

Міністерство освіти і науки України
Шосткинський інститут
Сумського державного університету
Факультет денної форми навчання
Кафедра системотехніки та інформаційних технологій

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри

Худолей Г.М.

«__»_____20.... р.

Бакалаврська робота на тему:
«Система управління технологічним процесом
виробництва азотної кислоти під підвищеним тиском»

Керівник роботи:
викладач-стажист

Сердюк І.В.

Бакалаврант:
студент групи СУ-71Ш

Климов Е. В.

Шостка – 2021 р.

ВСТУП

У хімічній промисловості автоматизації приділяють досить велику увагу. Продукція хімічних галузей торкається усіх сфер життєдіяльності суспільства. Багато матеріалів, які використовуються у побуті, промисловості, сільському господарстві і на транспорті є продуктами хімічної галузі. Але небезпечність і шкідливість виробництва, вимоги захисту довкілля від викидів потребують більш досконалих технологічних процесів переробки. Збільшення завантаження апаратів, підвищення тиску і температур при проведенні технологічних процесів потребують додаткової уваги обслуговуючого персоналу. Інтенсифікація протікання технологічних процесів і, як наслідок, їх чутливість до порушень регламентних норм вимагають більш ретельного і своєчасного контролю за протіканням процесів, що, як правило, визначають якість кінцевого продукту. В той же час людина в силу фізіологічних обмежених можливостей людського організму за часом реакції і прийняття рішень, за одночасністю аналізу великою кількістю інформації про зміну значень параметрів і режимів протікання технологічних процесів, не може в повній мірі контролювати і управляти цими процесами.

У бакалаврській роботі виконана розробка системи управління технологічним процесом виробництва азотної кислоти під підвищеним тиском, обрані засоби автоматизації, сучасні керуючі пристрої, що забезпечують нормальний хід цього процесу з використанням різних автоматичних пристроїв контролю, регулювання, сигналізації та ін., а також автоматизоване керування пуском і зупинкою обладнання для проведення ремонтних робіт і у критичних ситуаціях.

Цілі, які планується досягти при розробці оптимізації управління технологічним процесом при виконанні бакалаврської роботи:

- скасування участі людини при вимірюванні параметрів процесу, зменшення впливу людини на функції управління технологічними параметрами;

- ведення технологічного процесу на основі автоматичного контролю технологічних параметрів;

- автоматичне керування виконавчими механізмами;

- запобігання виникненню аварійних ситуацій і забезпечення безпечного завершення процесу за заданим алгоритмом;

- безаварійний пуск/зупинку і перемикання технологічного обладнання;

- візуалізація параметрів технологічного процесу в номінальних і аварійних ситуаціях;

- можливість інтегрування нижніх і верхніх рівнів системи з отриманням інформації з верхнього рівня системи управління з метою формування керуючих впливів на виконавчі

механізми передачею, відповідно, інформації з нижніх рівнів системи управління з метою аналізу роботи виробництва.

1 КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЗАЦІЇ

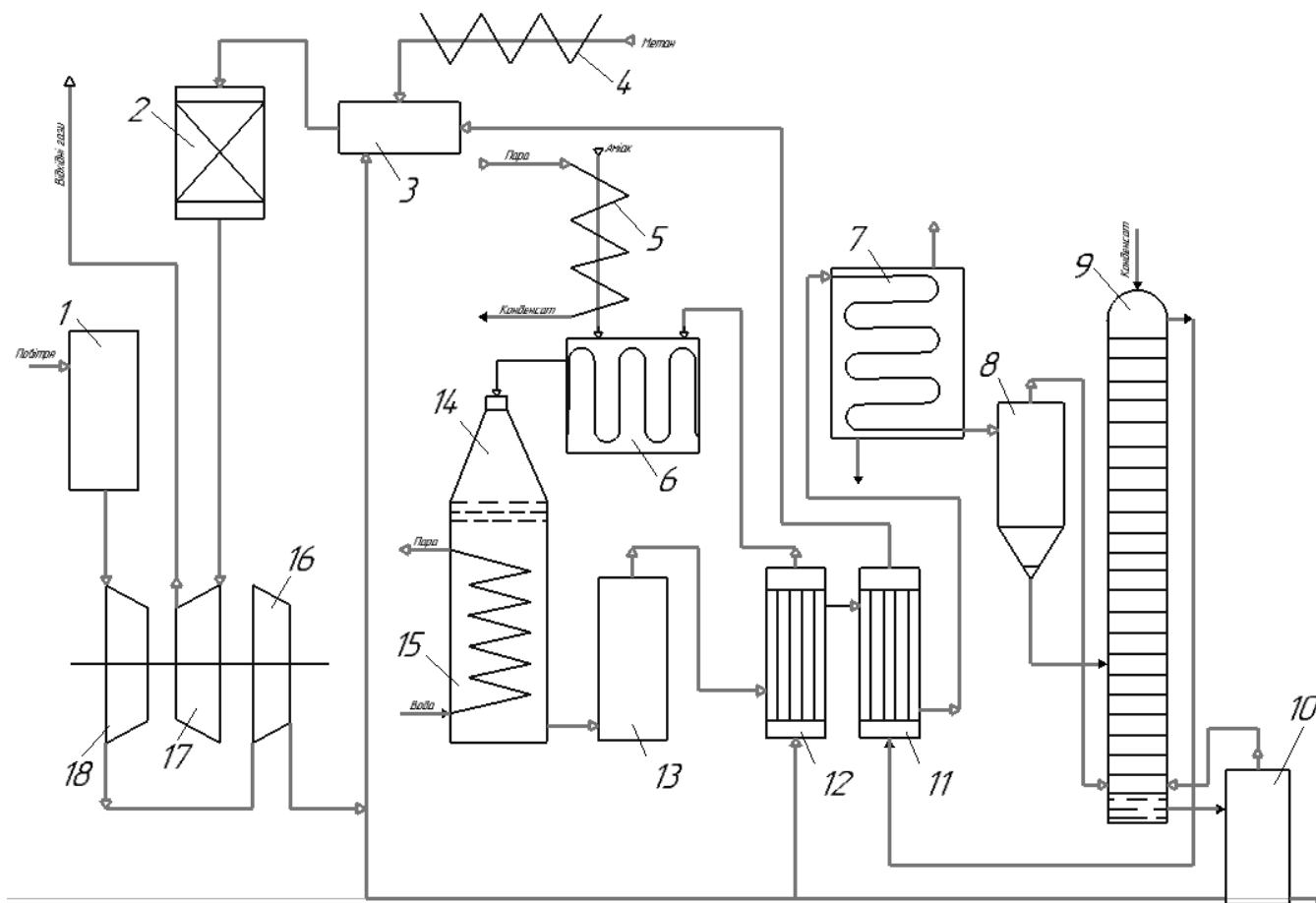
У 1960-х роках розроблений агрегат з виробництва азотної кислоти потужністю 120 тис. т/рік[1] під тиском 0,716 МПа з використанням високотемпературного каталітичного очищення вихлопних газів, що випускає продукцію у вигляді 53-58% -ної HNO_3 . Технологічна схема цього виробництва в спрощеному варіанті представлена на рис. 1.1.

Атмосферне повітря проходить ретельне очищення в двоступінчатому фільтрі 1 (перша ступінь фільтра виконана з лавсанової тканини, друга - з тканини Петрянова). Очищене повітря стискають двоступінчастим повітряним компресором. У першій ступені 18 повітря стискають до 0,35 МПа, при цьому воно нагрівається до 165-175 °С за рахунок адіабатичного стиснення. Після охолодження повітря направляють на другу ступінь стиснення 16, де його тиск зростає до 0,716 МПа. Основний потік повітря після стиснення нагрівають в підігрівачі повітря 12 до 250-270 °С теплою нітрозних газів і подають на змішування з аміаком в змішувач 6.

Газоподібний аміак, отриманий шляхом випаровування рідкого аміаку, після очищення від вологи, масла і каталізаторного пилу через підігрівач 5 при температурі 130-135 °С також направляють в змішувач 6. Змішувач суміщений в одному апараті з поролітовим фільтром. Після очищення аміачно-повітряну суміш з вмістом HNO_3 не більше 10% подають в контактний апарат 14 з тиском 0,716 МПа на конверсію аміаку. Конверсія аміаку протікає на платиновородієвих сітках при температурі 870-900 °С, причому ступінь конверсії складає 96% і залежить від тиску і температури (залежність приблизно лінійна- для певної температури певний тиск). Нітрозні гази при 890-910 °С надходять в котел-утилізатор 15, розташований під контактним апаратом. У котлі за рахунок охолодження нітрозних газів до 170 °С відбувається випаровування хімічно очищеної деаерованої води, що живить котел-утилізатор; при цьому отримують пару з тиском 1,5 МПа і температурою 230 °С, яка видається споживачеві.

Після котла-утилізатора нітрозні гази надходять в окислювач нітрозних газів 13. Він являє собою порожнистий апарат, у верхній частині якого встановлений фільтр зі скловолокна для уловлювання платинового каталізатора. Частково окислення нітрозних газів відбувається вже в котлі-утилізаторі (до 40%). У окислювачі 13 ступінь окислення зростає до 85%. За рахунок реакції окислення нітрозні гази нагріваються до 300-335 °С. Ця теплота використовується в підігрівачі повітря 12. Охолоджені в теплообміннику 12 нітрозні гази надходять для подальшого охолодження в теплообмінник 11, де відбувається зниження їх температури до 150 °С і нагрівання вихлопних (хвостових) газів до 110-125 °С. Потім нітрозні гази направляють у холодильник-

конденсатор 7, охолоджуваний зворотною водою. При цьому конденсуються водяні пари і утворюється слабка азотна кислота.



1.1. Схема виробництва азотної кислоти під тиском 1,0-3,0 МПа з приводом компресора від газової турбіни:

1 - фільтр повітря; 2 - реактор каталітичного очищення; 3-топковий пристрій; 4 - підігрівач метану; 5 - підігрівач аміаку; 6 - змішувач аміаку і повітря з поролітовим фільтром; 7 - холодильник-конденсатор; 8 - сепаратор; 9 - абсорбційна колона; 10 - продувна колона; 11 - підігрівач відхідних газів; 12 - підігрівач повітря; 13 - посудина для окислення нітрозних газів; 14 - контактний апарат; 15- котел-утилізатор; 16, 18 - двоступеневий турбокомпресор: 17 - газова турбіна.

Нітрозні гази відокремлюють від сконденсованої азотної кислоти в сепараторі, з якого азотну кислоту направляють в абсорбційну колону на 6-7-у тарілку, а нітрозні гази - під нижню тарілку абсорбційної колони. Зверху в колону подають охолоджений паровий конденсат. Азотна кислота низької концентрації, яка утворилася в верхній частині колони, перетікає на нижчі тарілки. За рахунок поглинання оксидів азоту концентрація кислоти поступово збільшується і на виході досягає 55-58%, причому вміст розчинених в ній оксидів азоту досягає ~ 1%. Тому кислота направляється в продувну колону 10, де підігрітим повітрям з неї віддувають оксиди азоту, і

вибілена азотна кислота надходить на склад. Повітря після продувної колони подається в нижню частину абсорбційної колони 9. Ступінь абсорбції оксидів азоту досягає 99%. Хвостові гази з вмістом оксидів азоту до 0,1 1%, що виходять із колони при температурі 35 °С, проходять підігрівач 11, де нагріваються до 110-125 °С і надходять в топковий пристрій (камера спалювання) 3 установки каталітичного очищення. Тут гази нагріваються до температури 390-450 °С за рахунок горіння метану, підігрітого попередньо в підігрівачі 4, і направляються в реактор з двошаровим каталізатором 2, де першим шаром служить оксид алюмінію, з нанесеним на нього паладієм, а другим шаром - оксид алюмінію. Очищення здійснюють при 760 °С. Очищені гази надходять в газову турбіну 17 при температурі 690-700 °С. Енергія, що виробляється турбіною за рахунок теплоти хвостових газів, використовується для приводу турбокомпресора 18. Потім гази направляють в котел-утилізатор і економайзер (на схемі не показані) і викидають в атмосферу. Вміст оксидів азоту в очищених вихлопних газах становить 0,005-0,008 %, вміст CO₂ - 0,23 %. Таким чином, даний агрегат повністю автономний по енергії. Енергія рекуперується в результаті установки на одній осі з турбокомпресором газової турбіни.

2 ДОСЛІДЖЕННЯ МАТЕРІАЛЬНИХ ПОТОКІВ У ТЕХНОЛОГІЧНОМУ ПРОЦЕСІ, ПОБУДОВА СХЕМИ ІНФОРМАЦІЙНИХ ПОТОКІВ

Будь-який технологічний процес виробництва характеризується рядом основних і допоміжних матеріальних і енергетичних потоків, які визначають кількісні і якісні показники технологічного процесу та відповідні показники готової продукції. Зважаючи на те, що якісні показники продукції в режимі реального часу контролювати не завжди можна, їхні значення досягаються шляхом підтримання показників матеріальних потоків і параметрів середовища обробки (реакцій) матеріалів (реагентів). Тому для наочного уявлення матеріальних, енергетичних потоків і пов'язаних з ними інформаційних потоків між складовими в технологічному процесі моноетаноламінового очищення конвертованого газу має істотне значення схема матеріально-інформаційних потоків (рис. 2.1).

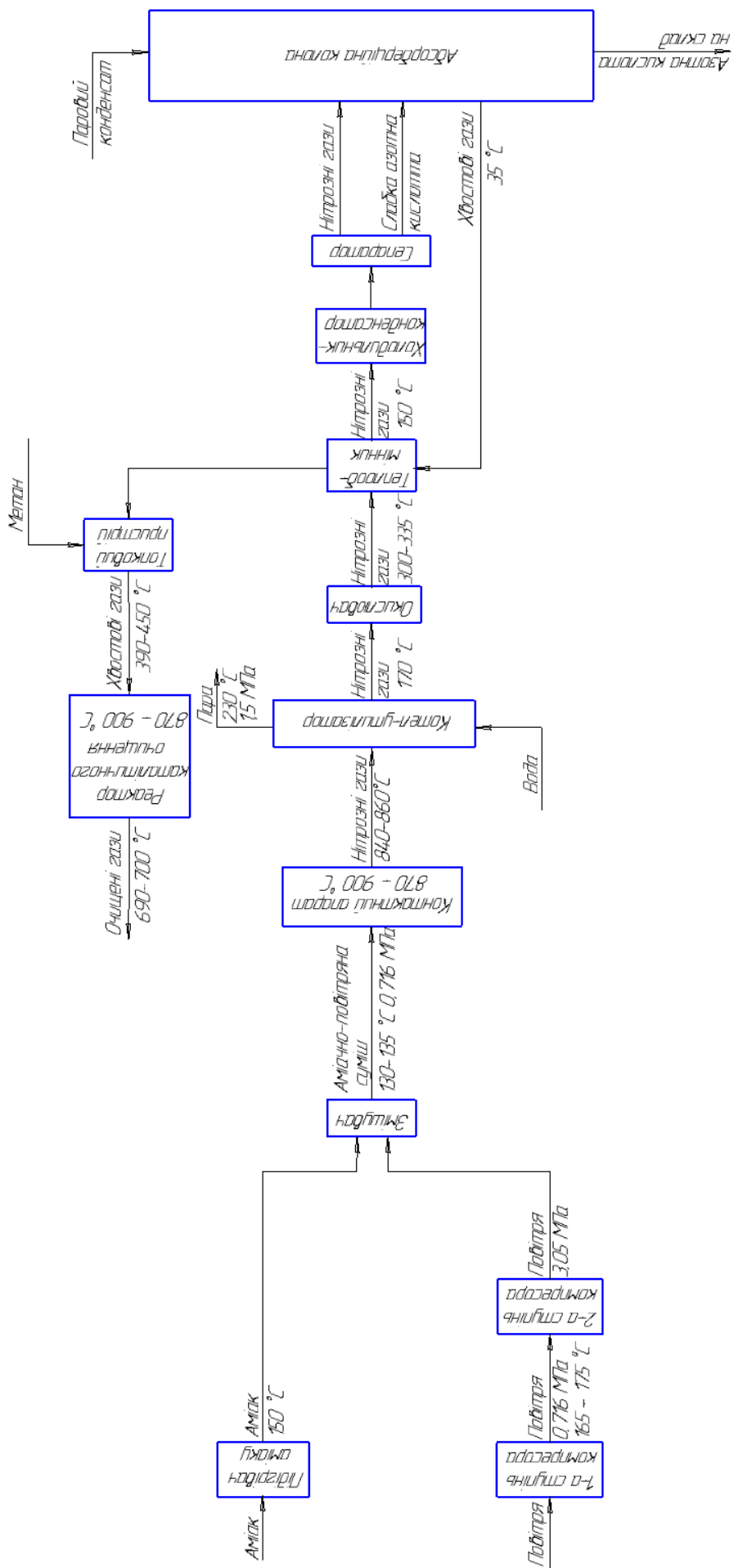


Рисунок 2.1- Схема матеріально-інформаційних потоків технологічного процесу виробництва азотної кислоти під підвищеним тиском

3 ВИБІР ПАРАМЕТРІВ КОНТРОЛЮ, РЕГУЛЮВАННЯ ТА СИГНАЛІЗАЦІЇ

Як об'єкт управління розглядається технологічний процес виробництва азотної кислоти під тиском 0,716 МПа з приводом компресора від газової турбіни.

