсів, виявлення відсутніх і зайвих ресурсів, які можуть змінити оперативні виробничі плани. Дані вводяться зі складів і з виробничих ділянок.

2). Оперативне (календарне) планування (детальний розклад) всіх виробничих процесів (англ. Operations/Detail Scheduling, ODS). Складання детального графіка роботи всього встаткування на поточний календарний інтервал, спостереження за його виконанням, необхідне коректування. Використовуються дані планового відділу, виробничі дані, дані складського обліку.

3). Диспетчеризація виробництва (англ. Dispatching Production Units, DPU). Забезпечення поточного контролю за ходом всіх виробничих процесів, за різними порушеннями в протіканні процесів і вироблення рекомендацій з їхнього усунення.

4). Управління документацією (англ. Document Control, DOC). Введення, зберігання й видача документів планового й звітного типів, конструкторського й технологічного змісту, повідомлень про технічні зміни й т.д. Формування загальних оперативних зведень про хід виробництва, необхідних для прийняття рішень у фінансово-господарських підрозділах підприємства.

5). Збір інформації про хід виробництва й зберігання даних (англ. Data Collection/Acquisition, DCA). Інформаційна взаємодія різних виробничих систем для одержання, нагромадження, передачі всіх даних, що циркулюють у виробничому середовищі підприємства.

6). Управління персоналом у режимі реального часу (англ. Labor Management, LM). Узгодження графіка роботи виробництва з розподілом робочої сили.

7). Аналіз і управління якістю продукції (англ. Quality Management, QM). Збір інформації про якість сировини, напівфабрикатів, готової продукції й виявлення відхилень якості від заданих норм, які вимагають втручання керуючого персоналу.

8). Управління виробничими процесами і їхнім коректуванням (англ. Process Management, PM). Відстеження ходу виробничих процесів і їхніх режимів, виявлення відхилень і видача рекомендацій для їхньої компенсації.

9). Управління ремонтами встаткування (англ. Maintenance Management, MM). Моніторинг технічного стану встаткування, планування й оперативне управління ремонтами, контроль проведення робіт з обслуговування й по ремонтах.

10). Спостереження за місцем і часом виконання робіт з кожного виробу (англ. Product Tracking and Genealogy, PTG). Забезпечення керівництва підприємства всіма оперативними даними про хід виробничих процесів.

11). Аналіз продуктивності – порівняння планової й фактичної продуктивності (англ. Performance Analysis, PA). Формування звітів про

продуктивність окремих ділянок виробництва, цехів, виробництва в цілому за різні інтервали часу. Зіставлення їх із плановими показниками, з попередніми результатами й вироблення рекомендацій.

В 2004-ом році із цього складу типових функцій MESA виключила три функції:

- «Оперативне планування», через наявність на ринку окремого класу систем досконалого планування - APS (Advanced Planning & Scheduling);
- «Управління документацією», через появу окремого класу систем електронного документообігу Docflow;
- «Управління ремонтами встаткування», через широке поширення окремого класу систем управління основними фондами підприємства - EAM (Enterprise Asset Management).

Комітет з розробки стандартів інтеграції керуючої й технологічної інформації міжнародної організації по стандартизації - ISA в 2000 р. випустив спеціальний стандарт - ISA-95 "Enterprise Control System Integration", що визначає основні положення розробки MES для будь-яких виробництв і підприємств всіх галузей промисловості [18]. Стандарт складається з п'яти частин, у яких формулюється термінологія, варіанти використовуваних моделей, їхніх характеристик, взаємозв'язків виробничих процесів з бізнес процесами. Головні розглянуті в стандарті області: виробнича діяльність, технічне обслуговування, підтримка якості й операції із запасами. Стандарт визначає форми опису:

- виробництва, устаткування, матеріалів, персоналу;
- інформації про виробничі процеси, продукти, графіки роботи, параметри устаткування;
- функцій управління виробництвом, обслуговування встаткування, обліку запасів, оцінки якості продукції.

Стандарт також фіксує структури повідомлень між різними інформаційними системами підприємств (між автоматизованими функціями) та типові зв'язки між двома рівнями ISA – рівнем «АСУВ/MES системи» і рівнем «АСУП/ERP системи».

Таким чином, стандартний функціонал ISA на рівні «АСУВ/MES системи» повинен містити автоматизацію функцій контролю, обліку, календарного планування й оперативного управління виробництвом, які виходять за рамки окремих виробничих об'єктів і охоплюють все виробниче середовище або його досить самостійні окремі виробничі служби. З урахуванням цього весь функціонал даного рівня ISA можна розділити на дві такі досить самостійні частини:

- базовий компонент, що є фундаментом для виконання будь-яких завдань управління виробництвом і без якого не може функціонувати будь-який інший компонент даного рівня ISA. Таким базовим компонентом є інформаційна платформа, тобто, система контролю й обліку роботи виробництва і його окремих служб, яка виконує функції збору даних про

поточний стан виробництва; їх математичної й логічної обробки й розрахунку необхідних для управління матеріальних, енергетичних, якісних, екологічних показників; зберігання й документування даних і показників; оперативного зв'язку з персоналом підприємства, зі спеціалізованими компонентами даного рівня ІСА, з АСУП/ERP системою і її бізнес процесами;

– спеціалізовані компоненти автоматизації різних служб виробництва, що опираються у своїй роботі на базовий компонент і автоматизують задачі контролю, обліку й управління, що реалізовані в різних виробничих службах. Спеціалізованими компонентами є системи автоматизації, що виконують функції зведення матеріального балансу по виробництву, календарного планування й оперативного управління виробництвом. До них належать також системи, що автоматизують роботу основних підрозділів виробництва: ремонтних служб виробничого встаткування різних класів і типів, виробничих лабораторій, служб електроенергетики і теплоенергетики.

Світова практика впровадження систем рівня «АСУВ/MES» дозволяє виділити такі основні особливості їх побудови:

– процес проєктування й впровадження всіх окремих компонентів, що входять у комплекс під назвою «АСУВ/MES», при умовах достатнього й безперервного фінансування робіт і послідовного впровадження окремих компонентів є досить витратним і тривалим у часі (не менше 3-5-ти років);

– окремі компоненти комплексу «АСУВ/MES» можуть розроблятися (і в переважній більшості випадків розробляються) різними організаціями на базі програмних і технічних засобів різних виробників, але з передбачуваною відкритістю використовуваних засобів автоматизації для досить вільної їх взаємодії один з одним;

– підприємства-замовники комплексу «АСУВ/MES», у переважній більшості, досить слабо представляють сучасні можливості автоматизації виробництва і його служб і не можуть самі скласти необхідні, досить повні й конкретні вимоги на компоненти даного комплексу і, відповідно, не можуть оцінити якість їхньої побудови.

Тепер на основі проведених вище аналізів вимог діючих стандартів до побудови ІСА виробництвом на рівні «АСУВ/MES» та існуючих аналогічних АСУПІ можна сформулювати напрямки подальшого проєктування ІСА за темою кваліфікаційного проєкту та розробити її концептуальне рішення (концепцію), яка означить загальне бачення проєкту системи.

1.4 Обґрунтування концепції побудови нової ІСА

Враховуючи рекомендації діючих стандартів в області комп'ютерно-інтегрованого виробництва нову ІСА промислового очищення викидних

газів доцільно будувати за ієрархічним принципом, згідно з яким вона повинна включати два обов'язкових рівня управління – «АСУТП/SCADA система» та «АСУВ/MES система», які за допомогою інформаційних потоків об'єднуються у єдину цілісну систему. Світовий досвід застосування такого концептуального рішення ІСА показує, що воно зазвичай дає такі якісні результати:

- підвищення продуктивності виробничого процесу;
- стабілізація якості готової продукції виробництва;
- значне скорочення енерговитрати на виробництво;
- зниження витрати на обслуговування й ремонт устаткування;
- збільшення економічної ефективності виробництва;
- підвищення культури управління виробництвом.

Саме тому цю концепцію ми і застосуємо при побудові нової ІСА.

Вище було також відмічено, що рівень управління «АСУВ/MES система» в такій ІСА доцільно поділяти на дві досить самостійні частини:

- базовий компонент у вигляді інформаційної платформи;
- спеціалізовані компоненти автоматизації різних служб виробництва.

По своїй суті інформаційна платформа рівня «АСУВ/MES система» являє собою систему контролю й обліку роботи виробництва, саме тому її ще йменують як «Manufacturing Information System» (MIS), тобто інформаційна виробнича система [18, 19]. В її функції входять збір, обробка, зберігання й видача користувачам оперативної, ретроспективної й нормативної інформації про різні аспекти роботи окремих переділів виробництва й про поточний стан виробництва. У цій системі також виконується збереження інформаційної моделі виробництва та узагальнюються усі дані про хід виробництва. Завдяки наявності цієї системи значно спрощується реалізація взаємозв'язків різних користувачів з будь-якою виробничою інформацією, виключається як будь-яке дублювання даних в окремих системах автоматизації виробництва, так і необхідність складного пошуку інформації про хід виробництва в ряді систем і засобів автоматизації окремих переділів виробництва.

Функціональний склад інформаційної платформи для рівня «АСУВ/MES система» можна розділити на такі групи: збір вихідних даних, їх математична й логічна обробка, видача оброблених даних і розрахованих показників для різних груп користувачів, довгострокове зберігання інформації про роботу виробництва.

Розглянемо детальніше існуючі рекомендації щодо реалізації в інформаційній платформі групи функцій «Збір вихідних даних». В [19] зазначається, що надходження цих даних до інформаційної платформи може здійснюватися як автоматично через реалізацію інформаційних зв'язків із системами й засобами автоматизації нижнього рівня управління (наприклад окремих технологічних процесів чи виробничих об'єктів, ділянок, служб),

так і вручну через спеціальні комп'ютерні термінали, що установлені на робочих місцях оперативного персоналу (наприклад операторів технологічних процесів). При автоматичному збиранні даних відповідний інформаційний зв'язок може встановлюватися або з окремим локальним сервером конкретної системи нижнього рівня управління, або безпосередньо з програмою класу «АСУТП/SCADA», що виконується на робочій станції (комп'ютері) оперативного персоналу такої системи.

Крім того, для забезпечення надійної роботи інформаційної платформи (інформаційної виробничої системи), зменшення сторонніх перешкод, обмеження навантажень на її мережу й сервер, а також для спрощення її обслуговування, доцільно дотримуватися визначених правил при її реалізації в ІСА [19]. Ці правила можна конкретизувати у вигляді таких практичних рекомендацій:

- інформаційна платформа (інформаційна виробнича система) повинна замикатися лише на одному ієрархічному рівні управління - рівні управління виробництвом «АСУВ/MES»; це означає, що вона не повинна поєднуватися за технічною структурою й функціональним складом ні з будь-якою системою нижнього рівня (наприклад з АСУТП/SCADA системою), ні з будь-якою системою верхнього рівня (наприклад з АСУП/ERP системою);

- інформаційна платформа (інформаційна виробнича система) повинна збирати, виробляти й видавати необхідну інформацію для керівництва підприємства, виробничих служб чи бізнес відділів, але вона не повинна замінити ці спеціалізовані системи автоматизації і зливатися з ними; це означає, що вона повинна тільки здійснювати взаємний обмін необхідною інформацією зі спеціалізованими системами автоматизації верхніх рівнів.

Враховуючи усі наведені вище рекомендації щодо побудови та реалізації ІСА виробництва, можна запропонувати відповідну раціональну загальну архітектуру нової ІСА, яка показана на рисунку 1.5 та в додатку Б..

Як видно з рисунку, нова ІСА промисловим очищенням викидних газів складається з двох ієрархічних рівнів управління – «АСУТП/SCADA» (автоматизовані системи управління, вимірювання та контролю технологічного процесу) та «АСУВ/MES» (автоматизована система управління виробничим процесом). Нижній рівень системи утворюється двома автоматизованими системами – АСУТП очищення викидних газів та спеціалізованою автоматизованою системою (САС) вимірювання/контролю додаткових технологічних параметрів. Верхній рівень системи утворюється також двома автоматизованими системами – інформаційною виробничою системою (ІВС) та системою автоматизованих служб управління виробництвом. Перша система служить інформаційною платформою для реалізації функцій другої автоматизованої системи.

АСУТП здійснює усі функції щодо управління технологічним процесом в режимі реального часу, наприклад, збирає та зберігає відповідні цифрові дані про поточний стан та хід технологічного процесу. Усі ці дані

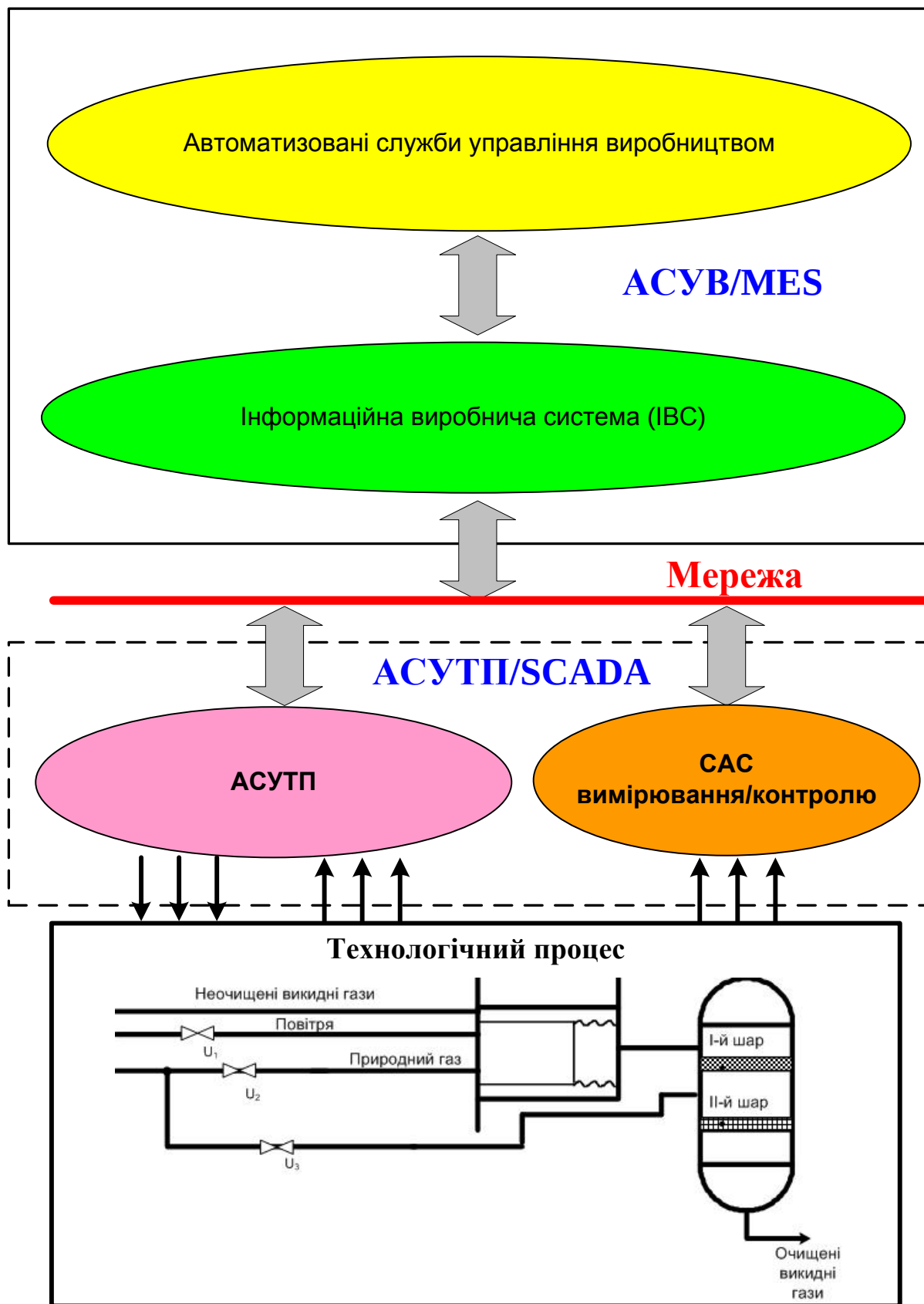


Рисунок 1.5 – Загальна архітектура нової ІСА

повинні зберігатися на локальному сервері даної системи, а частина з них через цифрову мережу підприємства повинна передаватися до глобального сервера ІВС. До цього ж сервера через ту ж саму мережу підприємства передаються і усі додаткові цифрові дані про стан та хід технологічного процесу, які збирає САС вимірювання/контролю. Введення САС до складу ІСА пояснюється тим, що для реалізації тих чи інших управлінських функцій відповідними виробничими службами, як правило, недостатньо лише тих даних про ТП, які надає АСУТП.