Технологічний процес виробництва азотної кислоти під підвищеним тиском характеризується рядом певних параметрів, для яких підтриманням необхідних режимів проведення хімічних реакцій в заданих межах досягаються необхідні якісні і кількісні показники випуску продукції. Для цього на основі конструктивного аналізу виберемо параметри, які завдають істотні збурюючі впливи на об'єкт управління при протіканні технологічного процесу і їх значення, визначимо взаємозв'язок з іншими процесами, а також визначимо шляхи усунення збурень або їх стабілізації.

Контролю підлягають практично всі параметри регулювання. Контролю підлягають ті параметри, значення яких забезпечить правильний пуск, налагодження, роботу, зупинку об'єкта управління (ОУ). Контролю підлягають ті параметри, при порушенні яких в ОУ можуть надходити впливи, які можуть призвести до порушення нормального ходу технологічного процесу, виникнення браку або аварійної ситуації, отруєння персоналу виробничими реагентами.

Для нормального проведення хімічних реакцій отримання азотної кислоти необхідно:

- контролювати температуру 165-175 °С і тиск повітря 0,716 МПа після першої ступені компресора, тиск повітря 3,05 МПа після другої ступені компресора;
- регулювати температуру 250-270 С повітря на виході підігрівача повітря 12, температуру 130-135 С аміаку на виході підігрівача аміаку 5;
- регулювати температуру 870-900 °С в контактному апараті 14,
- контролювати температуру 890-910 °С нітрозних газів на вході котла-утилізатора;
- регулювати температуру 170 °С нітрозних газів на виході котла-утилізатора;
- контролювати температуру 230 °С і тиск 1,5 МПа пари на виході котла-утилізатора;
- контролювати температуру 300-335 °С нітрозних газів на виході окислювача нітрозних газів 13;
- регулювати температуру 150 °С нітрозних газів на виході теплообмінника 11;
- контролювати температуру 110-125 °С хвостових газів на виході теплообмінника 11;
- контролювати температуру 35 °С хвостових газів на виході абсорбційної колони 9;
- регулювати температуру 390-450 °С хвостових газів на виході топкового пристрою;
- контролювати температуру 690-700 °С очищених хвостових газів на вході газової турбіни 17;
- контролювати і реєструвати витрату кислоти на склад на виході продувної колони;
- регулювати концентрацію аміаку в повітрі виробничої зони < 2,64% (об.), вмикати аварійну вентиляцію і проводити, в разі необхідності, запуск системи технологічного пожежогасіння у виробничій зоні

регулювати концентрацію метану в повітрі виробничої зони < 5,28% об., вмикати аварійну вентиляцію і проводити, в разі необхідності, запуск системи технологічного пожежогасіння у виробничій зоні.

Перелік перерахованих параметрів наведений в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1_ Перелік параметрів, які впливають на хід технологічного процесу

№ п.п.	Точка технологічної схеми	Параметр	Функція	Величина
1	Вихід першої ступені компресора	Тиск повітря після першої ступені	Контроль, сигналізація	0,35 МПа
2	Вихід першої ступені компресора	Температура повітря після першої ступені	Контроль, сигналізація	165-175 °С
3	Вихід другої ступені компресора	Тиск повітря після другої ступені	Контроль, сигналізація	0,716 МПа
4	Вихід підігрівача повітря 12	Температура повітря	Контроль, сигналізація, управління	250-270 С
5	Вихід підігрівача аміаку	Температура аміаку	Контроль, сигналізація, управління	130-135 °С
6	Вхід контактного апарату	Тиск аміачно-повітряної суміші	Контроль, управління	1,0-3,0 МПа
7	Контактний апарат	Температура в контактному апараті	Контроль, сигналізація, управління	870-900 °С
8	Вхід котла-утилізатора	Температура нітрозних газів	Контроль, сигналізація	890-910 °С
9	Вихід котла-утилізатора	Температура нітрозних газів	Контроль, сигналізація, управління	170 °С
10	Вихід котла-утилізатора	Температура пари	Контроль, сигналізація	230 °С
11	Вихід котла-утилізатора	Тиск пари	Контроль, сигналізація	1,5 МПа
12	Вихід окислювача нітрозних газів	Температура нітрозних газів	Контроль, сигналізація	300-335 °С
13	Вихід абсорбційної колони	Температура хвостових газів	Контроль, сигналізація	35 °С
14	Вихід теплообмінника 11	Температура нітрозних газів	Контроль, сигналізація, управління	150 °С
15	Вихід теплообмінника 11	Температура хвостових газів	Контроль, сигналізація,	110 -125 °С
16	Вихід топкового пристрою	Температура хвостових газів	Контроль, сигналізація, управління	390-450 °С
17	Реактор з двошаровим каталізатором 2	Температура хвостових газів	Контроль, сигналізація	760 °С
18	Вхід газової турбіни	Температура очищених хвостових газів	Контроль, сигналізація	690-700 °С
19	Вихід продувної колони	Витрата кислоти на склад	Контроль, реєстрація	12 м ³ /год.

Продовження таблиці 3.1

№ п.п.	Точка технологічної схеми	Параметр	Функція	Величина
20	Робоча зона виробництва	Концентрація метану у повітрі (НКМП)	Контроль, сигналізація, управління	2,2% (об.)
21	Робоча зона виробництва	Концентрація аміаку у повітрі (НКМП)	Контроль, сигналізація, управління	14% (об.)

Аварійна сигналізація оповіщає про неприпустимі значення параметрів технологічного процесу або про аварійні відхилення в роботі технологічної системи. Як правило, є світловою і звуковою.

Сигналізація положення (стану) вказує на стан об'єктів (відкриті або закриті) в даний момент. Цей вид сигналізації здійснюють за допомогою анімаційних ефектів на мнемосхемі.

Оскільки процес відноситься до вибухонебезпечних, то необхідно контролювати і сигналізувати граничне значення концентрації метану в повітрі технологічної установки за допомогою світлової та звукової сигналізації за місцем і в операторній, оскільки перевищення допустимого значення може призвести до виникнення аварії.

Середовище вважається вибухонебезпечним, якщо концентрація найбільш вибухонебезпечного газу перевищує 50% його НКМП (нижньої концентраційної межі поширення полум'я).

Сигналізація про технологічні збої інформує про вихід певних параметрів технологічного процесу за визначені межі, але при цьому не призводять до аварії, а лише можуть призвести до випуску неякісної продукції.

Структурна схема автоматизації подана на рисунку 3.1.

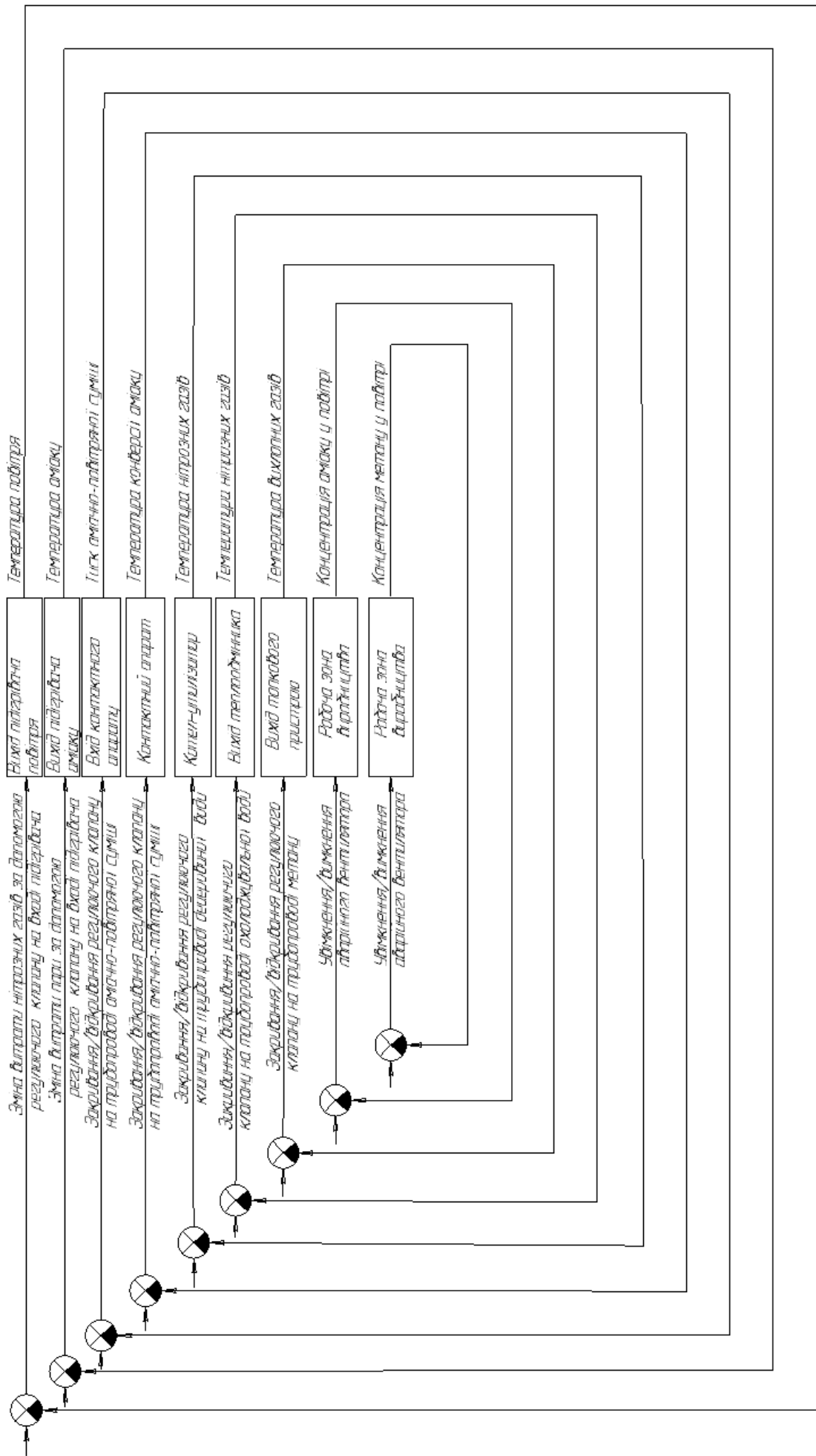


Рисунок 3.1-Структурна схема автоматизації.

4 ВИБІР КАНАЛІВ ВНЕСЕННЯ РЕГУЛЮЮЧИХ ДІЙ

4.1 Тиск повітря на виході першої ступені компресора будемо контролювати і сигналізувати про вихід за допустимі межі за схемою, представленою на рис. 4.1.

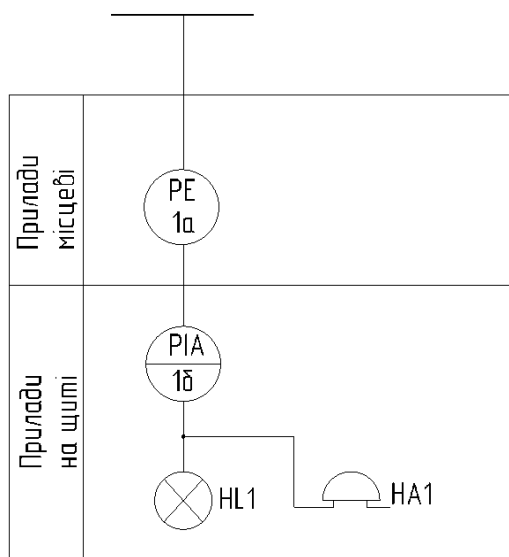


Рисунок 4.1 – Схема контролю і сигналізації тиску повітря на виході першої ступені компресора.

До складу каналу контролю і сигналізації входить датчик тиску, перетворювач сигналу датчика, пристрій для показань і пристрої для сигналізації.

4.2 Температуру повітря на виході першої ступені компресора будемо контролювати і сигналізувати про вихід за допустимі межі за схемою, представленою на рис. 4.2.

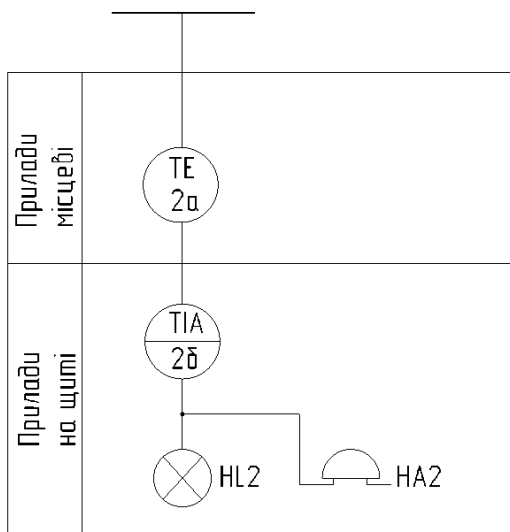


Рисунок 4.2 – Схема контролю і сигналізації температури повітря на виході першої ступені компресора.

До складу каналу контролю і сигналізації входить датчик температури, перетворювач сигналу датчика, пристрій для показань і пристрої для сигналізації.

4.3 Тиск повітря на виході другої ступені компресора будемо контролювати і сигналізувати про вихід за допустимі межі за схемою, представленою на рис. 4.3.

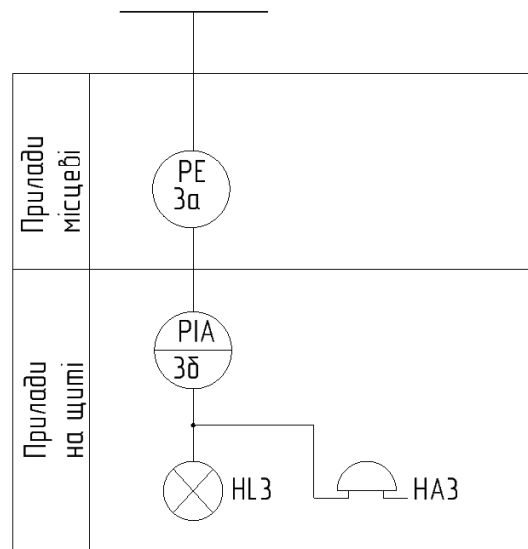


Рисунок 4.3 – Схема контролю і сигналізації тиску повітря на виході другої ступені компресора.

До складу каналу контролю і сигналізації входить датчик тиску, перетворювач сигналу датчика, пристрій для показань і пристрої для сигналізації.