В ІВС здійснюється збирання, збереження та оброблення тих цифрових даних про стан та хід виробничого процесу, які потрібні для автоматизованих служб управління виробництвом. Передавання цифрових даних з глобального сервера ІВС до автоматизованих служб здійснюватися або через загальну мережу підприємства, або, у окремих випадках, через інші канали передавання даних, наприклад, стільниковий зв'язок.

Підводячи підсумок розгляду даної архітектури, можна зазначити, що в ній враховані усі наведені вище рекомендації щодо її раціональної будови, наприклад, ІВС нової ІСА не поєднується за своєю технічною структурою й функціональним складом з будь-якою автоматизованою системою нижнього рівня управління (АСУТП або САС).

Сформуємо тепер напрями подальшого проектування кожної зі складових частин розробленої архітектури нової ІСА, зокрема, визначимо основні вимоги до їх проектування.

Розглянемо складову частину архітектури «АСУТП». По-перше, поставимо задачу спроектувати її більш дешевою ніж існуючі аналогічні системи, що розглядались вище. Це може бути досягнуто завдяки використанню автоматизованого середовища (інструментальних засобів) проектування цієї системи, що не вимагатиме залучення праці висококваліфікованих програмістів, крім того, таке автоматизоване проектування різко скоротить і загальний термін розробки, що, як наслідок, теж сприятиме здешевленню отриманого проекту даної системи.

По-друге, при проектуванні АСУТП доцільно застосувати не менш ефективні, але більш дешеві, програмно-апаратні засоби автоматизації виробництва таких країн, як Корея, Тайвань і т.д., що, без сумніву, не тільки знизить вартість реалізації системи, але і дозволить зменшити вартість та витрати часу на її ремонт, підвищить надійність системи в цілому та окремих її складових частин, покращить якість управління процесом завдяки більш ефективному аналізу інформації з технологічних датчиків.

По-третє, застосування в складі даної системи сучасних датчиків та цифрових алгоритмів обробки їх сигналів дозволить різко підвищити точність управління всім технологічним процесом промислового очищення викидних газів.

По-четверте, структура нової АСУТП повинна бути відкритою, що дозволить у разі зміни параметрів технологічного процесу або алгоритмів

управління ним значно спростити нарощування чи переналагоджування системи, так як її складові взаємодітимуть за стандартними уніфікованими сигналами та стандартними протоколами передачі даних.

По-п'яте, нова АСУТП повинна мати високу якість інформативного забезпечення операторів, щоб дозволити оператору на декількох екранах спостерігати результати управління/вимірювання/контролю задіяних параметрів технологічного процесу у відповідності з сучасними ергономічними вимогам.

По-шосте, нова АСУТП повинна дозволити повністю автоматизувати документування результатів своєї роботи та генерування різноманітних звітів для верхніх рівнів управління виробництвом та підприємством.

Тепер щодо умов експлуатації нової АСУТП. В процесі виробництва азотної кислоти є небезпека витоку парів шкідливих речовин, тому треба передбачити розміщення автоматизованого робочого місця (АРМ) оператора в окремому ізолюваному приміщенні. При цьому у виробничому приміщенні безпосередньо на технологічному обладнанні мають бути змонтовані усі технологічні датчики та виконавчі механізми. Тому виробнича ділянка буде віддалена від ізолюваного приміщення оператора приблизно на 250 метрів.

Для проектування нової АСУТП визначимо основні кількісні характеристики роботи цієї системи.

Технологічне обладнання ділянки очищення викидних газів має такі геометричні розміри: камера згорання – висота 2 м, ширина 2 м, довжина 6 м; реактор каталітичного очищення – висота 6 м, радіус 0,5 м. Відстань між камерою згорання і реактором каталітичного очищення становить 15 м. Установка каталітичного очищення встановлена на відстані 400 м від приміщення диспетчера.

Витрати викидних газів змінюються в діапазоні від 0 до 50 м³/с. Концентрація кисню в викидних газах змінюється в діапазоні від 0 до 0,085·10⁻³ мг/м³. Витрати повітря змінюються в діапазоні від 0 до 20 м³/с. Витрати природного газу на вході камери згорання змінюються в діапазоні від 0 до 45 м³/с. Витрати природного газу на вході реактора змінюються в діапазоні від 0 до 25 м³/с. Температура верхнього шару каталізатора реактора очищення знаходиться в діапазоні від 480⁰С до 500⁰С. Температура нижнього шару каталізатора знаходиться в діапазоні від 750⁰С до 770⁰С. Об'єкт управління являється повільно динамічним. Процес управління в плані управління не є складним, оскільки вимірюються сім параметрів і формуються три управляючі сигнали.

Структура ЛМІ оператора повинна складатися з одного основного графічного екрану та потрібної кількості додаткових екранів. На основному екрані повинні відображатися основні регульовані, вимірювані та контрольовані параметри ТП очищення викидних газів. Віртуальні елементи управління для здійснення оператором змін параметрів регуляторів повинні розміщуватися на спеціальних додаткових екранах ЛМІ.

У разі перевищення температур слоїв каталізатора за встановлені границі оператор через свій ЛМІ повинен припинити виконання процесу каталітичної очистки, внаслідок чого перекрити подання природного газу та повітря і в свою чергу надходження викидних газів. При перевищенні витрат викидних газів за встановлені межі оператор повинен повідомити про перенадходження викидних газів для процесу очищення і налаштувати процес виробництва азотної кислоти в нормальний режим роботи з номінальними викидами газів.

В новій АСУТП, внаслідок того, що хімічні реакції, які протікають в першому і в другому шарах каталізатора сильно ізотермічні, треба проводити контролювання температур в реакторі каталітичної очистки відповідно верхнього і нижнього слоїв каталізатора. Для температури верхнього слою каталізатора номінальне значення становить $t_{10}=45\text{ }^{\circ}\text{C}$, відповідно мінімальна і максимальна границі – $t_{1\min}=15\text{ }^{\circ}\text{C}$, $t_{1\max}=60\text{ }^{\circ}\text{C}$. Для температури нижнього слою каталізатора номінальне значення температури становить $t_{20}=25\text{ }^{\circ}\text{C}$, відповідно мінімальна і максимальна границі $t_{1\min}=10\text{ }^{\circ}\text{C}$, $t_{1\max}=40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Для регулювання подачі природного газу в реактор на відновлення оксидів азоту до молекулярного азоту необхідно здійснювати вимірювання витрат викидних газів та концентрації кисню в потоці викидних газів. Номінальне значення витрат викидних газів за технічним описом процесу становить $Q_{n0}=\text{ м}^3/\text{с}$ відповідно мінімальна і максимальна границі дорівнюють $Q_{n0}=\text{ м}^3/\text{с}$ $Q_{n\max}=\text{ м}^3/\text{с}$ Номінальне значення концентрації викидних газів становить $K_{n0}=\text{ мг}/\text{м}^3$, відповідно мінімальна і максимальна границя $K_{n\min}=\text{ мг}/\text{м}^3$, $K_{n\max}=\text{ мг}/\text{м}^3$.

Для регулювання подачі природного газу автоматичними регуляторами в новій АСУТП треба формувати управляючі сигнали U_2 та U_3 на виконавчі механізми відповідно вентилів 2 та 3, які мають лінійну регульовану характеристику, тому сигнал може змінюватись плавно в діапазоні від 0 до 100 % Х.Р.О. (Х.Р.О. – хід регулюючого органу). Аналогічно формується сигнал управління U_1 від автоматичного регулятора на виконавчий механізм вентиля 1. U_1 змінюється в тих самих межах.

Проектована АСУТП повинна автоматично формувати підсумковий звіт про роботу системи стабілізації процесу каталітичної очистки за робочу зміну, яка триває з 8^{00} до 16^{00} . До звіту відносяться такі дані:

- середні витрати викидного газу за зміну;
- температура верхнього слою каталізатора протягом зміни;
- температура нижнього слою каталізатора протягом зміни;

Звіт формується автоматично за створеним шаблоном у кінці зміни в 16^{00} і може виводиться на екран монітору за наказом оператора.

Розглянемо тепер таку складову частину архітектури ІСА як «САС вимірювання/контролю». Як було зазначено вище, ця спеціалізована автоматизована система нижнього рівня призначена для збирання даних про додаткові параметри ТП очищення викидних газів, які потрібні для

ефективного виконання автоматизованих функцій системами рівня «АСУВ/MES». Тому вимоги до даної складової частини означимо лише тоді, коли будуть остаточно сформовані напрями проєктування та вимоги до відповідних систем рівня «АСУВ/MES», що за нашим проєктом будуть входити до складу нової ІСА.

Це виробництво відноситься до неперервного або технологічного типу [9]. Тому функції автоматизованих служб управління ним мають певну специфіку реалізації у порівнянні з обов'язковими управлінськими функціями, що описані, наприклад, в стандарті «MESA-11» [17]. Тобто, на конкретному підприємстві вказані обов'язкові стандартні функції розподіляються між тими виробничими службами, які вже існують в організаційній структурі даного підприємства. Наприклад, стандартна функція «Контроль стану й розподілу виробничих ресурсів» на реальному підприємстві може бути розподілена між такими автоматизованими службами як виробнича, технологічна, економічна, головного механіка, головного енергетика та іншими.

Для подальшого проєктування ІСА для промислового очищення викидних газів виберемо одну із складових частин архітектури нової ІСА (див. рисунок 1.5), наприклад «АСУТП», і вже для неї розробимо детальне технічне завдання на кваліфікаційне проєктування. Це технічне завдання, оформлене за вимогами стандартів у вигляді окремого документу, наведено у додатку А.

2 Проєктування технічної частини системи

2.1 Деталізація функціональної структури системи

На основі вимог технічного завдання, що розроблене у попередньому розділі, деталізуємо функціональну структуру АСУТП очищення викидних газів. Відобразимо цю структуру у вигляді схеми, де будуть показані усі основні дані та процедури, що мають виконуватися програмно-апаратними засобами проєктованої системи (рисунок 2.1).

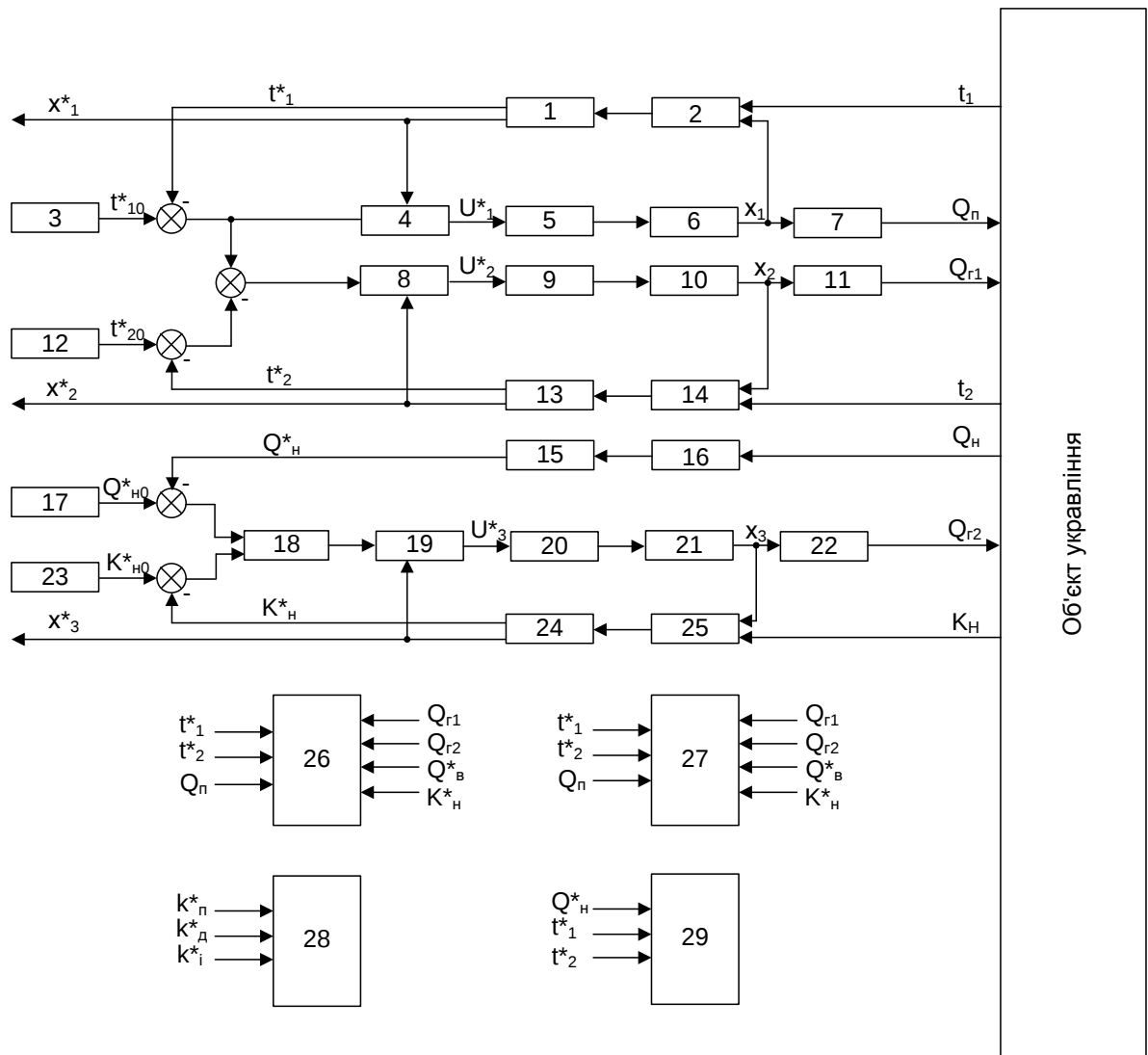


Рисунок 2.1 – Схема функціональної структури АСУТП

На схемі системи управління застосовані такі позначення:

- блок 1 – дистанційне передавання;
- блок 2 – вимірювання;
- блок 3 – формування уставки t_{10} ;

- блок 4 – регулювання витрат потоку повітря;
- блок 5 – дистанційне передавання;
- блок 6 – виконання наказів регулятора (виконавчий механізм);
- блок 7 – Регулююча дія на об'єкт (вентиль 1);
- блок 8 – регулювання витрат потоку природного газу;
- блок 9 – дистанційне передавання;
- блок 10 – виконання наказів регулятора (виконавчий механізм);
- блок 11 – регулююча дія на об'єкт (вентиль 2);
- блок 12 – формування уставки t_{20} ;
- блок 13 – дистанційне передавання;
- блок 14 – вимірювання;
- блок 15 – дистанційне передавання;
- блок 16 – вимірювання;
- блок 17 – формування уставки Q_n ;
- блок 18 – блок множення;
- блок 19 – регулювання витрат потоку природного газу;
- блок 20 – дистанційне передавання;
- блок 21 – виконання наказів регулятора (виконавчий механізм);
- блок 22 – регулююча дія на об'єкт (вентиль 3);
- блок 23 – формування уставки K_n ;
- блок 24 – дистанційне передавання;
- блок 25 – вимірювання;
- блок 26 – контроль та сигналізація;
- блок 27 – реєстрація;
- блок 28 – встановлення значень аварійних коефіцієнтів регуляторів.
- блок 29 – формування звітності.

Для регулювання витрат повітря об'єкту управління створюється незалежний контур регулювання на основі блоків 1-7. За архітектурою контур є розподілений, тобто частина функцій виконується на комп'ютері оператора, а решта функцій виконується обладнанням встановлення на виробничій ділянці. Регулювання витрат повітря (блок 4) виконується на основі інформації про встановлену уставку температури верхнього слою каталізатора t_{10} (блок 3) та реального значення температури t_1 . При регулюванні використовується також інформація про реальне положення регулюючого пристрою x_1 . Вихідний управляючий сигнал регулятора у вигляді коду U^*_1 дистанційно передається (блок 5) для виконання наказів регулятора (блок 6). В результаті цього створюється регулююча дія Q_n (блок 7). Реальне значення рівня температури верхнього рівня каталізатора t_1 та положення регулюючого органу 1 вимірюється блоком 2, а отримані коди t^*_1 і x^*_1 дистанційно передаються (блок 1) на вхід регулятора.

Контур регулювання витрат природного газу за допомогою вентиля 2 побудований на блоках 1-14. За архітектурою контур є розподілений, тобто частина функцій виконується на комп'ютері оператора, а решта функцій

виконується обладнанням встановлення на виробничій ділянці. Регулювання витрат природного газу (блок 8) виконується на основі різниці температур в реакторі. При регулюванні використовується також інформація про реальне положення регулюючого пристрою x_2 . Вихідний управляючий сигнал регулятора у вигляді коду U^*_2 дистанційно передається (блок 9) для виконання наказів регулятора (блок 10). В результаті цього створюється регулююча дія Q_{r1} (блок 11). Реальне значення рівня температури верхнього рівня каталізатора t_1 вимірюється блоком 2, а отриманий код t^*_1 дистанційно передається (блок 1) на вхід регулятора. Реальне значення рівня температури нижнього рівня каталізатора t_1 та положення регулюючого органу 2 вимірюється блоком 14, а отримані коди t^*_2 і x^*_2 дистанційно передаються (блок 13) на вхід регулятора.

Контур регулювання витрат природного газу за допомогою вентиля 3 побудований на блоках 15-25. За архітектурою контур є розподілений, тобто частина функцій виконується на комп'ютері оператора, а решта функцій виконується обладнанням встановлення на виробничій ділянці. Регулювання витрат природного газу (блок 18) виконується на основі добутку інформації витрат та концентрації викидних газів. При регулюванні використовується також інформація про реальне положення регулюючого пристрою x_3 . Вихідний управляючий сигнал регулятора у вигляді коду U^*_3 дистанційно передається (блок 20) для виконання наказів регулятора (блок 21). В результаті цього створюється регулююча дія Q_{r2} (блок 22). Реальне значення витрат нетрозних газів Q_n вимірюється блоком 16, а отриманий код Q^*_n дистанційно передається (блок 15) на вхід регулятора. Реальне значення концентрації нетрозних газів K_n та положення регулюючого органу 3 вимірюється блоком 25, а отримані коди K^*_n і x^*_3 дистанційно передаються (блок 26) на вхід регулятора.

Для параметрів t_1 , t_2 , Q_n , K_n , Q_p , Q_{r1} , Q_{r2} в технічному завданні встановлені мінімальні і максимальні допустимі границі, тому в структурній схемі передбачаємо блок 27, який виконує функцію контролю цих границь та функцію сигналізації у випадку їх порушення.

Для формування звітності, а також для аналізу роботи системи в часі, передбачаємо реєстрацію основних параметрів процесу (блок 28).

Реєстрація буде виконана з певною періодичністю, а дані про t_1 , t_2 , Q_n , K_n , Q_p , Q_{r1} , Q_{r2} будуть записуватись у спеціальний локальний архів (історичний тренд).

За вимогами технічного завдання оператор у разі виникнення аварійних ситуацій повинен встановлювати аварійні значення коефіцієнтів регуляторів. Ця функція реалізована блоком 28.

Формування звіту про роботу системи за робочу зміну виконується блоком 29. Для якого за вимогами технічного завдання інформація подається про витрати викидного газу, повітря та природного газу.

2.2 Електрична структурна схема системи

Згідно з розробленою вище схемою функціональної структури виберемо тепер усі необхідні для її реалізації засоби автоматизації.

До цих засобів відносяться:

- засоби вимірювання параметрів технологічного процесу (по діапазону вимірювання, по необхідній точності, по речовині, по уніфікованому вихідному сигналу);
- засоби введення/ виведення сигналів (пристрої зв'язку з об'єктом - ПЗО).

Обумовимо також необхідне виконання конструкції операторської станції, контролерів та засобів передавання інформації.

Для вибору засобів вимірювання складемо спеціальну таблицю 2.1 усіх фізичних величин та параметрів процесу, що підлягають вимірюванню в процесі управління.

З довідкових видань вибираємо необхідні засоби вимірювання параметрів, перерахованих у таблиці 2.1.

Для вимірювання температури верхнього та нижнього шарів каталізатора вибираємо перетворювач з уніфікованим струмовим вихідним сигналом ТСМУ-05 [20].

Він має такі технічні характеристики:

- діапазон вимірювання температури, $^{\circ}\text{C}$від 400 до 800;
- границя наведено похибки, %.....мінус/плюс 0,25;
- діапазон вихідного сигналу, мА.....від 0 до 5;
- напруга живлення постійного струму, В.....від 18 до 36;
- температура навколишнього середовища, $^{\circ}\text{C}$від мінус 30 до плюс 50;
- атмосферний тиск, кПа.....від 84 до 106,7;
- споживаюча потужність, Вт, не більше.....0,8.

Залежність вихідного струму від температури визначається формулою:

$$I = \frac{T - T_{\min}}{T_{\max} - T_{\min}} \cdot (I_{\max} - I_{\min}) + I_{\min}, \quad (2.1)$$

де I – значення вихідного струму, мА;

T – значення температури, що вимірюється, $^{\circ}\text{C}$;

$I_{\min}$, $I_{\max}$ – верхнє та нижнє граничне значення вихідного сигналу, мА;

$T_{\min}$, $T_{\max}$ – верхня та нижня границі температури, що вимірюється, $^{\circ}\text{C}$;

Конструктивно перетворювач являє собою диск діаметром 43 мм і висотою 8,5 мм, електричне підключення виконується до чотирьох дірок діаметром 4,4 мм. Перетворювач встановлюється в головку первинного перетворювача на 4-х металевих шпильках з різьбою М4.

Таблиця 2.1 – Фізичні величини та параметри, що вимірюються

Контур системи	Фізична величина	Діапазон вимірювання	Похибка вимірювання	Примітка
Контур регулювання витрат повітря	Температура верхнього шару каталізатора	від 400 до 500 °С	—	Контактне вимірювання
Контур регулювання витрат природного газу за допомогою вентилі 2	Температура верхнього шару каталізатора	від 400 до 500 °С	—	Контактне вимірювання
	Температура нижнього шару каталізатора	від 700 до 800 °С	—	Контактне вимірювання
Контур регулювання природного газу за допомогою вентилі 3	Витрати викидних газів	від 0 до 50 м ³ /с	—	Монтується у трубопроводі
	Концентрація кисню в викидних газах	від 0 до 0,085·10 ⁻³ мг/м ³	—	Монтується у трубопроводі

Для вимірювання витрат викидних газів у трубопроводі вибираємо датчик КХН-20516ST виробництва фірми Color Parmer Instrument Corporation (США) [20].

Він має наступні технічні характеристики:

- діапазон вимірювання витрат газу, л/хв.....від 0 до 400;
- основна похибка вимірювання, %.....мінус/плюс 1;
- напруга живлення, В.....мінус/плюс 15;
- вихідний уніфікований сигнал напруги

постійного струму, В.....від 0 до 5.

Для вимірювання концентрації кисню в викидних газах виберемо

датчик “Марк-404”. Він має наступні технічні характеристики:

- діапазон вимірювання концентрації, мг/м³.....від 0 до 0,1·10⁻³;
- похибка вимірювання, не більше, %.....мінус/плюс 0,05;
- вихідний струмовий сигнал, мА.....від 0 до 20;
- температура навколишнього середовища, °С.....від 0 до 50.

Визначимо основні технічні характеристики регулюючих органів (вентилів), які приводяться до дії виконавчими механізмами. В якості регулюючих органів в проектованій системі застосовуються вентилі 1, 2, 3 (див. рисунок 1.3). Всі вони однотипні, тобто зроблені у вигляді заслінок. Зведемо технічні характеристики регулюючих органів (вентилів) до таблиці 2.2. З довідкових видань [20] вибираємо виконавчі механізми, які задовольняють вимогам таблиці 2.2.

По-перше, всі виконавчі механізми повинні повертати вихідний важіль в границях одного обороту, тому вибираємо виконавчий механізм типу МЕО (механізм електричний 1-оборотний) виробництва ВАТ “ЗЭИМ” (Росія). Момент обертання, що утворює цей виконавчий механізм на вихідному важелі, повинен дорівнювати або бути більшим за момент опору регулюючого органу. Тому вибираємо для важелів виконавчий механізм типу МЕО-16. Усі вибрані виконавчі механізми управляються за допомогою пускачів типу ПБР-2М.

Таблиця 2.2 – Технічні характеристики регулюючих органів (вентилів)

Регулюючий орган	Контур	Необхідний діапазон вимірювання, Х.Р.О. %	Необхідний рух вхідного елементу	Момент опору, Н·м
Вентиль 1	Регулювання витрат повітря	від 0 до 100	від 0° до 90°	15
Вентиль 2	Регулювання витрат природного газу	від 0 до 100	від 0° до 90°	15
Вентиль 3	Регулювання витрат природного газу	від 0 до 100	від 0° до 90°	15

Електрична функціональна схема пускача ПБР-2М та його вхідні і вихідні кола зображені на рисунку 2.2.

Пускач керується зовнішніми контактами К1 та К2 пристрою зв’язку з об’єктом. В пускачі вбудоване джерело напруги Е1 напругою 24В. Вихідні контакти К3 та К4 можуть бути реалізовані або у вигляді контактних реле,

або у вигляді тиристорів. Ці контакти змінюють підключення двофазних обмоток електродвигуна виконавчого механізму (ВМ) до джерела живлення, що призводить до зміни напрямку його обертання.

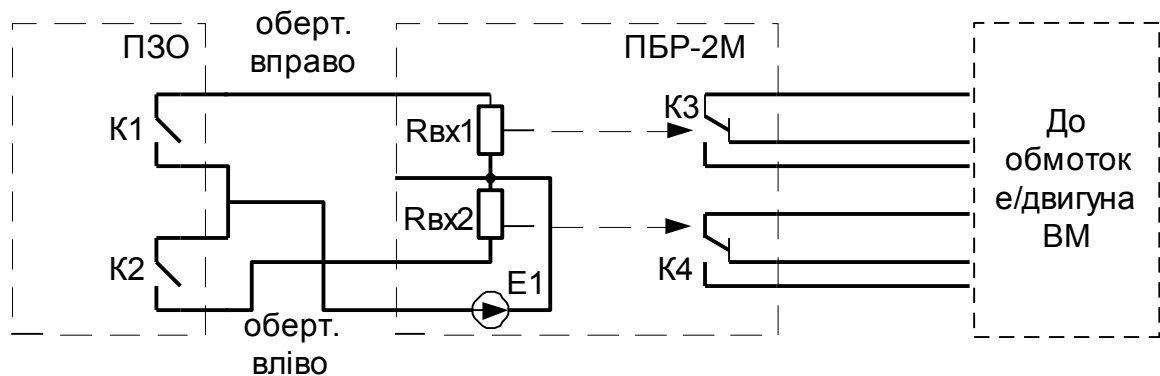


Рисунок 2.2 – Електрична функціональна схема пускача ПБР-2М

У вибраних виконавчих механізмах типу МЕО обов'язково встановлюється датчик зворотного зв'язку, який вимірює положення вихідного важеля механізму.

Нами буде встановлений такий датчик типу БСПІ-10. Він має наступні характеристики:

- робочий кут повороту, що вимірюється, град.....від 0 до 90;
- вихідна напруга постійного струму, В.....від 0 до 10;
- нелінійність характеристики вхід/вихід, %, не більше.....25;
- живлення датчика змінною напругою, В/Гц.....12/50.

Після того, як вибрані всі пристрої вимірювання і виконавчі механізми, можна вибрати необхідні пристрої зв'язку з об'єктом. Для цього групуємо сигнали для введення та виведення, враховуючи просторове розміщення їх джерел та пристроїв їх отримання. В даному випадку можна утворити такі 3 групи:

- група 1 – сигнали, що зв'язані з регулюванням витрати повітря;
- група 2 – сигнали, що зв'язані з регулюванням витрати природного газу за допомогою вентиля 2;
- група 3 – сигнали, що зв'язані з регулюванням витрати природного газу за допомогою вентиля 3.

До групи 1 відносяться такі сигнали введення:

- температура верхнього шару t_1 аналоговий, від 0 до 5 мА;
- реальне положення вентиля 1..... аналоговий, від 0 до 10 В

та сигнали виведення:

- управління вентилям 1..... аналоговий, від 0 до 10 В.

До групи 2 відносяться такі сигнали введення:

- температура верхнього шару t_1 аналоговий, від 0 до 5 мА;
- температура нижнього шару t_2 аналоговий, від 0 до 5 мА;
- реальне положення вентиля 2..... аналоговий, від 0 до 10 В

та сигнали виведення:

- сигнал управління вентилем 2..... аналоговий, від 0 до 10 В.

До групи 3 відносяться такі сигнали введення:

- витрати викидного газу Q_Hаналоговий, від 0 до 5 В;
- концентрація кисню K_Hаналоговий, від 0 до 20 мА;
- реальне положення вентилля 3..... аналоговий, від 0 до 10 В

та сигнали виведення:

- сигнал управління вентилем 3..... аналоговий, від 0 до 10 В.

Згідно технічного завдання об'єкт управління розміщується на відстані 400 м від приміщення диспетчера. Тому проектувана система повинна бути розподіленою. З міркувань зниження її загальної вартості виберемо розподілену структуру на основі модулів віддаленого введення-виведення серії ADAM-4000 фірми ADVANTICH, які підтримуються вибраною SCADA [21].

Для сигналів групи 1 вибираємо:

- для введення 2 аналогових сигналів..... модуль ADAM 4017;
- для виведення 1 аналогового сигналу..... модуль ADAM 4021;

Для сигналів групи 2 вибираємо:

- для введення 2 аналогових сигналів (без температури верхнього шару, що вимірюється в групі 1).....модуль ADAM 4017;
- для виведення 1 аналогового сигналу..... модуль ADAM 4021;

Для сигналів групи 3 вибираємо:

- для введення 3 аналогових сигналівмодуль ADAM 4017;
- для виведення 1 аналогового сигналумодуль ADAM 4021.

В якості операторської станції вибираємо операторську консоль RMD-1150KM/F-8 виробництва фірми ADVANTECH. Ця консоль не має інтерфейсу мережі RS-485, за яким з'єднуються модулі серії ADAM 4000. Тому додатково до схеми системи управління вводимо модуль перетворювача інтерфейсу типу ADAM 4520.

На основі вибраних засобів автоматизації була розроблена електрична структурна схема системи управління, яка наведена в додатку В.

2.3 Функціональна схема автоматизації системи

Функціональна схема автоматизації повинна відображати функціональну побудову системи управління за допомогою стандартних умовних графічних позначень [22]. Крім позначень засобів автоматизації на схемі відображають ескіз технологічного обладнання чи процесу. Позначення засобів автоматизації розміщується в трьох зонах: на ескізі технічного обладнання (засоби автоматизації, що безпосередньо монтуються на цьому обладнанні); у верхньому рядку таблиці, що називається «Прилади по місцю» (засоби автоматизації, що монтуються біля технічного

обладнання); у нижньому рядку таблиці, що називається «Прилади на пульті» (засоби автоматизації, що монтуються в диспетчерському приміщенні).

Функціональна схема автоматизації для АСУТП промислового очищення викидних газів, що розроблена за цими принципами і на основі вибраних вище засобів автоматизації, наведена в додатку Б.

Контур регулювання витрат повітря реалізований в проєктованій системі апаратними і програмними засобами. Програмна частина виконується в середовищі вибраної SCADA системи Genie, яка встановлена в комп'ютері диспетчера (позиція 11). Апаратна частина контуру містить:

- чутливий елемент датчика ТСМУ-05 температури верхнього шару каталізатора (позиція 1-4);
- вторинний перетворювач цього датчика температури (позиція 1-5), який формує уніфікований вихідний сигнал струму;
- модуль аналогового введення ADAM 4017 (позиція 4);
- реверсивний пускач ПБР-2М (позиція 1-3);
- виконавчий механізм МЕО-16 (позиція 1-2);
- датчик переміщень БСПІ-10 важеля виконавчого механізму (позиція 1-1);
- модуль аналогового виведення ADAM 4021 (позиція 7).

Для регулювання витрат повітря Q_p датчик температури ТСМУ-05 верхнього шару каталізатора формує сигнал " T_1 " струму від 0 до 5 мА, який вводиться через модуль ADAM 4017 (позиція 4). Програмна частина контуру містить такі віртуальні пристрої:

- пристрій вимірювання поточного значення температури, на який подається код температури верхнього шару каталізатора " T^*_1 " (функція TI);
- пристрій реєстрації значень температури (функція TR);
- пристрій контролю і аварійної сигналізації (функція TA);
- обчислювальний пристрій (функція TY);
- пристрій регулювання витрат повітря (функція TC).

Останній пристрій формує сигнал " $X^*_{1Current}$ " необхідного поточного положення вентиля 1, який виводиться через модуль ADAM 4021 (позиція 7). При формуванні цього сигналу використовується інформація про реальне положення вентиля 1 (сигнал " X^*_{1Real} "). Це положення вентиля також відображається на екрані монітора (функція GI). Програмно реалізований пристрій формування уставки " T^*_{10} ", яка вводиться диспетчером "вручну" (функція HS).

Контур регулювання витрат природного газу на вході камери згорання реалізований як апаратним, так і програмним шляхом.