4.4 Температуру повітря на виході підігрівача повітря будемо регулювати зміною витрати нітрозних газів за допомогою регулюючого клапану на трубопроводі подачі нітрозних газів на вхід підігрівача повітря.

Канал контролю і управління температурою повітря на виході підігрівача повітря представлений на рис. 4.4.

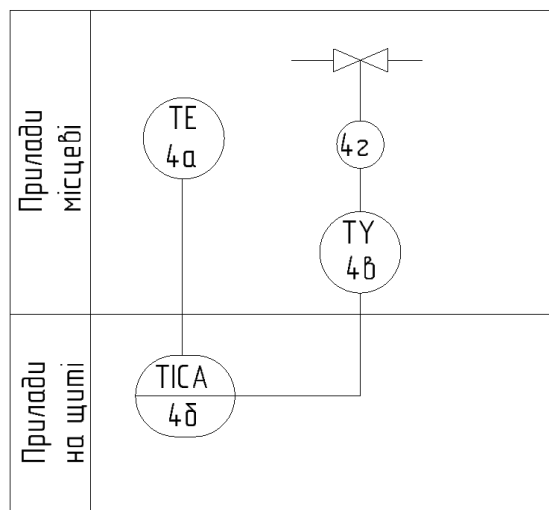


Рисунок 4.4 – Контур контролю і управління температурою повітря на виході підігрівача повітря.

До складу каналу управління входить датчик температури, перетворювач сигналу датчика, регулятор, перетворювач сигналу регулятора, виконавчий механізм, виконавчий орган.

4.5 Температуру аміаку на виході підігрівача аміаку будемо регулювати зміною витрати пари за допомогою регулюючого клапану на трубопроводі подачі пари на вхід підігрівача аміаку.

Канал контролю і управління температурою аміаку на виході підігрівача аміаку представлений на рис. 4.5.

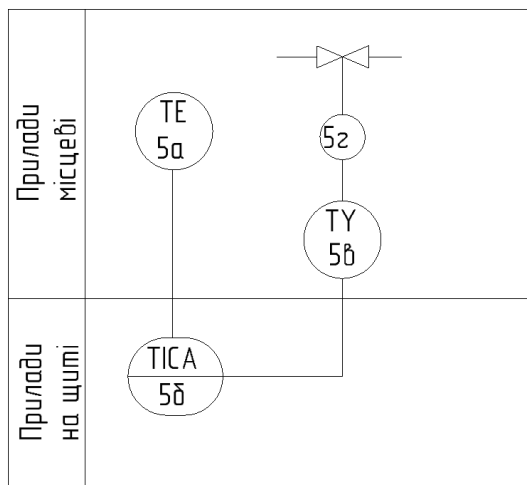


Рисунок 4.5 – Контур контролю і управління температурою аміаку на виході підігрівача аміаку.

До складу каналу управління входить датчик температури, перетворювач сигналу датчика, регулятор, перетворювач сигналу регулятора, виконавчий механізм, виконавчий орган.

4.6 Температуру в контактному апараті будемо регулювати зміною тиску аміачно-повітряної суміші за допомогою регулюючого клапану на трубопроводі подачі аміачно-повітряної суміші на вхід контактної апарату зі змішувача аміаку і повітря, оскільки від величини тиску і температури каталітичного шару залежить ефективність роботи каталізатора конверсії аміаку.

Канал контролю і управління температурою в контактному апараті представлений на рис. 4.6.

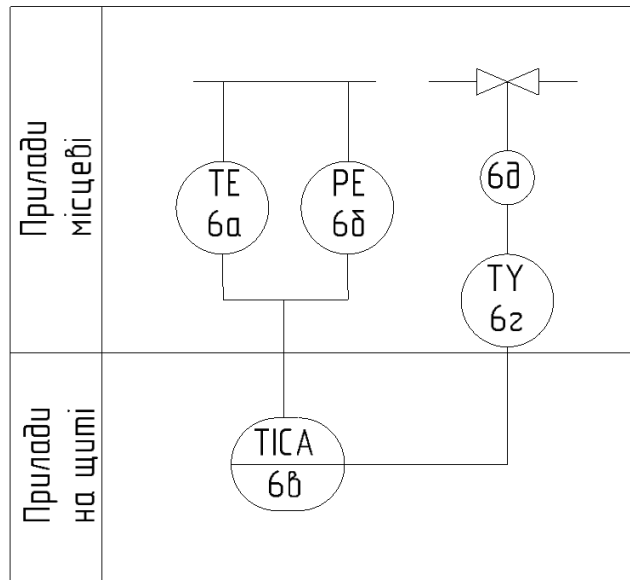


Рисунок 4.6 – Контур контролю і управління температурою в контактному апараті.

До складу каналу управління входить датчик температури, датчик тиску, перетворювач сигналу датчика, регулятор, перетворювач сигналу регулятора, виконавчий механізм, виконавчий орган.

4.7 Температуру нітрозних газів на вході котла-утилізатора будемо контролювати і сигналізувати про вихід за допустимі межі за схемою, представленою на рис. 4.7.

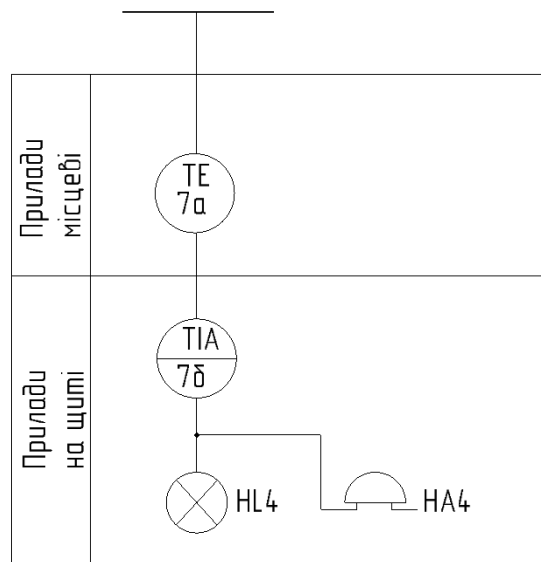


Рисунок 4.7 – Схема контролю і сигналізації температури нітрозних газів на вході котла-утилізатора.

До складу каналу контролю і сигналізації входить датчик температури, перетворювач сигналу датчика, пристрій для показань і пристрої для сигналізації.

4.8 Температуру нітрозних газів на виході котла-утилізатора будемо регулювати зміною витрати деаерованої води за допомогою регулюючого клапану на трубопроводі подачі деаерованої води на вхід котла-утилізатора.

Канал контролю і управління температурою нітрозних газів на виході котла-утилізатора представлений на рис. 4.8.

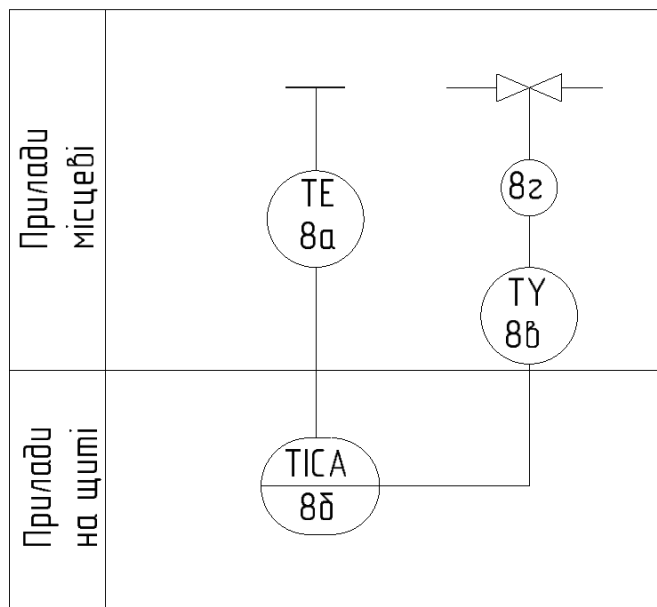


Рисунок 4.8 – Контур контролю і управління температурою нітрозних газів на виході котла-утилізатора.

До складу каналу управління входить датчик температури, перетворювач сигналу датчика, регулятор, перетворювач сигналу регулятора, виконавчий механізм, виконавчий орган.

4.9 Температуру пари на виході котла-утилізатора будемо контролювати і сигналізувати про вихід за допустимі межі за схемою, представленою на рис. 4.9.

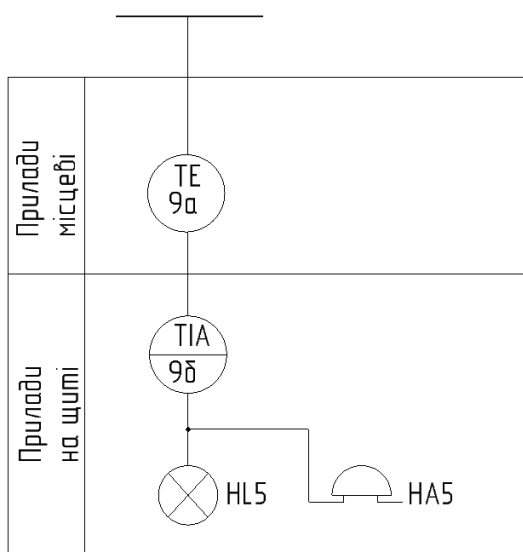


Рисунок 4.9 – Схема контролю і сигналізації температури пари на виході котла-утилізатора.

До складу каналу контролю і сигналізації входить датчик температури, перетворювач сигналу датчика, пристрій для показань і пристрої для сигналізації.

4.10 Тиск пари на виході котла-утилізатора будемо контролювати і сигналізувати про вихід за допустимі межі за схемою, представленою на рис. 4.10.

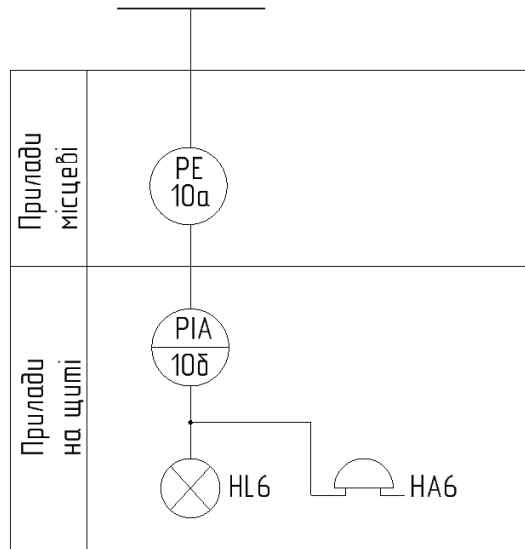


Рисунок 4.10 – Схема контролю і сигналізації тиску пари на виході котла-утилізатора.

До складу каналу контролю і сигналізації входить датчик тиску, перетворювач сигналу датчика, пристрій для показань і пристрої для сигналізації.

4.11 Температуру нітрозних газів на виході окислювача нітрозних газів будемо контролювати і сигналізувати про вихід за допустимі межі за схемою, представленою на рис. 4.11.

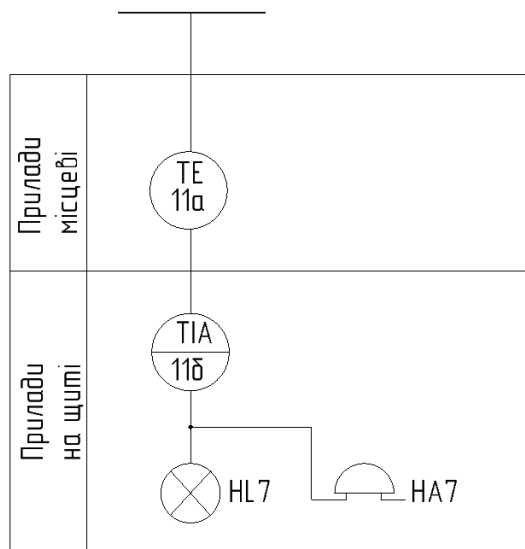


Рисунок 4.11 – Схема контролю і сигналізації температури нітрозних газів на виході окислювача нітрозних газів 13.

До складу каналу контролю і сигналізації входить датчик температури, перетворювач сигналу датчика, пристрій для показань і пристрої для сигналізації.

4.12 Температуру хвостових газів на виході абсорбційної колони будемо контролювати і сигналізувати про вихід за допустимі межі за схемою, представленою на рис. 4.12.

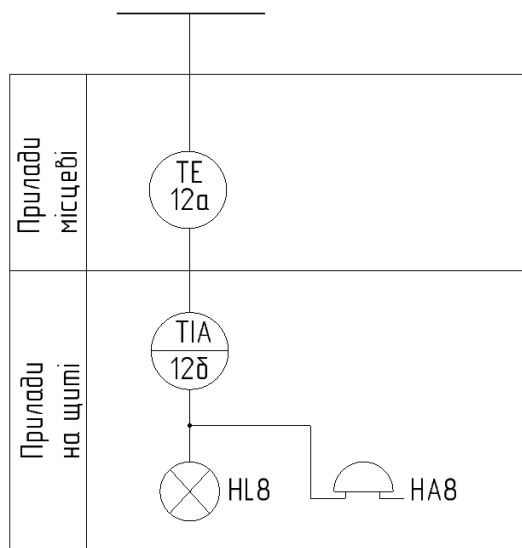


Рисунок 4.12 – Схема контролю і сигналізації температури хвостових газів на виході абсорбційної колони.

До складу каналу контролю і сигналізації входить датчик температури, перетворювач сигналу датчика, пристрій для показань і пристрої для сигналізації.

4.13 Температуру нітрозних газів на виході теплообмінника будемо регулювати зміною витрати хвостових газів за допомогою регулюючого клапану на трубопроводі подачі хвостових газів на вхід теплообмінника.

Канал контролю і управління температурою нітрозних газів на виході теплообмінника представлений на рис. 4.13.

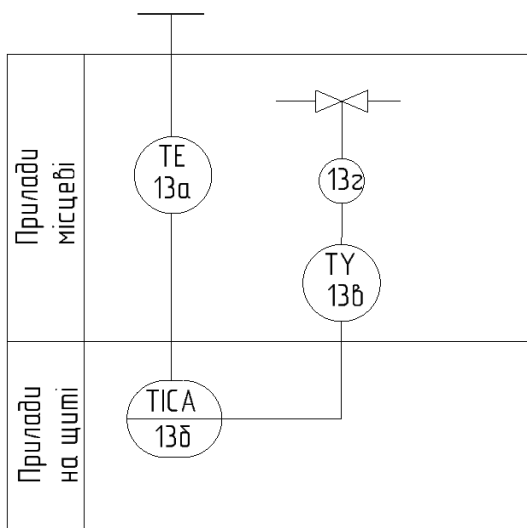


Рисунок 4.13 – Контур контролю і управління температурою нітрозних газів на виході теплообмінника.

До складу каналу управління входить датчик температури, перетворювач сигналу датчика, регулятор, перетворювач сигналу регулятора, виконавчий механізм, виконавчий орган.

4.14 Температуру хвостових газів на виході теплообмінника будемо контролювати і сигналізувати про вихід за допустимі межі за схемою, представленою на рис. 4.14.

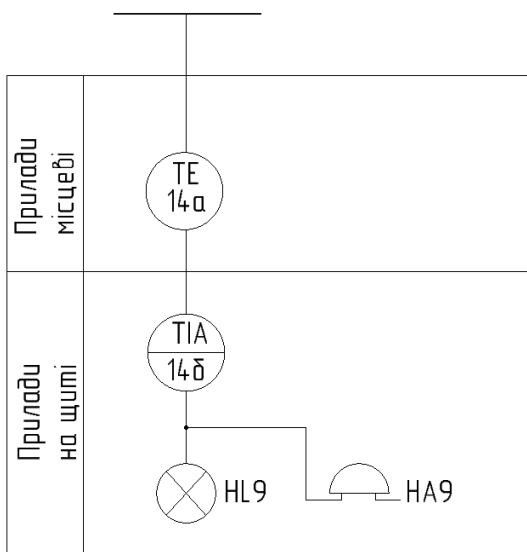


Рисунок 4.14 – Схема контролю і сигналізації температури хвостових газів на виході теплообмінника.