Апаратна частина контуру містить:

- чутливий елемент датчика ТСМУ-05 температури верхнього шару каталізатора (позиція 1-4);
- вторинний перетворювач цього датчика температури (позиція 1-5), який формує уніфікований вихідний сигнал струму;

- чутливий елемент датчика ТСМУ-05 температури нижнього шару каталізатора (позиція 2-4);
- вторинний перетворювач цього датчика температури (позиція 2-5), який формує уніфікований вихідний сигнал струму;
- модуль аналогового введення ADAM 4017 (позиція 5);
- реверсивний пускач ПБР-2М (позиція 2-3);
- виконавчий механізм МЕО-16 (позиція 2-2);
- датчик переміщень БСПІ-10 важеля виконавчого механізму (позиція 2-1);
- модуль аналогового виведення ADAM 4021 (позиція 8);

Для регулювання витрат природного газу $Q_{г1}$ датчики ТСМУ-05 температури верхнього та нижнього шарів каталізатора формують сигнали “ T_1 ” і “ T_2 ” струму від 0 до 5 мА, які вводяться через модулі ADAM 4017 (позиція 4 та 8). Програмна частина контуру містить такі віртуальні пристрої:

- пристрій вимірювання поточного значення температури, на який подається код температури верхнього шару каталізатора “ T^*_1 ” (функція TI);
- пристрій реєстрації значень температури (функція TR);
- пристрій контролю і аварійної сигналізації (функція ТА);
- обчислювальний пристрій (функція ТУ);
- пристрій вимірювання поточного значення температури, на який подається код температури нижнього шару каталізатора “ T^*_2 ” (функція TI);
- пристрій реєстрації значень температури (функція TR);
- пристрій контролю і аварійної сигналізації (функція ТА);
- обчислювальний пристрій (функція ТУ);
- пристрій визначення різниці температур верхнього та нижнього шарів каталізатора (функція TD);
- пристрій регулювання витрат природного газу (функція ТС).

Останній пристрій формує сигнал “ $X^*_{2Current}$ ” необхідного поточного положення вентиля 2, який виводиться через модуль ADAM 4021 (позиція 8). Цей сигнал обчислюється на основі інформації про різницю температур верхнього та нижнього шарів каталізатора. При формуванні цього сигналу використовується інформація і про реальне положення вентиля 2 (сигнал “ X^*_{2Real} ”). Це положення вентиля також відображається на екрані монітора (функція GI). Програмно реалізований і пристрій формування уставки “ T^*_{20} ”, яка вводиться диспетчером «вручну» (функція НС).

Контур регулювання витрат природного газу на вході реактора застосовує в своїй роботі клапан 3. Цей контур реалізований в проєктованій системі як апаратними, так і програмними засобами. Програмна частина виконується в середовищі вибраної SCADA системи Genie, а апаратна частина контуру містить:

- чутливий елемент датчика витрат газу КХН-20516ST (позиція 3-2);
- вторинний перетворювач цього датчика (позиція 3-1), який формує на виході уніфікований сигнал напруги;

- чутливий елемент датчика концентрації газів “Марк-404” (позиція 3-4);
- вторинний перетворювач цього датчика (позиція 3-3), який формує на виході уніфікований сигнал струму;
- модуль аналогового введення ADAM 4017 (позиція 6);
- реверсивний пускач ПБР-2М (позиція 3-6);
- виконавчий механізм МЕО-16 (позиція 3-5);
- датчик переміщень БСПІ-10 важеля виконавчого механізму (позиція 3-7);
- модуль аналогового виведення ADAM 4021 (позиція 9);

Для регулювання витрат природного газу $Q_{г2}$ датчик витрат викидних газів та датчик концентрації кисню в цих газах формують, відповідно, сигнали напруги “Charge*_g” від 0 до 5 В та струму “Concentration*_g” від 0 до 20 мА, які вводяться через модуль ADAM 4017 (позиція 6). Програмна частина контуру містить такі віртуальні пристрої:

- пристрій вимірювання поточного значення витрат викидних газів “Charge*_g” (функція FI);
- пристрій реєстрації значень витрат (функція FR);
- пристрій контролю і аварійної сигналізації (функція FA);
- обчислювальний пристрій (функція FY);
- пристрій вимірювання поточного значення концентрації кисню “Concentration*_g” (функція QI);
- пристрій реєстрації значень концентрації (функція QR);
- пристрій контролю і аварійної сигналізації (функція QA);
- обчислювальний пристрій (функція QY);
- пристрій множення значень витрат викидних газів на концентрацію кисню (функція WY);
- пристрій регулювання витрат природного газу (функція WC).

Останній пристрій формує сигнал $X^*_{зurrent}$ необхідного поточного положення вентиля 3. Цей сигнал обчислюється на основі інформації про витрати викидних газів. Сигнал виводиться через модуль ADAM 4021 (позиція 9). При формуванні цього сигналу використовується і інформація про реальне положення вентиля 3 (сигнал “ $X^*_{зReal}$ ”). Це положення вентиля також відображається на екрані монітора (функція GI). Програмно реалізовані і пристрої формування уставок “Charge*_{g0}” і “Concentration*_{g0}”, які вводяться диспетчером «вручну» (функція HC).

3 Проєктування програмної частини системи

3.1 Вибір інструментальної системи проєктування

Інструментальні системи, що використовуються при проєктуванні програмного забезпечення АСУТП, поділяються на:

- системи SCADA;
- засоби баз даних;
- універсальні системи програмування.

Системи SCADA дозволяють виконувати весь комплекс проєктних робіт в єдиному інструментальному середовищі, в результаті чого можна не тільки швидко розробити проєкт програмного забезпечення системи, але і провести в режимі емуляції його тестування та настройку, використовуючи при цьому програмні моделі об'єктів управління [20, 23, 24].

Головний недолік такої технології проєктування є зворотним боком його переваг. Швидкість проєктування і якість розроблювального ПЗ (ясність, стійкість, надійність, простота модифікації і налагодження) різко падають при спробі вийти за рамки стандартного набору функцій, здійснюваних засобами системи SCADA. Реалізація же нестандартних функцій зазвичай вимагатиме використання і додаткових ІЗ, і знання внутрішніх інтерфейсів і форматів даних (найчастіше незадокументованих). У результаті цього виявляється, що при реалізації будь-якої, навіть простої, нестандартної функції розробнику треба витратити більше зусиль, ніж при створенні решти ПЗ системи. Часто буває, що на якомусь етапі проєктування ПЗ або його модернізації раптом проявляється недостяга функціональність штатних засобів конкретної системи SCADA.

На відміну від систем SCADA, засоби баз даних, зазвичай, застосовуються для проєктування і реалізації АСУ виробництвом або підприємством, тобто верхніх рівнів ІСА. Тому ми не будемо розглядати їх детальніше для вибору інструментальної системи проєктування ПЗ АСУТП.

Третій клас інструментальних систем, які широко застосовуються в області промислової автоматизації, є інструментальні системи на основі розповсюджених універсальних мов програмування. Такі інструментальні системи, без сумніву, дають проєктувальнику найбільшу свободу дії. Застосовуючи ці сучасні інструментальні системи, можна, без сумніву, вирішити будь-яку проєктну задачу в області автоматизації. Проте, така свобода дій потребує і відповідної високої кваліфікації самого проєктувальника, в результаті чого, проєкт ПЗ, розроблений ним, буде вже набагато дорожчим, ніж при використанні систем SCADA. Крім того, такий програмний продукт важко буде супроводжувати і модифікувати, особливо якщо в цьому не може взяти участь сам проєктувальник.

Таким чином, виходячи з поставленої мети – зробити більш дешевий проєкт ІСА, а зачистити і АСУТП, вибираємо в якості інструментальної системи

проектування ПЗ системи управління технологічним процесом промислового виробництва соляної кислоти саме систему SCADA.

У таблиці 3.1 перераховані за критеріями вибору найбільш популярні системи SCADA, що широко використовуються у світовій практиці.

Таблиця 3.1 – Показники систем SCADA за критеріями вибору

SCADA-системи	Технічна підтримка	Наявність розробників в Україні	Наявність у ВНТУ	Ціна, умов. од.
Delta (США)	–	+	–	9 328,00
Genesis (США)	+	+	–	9 985,20
Genie (Тайвань)	+	+	+	954,00
Festo (США)	–	–	–	8 421,70
InTouch 5.0 (США)	+	+	–	13 472,60
Monitor Pro (Німеччина – США)	+	+	–	3 763,00
RSView (США)	–	–	–	7 425,30
Sitex (Велика Британія)	+	+	–	6 545,50
Trace Mode (Росія)	+	+	+	3 127,00
WinCC (Німеччина)	+	–	–	12 449,70
Citect 6 (Австрія)	+	+	+	700,00

Треба відмітити, що аналіз ринку таких систем SCADA виявляє сталий процес вирівнювання їх функціональних можливостей, а також розширення їх відкритості до програмних та технічних засобів автоматизації від різних виробників. Тому вибір системи SCADA з наведеного переліку

можна зробити за умови її мінімальної вартості, розуміючи, що основні функціональні можливості цих систем приблизно однакові.

Як видно з таблиці 3.1, найдешевшими системами SCADA є «Genie» виробництва «ADVANTECH» [20], «Trace Mode» виробництва «ADASTRA» [23] та «Citect 6» виробництва «Citect Pty. Ltd» [24].

Враховуючи те, що інструментальну систему «Genie» я на практиці застосовував у курсовому проєкті з дисципліни «Проектування систем автоматизації», то вибираю саме цю систему для подальшого проектування ПЗ АСУТП для промислового очищення викидних газів.

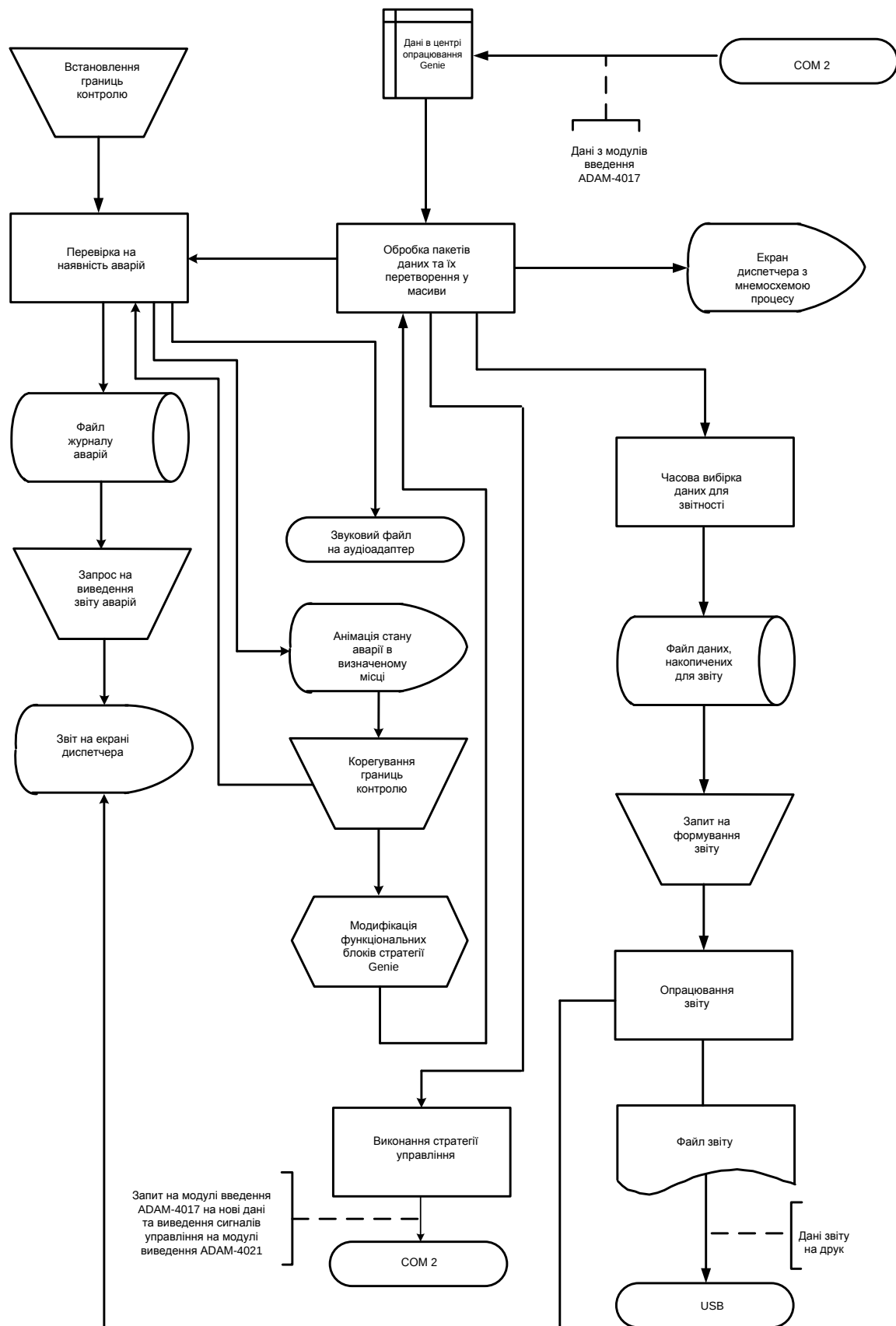
3.2 Схема даних програмного забезпечення ПК оператора

Перед тим, як за допомогою SCADA «Genie» виконувати детальне проектування програмного забезпечення АСУТП для промислового очищення викидних газів, необхідно визначити усі основні програмні процедури та послідовності їх виконання в процесі оброблення цифрових даних у проєктованій системі.

На розробленій схемі даних, що наведена на рисунку 3.1, показані джерела даних, їх місця розміщення у пам'яті комп'ютера оператора системи, а також програмні процедури обробки даних та їх результати. Згідно до цієї схеми початкові дані надходять до програми через послідовний порт COM2 з модулів введення системи, які взаємодіють з відповідними датчиками фізичних величин (температури, витрат, концентрації). Ці дані являють собою певні пакети, що вимагає їх попередньої обробки: перетворення у масиви, визначення дійсних значень вимірюваних величин по їх вхідним кодам тощо.

Окремі дані передбачені для архівації (t_1 – температура верхнього шару каталізатора, t_2 – температура нижнього шару каталізатора, Q_n – витрати викидних газів, K_n – концентрація кисню в вихідних газах, Q_p – витрати повітря, $Q_{г1}$ – витрати природного газу на вході реактора, $Q_{г2}$ – витрати природного газу на вході камери згорання). Виконується встановлена часова вибірка цих даних та їх зберігання у локальних архівах. При необхідності диспетчер через клавіатуру може сформувати запит на огляд цього архіву у вигляді звіту на моніторі, або на виведення цього звіту на друк.

Основне призначення системи – контроль та управління технологічним процесом. Тому для основних параметрів через клавіатуру встановлюються границі їх контролю (мінімальна та максимальна). Над отриманими даними виконується процедура перевірки на вихід за встановлені границі (наявність аварії). Будь-який факт аварії записується до файлу журналу аварій, який теж є локальним архівом. Крім запису до файлу кожна аварійна подія, що визначена системою, відображається на екрані



монітору у вигляді технічної анімації, а також супроводжується виведенням на динаміки певних звукових файлів.

Диспетчер через клавіатуру може викликати журнал аварій для огляду на моніторі, а також вносити корективи до роботи програмного забезпечення (встановлювати нові границі контролю, корегувати стратегію управління через модифікацію її функціональних блоків).

Система може виконувати і інші функції – розрахунки додаткових величин, статистичну обробку даних, підтримку зв'язку з системою керування верхнього рівня управління.

Після виконання основних задач регулювання технологічних параметрів процесу очищення виконується процедура виведення сигналів управління через модулі виведення ADAM-4021. Виконується новий запит даних з модулів введення системи і процес їх обробки повторюється.

3.3 Архітектура програмного забезпечення ПК оператора

Архітектура програмного забезпечення розробляється на початковій стадії проєктування. Для інструментальної системи SCADA «Genie» архітектура ПЗ при його проєктуванні містить:

- структуру проєктованої системи на рівні редактору задач;
- структуру проєктованої системи на рівні редактору форм.

Редактор задач використовує інформаційно-поточний метод програмування, який значно зручніший для сприйняття і алгоритмічної інтерпретації ніж лінійна архітектура текстовий мов програмування.

Редактор форм відображення призначений для створення графічних мнемосхем автоматизованих робочих місць оператора чи диспетчера, що забезпечує представлення інформації про управління технологічного процесу в зручній для сприйняття формі.

Розробку програмного забезпечення будемо проводити у напрямку більш детального представлення створених каналів, процедур за допомогою графічної розробки схеми даних. Розробимо архітектуру ПЗ для реалізації контуру регулювання витрат повітря (рисунок 3.2), на якій позначено:

- P0 – первина обробка вхідного сигналу;
- TR1, TR2 – процедури трансляції апаратних значень у їх реальні значення;
- PID1 – процедура регулювання, що формує сигнал $X_{1Current}^*$. Вона виконує регулювання витрат повітря за ПД-законом.
- K0 – процедура кінцевої обробки даних, яка перетворює аналоговий сигнал $X_{1Current}^*$ в його апаратне (кодове) значення. Цей код по лінії RS-485 буде передаватись до модуля ADAM 4021 і виводитись з нього у вигляді електричного сигналу напруги управління виконавчим механізмом вентиля 1.