До складу каналу контролю і сигналізації входить датчик температури, перетворювач сигналу датчика, пристрій для показань і пристрої для сигналізації.

4.15 Температуру хвостових газів на виході топкового пристрою будемо регулювати зміною витрати метану за допомогою регулюючого клапану на трубопроводі подачі метану на вхід топкового пристрою.

Канал контролю і управління температурою хвостових газів на виході топкового пристрою представлений на рис. 4.15.

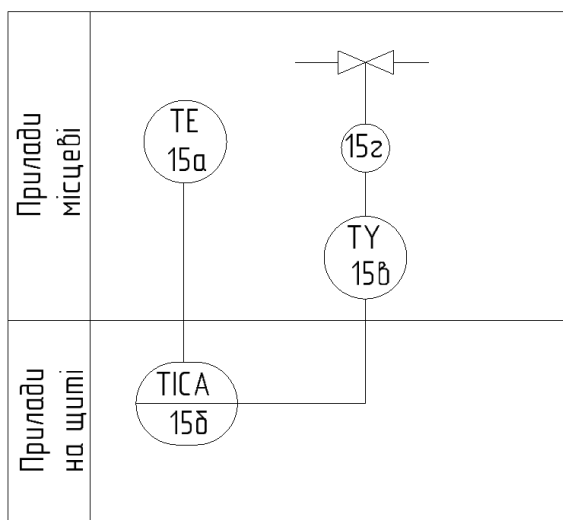


Рисунок 4.15 – Контур контролю і управління температурою хвостових газів на виході топкового пристрою.

До складу каналу управління входить датчик температури, перетворювач сигналу датчика, регулятор, перетворювач сигналу регулятора, виконавчий механізм, виконавчий орган.

4.16 Температуру хвостових газів на виході реактора з двошаровим каталізатором будемо контролювати і сигналізувати про вихід за допустимі межі за схемою, представленою на рис. 4.16.

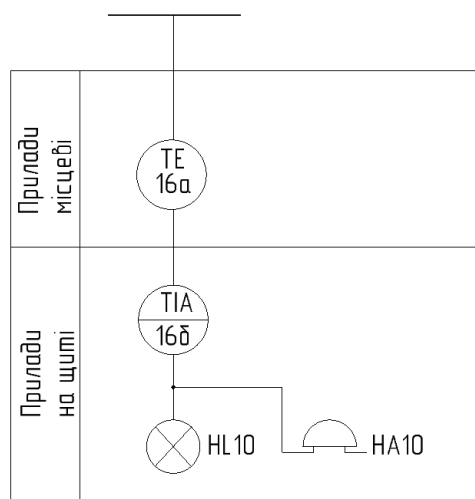


Рисунок 4.16 – Схема контролю і сигналізації температури нітрозних газів на виході реактора з двошаровим каталізатором.

До складу каналу контролю і сигналізації входить датчик температури, перетворювач сигналу датчика, пристрій для показань і пристрої для сигналізації.

4.17 Температуру очищених хвостових газів на вході газової турбіни будемо контролювати і сигналізувати про вихід за допустимі межі за схемою, представленою на рис. 4.17.

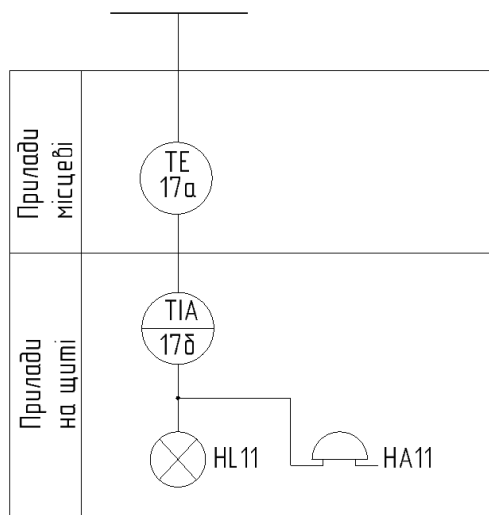


Рисунок 4.17 – Схема контролю і сигналізації температури хвостових газів на вході газової турбіни.

До складу каналу контролю і сигналізації входить датчик температури, перетворювач сигналу датчика, пристрій для показань і пристрої для сигналізації.

4.18 Витрату кислоти на склад на виході продувної колони будемо контролювати і реєструвати за схемою, представленою на рис. 4.18.

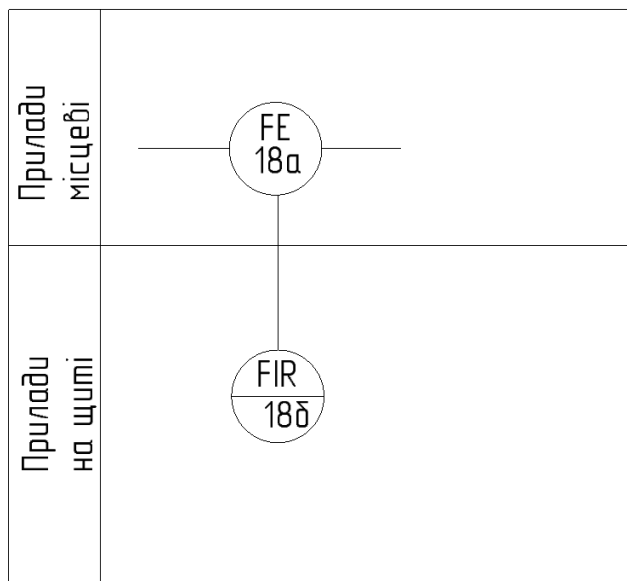


Рисунок 4.18 – Схема контролю і реєстрації витрати кислоти на склад на виході продувної колони

До складу каналу контролю і сигналізації входить датчик витрати, перетворювач сигналу датчика, пристрій для показань і пристрій для реєстрації.

4.19 Для запобігання вибухонебезпечній ситуації необхідно контролювати концентрацію (НКМП) метану і аміаку в повітрі виробництва азотної кислоти.

Канал контролю, сигналізації і управління концентрацією метану і аміаку в повітрі представлений на рис. 4.19.

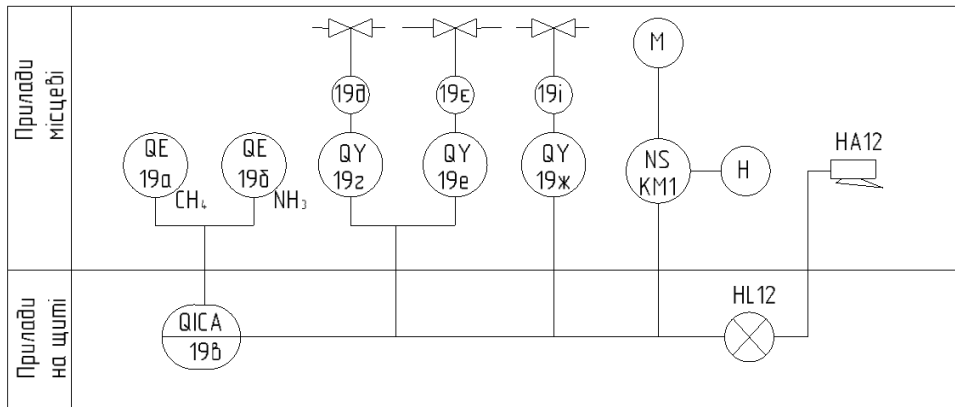


Рисунок 4.19 – Контур контролю, управління і сигналізації концентрації (НКМП) метану і аміаку.

До складу каналу входить датчики концентрації метану і аміаку, перетворювач сигналу датчиків, контролер - універсальний регулятор, перетворювачі сигналів контролера, виконавчі механізми, виконавчі органи відсічки подачі метану і аміаку на виробництво, відкривання подачі азоту в контактний апарат і обладнання вмикання аварійного витяжного вентилятора, засоби звукової і світлової аварійної сигналізації.

5 ВИБІР ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ

5.1 Вибір датчиків

Для вимірювання параметрів технологічного процесу потрібно вибрати датчики, що відповідають необхідним межам вимірювань, точності, умовам застосування.

5.1.1 Вибір датчиків тиску

4.1.1.1 Датчик для вимірювання тиску повітря на виході 1-ої ступені компресора

Є особливі вимоги середовища вимірювання – підвищена температура 165-175 °С.

Розглянемо декілька датчиків і виберемо один із них для використання.

Перетворювач тиску з ізолюючої діафрагмою VEGABAR 81 [8] призначений для вимірювання тиску і рівня. Вибрані відповідно до умов процесу ізолюючі діафрагми VEGABAR 81 забезпечують надійне вимірювання, в тому числі на висококорозійних і гарячих середовищах. У поєднанні з веденим датчиком, VEGABAR 81 може також застосовуватися для вимірювання диференціального тиску.

Технічні дані.

Діапазони вимірювання -1 ... +1000 bar/-0,1 ... +100 МПа (-14.5 ... +15000 psig).

Найменший діапазон виміру +0,4 bar/+40 kPa (+5 psig).

Похибка вимірювання < 0,2 %.

Приєднання: різьба від G¹/₂, фланці від DN 25, 1¹/₂", гігієнічні приєднання.

Температура процесу -40 ... +400 °С.

Температура навколишнього середовища, зберігання і транспортування -40 ... +80 °С.

Робоча напруга 9,6 ... 35 V DC.

Матеріали: приєднання виготовляється з нержавіючої сталі 316L; мембрана може бути виготовлена з нержавіючої сталі 316L, а також з високоміцних матеріалів, включаючи хастеллой C276, тантал, PTFE на 316Ti.

Корпуси в однокамерному або двокамерному виконанні виготовлені з пластику, алюмінію або нержавіючої сталі. Є виконання зі ступенем захисту до IP 68 (25 bar) з виносною електронікою, а також IP 69K.

Варіанти виконання електроніки: пристрої поставляються з модулем електроніки у різних виконаннях. Можливі наступні виконання електроніки: 4 ... 20 mA або 4 ... 20 mA/HART, а також цифрові виконання з Profibus PA, Foundation Fieldbus і Modbus. Також є виконання електроніки для веденого датчика для електронного вимірювання диференціального тиску.

Пристрої з двокамерним корпусом можуть оснащуватися додатковою електронікою, наприклад: модулем мобільного зв'язку, модулем другого струмового виходу, акумуляторним блоком.

Пристрої мають дозволи на застосування у вибухонебезпечних зонах, наприклад, по АTEX і IEC.

Пристрої також мають різні дозволи на застосування на суднах, наприклад: GL, LRS або ABS.

Високотемпературний датчик тиску ТД-10/130 [9] є основою для багатьох промислових застосувань завдяки універсальній конструкції і різних варіантів виконання. Сенсор датчика - високочутливий п'єзорезистивний кремнієвий сенсор, заснований на MEMS-технології. Технічні характеристики наведені в табл. 5.1.

Таблиця 5.1_Технічні характеристики високотемпературного датчика тиску ТД-10/130

Тип тиску	Абсолютний тиск, надлишковий тиск
Діапазон вимірювання	-1...1000 бар
Точність	0,1, 0,25, 0,5 (стандарт)
Живлення	12 В, 24 В
Вихідний сигнал	0..5 В, 1..5 В, 4..20 mA
Електричний роз'єм	DIN 43650A, Кабель
Клас пиловологозахисту	IP65
Приєднання	G1/2, M20x1,5
Робоче середовище	газ, рідина
Температура вимірюваного середовища	-20..+150 °C стандарт (опція -20..+300 °C)
Температура навколишнього середовища	-40..+125 °C

Датчики тиску DMP 331P [10] (ДМП331П), DMP 331Pi, DMK 331P компанії БД Сенсорс із торцевою мембраною для моніторингу технологічних процесів мають схожі характеристики і варіанти діапазонів вимірювання. щодо застосування.

Використання датчика DMP 331P дозволяє проводити вимірювання статичного і динамічного тиску в діапазонах від 100 мбар до 40 бар (від 10 кПа до 4 МПа).

Спеціальна конструкція із застосуванням радіатора для вимірювання тиску в середовищах з температурою до 300 °С.

Вихідні сигнали: 4 ... 20 мА/2-х пров., 0 ... 20 мА/3-х пров., 0 ... 10 В/3-х пров HART, Modbus.

Датчики тиску DMP 331Pi[11] має ідентичні датчику DMP 331P характеристики і додатково має цифровий інтерфейс RS-232, RS-485 для регулювання характеристик датчика (нульоваточка, діапазон, демпфірування).

DMK 331P [12]виконаний на основі керамічного чутливого елемента, особливостями якого є низька температурна похибка, хороші лінійність і довготривала стабільність. Можливий вибір заповнюючої рідини: силіконове масло (стандартно), харчова олію, галокарбон. Для використання при високих температурах можливе спеціальне виконання з охолоджуючим елементом (радіатором).

Проаналізувавши характеристики розглянутих датчиків тиску, виберемо для вимірювання тиску повітря на виході першої ступені компресора перетворювач тиску з ізолюючої діафрагмою VEGABAR 81.

5.1.1.2 Датчик для вимірювання тиску повітря на виході 2-ої ступені компресора

Є особливі вимоги середовища вимірювання – підвищена температура до 250 °С.

Оскільки вимоги середовища вимірювання змінились незначно (температура до 250°С), то можна застосувати такий же датчик, як і для 1-ої ступені компресора – перетворювач тиску з ізолюючої діафрагмою VEGABAR 81.

5.1.1.3 Датчик для вимірювання тиску аміачно-повітряної суміші на вході контактного апарату

Є особливі вимоги середовища вимірювання – підвищена температура до 150 °С, можливість вибухонебезпечної концентрації аміаку.

Перетворювач тиску з ізолюючої діафрагмою VEGABAR 81 має дозволи на застосування у вибухонебезпечних зонах, наприклад, по АTEX і IEC, а також виготовляється з

нержавіючої сталі 316L і може бути використаний у агресивних середовищах. Тому для вимірювання тиску аміачно-повітряної суміші на вході контактного апарату застосуємо Перетворювач тиску з ізолюючої діафрагмою VEGABAR 81.

5.1.1.4 Датчик для вимірювання тиску пари на виході котла-утилізатора

Є особливі вимоги середовища вимірювання – підвищена температура до 230 °С.

Для вимірювання тиску пари на виході котла-утилізатора можна також застосуємо перетворювач тиску з ізолюючої діафрагмою VEGABAR 81, оскільки він призначений для вимірювання тиску рідких і газових середовищ.

5.1.2 Вибір датчиків температури

5.1.2.1 Датчик для вимірювання температури повітря після першої ступені компресора

Є особливі вимоги середовища вимірювання – тиск до 0,35 МПа.

Розглянемо декілька датчиків і виберемо один із них для використання.

Універсальний датчик температури Danfoss MBT3270 084Z7138 [13] призначений для використання в різних видах промислового устаткування, наприклад, в повітряних компресорах, мобільній гідравліці, системах рециркуляції вихлопних газів.

Технічні характеристики універсального датчика температури Danfoss MBT3270 084Z7138:

Діапазон вимірювання	-50...+200 °С
Точність	EN 60751 class B
Соединения	G 1/4 A
Чутливий елемент	PT100
Максимальний тиск робочого середовища	500 бар
Тиск розриву.	900 бар

Вібростійкість	удар - 50 g протягом 6 мс вібрація в напрямку осей x-y-z - синусоїдальна 15,3 g, 20-2000 Гц, протягом 8 годин
Електричне з'єднання	AMP Junior Power Timer
Клас захисту	IP65
Розміри	22 мм (довжина погруженої частини)

Компактний термометр опору укрупнювальний модель TR33 [14] з прямим вихідним сигналом від датчика (Pt100/Pt1000 з 2-х, 3-х або 4-х провідною схемою) або вбудованим перетворювачем з вихідним сигналом 4 ... 20 мА використовується як універсальний термометр для вимірювання температури рідких і газоподібних середовищ в діапазоні від -50 ... +250 ° С. Може використовуватися при тисках до 140 бар із діаметром датчика 3 мм і до 270 бар з діаметром датчика 6 мм в залежності від виконання термометра. Всі електричні компоненти мають захист від вологи (IP67 або IP69K) і хорошу вібростійкість (20 g, в залежності від виконання термометра).