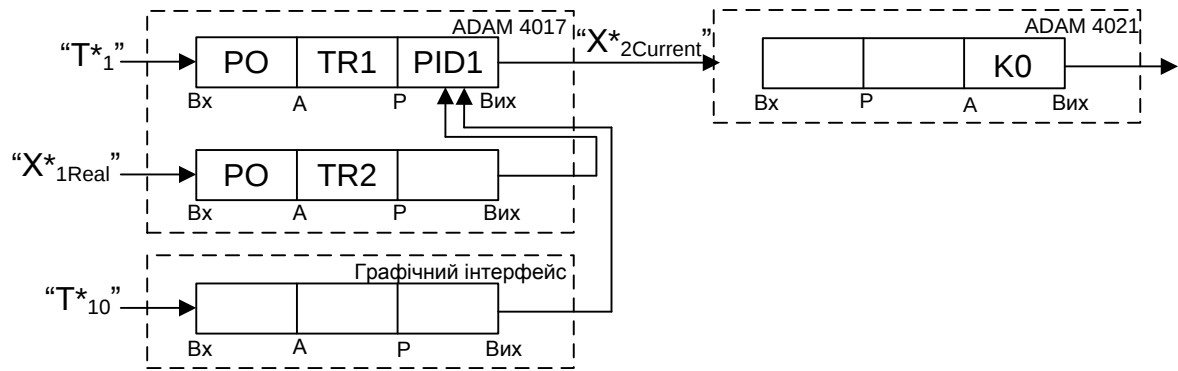


Рисунок 3.2 – Архітектура ПЗ для реалізації контуру регулювання витрат повітря

Розробимо тепер аналогічну архітектуру ПЗ для реалізації контуру регулювання витрат природного газу на вході камери згорання (рисунок 3.3).

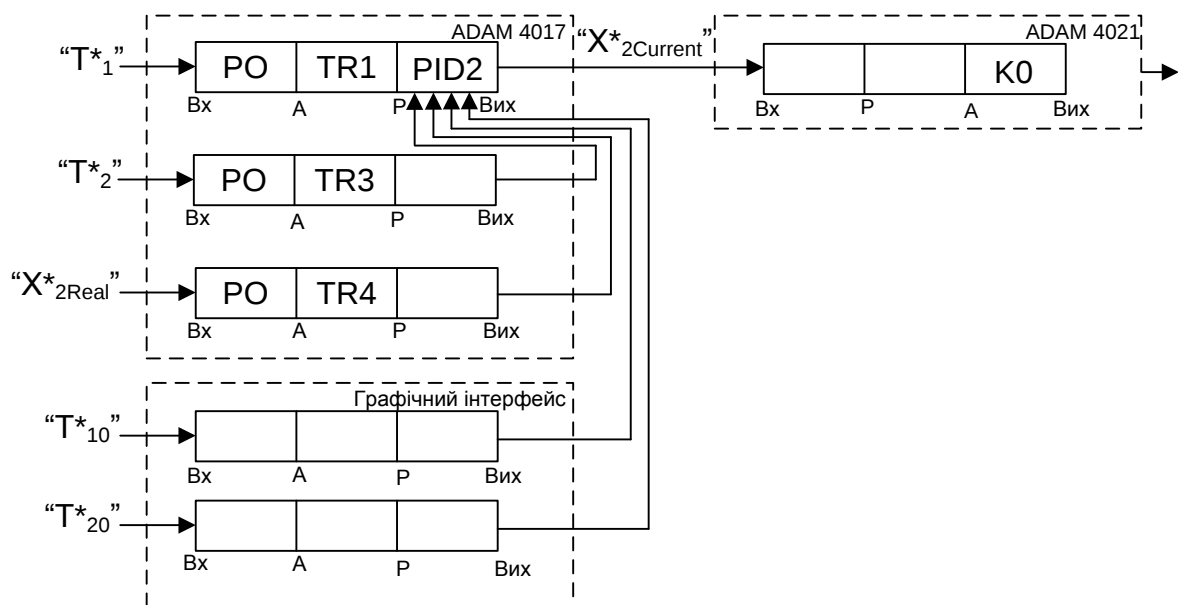


Рисунок 3.3 – Архітектура ПЗ для реалізації контуру регулювання витрат природного газу на вході камери згорання

На рисунку наведені такі позначення:

- P0 – первина обробка вхідного сигналу з датчика;
- TR1, TR3, TR4 – процедура трансляції апаратних значень сигналів датчиків у їх реальні значення;
- PID2 – процедура регулювання, що формує вихідний сигнал " $X^*_{2Current}$ " управління вентилем 2; процедура виконує регулювання витрат природного газу за ПІД-законом;
- K0 – процедура кінцевої обробки даних, яка перетворює аналоговий сигнал " $X^*_{2Current}$ " в його апаратне (кодове) значення. Цей код по лінії RS-485

буде передаватись до модуля ADAM 4021 і виводитись з нього у вигляді електричного сигналу напруги управління виконавчим механізмом вентиля 2.

Розробимо аналогічну архітектуру ПЗ для реалізації контуру регулювання витрат природного газу на вході реактора каталітичного очищення (рисунок 3.4).

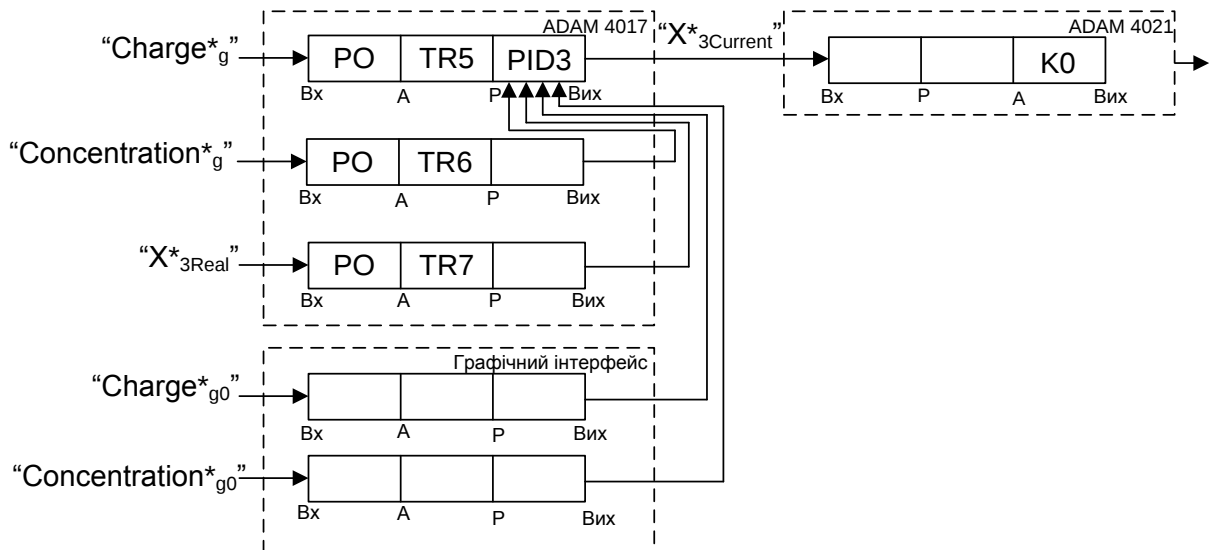


Рисунок 3.4 – Архітектура ПЗ для реалізації контуру регулювання витрат природного газу на вході реактора

На рисунку наведені такі позначення:

- P0 – первина обробка входних сигналів датчиків;
- TR6, TR7, TR8 – процедура трансляції апаратних значень сигналів датчиків у їх реальні значення;
- PID3 – процедура управління, що формує вихідний сигнал “ $X^*_{3Current}$ ” управління вентилям 3. Процедура виконує регулювання витрат природного газу за ПІД-законом.
- K0 – процедура кінцевої обробки даних, яка перетворює аналоговий сигнал “ $X^*_{3Current}$ ” в його апаратне (кодове) значення. Цей код по лінії RS-485 буде передаватись до модуля ADAM 4021 і виводитись з нього у вигляді електричного сигналу напруги управління виконавчим механізмом вентиля 3.

3.4 Проектування окремих програмних модулів

Перед розробкою окремих програмних модулів ПЗ комп’ютера оператора необхідно встановити в системі драйвери пристроїв введення/виведення. Для входних сигналів “ T^*_1 ”, “ T^*_2 ”, “ $Concentration^*_g$ ”, “ $Charge^*_g$ ” необхідно встановити чотири модуля типу ADAM 4017. Встановлення драйверу виконується у наступній послідовності:

- здійснюється вибір групи пристроїв введення/ виведення типу Advantech COM Devices (рисунок 3.5);

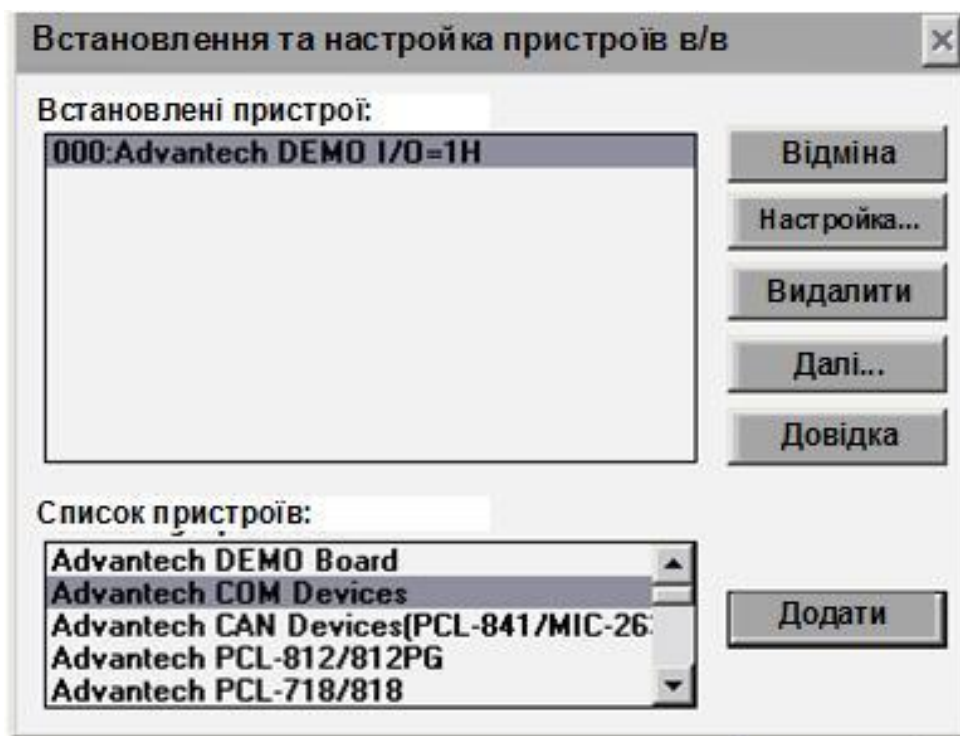


Рисунок 3.5 – Вибір групи пристроїв введення/ виведення

- виконується настройка параметрів послідовного порту (рисунок 3.6);

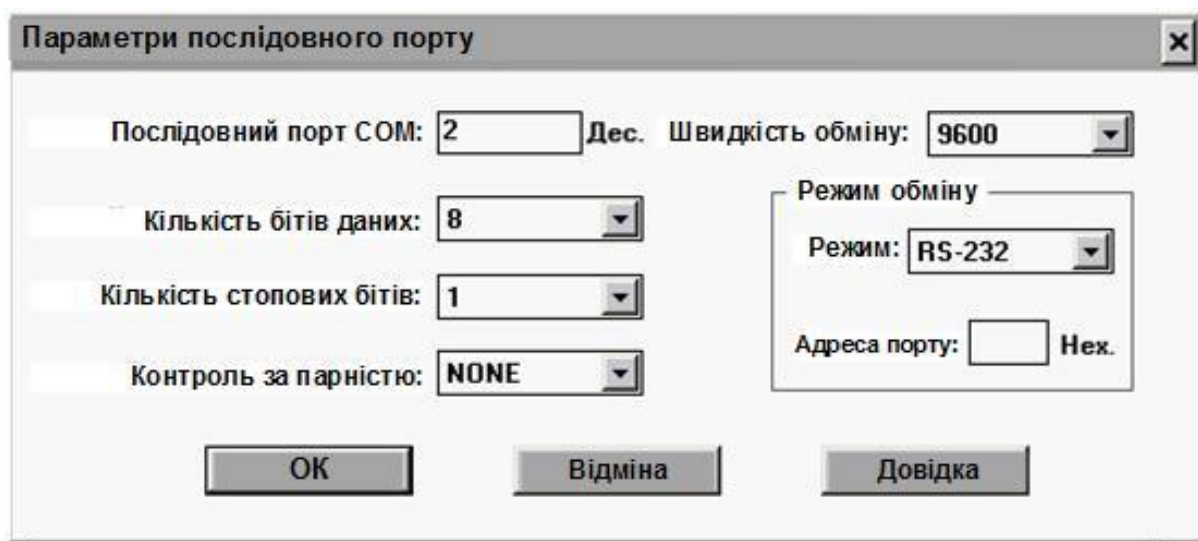


Рисунок 3.6 – Настройка параметрів послідовного порту

- вибираються пристрої серії Advantech ADAM 4000 (рисунок 3.7);

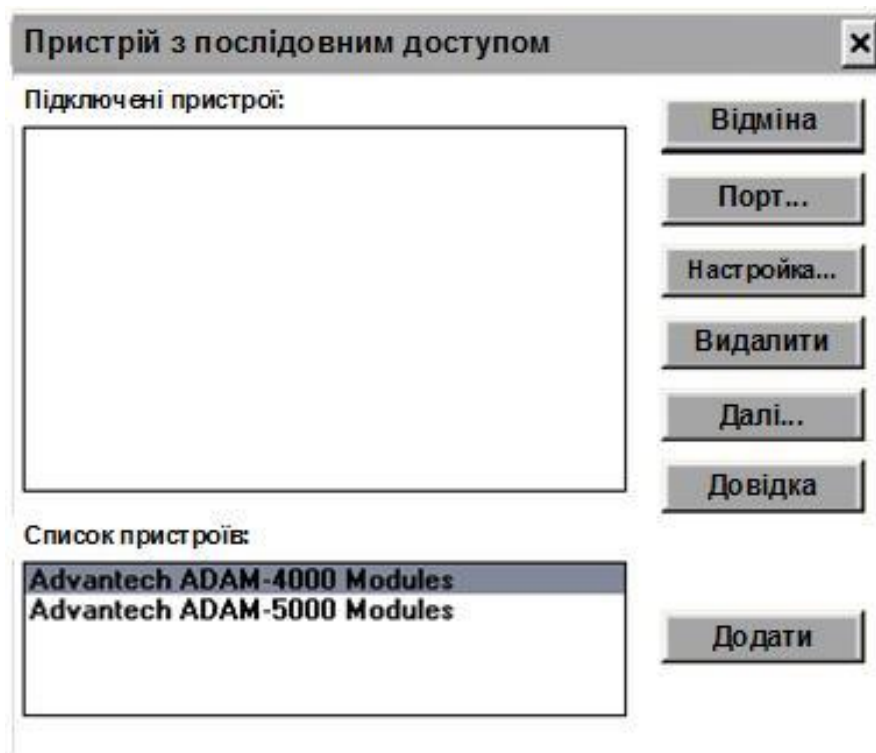


Рисунок 3.7 – Вибір пристроїв серії Advantech ADAM 4000

– вибираються потрібні модулі для проєктованій системі - ADAM 4017 і ADAM 4021 (рисунок 3.8).



Рисунок 3.8 – Вибір необхідних типів модулів серії ADAM 4000

Після встановлення драйверів модулів ADAM 4017 в систему виконується настройка алгоритмічних блоків аналогового введення, які зв'язані з цими модулями (рисунок 3.9).

Рисунок 3.9 – Вікно настройки блока аналогового введення

Тепер виконаємо розробку окремих програмних модулів, що виконують процедури регулювання технологічних параметрів.

Розробка контуру регулювання витрат повітря передбачає організацію розробку процедур трансляції TR1, TR2 та ПІД-регулювання. Розробимо процедуру трансляції TR1 для сигналу перетворювача температури TCMY-05 для контуру регулювання витрат повітря.

Перетворювач температури TCMY-05 формує вихідний сигнал постійного струму від 0 до 5 мА в діапазоні температур від 400 до 800 °С. Для регулювання витрат повітря необхідно вимірювати температуру верхнього шару каталізатора в діапазоні від 400 до 500°С. Перший канал модуля ADAM 4017 налаштовуємо на введення напруги в діапазоні від мінус 10 до плюс 10 В. АЦП модуля має 16 вихідних розрядів. З них старший розряд знаковий, а решта - значення коду. Тому найбільше значення із АЦП дорівнює $2^{15}-1$. На вхід АЦП подається напруга плюс/мінус 10 В. Код з АЦП передається по лінії RS-485 після необхідної обробки. Ця обробка може виконуватися у трьох режимах:

- розраховується значення фізичної величини і її код передається в лінію;
- розраховується відсоток від повної шкали АЦП і його код передається в лінію;
- вихідний код АЦП без обробки передається в лінію.