Чутливий елемент з класом точності А відповідно до МЕК 60751.

Електричне підключення здійснюється за допомогою кругового роз'єму M12.

Налаштування вбудованого перетворювача за допомогою безкоштовного конфігураційного програмного забезпечення для ПК WIKAsoft-TT

Є можливість налаштування діапазону вимірювання, демпфірування, сигналу тривоги по NAMUR NE43 і TAG.

Проаналізувавши характеристики розглянутих датчиків, виберемо для вимірювання температури повітря на виході першої ступені компресора компактний термометр опору укрупнювальний модель TR33 з вбудованим перетворювачем з вихідним сигналом 4 ... 20 мА.

5.1.2.2 Датчик для вимірювання температури повітря на виході підігрівача повітря

Є особливі вимоги середовища вимірювання – тиск до 0,716 МПа.

Із розглянутих датчиків жоден не підходить за діапазоном температури. Розглянемо інші більш підходящі.

Датчик температури Danfoss MBT5113 084Z5052 [15]

Датчик температури вихлопних газів MBT 5113. Чутливий елемент - термопара типу К.
Діапазон вимірювань від -50 до +800 °С.

Технічні характеристики датчика температури Danfoss MBT5113 084Z5052.

Область застосування	промислове обладнання
Діапазон вимірювання	-50...+800 °С
Точність	EN 60584-2 class 2
При'єднання	G 3/4 A
Електричне з'єднання	Pg 16
Кла захисту	IP65
Розміри	100 мм (довжина погрузної частини)
Тип	MBT 5113-B001-100-10-0000

Датчики, призначені для важких умов експлуатації та використанні для вимірювання температури вихлопних газів турбін і компресорів на стаціонарних установках і морських суднах.

Датчики MBT 5113 на основі термопар використовуються для вимірювання температур робочого середовища до 800 °С. Має змінний чутливий елемент. Всі деталі, що контактують з робочими середовищами, виготовлені з нержавіючої сталі AISI 316 Ti.

Датчик температури Danfoss MBT5116 084Z5157 [16]

Датчик температури вихлопних газів MBT 5116. Чутливий елемент - РТ100. Діапазон вимірювань від -50 до +600 °С.

Технічні характеристики датчика температури Danfoss MBT5116 084Z5157

Область застосування	промислове обладнання
Діапазон вимірювання	-50...+600 °С
Точність	EN 60751, клас В
При'єднання	G 1/2 A
Електричне з'єднання	2-дротове 3-клемне
Кла захисту	IP65

Розміри	100 мм (довжина погрузної частини)
Тип	МВТ 5116-В001-100-00-0000

Датчики, призначені для важких умов експлуатації та використанні для вимірювання температури вихлопних газів ди турбін і компресорів на стаціонарних установках і морських судах.

Датчики МВТ 5116 з чутливим елементом Pt100 забезпечують високу точність і вимірювання температури робочого середовища. Pt100 - це тонкоплівковий резистор, спеціально призначений для роботи у важких умовах при температурах до 600 ° С.

Чутливий елемент можна замінювати без демонтажу датчика і зупинки системи. Всі деталі, що контактують з робочими середовищами, виготовлені з нержавіючої сталі AISI 316 Ті. Конструкція датчика пристосована до використання в обмеженому просторі.

Для вимірювання температури повітря на виході підігрівача повітря застосуємо датчик температури Danfoss МВТ5116 084Z5157, як такий, що повністю задовольняє вимогам.

5.1.2.3 Датчик для вимірювання температури аміаку на виході підігрівача аміаку

Є особливі вимоги середовища вимірювання – агресивне середовище, можливість утворення вибухонебезпечної суміші.

Компактний термометр опору модель TR34[17] має характеристики, тотожні з компактним термометром опору укрупнювальним модель TR33, має різьбове приєднання до процесу і іскробезпечне виконання і підходить для використання в небезпечних зонах. Тому його іскробезпечну версію Ехі можна застосувати для вимірювання температури аміаку на виході підігрівача аміаку.

5.1.2.4 Датчик для вимірювання температури у контактному апараті

Є особливі вимоги середовища вимірювання – агресивне середовище, тиск 0,716 МПа.

Жоден із розглянутих датчиків не підходить за діапазоном температури і за можливістю роботи в агресивному середовищі нітрозних газів. Розглянемо інші більш підходящі.

Термоперетворювачі з керамічної захисною оболонкою TTSCU-22, TTRCU-22, ТТКСU-22[18] використовуються для вимірювання в тих процесах, де високі температури не

дозволяють використовувати датчики з захисними оболонками зі сталі. Вони мають керамічну захисну оболонку, що дозволяє використовувати дані термоперетворювачі в температурних межах до 1800 °С. Ці датчики, призначені для вимірювання високої температури в агресивних середовищах. Застосовуються, як правило, в нафтохімічній і скляній промисловості.

Технічні характеристики.

Діапазон вимірювань температури/перетворюючий елемент $-40 \div 1200$ °С S, R, K кл. 2.

Матеріал зовнішньої металевої оболонки:

- сталь 1.4841 макс. темп. 1150 °С;
- сталь 1.4762 макс. темп. 1200 °С;
- сталь 15Cr25Т макс. темп. 1000 °С.

Матеріал внутрішньої керамічної оболонки муліт 610, Ø15 мм.

Довжина L [мм]: $300 \div 2000$.

Головка А, IP53, $-40 \div 100$ °С.

Опції.

З перетворювачем $4 \div 20$ мА в голівці DAW

- два вимірювальних контури;
- термопара S, R, K кл. 1.

Метран™ 270 Датчик Температури з УВС[19] - датчик температури, що складається з первинного перетворювача і вбудованого в голівку датчика вимірювального перетворювача, що перетворюють вимірювану температуру в уніфікований вихідний сигнал (УВС) постійного струму 4-20 мА. Призначений для вимірювання температури нейтральних і агресивних середовищ, по відношенню до яких матеріал захисної арматури є корозійностійким.

Чутливий елемент первинного перетворювача і вбудований в голівку датчика вимірювальний перетворювач перетворюють вимірювану температуру в уніфікований вихідний сигнал постійного струму, що дає можливість побудови АСУТП без застосування додаткових нормуючих перетворювачів.

Технічні характеристики.

Вихідний сигнал 4-20 мА

Первинні перетворювачі:

- ТО (100М, 50М) з можливістю вимірювання температури до 180 °С;
- ТО (Pt100) з можливістю вимірювання температури до 500 °С;
- ТХА (К) з можливістю вимірювання температури до 1000 °С.

Захисні арматури жароміцні і корозійностійкі.

Виконання:

-загальнопромислове;

- ExiaIICT5, ExiaIICT6 з видом вибухозахисту "іскробезпечне електричне коло";

- "ia"; -IExdIICT5, 1ExdIICT6 з видом вибухозахисту "вибухонепроникна оболонка d".

Межа основної зведеної похибки, $\pm \gamma$ 0,5; 1,0 %

Залежність вихідного сигналу від температури лінійна.

Матеріал голівки:

- поліамід Технамід® А СВ Л для загальнопромислового виконання;

- сплав АК12 для вибухонебезпечного виконання.

Ступінь захисту термоперетворювача від впливу пилу і води IP65 по ГОСТ 14254.

Вібростійка група виконання V1 за ГОСТ Р 52931.

Маркування вибухозахисту ExiaIICT5, ExiaIICT6 з видом вибухозахисту "іскробезпечне електричне коло "" ia "; 1ExdIICT5, 1ExdIICT6 з видом вибухозахисту "вибухонепроникна оболонка d ".

Напруга живлення:

- від 18 до 42 В постійного струму для термоперетворювачів з вихідним сигналом 4...20 мА;

- 36 В постійного струму для термоперетворювачів із вихідним сигналом 0...5 мА.

Допустиме відхилення напруги живлення не більше $\pm 2\%$; від іскробезпечних кіл блоків живлення (бар'єрів), мають вид вибухозахисту "іскробезпечне електричне коло рівня"ia" для вибухонебезпечних сумішей групи ІС за ГОСТ 12.1.011 з напругою холостого ходу $U_{xx} \leq 24$ В, струмом короткого замикання $I_{kz} \leq 120$ мА для термоперетворювачів виконання "Exia".

Споживана потужність не більше 0,9 Вт для термоперетворювачів звичайного виконання; не більше 0,5 Вт для термоперетворювачів вибухозахищеного виконання.

Порівнявши технічні характеристики датчиків, вибираємо датчик температури Метран™ 270 з УВС і первинним перетворювачем ТХА (К) для агресивних середовищ у загальнопромисловому виконанні для застосування в каналі вимірювання температури нітрозних газів у котлі-утилізаторі, який повністю задовольняє вимоги.

5.1.2.5 Датчик для вимірювання температури нітрозних газів на вході котла-утилізатора

Є особливі вимоги середовища вимірювання – агресивне середовище, тиск 0,716 МПа.

Вимоги до застосування датчика для вимірювання температури нітрозних газів на вході котла-утилізатора практично такі ж, як і для вимірювання температури в контактному апараті. Тому застосуємо для вимірювання температури нітрозних газів на вході котла-утилізатора датчик температури Метран™ 270 з УВС і первинним перетворювачем ТХА (К) для агресивних середовищ у загальнопромисловому виконанні.

5.1.2.6 Датчик для вимірювання температури нітрозних газів на виході котла-утилізатора

Є особливі вимоги середовища вимірювання – агресивне середовище, тиск 0,716 МПа.

Із розглянутих датчиків, для вимірювання температури нітрозних газів на виході котла-утилізатора застосуємо компактний термометр опору укрупчувальний модель TR33 з вбудованим перетворювачем з вихідним сигналом 4 ... 20 мА, оскільки він задовольняє вимогам.

5.1.2.7 Датчик для вимірювання температури пари на виході котла-утилізатора

Є особливі вимоги середовища вимірювання – тиск 1,5 МПа.

Із розглянутих датчиків, для вимірювання температури нітрозних газів на виході котла-утилізатора застосуємо компактний термометр опору укрупчувальний модель TR33 з вбудованим перетворювачем з вихідним сигналом 4 ... 20 мА, оскільки він задовольняє вимогам.

5.1.2.8 Датчик для вимірювання температури нітрозних газів на виході окислювача нітрозних газів

Є особливі вимоги середовища вимірювання – агресивне середовище, тиск до 3,05 МПа МПа.

Вибираємо для вимірювання температури нітрозних газів на виході окислювача нітрозних газів датчик температури Метран™ 270 з УВС і первинним перетворювачем Pt100 для агресивних середовищ у загальнопромисловому виконанні.

5.1.2.9 Датчик для вимірювання температури хвостових газів на виході абсорбційної колони

Є особливі вимоги середовища вимірювання – агресивне середовище.

Вибираємо для вимірювання температури хвостових газів на виході абсорбційної колони універсальний датчик температури Danfoss MBT3270 084Z7138, який задовольняє всі вимоги.

5.1.2.10 Датчик для вимірювання температури нітрозних газів на виході теплообмінника 11

Є особливі вимоги середовища вимірювання – агресивне середовище.

Вибираємо для вимірювання температури нітрозних газів на виході теплообмінника 11 датчик температури Метран™ 270 з УВС і первинним перетворювачем Pt100 для агресивних середовищ у загальнопромисловому виконанні.

5.1.2.11 Датчик для вимірювання температури хвостових газів на виході теплообмінника 11

Є особливі вимоги середовища вимірювання – агресивне середовище.

Вибираємо для вимірювання температури хвостових газів на виході теплообмінника 11 універсальний датчик температури Danfoss MBT3270 084Z7138, який задовольняє усі вимоги.

5.1.2.12 Датчик для вимірювання температури хвостових газів на виході топкового пристрою

Є особливі вимоги середовища вимірювання – агресивне середовище.

Вибираємо для вимірювання температури нітрозних газів на виході **топкового пристрою** датчик температури Метран™ 270 з УВС і первинним перетворювачем Pt100 для агресивних середовищ у загальнопромисловому виконанні.

5.1.2.13 Датчик для вимірювання температури хвостових газів у реакторі з двошаровим каталізатором

Є особливі вимоги середовища вимірювання – агресивне середовище.

Вибираємо датчик температури Метран™ 270 з УВС і первинним перетворювачем ТХА (К) для агресивних середовищ у загальнопромисловому виконанні для застосування в каналі вимірювання температури хвостових газів у реакторі з двошаровим каталізатором, який повністю задовольняє вимоги.

5.1.2.14 Датчик для вимірювання температури очищених хвостових газів на вході газової турбіни

Немає особливих вимог середовища вимірювання.

Вибираємо датчик температури Метран™ 270 з УВС і первинним перетворювачем ТХА (К) у загальнопромисловому виконанні для застосування в каналі вимірювання температури очищених хвостових газів на вході газової турбіни, який повністю задовольняє вимоги.

5.1.3 Вибір датчиків витрати

5.1.4.1 Датчик для вимірювання витрати кислоти на склад

Є особливі вимоги середовища вимірювання – агресивне середовище.

Розглянемо характеристики кількох підходящих і виберемо необхідний.

Для цього виду корозійної і провідної кислоти зазвичай застосовують магнітний витратомір. Принцип вимірювання електромагнітного витратоміра - електромагнітна індукція Фарадея. Він використовується для вимірювання рідини з провідністю більше 5 мкс / см. Це вимір об'ємної витрати, часто використовується в нафтовій, хімічній, паперовій і харчовій промисловості.

Електромагнітний витратомір для вимірювання витрати азотної кислоти Mag Meter [20]

Технічні характеристики.

Матеріал футеровки електромагнітного витратоміра: PTFE або PFA, ці матеріали підходять для висококорозійних рідин.

Доступний датчик магнітного витратоміра: DN10 ~ DN2000, Зазвичай потрібен 2-дюймовий магнітний витратомір, 4-дюймовий магнітний витратомір, 8-дюймовий магнітний витратомір.

Вибір матеріалу електрода: танталовий електрод, танталовий матеріал можна наносити на соляну кислоту, сірчану кислоту, хлорид заліза, азотну кислоту і т. д.

Точність приладу: рівень 0,5, рівень 1,0.

Діапазон витрати від 0,1 до 15 м³/с.

Робочий тиск 1,6 МПа, 2,5 МПа.

Температура навколишнього середовища -40 °С ~ + 50 °С.

Середня температура: PTFE, футеровка PFA ≤180 °С.

Зовнішні магнітні завади ≤400 А / м.

Вихідний сигнал 4 ~ 20 мА постійного струму, опір навантаження 0 ~ 750 Ом.

комунікаційний вихід RS485 чи CAN-шина.

Підключення до електромережі внутрішня різьба M20 × 1,5, отвір для кабелю Ø10.

Напруга живлення 90 ~ 220 В змінного струму, 24 ± 10% В постійного струму.

Споживана потужність ≤10 ВА.

Опції зв'язку MODBUS, HART, PROFIBUS-DP.

Електромагнітний витратомір ЭМИС-МАГ 270 [21] призначений для вимірювання об'ємної витрати електропровідних рідин, в тому числі агресивних середовищ, двофазних або забруднених середовищ (із включенням твердих частинок або суспензій) з мінімальною питомою електропровідністю 5¹⁰-4 См/м.

Вимірювання витрати агресивних і забруднених середовищ, завдяки застосуванню корозійностійких матеріалів електродів і футерування.