Для нашої системи вибираємо 3-й режим. Тоді кодовий сигнал температури “ T^*_1 ” буде дорівнювати вихідному коду АЦП. Процедура трансляції TR1 розраховує по цьому коду реальне значення температури верхнього шару каталізатора. При цьому використовується коефіцієнт перерахування $k = 3,052 \cdot 10^{-3}$.

Процедура трансляції TR1 організована програмно за допомогою функціонального блоку “USER PROG 1”, який вміщає текст програми наведений на рисунку 3.10.

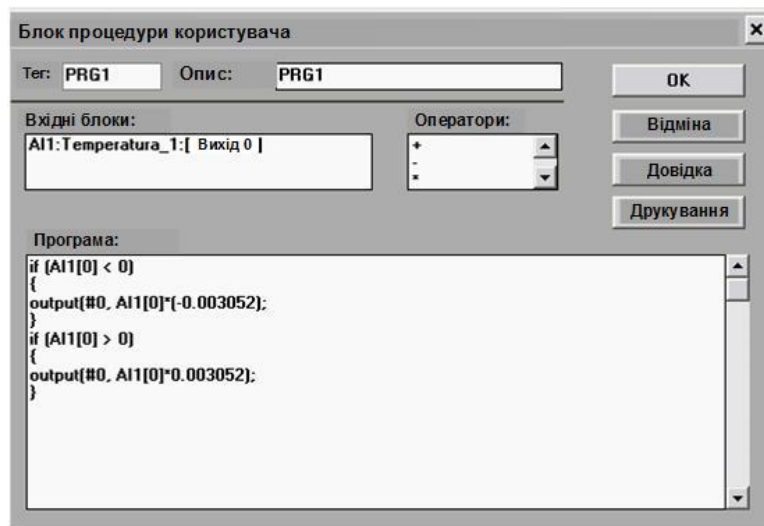


Рисунок 3.10 – Програмна реалізація процедури трансляції TR1

Процедура ПІД - регулювання організована за допомогою функціонального блоку “PID1” редактора задач. На рисунку 3.11 наведено вікно настройки цього алгоритмічного блоку.

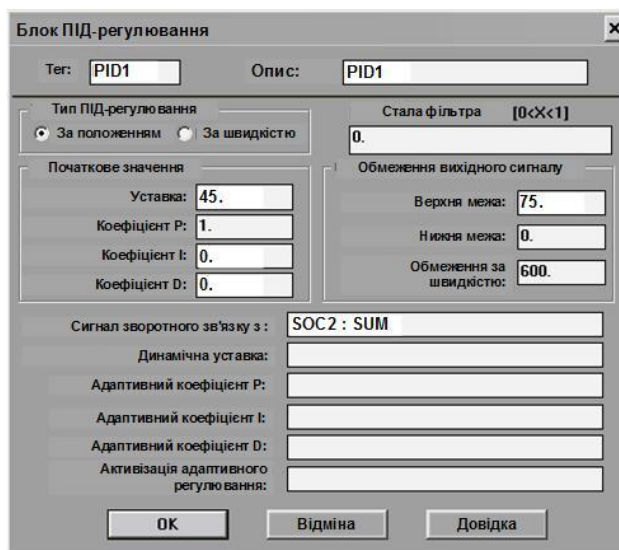


Рисунок 3.11 – Вікно настройки алгоритмічного блоку “PID1”

Аналогічно розробляється процедура трансляції TR3 для сигналу перетворювача температури TCMY-05 для контуру регулювання витрат природного газу на вході камери згорання.

Процедура ПІД - регулювання організована за допомогою алгоритмічного блоку “PID2”. На рисунку 3.12 наведене вікно настройки алгоритмічного блоку “PID2”.

Рисунок 3.12 – Вікно настройки алгоритмічного блоку “PID2”

Розробка контуру регулювання витрат природного газу на вході реактора за допомогою вентиля 3 передбачає розробку процедур трансляції TR5, TR6, TR7 та ПІД-регулювання. Розробимо процедуру трансляції TR5 для сигналу датчика витрат викидних газів KXH-20516ST. Отриманий сигнал від датчика є сигналом постійної напруги від 0 до 5В в діапазоні вимірювання від 0 до 50 м³/с. Третій модуль ADAM 4017 налаштовуємо на введення напруги в діапазоні від мінус 10 до плюс 10 В. АЦП модуля має 16 вихідних розрядів. З них старший розряд знаковий, решта - значення коду. тому найбільше значення із АЦП дорівнює $2^{15}-1$.

На вхід АЦП подається напруга плюс/мінус 10 В. Код з АЦП передається по лінії RS-485 за 3-м режимом (без обробки). Тоді кодовий сигнал витрат викидних газів “Charge*_g” буде дорівнювати вихідному коду АЦП. Процедура трансляції TR5 розраховує по цьому коду реальні значення витрат викидних газів. При цьому використовується коефіцієнт перерахунку $k = 1,831 \cdot 10^{-4}$. Процедура трансляції TR5 організована програмно за допомогою функціонального блоку “USER PROG 3”, який

містить текст програми, що наведена на рисунку 3.13.

Розробимо процедуру трансляції TR6. Датчик вимірювання концентрації кисню “Марк-404” формує вихідний сигнал постійного струму від 0 до 20 мА в діапазоні від 0 до $0,1 \cdot 10^{-3}$ мг/м³. Для регулювання витрат природного газу необхідно вимірювати концентрацію кисню в діапазоні від 0 до $0,085 \cdot 10^{-3}$ м³/с. Четвертий модуль ADAM 4017 налаштовуємо на введення напруги в діапазоні від мінус 10 до плюс 10 В. АЦП модуля має 16 вихідних розрядів. 3 них старший розряд знаковий, а решта - значення коду. Тому найбільше значення із АЦП дорівнює $2^{15}-1$.

Блок процедури користувача

Ter: PRG3 Опис: PRG3

Вхідні блоки: AI3:Charge: Вихід 2

Оператори: +, -, *

Програма:

```
if [AI3[2] < 0]
{
output(#0, AI3[2]*(-0.00018));
}
if [AI3[2] > 0]
{
output(#0, AI3[2]*0.000018);
}
```

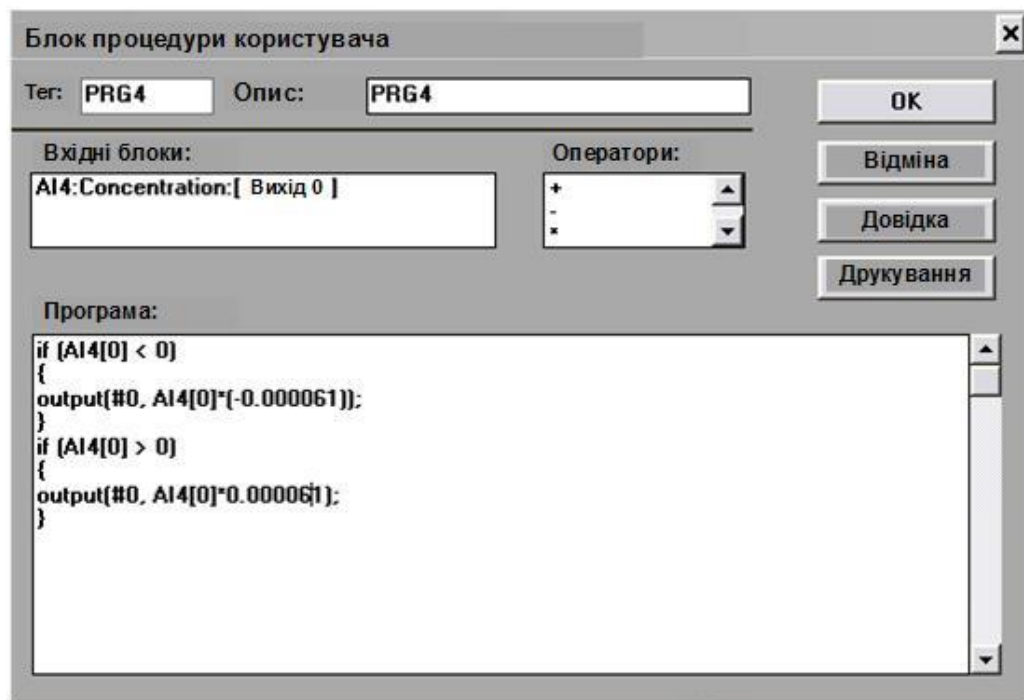
Рисунок 3.13 – Програмна реалізація процедури трансляції TR5

На вхід АЦП подається напруга плюс/мінус 10 В. Код з АЦП передається по лінії RS485 за 3-м режимом (без обробки). Тоді кодовий сигнал концентрації кисню “Concentration*_g” буде дорівнювати вихідному коду АЦП. Процедура трансляції TR6 розраховує по цьому коду реальну концентрацію кисню. При цьому використовується коефіцієнт перерахування $k = 6,104 \cdot 10^{-5}$. Процедура трансляції TR6 організована програмно за допомогою алгоритмічного блоку “USER PROG 4”, який містить текст програми, наведений на рисунку 3.14.

Процедура ПІД - регулювання організована за допомогою алгоритмічного блоку “PID3”. На рисунку 3.15 наведене вікно настройки

алгоритмічного блоку “PID3”.

На основі схем даних контурів регулювання (рисунки 3.2-3.4), використовуючи алгоритмічні блоки редактору задач, була розроблена стратегія управління процесом очищення (додаток В).



Блок процедури користувача

Ter: PRG4 Опис: PRG4

Вхідні блоки:
AI4:Concentration:[Вихід 0]

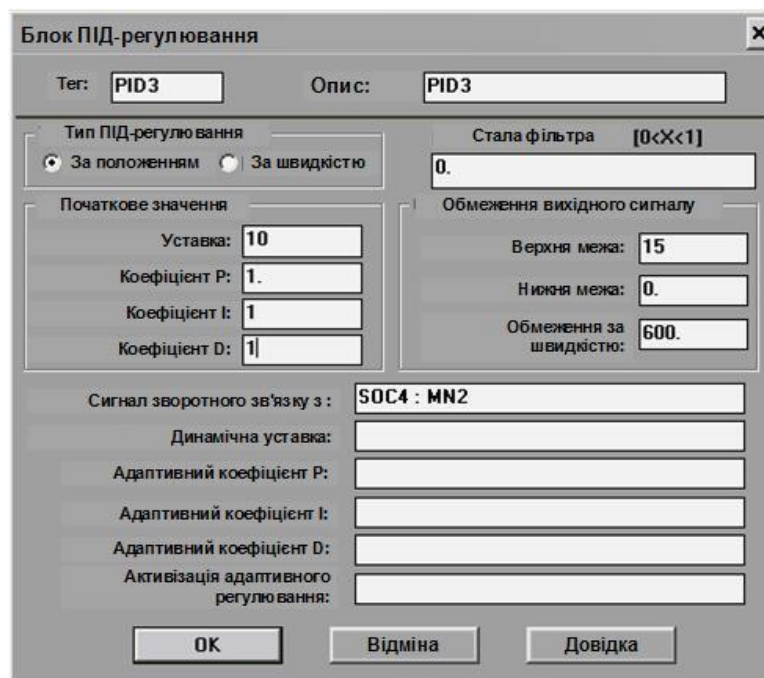
Оператори:
+
-
*

Програма:

```
if (AI4[0] < 0)
{
output(#0, AI4[0]*(-0.000061));
}
if (AI4[0] > 0)
{
output(#0, AI4[0]*0.000061);
}
```

OK
Відміна
Довідка
Друк

Рисунок 3.14 – Програмна реалізація процедури трансляції TR6



Блок ПІД-регулювання

Ter: PID3 Опис: PID3

Тип ПІД-регулювання
☒ За положенням ☐ За швидкістю

Початкові значення
Уставка: 10
Коефіцієнт P: 1
Коефіцієнт I: 1
Коефіцієнт D: 1

Обмеження вихідного сигналу
Верхня межа: 15
Нижня межа: 0
Обмеження за швидкістю: 600

Сигнал зворотного зв'язку з: SOC4 : MN2

Динамічна уставка:
Адаптивний коефіцієнт P:
Адаптивний коефіцієнт I:
Адаптивний коефіцієнт D:
Активізація адаптивного регулювання:

OK
Відміна
Довідка

Рисунок 3.15 – Вікно настройки алгоритмічного блоку “PID3”

3.5 Проектування графічного ЛМІ оператора

Графічний людино-машинний інтерфейс (ЛМІ) оператора АСУТП складається з основного екрану та двох додаткових екранів (додаток Г)

На основному екрані представлена вся технологічна установка по управлінню процесом очищення викидних газів.

Для відображення отриманої від датчиків інформації використовуємо форму “Цифровий індикатор”.

Цифровий індикатор зв’язується з відповідним алгоритмічним блоком введення фізичної величини, значення якої відображається.

В настройках можна вибрати необхідний формат відображення, розмір та стиль шрифту, а також колір відображення (рисунок 3.16).

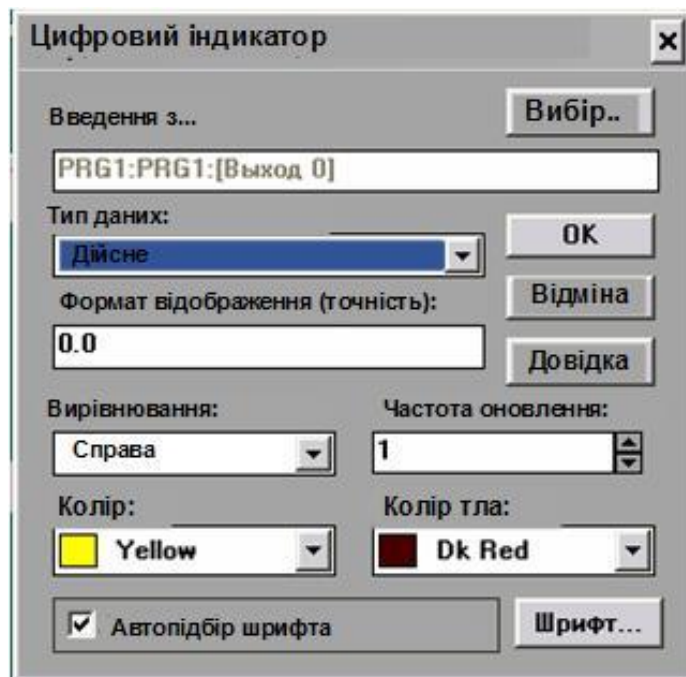


Рисунок 3.16 – Вікно настройки форми відображення “Цифровий індикатор”

Регулюючі положення вентилів відображаються за допомогою «Стрічкового індикатора», який дає змогу визначити для оператора поточне значення положення вентиля (рисунок 3.17).

3.6 Програмне забезпечення для формування звітності

Для формування звітності в даному проєкті застосовується блок архівації даних. В редакторі задач використано два таких блоки.

Елемент відображення: Стрічковий індикатор

Тег: **METER1** Опис: **METER1**

Введення з... Вибір

PID1:PID1 OK

Налаштування поділу шкали

Показати ділення
☒ Так ☐ Ні

Початок шкали: **0** Кінець шкали: **100**

Кількість поділів: **5** Відміна Довідка

Мінімальне розрізнення: **300** Орієнтація: **Up**

Кількість сегментів: **1** Початкове значення: **47.17825**

Сегмент 1
Початок: **0** Кінець: **100** Колір: **Blue**

Сегмент 2
Початок: Кінець: Колір: **Yellow**

Сегмент 3
Початок: Кінець: Колір: **Dk Red**

Сегмент 4
Початок: Кінець: Колір: **Red**

Сегмент 5
Початок: Кінець: Колір: **Black**

Рисунок 3.17 – Вікно настройки форми відображення “Стрічковий індикатор”

Вміст звіту можна переглянути за допомогою будь якого текстового редактору. Формат даних – ASCII символи. Метод запису у архів «Append», тобто додавання нового запису до попереднього. До файлу записується температура верхнього та нижнього шарів каталізатора, витрати викидних газів та концентрація в них кисню, а також витрати природного газу та повітря. Передбачений і перегляд даних з архіву за допомогою форми «Перегляд даних архіву».

Дані з поточного архіву можуть бути легко зчитані будь-якою зовнішньою програмою формування звітності, перетворені далі у зручний формат, профільтовані тощо. Це дає змогу простої передачі даних на вищий рівень АСУТП.