Технічні характеристики.

Діаметр умовного проходу.....від 10 до 3000 мм.

Похибка±0,3%, ±0,5%, ±1%.

Динамічний діапазон.....не менше 1:30.

Номінальний тиск.....до 42 Мпа.

Температура вимір. середовища.....від - 40 до + 180°С.

Температура навкол. середовища..... від - 20 до + 55°С

вихідні сигнали аналоговий струмовий/частотний або імпульсний/цифровий інтерфейс RS-485/ HART-протокол.

Вибухозахист.....1ExD[ia]ІІСТ(4-6)Х эл. блок/0ExiaІІСТ(1-4)Х перв. перетворювач.

Пиловологозахист.....IP65.

Напруга живлення.....±24 В, ≈220 В.

Тип приєднання.....фланцеве.

міжповірочний інтервал.....2 роки.

Витратоміри електромагнітні Rosemount 8700 [22] призначені для вимірювань об'ємної витрати електропровідних рідин, пульп, суспензій, бурових розчинів і т.п.

Використовуються в системах автоматичного контролю і управління технологічними процесами в різних галузях промисловості, а також в системах комерційного обліку рідин. Основні переваги:

- висока точність вимірювань;
- різні матеріали електродів і футеровок;
- вимірювання витрати агресивних середовищ (кислоти, луги);
- вимірювання витрати абразивних середовищ (шлами, пульпи, пасти);
- відсутність рухомих частин і втрат тиску.

Безпроливний (імітаційний) метод періодичної повірки з можливістю проведення без зняття з трубопроводу. бездротові рішення Smart Wireless - простий, швидкий і економічний спосіб організувати доступ до конфігурації і результатами діагностики витратоміра за допомогою бездротової передачі даних.

Технічні характеристики.

Вимірювані середовища: рідини з електропровідністю не менше 5 мкСм/см.

умовний прохід Ду (DN) від 4 до 900.

Межі основної відносної похибки $\pm 0,25\%$ - стандартне виконання; $\pm 0,15\%$ - високоточне калібрування.

Тиск вимірюваного середовища до 40 МПа.

Вихідні сигнали: - 4-20 мА з HART-протоколом; - частотно-імпульсний; - Foundation Fieldbus; - Profibus PA; - Modbus.

Наявність вибухонебезпечного виконання.

Фланцеві, безфланцеві і гігієнічні моделі.

Інтегральний або віддалений (до 300 м) монтаж перетворювача.

Прямі ділянки: до витратоміра 5Ду, після 2Ду.

Розглянувши характеристики наведених датчиків, оберемо для вимірювання витрати кислоти на склад витратомір Rosemount 8700, як такий, що задовольняє вимоги.

5.1.5 Вибір датчиків концентрації метану і аміаку

Розглянемо прилади контролю концентрації метану і аміаку, які можуть бути застосовані при автоматизації даного виробництва.

Сигналізатор горючих та токсичних газів СТГ-1[23] призначений для видачі сигналізації про перевищення встановлених ГДК і ДВК встановлених порогових значень оксиду вуглецю і довибухонебезпечної концентрації горючих газів (метану або пропан-бутанової суміші) у повітрі, перекриття газопроводу швидкодіючим електромагнітним клапаном.

Основні технічні характеристики.

Кількість датчиків:

- по горючому газу (виносні) 1(2);
- по оксиду вуглецю (вбудований) 1 постійний.

Стандартна установка порогів (установлюється споживачем):

- по горючому газу, % НКМП (по метану) 10 ± 5 або 20 ± 5 ;
- поріг 1/поріг 2 по оксиду вуглецю (CO), мг/м³ 20 ± 5 або 100 ± 25 .

Спрацювання «сухих контактів» реле при досягненні порогових концентрацій:

- поріг 1 (по CO) одна група 30 В; 2,5 А;
- поріг 2 (по CO) одна група 220 В; 5 А;
- аварія (по горючих газах) одна група 220 В; 5 А.

Час спрацювання сигналізації, с.:

- по горючому газу 15, звукова загальна;
- по оксиду вуглецю (CO) 45, світлова роздільна.

Температура навколишнього середовища, °С від -10 до +50.

Захист корпусу сигналізатора IP 30.

Довжина кабелю зв'язку між сигналізатором і датчиком по горючому газу до 200 м.

Напруга живлення від 150 до 253 В, частота 50 ± 1 Гц.

Стаціонарні газоаналізатори Дозор-С[24] виготовляються і продаються в комплекті разом з датчиками для визначення горючих або шкідливих газів: аміаку, пропан-бутану, метану, водню, кисню, вуглекислого газу, чадного газу (окису вуглецю), хлору, оксиду і діоксиду азоту, сірководню, парів спиртів, парів нафтопродуктів, розчинників, оксиду сірки та інші. Також можливе підключення датчиків тиску, температури і вимірювання рівня рідини.

Залежно від кількості каналів виміру газоаналізатори Дозор-С, що встановлюються стаціонарно, комплектуються датчиками кількістю від 1-го до 5-ти штук. Причому у вартість

газоаналізатора з певною кількістю каналів вимірювань вже включено відповідну кількість датчиків.

Комбінація датчиків газоаналізатора "Дозор-С".

Газоаналізатор Дозор-С, з кількістю вимірювальних каналів більше 1, можливо комбінувати в комплекті з іншими датчиками "Дозор":

- довибухонебезпечних концентрацій горючих газів і парів горючих рідин (метан, пропан, бутан, нефрас, бензин, пари нафтопродуктів, ефіри, розчинники, чадний газ, водень та інші);

- гранично-допустимих концентрацій (ГДК) шкідливих газів, а також їх різних комбінацій (оксиду вуглецю, діоксиду вуглецю, вуглекислого газу, аміаку, діоксиду азоту, хлору, сірководню, елегазу;

датчиками граничного рівня рідини;

датчиками температури;

датчиками тиску.

У цих газоаналізаторах організована можливість управління зовнішніми пристроями (клапанами, світлозвуковим табло і ін.) При спрацьовуванні вихідних сигналів "Поріг 1", "Поріг 2" або "Відмова".

Підтримувані гази: горючі гази: метан, пропан-бутан, гексан (пари бензину, спирти), окис вуглецю, водень, аміак, сірководень; шкідливі гази: вуглекислий газ, хлор, оксид азоту, діоксид азоту, сірчистий газ, елегаз (гексафторид сірки).

Лінія прилад/датчик: до 1200м

Технічні характеристики газоаналізатора "Дозор-С".

Кількість вимірювальних каналів від 1 до 5.

Ступінь захисту корпусу БЖС по ГОСТ 14254.1.1.2 IP 65.

Рівень звукового тиску сигналізатора на відстані 1 м від сигналізатора не менше 65 дБ.

Середнє напрацювання на відмову сигналізатора не менше 35000 год.

Критерій відмови сигнал "ВІДМОВА".

Повний середній термін служби сигналізатора не менше 12 років.

Діапазон робочих температур від -40 до +50 °С.

Живлення:

- Основне ~ 220 В; ± 220В; ± 24В;

- Резервне ± 24В, ~ 220В, ± 12В.

Вихідні сигнали:

- управління виконавчими пристроями - "сухий" контакт реле 2 А, 220 В;

- струмовий вихід 0...5, або 4...20 мА;

- цифровий вихід RS 232 або RS 485.

Лінія зв'язку БЖС-ВП 3-х-дротова, заводозахищеність до 1200 м.

Розглянувши характеристики приладів контролю концентрації газів, виберемо для вимірювання довибухових концентрацій аміаку і метану газоаналізатор Дозор-С.

5.2 Вибір регулюючих органів

5.2.1 Канал контролю і управління температурою повітря на виході підігрівача повітря.

Температуру повітря на виході підігрівача повітря будемо регулювати зміною витрати нітрозних газів за допомогою регулюючого клапану на трубопроводі подачі нітрозних газів на вхід підігрівача повітря.

Є особливі вимоги – агресивне робоче середовище, пожежо- вибухонебезпечний технологічний процес, тиск робочого середовища до 0,716 МПа, температура робочого середовища до 335 °С.

Регульовальні та запірні клапани є RV 300 [25].

Регулюючі клапани далі RV / UV 320 (Ex) і RV / UV 330 (Ex), тільки є односідельними RV/UV 3x0 (Ex) арматурою, призначеною для регулювання і запирання потоку середовища. Беручи до уваги широку шкалу використовуваних приводів, клапани можна застосовувати для регулювання при низьких і високих перепадах тиску, в різних умовах експлуатації. Расходные характеристики, Kvs коефіцієнти і нещільність відповідають міжнародним стандартам. Клапани типу RV/UV 3x0 (Ex) пристосовані для приєднання ручного маховика, електромеханічних приводів Ekorex+, ZPA Nová Paka, Regada, ZPA Pečky, Schiebel, Auma або пневматичних приводів Flowserve.

Клапани RV/UV 3x0 призначені для застосування в опалювальній техніці та обладнанні для кондиціонування повітря, в енергетиці та хімічній промисловості. Клапани RV/UV 3x0 Ex відповідають вимогам Ex h IIC TX Ga/Gb dle ČSN EN ISO 80079-36 (9/2016) a ČSN EN 1127-1 ed.2 (1/2012) і в поєднанні з відповідними приводами призначені для застосування в газовій та хімічній промисловості. Залежно від умов експлуатації можна використовувати клапани, виготовлені з литої сталі або нержавіючої сталі. Вибрані матеріали відповідають рекомендаціям ČSN EN 12516-1 (8/2015). Максимально допустимий робочий надлишковий тиск, в залежності від обраного матеріалу і температури середовища.

Регулюючий клапан для технологічних промислових установок, що відповідає стандартам DIN, ANSI и JIS.

Клапани призначені для регулювання RV (UV) 3x0 (RV 3x0) або закриття витрати і тиску рідин, газу (UV 3x0) і парів без абразивних домішок, таких як вода, водяна пара, повітря та інші середовища, сумісні з матеріалом корпусу і внутрішніми частинами арматури. Клапани також RV/UV 3x0 Ex призначені для регулювання і закриття потоку і тиску технічних і горючих газів і рідин.

Для якісного і надійного регулювання виробник рекомендує встановити в трубопроводі перед клапаном фільтр для уловлювання механічних домішок або іншим відповідним способом подбати про те, щоб регульована середовище не містила абразивні або механічні домішки.

Таблиця 5.2_Технічні характеристики клапанів RV/UV 320 (Ex), RV/UV 330 (Ex)

Конструкційний ряд	RV/UV 320 (Ex)	RV/UV 330 (Ex)
Виконання	Односідельний регулюючий (запірний) клапан двоходовий	
діапазон діаметрів	DN 15 400	
Умовний тиск	PN 63 (PN 40, 63 виконання під приварювання)	
Матеріал корпусу	Лита сталь 1.0619 (GP240GH) 1.7357 (G17CrMo5-5)	Лита корозійст. Сталь 1.4581(GX5CrNiMoNb19-11-2)
Матеріал сідла DN 15 - 50	1.4028 / 17 023.6	1.4571 / 17 348.4
DIN W.Nr./ČSN DN 65 - 400	1.4027 / 42 2906.5	1.4571 / 17 348.4
Матеріал конуса DN - 15 65	1.4028 / 17 023.6	1.4581 / 42 2941.4
DIN W.Nr./ČSN DN - 80 150	1.4028 / 17 027.6	1.4581 / 42 2941.4
DN 200 - 400	1.4028 / 17 022.6	1.4581 / 42 2941.4
Діапазон робочих температур	-10 550 °C	-10 550 °C
Будівельні довжини	Ряд 2 відп. ряд для вик. привар. відп. EN 558 + A1 (5/2012),. 73 EN 12982 (1/2011)	
Ущільнювальні поверхні фланців	Тип B1 (грубий ущ. виступ) або тип B2 (гладкий ущ. виступ) або тип F (виточка) або тип D (паз) згідно ČSN EN 1092-1 + A1 (7/2013) тільки для DN 15-200 (DN 250-400 тільки під приварення)	
Кінці під приварення	Кінці під приварення стикове ČSN EN 1092-1 + A1 (7/2003)	
Тип конуса	Циліндричний з вирізами, фасонний, перфорований	
Витратна характеристика	Лінійна, рівнопропорційна параболічна, запірна	
Значення Kvs	0.01 1600 / до м час	

Продовження таблиці 5.2

Нещільність	Клас III. за ČSN EN 1349 (7/2010) (< 0.1% Kvs) для клапанов з ущільн. в сідлі мет. - мет.
	Клас IV. за ČSN EN 1349 (7/2010) (< 0.01% Kvs) для клапанов з ущільн. в сідлі мет. - PTFE
	Клас IV. за ČSN EN 1349 (7/2010) (< 0.01% Kvs) запірний клапан
Нещільність виконання Ex	RV3xx Клас IV. відп. ČSN EN 1349 (7/2010) (< 0.01% Cv) UV 3xx згідно ISO 5208:2008
Регулююче відношення r	50:1
Ущільнення сальника	DRSpack (PTFE) $t_{max}=260\text{ }^{\circ}\text{C}$, експ. граф. $t_{max}=550\text{ }^{\circ}\text{C}$, сільфон (DN15-150) $t_{max}=550\text{ }^{\circ}\text{C}$

Виберемо для застосування у каналі контролю і управління температурою повітря на виході підігрівача повітря регулюючий клапан RV 330 (Ex), який відповідає вимогам.

5.2.2 Канал контролю і управління температурою аміаку на виході підігрівача аміаку.

Температуру аміаку на виході підігрівача аміаку будемо регулювати зміною витрати пари за допомогою регулюючого клапану на трубопроводі подачі пари на вхід підігрівача аміаку.

Є особливі вимоги – пожежо- вибухонебезпечний технологічний процес, тиск робочого середовища до 1,5 МПа, температура робочого середовища до 230 °С.

Виберемо для застосування у каналі контролю і управління температурою повітря на виході підігрівача повітря регулюючий клапан RV 320 (Ex), який відповідає вимогам.

5.2.3 Канал контролю і управління тиском аміачно-повітряної суміші на вході контактного апарату.

Тиск аміачно-повітряної суміші на вході контактного апарату будемо регулювати зміною поперечного перетину трубопроводу подачі аміачно-повітряної суміші на вхід контактного апарату за допомогою регулюючого клапану на трубопроводі подачі аміачно-повітряної суміші на вхід контактного апарату.

Є особливі вимоги – пожежо- вибухонебезпечне робоче середовище, тиск робочого середовища до 0,716 МПа, температура робочого середовища 150 °С.

Виберемо для застосування у каналі контролю і управління тиском аміачно-повітряної суміші на вході контактного апарату регулюючий клапан RV 320 (Ex), який відповідає вимогам.

5.2.3 Канал контролю і управління температурою у контактному апараті.

Температуру у контактному апараті будемо регулювати зміною тиску аміачно-повітряної суміші на вході контактного апарату за допомогою регулюючого клапану на трубопроводі подачі аміачно-повітряної суміші на вхід підігрівача контактного апарату з температурною корекцією.

Є особливі вимоги – пожежо- вибухонебезпечне робоче середовище, тиск робочого середовища до 3,0 МПа, температура робочого середовища 150 °С.

Виберемо для застосування у каналі контролю і управління температурою контактному апараті регулюючий клапан RV 320 (Ex), який відповідає вимогам.

4.2.4 Канали контролю і управління температурою нітрозних газів на виході котла-утилізатора.

Температуру нітрозних газів на виході котла-утилізатора будемо регулювати зміною витрати деаерованої води за допомогою регулюючого клапану на трубопроводі подачі деаерованої води на вхід котла-утилізатора.

Є особливі вимоги – пожежо- вибухонебезпечний технологічний процес.

Виберемо для застосування у каналі контролю і управління температурою нітрозних газів на виході котла-утилізатора регулюючий клапан RV 320 (Ex), який відповідає вимогам.

5.2.5 Канали контролю і управління температурою нітрозних газів на виході теплообмінника.

Температуру нітрозних газів на виході теплообмінника будемо регулювати зміною витрати хвостових газів за допомогою регулюючого клапану на трубопроводі подачі хвостових газів на вхід теплообмінника.

Є особливі вимоги – агресивне робоче середовище, пожежо- вибухонебезпечний технологічний процес.

Виберемо для застосування у каналі контролю і управління температурою нітрозних газів на виході теплообмінника регулюючий клапан RV 330 (Ex), який відповідає вимогам.

5.2.6 Канали контролю і управління температурою хвостових газів на виході топкового пристрою.

Температуру хвостових газів на виході топкового пристрою будемо регулювати зміною витрати метану за допомогою регулюючого клапану на трубопроводі подачі метану на вхід топкового пристрою

Є особливі вимоги – пожежо- вибухонебезпечне робоче середовище.

Виберемо для застосування у каналі контролю і управління температурою хвостових газів на виході топкового пристрою регулюючий клапан RV 320 (Ex), який відповідає вимогам.

5.2.7 Канал контролю, сигналізації і управління концентрацією аміаку і метану у повітрі робочої зони.

Концентрація не повинна перебільшувати допустимого значення НКМП. Для цього необхідно збільшити повітрообмін в робочій зоні виробництва за рахунок вмикання додаткової (аварійної) вентиляції. Вентилятор, який видуває повітря з робочої зони виробництва може бути розміщений поза вибухонебезпечною зоною, тому до магнітного пускача, який вмикає/вимикає двигун вентилятора, немає необхідності пред'являти вимоги підвищеної вибухозахищеності.. Тому для вмикання/вимикання і захисту цього двигуна застосуємо пускач типу ПМА - [26] - нереверсивний, закритий, з тепловим реле, дистанційне керування, з електричним блокуванням, захист IP54.

Виконання пускача по номінальному струму, по роду струму ланцюга управління, напрузі головного ланцюга, кліматичне виконання, категорія розміщення, клас зносостійкості

пускача визначаються виходячи із типу і потужності двигуна, режиму роботи вентилятора, кліматичної зони.

Для відсікання подачі аміаку і метану у виробничу зону для подачі азоту в контактний апарат - застосуємо запірний клапан UV 320 (Ex), який відповідає вимогам/

5.4 вибір контролера

Відповідно до обраних датчиків і типів каналів управління зробимо вибір контролера. Оскільки закон управління на даному етапі невідомий, на функціональному рівні необхідно вибрати за вимогами вхідних і вихідних сигналів контролер, який реалізує П-, ПІ-, ПД і ПІД-закони управління. Дані про вхідні сигнали наведені в табл. 5.3.

Таблиця 5.3_ Вхідні сигнали управляючої системи

Поз. позн.	Параметр управління	Сигнал	Величина
1a	Тиск повітря	Аналоговий/Дискретний	4...20 мА/HART
2a	Температура повітря	Аналоговий	4...20 мА
3a	Тиск повітря	Аналоговий/Дискретний	4...20 мА/HART
4a	Температура повітря	Аналоговий	4...20 мА
5a	Температура аміаку	Аналоговий	4...20 мА
6a	Тиск аміачно-повітряної суміші	Аналоговий/Дискретний	4...20 мА/HART
7a	Температура в контактному апараті	Аналоговий	4...20 мА
8a	Температура нітрозних газів	Аналоговий	4...20 мА
9a	Температура нітрозних газів	Аналоговий	4...20 мА
10a	Температура пари	Аналоговий	4...20 мА
11a	Тиск пари	Аналоговий/Дискретний	4...20 мА/HART
12a	Температура нітрозних газів	Аналоговий	4...20 мА
13a	Температура хвостових газів	Аналоговий	4...20 мА
14a	Температура нітрозних газів	Аналоговий	4...20 мА
15a	Температура хвостових газів	Аналоговий	4...20 мА
16a	Температура хвостових газів	Аналоговий	4...20 мА
17a	Температура хвостових газів		4...20 мА
18a	Температура очищених газів	Аналоговий	4...20 мА
19a	Витрата азотної кислоти	Аналоговий	4 ... 20 мА, RS 485
20a	Концентрація аміаку	Аналоговий/Дискретний	4 ... 20 мА, RS 485
21a	Концентрація метану	Аналоговий/Дискретний	4 ... 20 мА, RS 485

Дані про вихідні сигнали наведені в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4_ Вихідні сигнали управляючої системи

Поз. позн.	Параметр впливу	Сигнал
4г	Витрата	Дискретний
5г	Витрата	Дискретний
7г	Витрата	Аналоговий
9г	Витрата	Аналоговий
12г	Витрата	Аналоговий
13г	Витрата	Аналоговий
14г	Витрата	Аналоговий
16г	Витрата	Аналоговий
19г	Вмикання/вимикання клапана	Дискретний
19е	Вмикання/вимикання клапана	Дискретний
19ж	Вмикання/вимикання клапана	Дискретний
19з	Вмикання/вимикання двигуна	Дискретний

На підставі даних таблиць 5.3 і 5.4 можна скласти вимоги до контролера і вибрати його на функціональному рівні. Вимоги за кількістю вхідних і вихідних сигналів наведені в таблиці 5.5.

Таблиця 5.6_ Вхідні і вихідні сигнали управляючої системи

Сигнал	Вид	Кількість
Вхідний	Аналоговий	14
Вхідний	Аналоговий/Дискретний	7
Вихідний	Аналоговий	8
Вихідний	Дискретний	15

В залежності від кількості аналогових і дискретних входів обраного контролера без пристроїв розширення є можливість обрати контролер інваріантно, забезпечивши можливість передачі інформації із вхідних пристроїв за допомогою аналогових або дискретних сигналів.

Із поширених для управління технологічним процесом можливе, серед інших, використання мікропроцесорних програмованих контролерів, як Контроллери сериї ADAM-5000 фірми ADVANTACH, , програмовані контролери SIMATIC S7 фірми SIEMENS, контролери МИК-52 фірми Мікрол, програмовані логічні контролери ОБЕН ПЛК, і ін. Розглянемо і порівняємо їх технічні характеристики для вибору.

Контролери сериї ADAM-5000 фірми ADVANTACH [].

ПЛК сериї ADAM-5000 призначені для створення територіально розподілених систем збору даних і управління.

Контролер складається з блоку процесора і модулів вводу-виводу, що встановлюються в локальну магістраль блоку процесора (рис. 5.1).



Рисунок 5.1-- Зовнішній вигляд контролерів серії ADAM-5000

Кожен блок процесора може об'єднувати на локальній магістралі до 64 каналів аналогового і (або) дискретного вводу-виводу. В даний час блок процесора може комплектуватися різними комунікаційними модулями для роботи в мережах RS-485, CAN, Ethernet і т.д.

ПЛК серії ADAM-5000 мають тривірневу гальванічну ізоляцію - за вхідними-вихідними ланцюгів, ланцюгами живлення і по лініях портів послідовного зв'язку. Наявність гальванічної розв'язки дозволяє знизити вплив на систему електромагнітних завад, усунути гальванічний зв'язок з електрообладнанням контролюваного об'єкта, а також запобігти несправностям, які можуть бути викликані випадковими викидами напруги живлення, а також перехідними процесами при комутації силового обладнання.

Сторожовий таймер призначений для автоматичного скидання процесора базового блоку в разі непередбаченої зупинки виконання програмно-апаратних засобів. Ця функція реалізована для скорочення загальних часових і матеріальних витрат на технічне обслуговування системи.

В ПЛК серій ADAM-5000 реалізоване автоматичне апаратне тестування і програмне виявлення несправностей. Існує можливість віддаленого налаштування системних параметрів - кожен модуль аналогового введення-виведення може бути налаштований для роботи з різними типами і діапазонами сигналів за допомогою єдиної сервісної програми. Програмним способом можна налаштувати параметри обміну по послідовному каналу зв'язку, за винятком мережевого ідентифікатора. Крім того, є можливість налаштування аварійних уставок і калібрувальних параметрів шкали вимірювальних каналів. Така гнучкість виконання модулів дозволяє істотно зменшити їх номенклатуру, а також скоротити витрати на їх обслуговування в процесі експлуатації.

В ПЛК серії ADAM-5000 реалізована можливість настройки каналів дискретного виводу в якості виходів керування по досягненні значеннями вимірюваних параметрів попередньо заданих величин. Кожному каналу модулів аналогового введення можуть бути програмно поставлені у

відповідність верхня і нижня уставки. Після кожного чергового аналого-цифрового перетворення виміряне значення порівнюється з верхньої та нижньої уставками. Зміна логічного стану призначеного каналу дискретного виводу проводиться в залежності від результату порівняння. Таким чином, в системах на базі ADAM-5000 є можливість локального двопозиційного управління, що виконується незалежно від центрального комп'ютера.

Зовнішній вигляд модулів показаний на рис. 3.1.8. Склад комплекту периферійних модулів ADAM-5000 наведено у табл. 5.8.

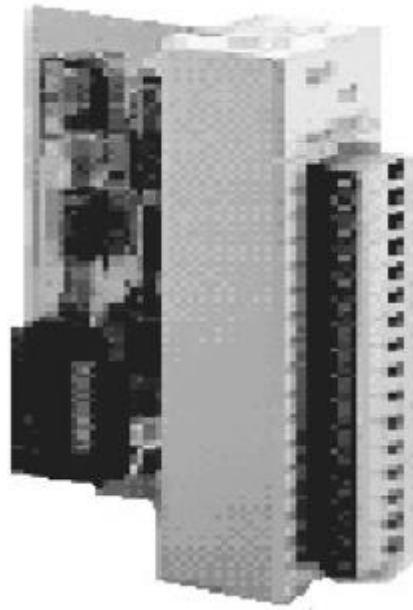


Рисунок 5.2- Зовнішній вигляд модулів ADAM-5000.

Таблиця 5.8_ Склад комплекту периферійних модулів ADAM-5000

ADAM-5013	3- канальний модуль вводу сигналів термометрів опору
ADAM-5017	8- канальний модуль аналогового введення
ADAM-5011H	8- канальний швидкодіючий модуль аналогового введення
ADAM-5018	7- канальний модуль вводу сигналів термопар
ADAM-5024	4- канальний модуль аналогового виведення
ADAM-5050	16- канальний універсальний модуль дискретного вводу-виводу
ADAM-5051	16- канальний модуль дискретного вводу
ADAM-5051 D	16- канальний модуль дискретного вводу
ADAM-5052	8- канальний модуль дискретного вводу з гальванічною ізоляцією
ADAM-5055S	16- канальний модуль дискретного вводу-виводу з гальванічною ізоляцією і світлодіодною індикацією
ADAM-5056	16- канальний модуль дискретного виводу
ADAM-50560	16- канальний модуль дискретного виводу
ADAM-50568	16-канальний модуль дискретного виводу з гальванічною ізоляцією і індикаціям
ADAM-5060	6- канальний модуль релейного комутації
ADAM-5068;	8- канальний модуль релейного комутації
ADAM-5080;	4- канальний модуль вводу частотних / імпульсних сигналів
ADAM-5090	4- канальний комунікаційний модуль з RS-232

Компанія Advantech почала поставки пристроїв серії ADAM-5550KW, що представляють собою програмовані контролери класу PAC (Programmable Automation Controller). Контролери призначені для вирішення завдань управління, що вимагають поєднання можливостей промислового комп'ютера з надійністю ПЛК.

Контролери ADAM-5550KW, виконані на базі процесора AMD Geode GX533, працюють під управлінням Windows PC 5.0. Вони мають 2 порти Ethernet, 2 порти USB, порт VGA і 4 COM-порту (RS-232/485). У складі підсистеми введення-виведення можуть бути використані модулі розширення серії ADAM-5000, а також спеціалізовані модулі управління переміщенням і зберігання даних.

Для програмування контролерів використовується пакет KW MULTI-PROG з підтримкою 5 мов стандарту MEK61131-3. Система виконання базується на ОС PB ProConOs, що забезпечує детермінований час реакції контролера не більше 1 мс.

Контролер мікропроцесорний МИК-52 [28] (рис.5.3) компактний програмований МК, призначений для автоматичного регулювання та логічного керування ТП в різних галузях (енергетичній, хімічній, машинобудівній, харчовій і т.п.). Застосовується для побудови керуючих та інформаційних систем автоматизації ТП різного рівня складності, а також для побудови окремих локальних і розподілених підсистем складних АСУТП.



Рисунок 5.3 – Мікроконтролер МИК-52.

Мікроконтролер МИК-52 виробництва підприємства «Мікрол» -це проектно-компонований виріб, який дозволяє користувачеві вибрати потрібний комплект модулів і блоків згідно з кількістю і видів вхідних-вихідних сигналів/

- Засоби самодіагностики: сигналізація і ідентифікація несправностей, про вихід сигналів за допустимі межі, про збої в ОЗУ, порушенні обміну по мережі і т.п.

У контролерах МИК-52 є розвинена система межконтроллерного обміну, за допомогою якої контролери можуть об'єднуватися в локальну або розподілену керуючу мережу. У мережі контролери можуть обмінюватися інформацією, як з комп'ютером, так і між собою. Ця функція забезпечує можливість організації розподіленої обробки даних, а також збільшення числа каналів

введення-виведення. При використанні функції мсжконтролерного обміну значно знижується інформаційне навантаження на мережу..

Технічні характеристики мікроконтролера МИК-52 наведені у табл. 5.7.

Таблиця 5.7 – Технічні характеристики мікроконтролера МИК-52

Аналогові вхідні сигнали	
Кількість дискретних входів	до 35
Кількість аналогових входів	8
Типи вхідних уніфікованих сигналів	0...5 мА, 0(4)...20 мА, 0...10 В
Гальванічна ізоляція	Індивідуальна (по входу, живленню)
Період опитування одного каналу	не більше 0,1 с
Похибка вимірювання	0,2 %
Аналогові вихідні сигнали	
Кількість аналогових виходів	до 4
Тип вихідного аналогового сигналу	0-5 мА ($R_H \leq 2\text{кОм}$), 0 (4) -20 мА ($R_H \leq 500\text{ Ом}$), 0-10 ($R_H > 2\text{кОм}$)
Період вимірювання, не більше	0,1 сек
Дискретні вхідні сигнали	
Кількість дискретних входів	до 37
Сигнал логічного "0" - стан ВІДКЛЮЧЕНО	0-7 В
Сигнал логічної "1" - стан ВКЛЮЧЕНО	19-32 В
Вхідний струм (споживання по входу)	$\leq 10\text{ мА}$
інтерфейси зв'язку	
Інтерфейси	RS485
Протоколи	Modbus RTU
Швидкість передачі	2400...921600 біт/с
Дискретні вихідні сигнали	
Кількість дискретних виходів	до 37
Типи виходів: - транзистор ОК - механічне реле (перемикається контакт) - твердотільне реле	до 40В, 100мА до 220В, 8А до 60В, 1.0А AC/DC
Гальванічна розв'язка дискретних виходів	Групова
Послідовний інтерфейс RS-485	
Тип каналу	Асинхронний напівдуплексний (прийм і передача йдуть по одній парі дротів з поділом за часом)
кількість прийомопередавачів	32 прийомопередавача на одному сегменті
Максимальна довжина лінії в межах одного сегмента мережі	1200 метрів
Кількість активних передавачів	1 (тільки один передавач активний)
Максимальна кількість вузлів в мережі	250 з урахуванням магістральних підсилювачів
Вид кабелю	кручена пара, екранована кручена пара
Гальванічна розв'язка	інтерфейс гальванічно ізольований від інших входів-виходів і інших ланцюгів (напруга гальванічної розв'язки не менше 500 В)
Протокол зв'язку	Modbus режим RTU (Remote Terminal Unit)

Продовження таблиці 5.7

Загальні відомості	
Конструктивне виконання	DIN 43700
Ступінь захисту корпусу	IP30
Електричні дані	
Напруга живлення:	
• змінного струму	~220 (+22 –33)В, (50 ± 1) Гц
• постійного струму	24 В
Споживана потужність від мережі змінного струму, не більше:	до 13 ВА
Струм споживання по живленню 24В, не більше:	не более 350 мА

Також є вбудований годинник реального часу з батареєю резервного живлення і існує можливість розширення кількості дискретних виходів шляхом підключення модулів розширення МР-51.