Висновки

В результаті виконання даної бакалаврської кваліфікаційної роботи у формі проєкту була розроблена на основі рекомендацій діючих стандартів концепція функціональної структури нової інтегрованої системи автоматизації промислового очищення викидних газів. Ця система у порівнянні з існуючими аналогічними системами дозволяє не тільки управляти технологічним процесом, але і виконувати кілька функцій управління всім виробництвом в цілому.

В рамках такої системи, використовуючи інструментальну систему SCADA «Genie», була спроектована автоматизована система управління технологічним процесом (АСУТП) очищення викидних газів. Для цього був проведений аналіз технологічного процесу як об'єкту автоматизованого управління, зроблений обґрунтований вибір програмно-апаратних засобів автоматизації, розроблені електрична структурна схема АСУТП та її функціональна схема автоматизації, а також спроектовані окремі програмні модулі ПЗ системи та графічний ЛМІ для ПК оператора.

Для утворення розробленої структури АСУТП були застосовані модулі віддаленого введення/виведення фірми «Advantech».

Література

1. Olsson, G., Piany, J.. Computer systems for automation and control [Електронний ресурс] / URL : <http://www.philadelphia.edu.jo/newlibrary/pdf/file095f62f119bb471591fd8f273ac06353.pdf>.
2. Комплексна автоматизація технологічних процесів [Електронний ресурс] / URL : <https://extremeltd.ua/solutions/industrial-automation/>.
3. Шуляк М.В., Папінов В.М. Інтегрована система управління для промислового очищення викидних газів / Матеріали LIV НТК підрозділів Вінницького національного технічного університету (Вінниця, ВНТУ, 24-27 червня 2025 року) [Електронний ресурс] / URL : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fksa/all-fksa-2025/paper/view/24241/20009>.
4. Довідник азотника. Видання 2-ге, перероб. / За ред. академіка Н.М. Жаворонкова. – К.: Хімія, 1987. – 462 с.
5. Атрощенко В.І., Каргін С.І. Технологія азотної кислоти. - К.: Хімія, 1970. – 496 с.
6. Софронов А.Л. Технологія зв'язаного азоту. – Харків: Хімічна промисловість, 1973. – 267 с.
7. Яцков М. В., Корчик Н. М., Пророк О. А. Основні технологічні схеми базових неорганічних виробництв: Навчальний посібник. – Рівне : НУВГП, 2020. – 212 с.
8. Нестеренко С. В. Технологія виробництва хімічних речовин і матеріалів: Конспект лекцій. - – ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2020. – 101 с.
9. Автоматизація процесів: навчальний курс [Електронний ресурс] / URL : <http://opiobjektid.tptlive.ee/Automatiseerimine/index.html>.
10. Ларичева Л.П. Контроль та автоматичне регулювання хіміко-технологічних процесів/ Л.П. Ларичева, М.Д. Волошин, О.П. Луценко, Дніпродзержинськ:ДДТУ. – 2015. – 320 с.
11. Кожухар, В. Я. Автоматизовані системи керування хіміко-технологічними процесами : навч. посібник / В. Я. Кожухар, В. В. Брем, О. В. Макаров ; Держ. ун-т "Одес. політехніка". - Одеса, 2021. - 223 с.
12. Автоматизація виробництва : Sigma Engineering [Електронний ресурс] / URL : <https://sigmaengineering.ua/Послуги/avtomatizatsiya-virobnitstva/>.
13. Автоматизація виробництва в промисловості : Призма Енерджи Груп [Електронний ресурс] / URL : <https://prisma-group.com.ua/uk/route/avtomatizaciya-ukr/>.
14. Пупена О., Ельперін І., Міркевич Р. Огляд сучасних стандартів інтегрованого виробництва// Автоматизація технологічних і бізнес-процесів. - Т.8. - №3. – 2016.
15. ISA-88/95/106 в Україні [Електронний ресурс] / URL : <https://sites.google.com/site/isa88inua/home>.
16. Пупена О. М. Практичні рекомендації до реалізації елементів стандарту

- ІЕС 61512 в програмному забезпеченні систем керування/ О. М. Пупена, Р. М. Міркевич, О. М. Клименко. – К: АППАУ, ТК 185 «Промислова автоматизація», 2020. – 46 с.
- 17.MESA Model: A Framework for Smarter Manufacturing [Електронний ресурс] / URL : <https://mesa.org/topics-resources/mesa-model/>.
 - 18.Shraddha Kakade. Manufacturing execution system (MES) [Електронний ресурс] / URL : <https://www.techtarget.com/searcherp/definition/manufacturing-execution-system-MES>.
 - 19.Itskovich Emmanuil. Fundamentals of Design and Operation of Manufacturing Execution Systems (MES) in Large Plants [Електронний ресурс]/ URL: <https://dplp.org/rec/conf/mim/Itskovich13.bib>.
 - 20.Офіційний сайт компанії "СВ АЛТЕРА" в Україні [Електронний ресурс]/ URL: www.svaltera.ua.
 - 21.Все необхідне для автоматизації на базі PC: Каталог продукції фірми ADVANTECH. – Prosoft, 2017. – 490 с.
 - 22.Ванін В.В., Бліок А.В., Гнітецька Г.О. Оформлення конструкторської документації: Навч. посібн. 4-те вид., випр. і доп. - К.: Каравела, 2012. – 200 с.
 - 23.Системи візуалізації. SCADA-системи [Електронний ресурс]/ URL: <http://www.svaltera.zp.ua/?inc=prod/scada/>.
 - 24.SCADA-система CITECT як інструмент інтеграції технологічних даних [Електронний ресурс]/ URL: <http://www.atlas.kiev.ua/ua/scada.html>.

Додатки

Додаток А
(обов'язковий)

Вінницький національний технічний університет
Факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації
Кафедра автоматизації та інтелектуальних інформаційних технологій

ЗАТВЕРДЖУЮ
завідувач кафедри АІТ
д.т.н., професор Олег БІСІКАЛО

“ 23 ” березня 2025 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ
на бакалаврську кваліфікаційну роботу (у формі проекту)
«Інтегрована система автоматизації процесу промислового очищення
викидних газів»
08-31.БКР.014.02.000 ТЗ

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи:
проф. каф. АІТ Володимир ПАПІНОВ

“ 23 ” травня 2025 р.

Розробив студент гр. АКІТР-23мс

Микола ШУЛЯК

“ 23 ” травня 2025 р.

Вінниця ВНТУ – 2025 рік

1 Назва і галузь застосування

Інтегрована система автоматизації (ІСА) промислового очищення викидних газів.

ІСА призначена для роботи у складі системи автоматизованого управління хімічним підприємством.

2 Підстава для розробки та назва організації, що проектує

Розробку ІСА проводити на підставі наказу по ВНТУ № 97 від 20.03.2025 р. та індивідуального завдання на бакалаврську кваліфікаційну роботу у формі проєкту, складеного та затвердженого кафедрою автоматизації та інтелектуальних інформаційних технологій ВНТУ.

3 Мета та призначення розробки

ІСА призначена для управління виробничим процесом, заснованим на технологічному процесі, схема якого наведена на рисунку 1.

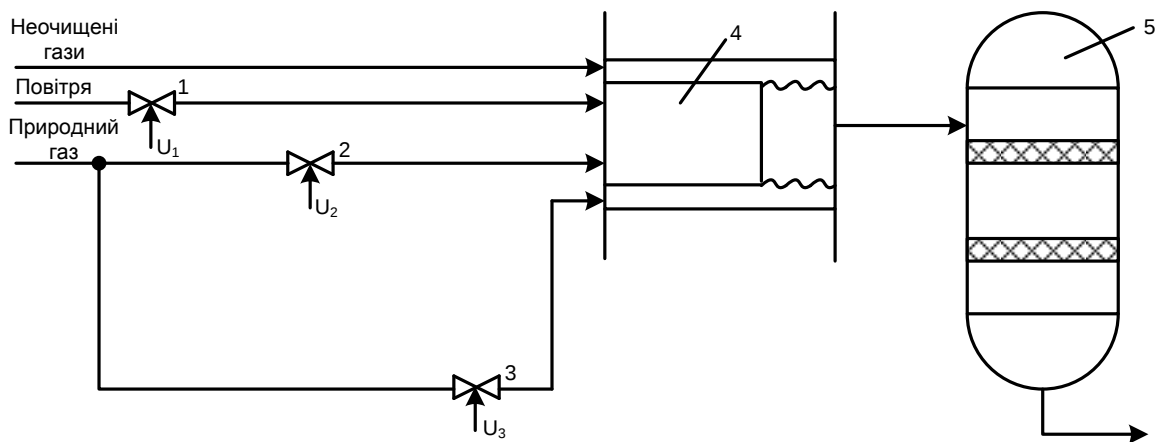


Рисунок 1 – Схема технологічного процесу, що автоматизується

На рисунку позначені: 1-3 – регулюючі органи; 4 – камера згорання; 5 – реактор каталітичної очистки. Геометричні розміри: камера згорання – висота 2 м, ширина 2 м, довжина 6 м; реактор каталітичної очистки – висота 6 м, радіус 0.5 м; відстань між камерою згорання і реактором каталітичної очистки становить 1.5 м; схема каталітичної очистки встановлена н відстані 400 м від приміщення диспетчера.

Принцип управління: витрати викидних газів вимірюється в діапазоні від 0 до м³/с; концентрація викидних газів змінюється від 0 до 0.085 мг/м³; витрати повітря – від 0 до 20 мл/м³ за допомогою вентиля 1; витрати природного газу – від 0 до 45 мл/м³ за допомогою вентиля 2, та від 0 до 25 мл/м³ за допомогою вентиля 3; зміна температури верхнього слою каталізатора виконується в межах від 0 до 75 0С; температура нижнього слою каталізатора змінюється в діапазоні від 0 до 50 0С.

Динамічні властивості: об'єкт управління являється повільно динамічним.

Складність процесу: процес управління в плані управління є не складним, оскільки вимірюються тільки чотири параметри і формуються три управляючі сигнали.

Метою розробки є отримання кращого за техніко-економічними показниками рішення ІСА у порівнянні з існуючими аналогами.

ІСА будується за ієрархічним принципом. На нижньому рівні управління функціонує автоматизована система управління технологічним процесом (АСУТП), а на верхньому рівні – автоматизована система управління виробництвом (АСУВ).

4 Джерела розробки

1. Яцков М. В., Корчик Н. М., Пророк О. А. Основні технологічні схеми базових неорганічних виробництв: Навчальний посібник. – Рівне : НУВГП, 2020. – 212 с.
2. Ларичева Л.П. Контроль та автоматичне регулювання хіміко-технологічних процесів/ Л.П. Ларичева, М.Д. Волошин, О.П. Луценко, Дніпродзержинськ:ДДТУ. – 2015. – 320 с.
3. Кожухар, В. Я. Автоматизовані системи керування хіміко-технологічними процесами : навч. посібник / В. Я. Кожухар, В. В. Брем, О. В. Макаров ; Держ. ун-т "Одес. політехніка". - Одеса, 2021. - 223 с.

5 Показники призначення

5.1 Виробничі умови експлуатації АСУТП

Частина обладнання АСУТП встановлюється у виробничому приміщенні, а друга частина – в приміщенні операторської.

Ці приміщення опалюються.

Для них встановлені такі умови:

- температура навколишнього середовища: + 10°С ÷ +35°С;
- відносна вологість повітря ≤ 88% (при t = +25°С);

- ударні навантаження – немає;
- вібрація підлоги:
 - частота $10 \div 30$ Гц;
 - віброприскорення $\leq 19,6$ м/с²;
 - лінійне прискорення – немає;
- понижений атмосферний тиск, не більше 61 кПа.

5.2 Вихідні параметри, що регулюються

В процесі каталітичної очистки викидних газів виконується регулювання подачі природного газу за допомогою вентилів 2 і 3. Номінальне значення витрат природного газу що регулюється за допомогою вентиля 2 становить $Q_{r20}=22$ м³/с, а мінімальна та максимальна границя відповідно дорівнюють $Q_{r2min}=15$ м³/с, $Q_{r2max}=35$ м³/с. Номінальне значення витрат природного газу що регулюється за допомогою вентиля 3 становить $Q_{r30}=10$ м³/с, а мінімальна та максимальна границя відповідно дорівнюють $Q_{r3min}=5$ м³/с, $Q_{r3max}=15$ м³/с. Регулювання витрат повітря виконується завдяки вентиля. Номінальне значення витрат повітря дорівнює $Q_{n0}=10$ м³/с, а мінімальна та максимальна границя витрат становить відповідно $Q_{nmin}=8$ м³/с, $Q_{nmax}=15$ м³/с. Для регульованих параметрів вибираємо стандартний PID-закон регулювання, його коефіцієнти будуть визначатись в процесі налагоджування системи на виробництві.

5.3 Параметри ТП, що підлягають контролю або вимірюванню

Внаслідок того, що хімічні реакції, які протікають в першому і в другому шарі каталізатора сильно ізотермічні проводиться контролювання температур в реакторі каталітичної очистки відповідно верхнього і нижнього слоїв каталізатора. Для температури верхнього слою каталізатора номінальне значення становить $t_{10}=45$ °С, відповідно мінімальна і максимальна границі – $t_{1min}=15$ °С, $t_{1max}=60$ °С. Для температури нижнього слою каталізатора номінальне значення температури становить $t_{20}=25$ °С, відповідно мінімальна і максимальна границі $t_{2min}=10$ °С, $t_{2max}=40$ °С. Для регулювання подачі природного газу в реактор на відновлення оксидів азоту до молекулярного азоту необхідно здійснювати вимірювання витрат викидних газів та концентрації кисню в потоці викидних газів. Номінальне значення витрат викидних газів за технічним описом процесу становить $Q_{n0}=2.5 \cdot 10^{-3}$ м³/с відповідно мінімальна і максимальна границі дорівнюють $Q_{nmin}=1 \cdot 10^{-3}$ м³/с, $Q_{nmax}=4.5 \cdot 10^{-3}$ м³/с. Номінальне значення концентрації викидних газів становить $K_{n0}=0.042 \cdot 10^{-3}$ мг/м³, відповідно мінімальна і максимальна границя $K_{nmin}=0.02 \cdot 10^{-3}$ мг/м³, $K_{nmax}=0.06 \cdot 10^{-3}$ мг/м³.

5.4 Управляючі діяння та місце їх прикладання

Для регулювання подачі природного газу автоматичними регуляторами формуються управляючі сигнали U_2 та U_3 на виконавчі механізми відповідно вентилів 2 та 3, які мають лінійну регульовану характеристику, тому сигнал може змінюватись плавно в діапазоні від 0 до 100 % Х.Р.О. (Х.Р.О. – хід регулюючого органу). Аналогічно формується сигнал управління U_1 від автоматичного регулятора на виконавчий механізм вентилів 1. U_1 змінюється в тих самих межах.

5.5 Дії оператора АСУТП у разі виникнення аварійних ситуацій

У разі перевищення температур слоїв каталізатора за встановлені границі оператор необхідно припинити виконання процесу каталітичної очистки, внаслідок чого перекрити подання природного газу та повітря і в свою чергу надходження викидних газів. При перевищенні витрат викидних газів за встановлені межі оператор повинен повідомити про перенадходження викидних газів для процесу очищення і налаштувати процес виробництва азотної кислоти в нормальний режим роботи з номінальними викидами газів.

5.6. Вимоги до графічного ЛМІ оператора АСУТП

Графічний ЛМІ буде складатися із чотирьох екранів – з одного основного і двох додаткових. На основному наводиться мнемосхема технологічної установки, засоби вимірювання в результаті регулювання витрат повітря та природного газу та усі засоби сигналізації аварійних подій і станів вентилів. На першому додатковому екрані розміщується архівна інформація температур слоїв каталізатора у вигляді часового тренду. На другому додатковому екрані наводиться архівна інформація витрат нетрозних газів у вигляді часового тренду та значення середніх витрат

5.7. Вимоги до форм звітності

АСУТП повинна автоматично формувати підсумковий звіт про роботу системи стабілізації процесу каталітичної очистки за робочу зміну, яка триває з 800 до 1600. До звіту відносяться такі дані:

- середні витрати викидного газу за зміну;
- температура верхнього слою каталізатора протягом зміни;
- температура нижнього слою каталізатора протягом зміни;

Звіт формується автоматично за створеним шаблоном у кінці зміни в 1600 і може виводиться на екран монітору за наказом оператора.

6 Стадії розробки

6.1. Розділ «Техніко-економічне обґрунтування кваліфікаційного проєкту» та розробка концепції функціональної структури ІСА мають бути виконані до 26.04.25 р.

6.2. Розробка електричної структурної схеми АСУТП має бути виконана до 10.05.25 р.

6.3. Розробка функціональної схеми автоматизації АСУТП має бути виконана до 24.05.25 р.

6.4. Проєктування програмного забезпечення АСУТП повинно бути виконано до 31.05.25 р.

7 Порядок контролю та приймання

7.1 Рубіжний контроль – 03-07.06.25 р.

7.2 Попередній захист – 10-15.06.25 р.

7.3 Захист БКР – в період з 16.06.25 по 23.06.25 р. за графіком, встановленим кафедрою АІТ.

Додаток Б
(обов'язковий)

ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

ІНТЕГРОВАНА СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ
ПРОМИСЛОВОГО ОЧИЩЕННЯ ВИКИДНИХ ГАЗІВ

Розробив:

_____ Микола ШУЛЯК
“ ” _____ 2025 р.

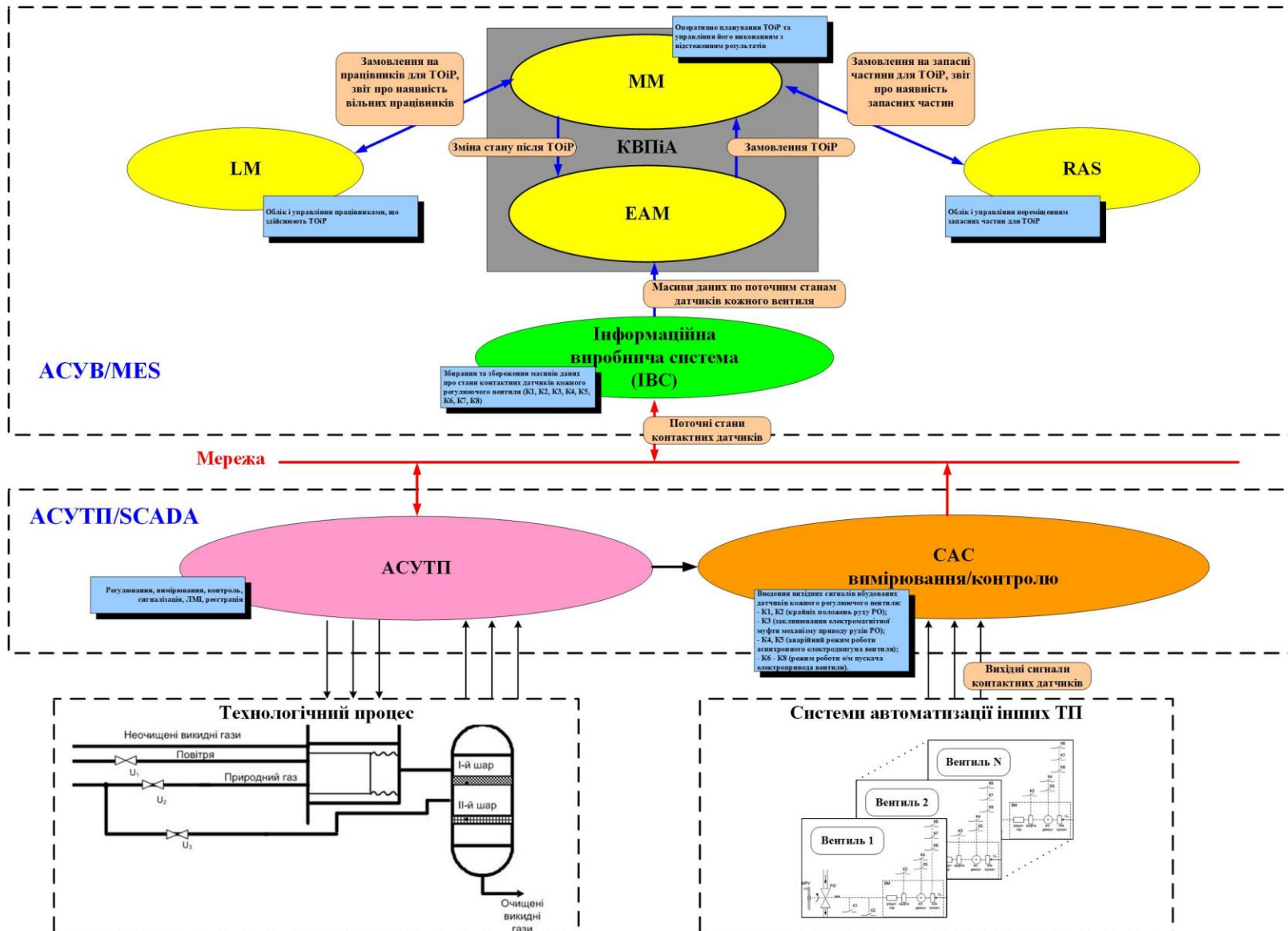
Перевірив:

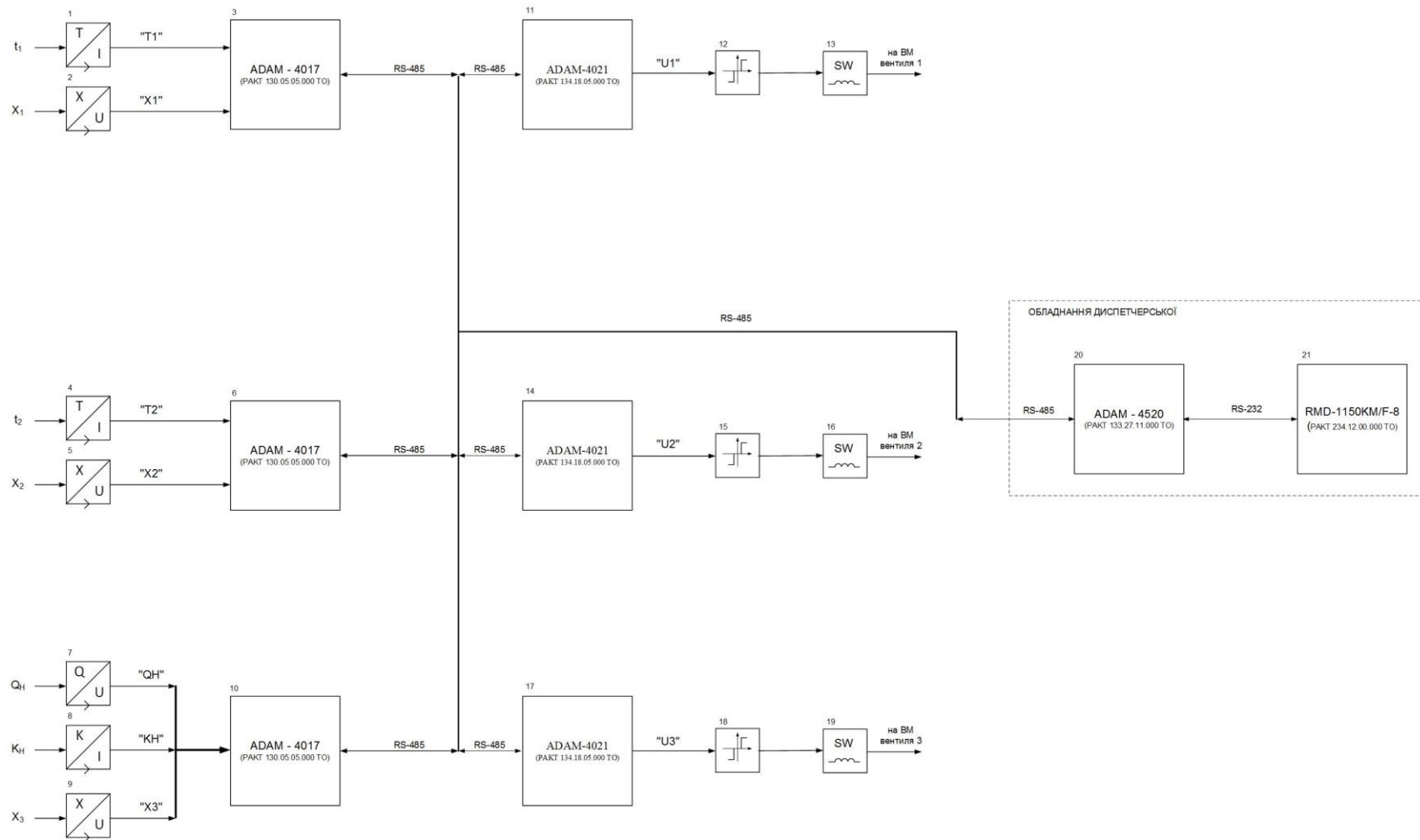
_____ Володимир ПАПІНОВ
“ ” _____ 2025 р.

Рецензент: _____

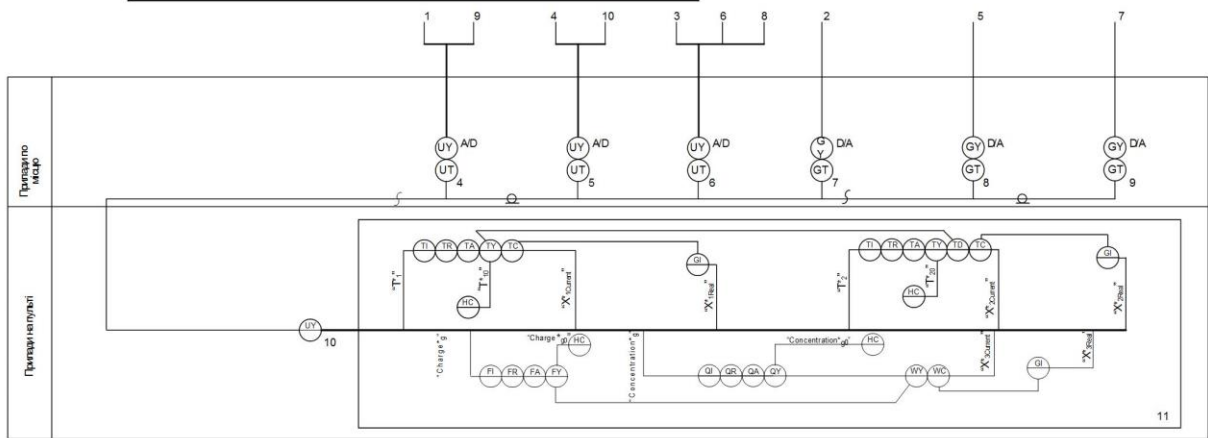
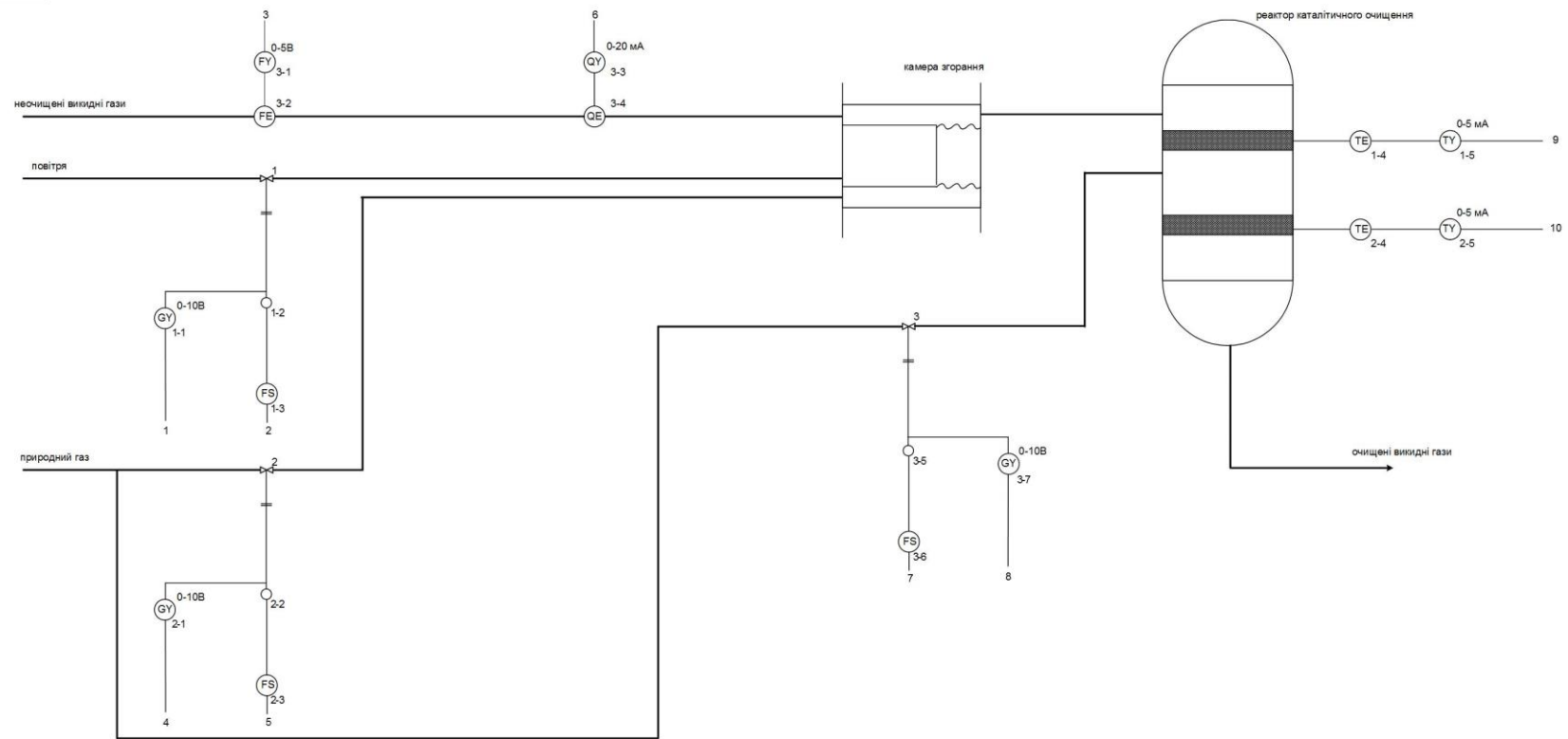
_____ “ ” _____ 2025 р.

КОНЦЕПЦІЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СТРУКТУРИ ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ





					08-31.БДР.014.00.000.Е1				
					Автоматизована система управління гвинтокрильним процесом				
					Схема електрична структурна				
	Стр./Лист	№ докум.	Голов.	Дата					
	Розроб.	Листів 1 з 1							
	Перев.	Листів 1 з 1							
	Т. експерт.	Листів 1 з 1							
	Розроб.								
	М. експерт.	Специфікації 1 з 1							
	Відправ.	Бюлетеня 1 з 1							
					ВНТУ, ар. АНПТ-23м				



				08-31.BDP.014.00.000.A2		
				Автоматизована система управління технологічним процесом.		
				Схема автоматизації функціональна		
				ВНТУ, мр. АНТР-23ис		
Зм. №	Відомості	Прийм.	Дат.	Лист 1	Мала	Маленька
Розроб.	Ілля М. В.					
Перев.	Степан В. М.					
Т. квал.	Пилипчук М.					
Результ.						
Т. квал.	Степан В. В.					
Затвер.	Богдан О. В.					

Додаток Л
(обов'язковий)

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Назва роботи: Інтегрована система автоматизації процесу промислового очищення викидних газів

Тип роботи: бакалаврська кваліфікаційна робота (у формі проєкту)
(бакалаврська кваліфікаційна робота / магістерська кваліфікаційна робота)

Підрозділ кафедра автоматизації та інтелектуальних інформаційних технологій ФІТА ВНТУ
(кафедра, факультет, навчальна група)

Коефіцієнт подібності текстових запозичень, виявлених у роботі системою StrikePlagiarism 23.99 %

Висновок щодо перевірки кваліфікаційної роботи (відмітити потрібне)

☐ Запозичення, виявлені у роботі, є законними і не містять ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації. Роботу прийняти до захисту

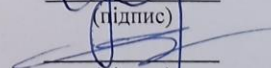
☐ У роботі не виявлено ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації, але надмірна кількість текстових запозичень та/або наявність типових розрахунків не дозволяють прийняти рішення про оригінальність та самостійність її виконання. Роботу направити на доопрацювання.

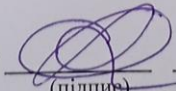
☐ У роботі виявлено ознаки плагіату та/або текстових маніпуляцій як спроб укриття плагіату, фабрикації, фальсифікації, що суперечить вимогам законодавства та нормам академічної доброчесності. Робота до захисту не приймається.

Експертна комісія:

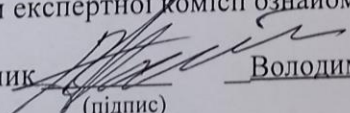
Олег БІСІКАЛО, зав. кафедри АІТ
(прізвище, ініціали, посада)

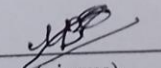
Любов ЯНЧУК, секретар кафедри АІТ
(прізвище, ініціали, посада)


(підпис)

(підпис)

Особа, відповідальна за перевірку  Костянтин ОВЧИННИКОВ
(підпис) (прізвище, ініціали)

З висновком експертної комісії ознайомлений(-на)

Керівник  Володимир ПАПНОВ, проф. кафедри АІТ
(підпис) (прізвище, ініціали, посада)

Здобувач  Микола ШУЛЯК
(підпис) (прізвище, ініціали)