Порівнявши технічні характеристики промислових контролерів ADAM-5000 і МІК-52, можна робити висновок, що ADAM-5000 більш потужний за усіма характеристиками, але на даному етапі використаємо вітчизняний ПЛК МІК-52, який повністю задовольняє вимоги для проєктованої системи і коштує значно дешевше.

6 ВИБІР ТОПОЛОГІЇ СИСТЕМИ І РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ

Структурна схема системи управління дворівнева ієрархічна. Нижній рівень представлений програмуємим логічним контролером МІК-52 і системою збору інформації з об'єкта керування і передачею сигналів управління на об'єкт керування (датчиків, перетворювачів сигналу, виконавчих механізмів), верхній рівень включає в себе автоматизоване робоче місце (АРМ) оператора-технолога процесу та інженера-системотехніка (КВП).

Структура системи управління вибрана відповідно до основних тенденцій в автоматизації; і з урахуванням того, що приміщення апаратної, де розташовується програмований контролер, знаходиться поза робочою зоною виробництва азотної кислоти під підвищеним тиском. Безпосередньо в зоні розташування об'єкта розташовуються датчики і виконавчі механізми, що дозволяє сигнали з/на які заводити на ПЛК, який здійснює обмін з ПК.

Нижній рівень системи управління забезпечує:

- збір інформації від датчиків, встановлених за місцем;
- постійний контроль параметрів процесу і підтримання їх заданих значень, контроль стану обладнання;
- обробку та передачу інформації про стан об'єктів на АРМ, прийом інформації з АРМ і формування керуючих впливів;
- автоматичне керування техпроцесом, автоматичне включення резервного устаткування при порушенні роботи основного;
- запобігання розвитку аварійних ситуацій і забезпечення безпечного завершення процесу

Верхній рівень системи управління забезпечує:

- надання інформації про хід технологічного процесу у вигляді числових значень параметрів, колірної індикації стану обладнання, технологічних повідомлень, а також зміни технологічних параметрів. Як форм представлення інформації використовуються фрагменти мнемосхем, панелі управління, графіки, тренди, вікна поточних і архівних повідомлень та ін.;
- диспетчерське та оперативне управління технологічним процесом;
- збір, зберігання і обробку бази даних технологічних параметрів, архівацію параметрів, подій і дій оператора;
- індикацію граничних значень параметрів з видачею повідомлень, що містять повну інформацію про параметр;
- індикацію обриву каналу зв'язку з видачею повідомлення, однозначно вказує канал та ін.

Як автоматизованого робочого місця (АРМ) оператора використовується робоча станція - персональний комп'ютер, виконаний в промисловому виконанні.

На комп'ютер встановлюються необхідні драйвери, а також наступні программми: мовне ядро і мовний синтезатор, для озвучування подій, що надходять до протоколу, пакет програмування ПЛК.

Комп'ютер повинен мати 4 USB порту, до них приєднуються: клавіатура, миша, лазерний принтер і джерело безперебійного живлення. Відзначимо, що живлення всіх компонентів системи управління здійснюється від джерел безперебійного живлення ДБЖ.

Для забезпечення обміну між робочою станцією і контролером використовується локальна обчислювальна мережа (ЛОМ) Ethernet. Для підключення до зовнішньої ЛОМ виробництва, надається окремий інтерфейс Ethernet.

Отже, на нижньому рівні підсистеми програмованого логічного контролера працюють автономно один від одного і не залежно від стану АРМів операторів-технологів, автоматично і циклічно виконують такі функції:

- збір, обробку, архівування інформації надходить від аналогових і дискретних датчиків про стан процесу і устаткування;
- обчислення та приведення до необхідного вигляду значень параметрів процесу відповідно до заданих діапазоном вимірювань і властивостей КВП;
- реалізацію алгоритмів автоматичного управління і блокувань з видачею керуючих впливів на виконавчі пристрої (клапани, електричні засувки, електромагнітні пускачі двигуни);
- самодіагностику.

У штатному режимі, ПЛК нижнього рівня обмінюється інформацією з верхнім рівнем контролю і управління (АРМами) в обсязі:

- прийом від АРМів і відпрацювання команд оператора-технолога на зміни режиму роботи регулятора (автоматичне, ручне), зміни завдання для технологічних параметрів що в контурах управління і процентного відкриття регулюючих затворів, дистанційного керування устаткуванням, вибір робочих ємностей;
- прийом від АРМів і обробку команд на зміну стану деблокуючих ключів для параметрів, що є в блокуванні (доступ за паролем начальника виробництва);
- прийом від АРМів і обробку команд зі зміни налаштувань ПД-регуляторів;
- передача інформації про стан процесу і обладнання на АРМи.

Кожен АРМ складається з монітора, клавіатури, міші и призначення для:

- представлення оперативному персоналу інформації, що надходить від аналогових і дискретних датчиків про стан процесу і устаткування;

- можливість оцінювати стан технологічного процесу, як за миттєвими показниками режиму, так і спостерігати динаміку зміни параметрів у часі за трендами;
- отримувати повідомлення про попереджувальної і аварійної сигналізації відхилень технологічного процесу від регламентних норм, порушення в роботі силового обладнання;
- - можливості проаналізувати якість ведення технологічного режиму за історичними трендами, архівному журналу сигналізації, журналу дій оператора.

7 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

7.1 Дослідження і настройка контуру регулювання

Завданням досліджуваної системи регулювання є підтримання такого тиску у лінії подачі аміачно-повітряної суміші у контактний апарат, де проходить каталітичне окислення аміаку, що відповідає певній температурі для ініціалізації процесу перетворення, що впливає на хід каталітичного перетворення в контактному апараті.

Необхідність регулювання пояснюється тим, що тиск аміачно-повітряної суміші безпосередньо визначає ступінь нагріву каталітичного шару контактного апарату, а остання має суттєвий вплив на процес окислення аміаку і працездатність каталізатора, а процес перетворення проходить з виділенням значної кількості тепла. Цим же фактом визначаються і основні вимоги, що пред'являються до швидкодії і точності контуру регулювання: пари аміаку, які поступають в змішувач, повинні бути нагріті до температури 130-135 ° С. При температурі, меншій за необхідну, каталізатор не буде запалюватися і процес окислення аміаку не буде ефективним, що призведе до зниження продуктивності і виходу неякісного вихідного продукту. Перевищення необхідної температури може призвести до перегріву каталітичного шару, його розпушенню і виносу нітрозними газами, що призведе до втрати дороговартісного каталізатора і товарного продукту, що неприпустимо. З цих причин, ми виконаємо синтез регулятора саме для даного контуру.

Регулювання тиску аміачно-повітряної суміші в залежності від температури полягає в тому, що значення тиску аміачно-повітряної суміші обчислюється на кожному кроці роботи програми управління і враховує зміну температури (за лінійною залежністю). Оскільки при проведенні досліджень реальний керуючий вплив замінюється одиничним ступінчастим сигналом, всі результати, отримані для прийнятої системи, будуть справедливими і для вихідної.

В результаті синтезу ми повинні отримати наступні показники якості перехідного процесу:

- час перехідного процесу $t_p \leq 1500$ с;
- перерегулювання $\tau \leq 20\%$;
- температура $T = 130..135$ °С;
- статична точність $S_0 = 1\%$.

7.2 Отримання математичного опису об'єкта управління

Моделі динамічних об'єктів визначаються або за допомогою теоретичних викладок, або шляхом обробки експериментальних даних.

При експериментальному аналізі (або ідентифікації) об'єктів вихідною інформацією для побудови математичних моделей служать сигнали, доступні вимірюванню. Вхідні і вихідні сигнали об'єкта реєструються і обробляються з використанням певних методів ідентифікації, які дають можливість окреслити співвідношення між цими сигналами у вигляді деякої математичної залежності. За способом накопичення експериментальних даних методи ідентифікації діляться на активні і пасивні.

Активний експеримент заснований на введенні в об'єкт штучних збурень різного вигляду - як детермінованих, так і випадкових.

В ході проведення активного експерименту, була отримана розгонна характеристика, представлена на рисунку 7.1.

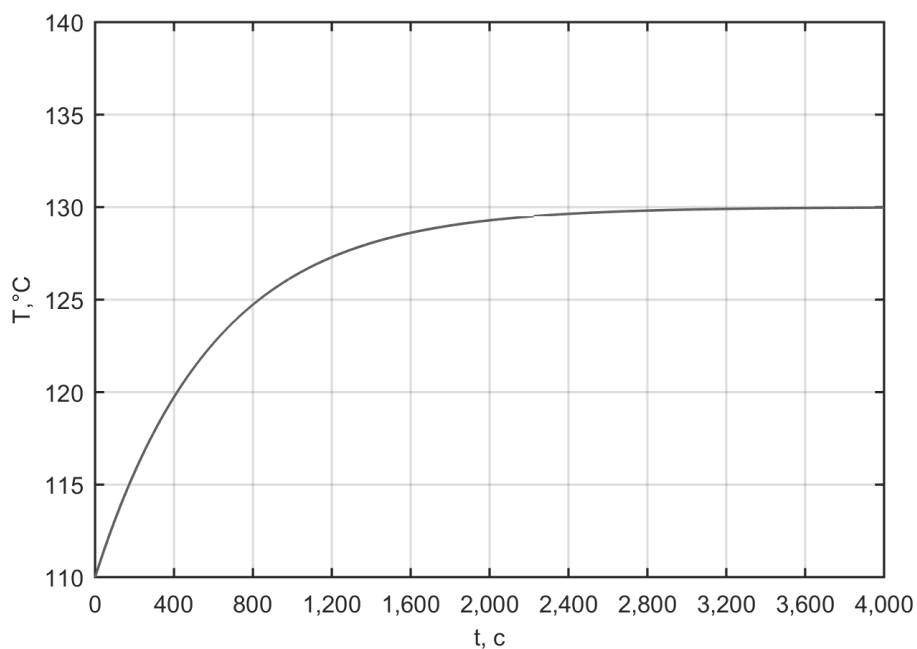


Рисунок 7.1 – Розгонна характеристика об'єкта управління

Нормуємо розгонну характеристику, результат представлений на рисунку 7.2.

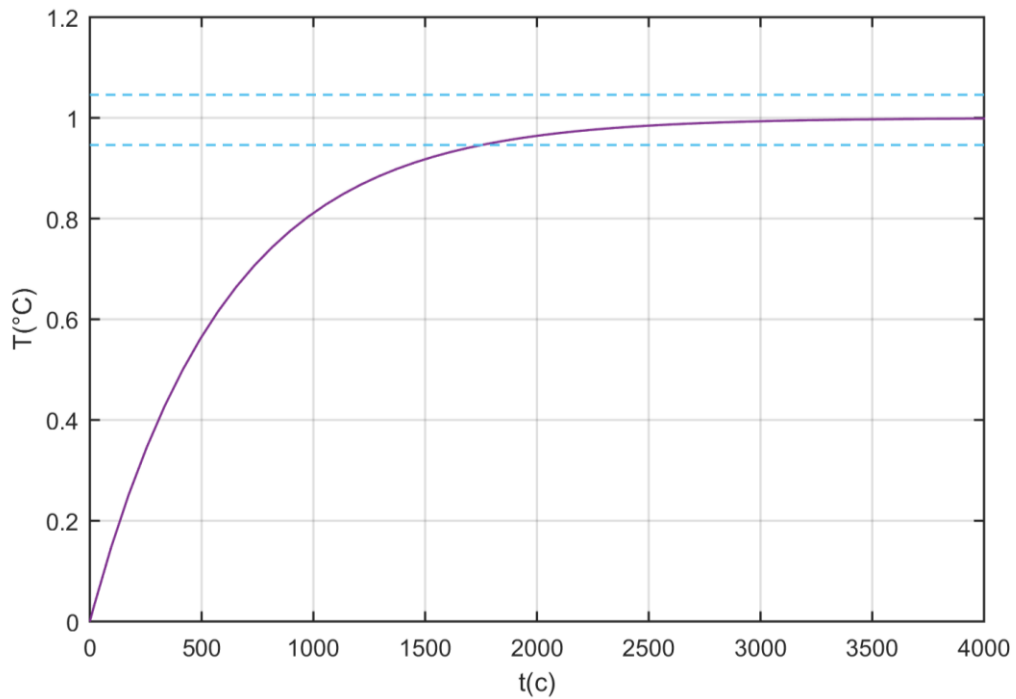


Рисунок 7.2 – Нормована розгонна характеристика

Визначимо основні показники якості перехідного процесу:

- час перехідного процесу $t_p = 1800$ с;
- перерегулювання $\tau = 0\%$.

За зовнішнім виглядом перехідної характеристики зробимо висновок, що об'єкт управління описується функцією передачі інерційної ланки

$$W(p) = \frac{k}{1 + Tp}$$

Коефіцієнт передачі визначається відношенням вихідного і вхідного сигналу в сталому режимі, таким чином

$$k = \frac{Y_{\text{ВЫХ}}}{x} = \frac{1}{1} = 1.$$

Для знаходження постійної часу використовуємо метод двох точок[30], рисунок 7.3.

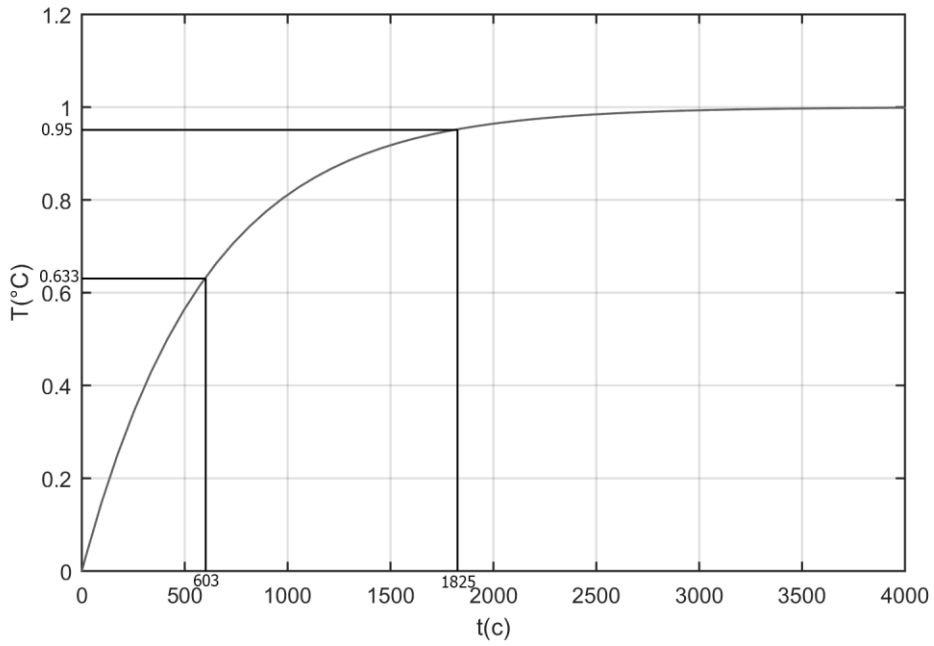


Рисунок 7.3 – Визначення постійної часу методом двох точок

Визначимо постійну часу

$$T = \frac{603 + \frac{1825}{3}}{2} = 605 \text{ с.}$$

Таким чином передавальна функція ідентифікованого об'єкта має вигляд

$$W(p) = \frac{1}{1 + 605p}$$

Побудуємо перехідну характеристику отриманої передавальної функції (рисунок 7.4).

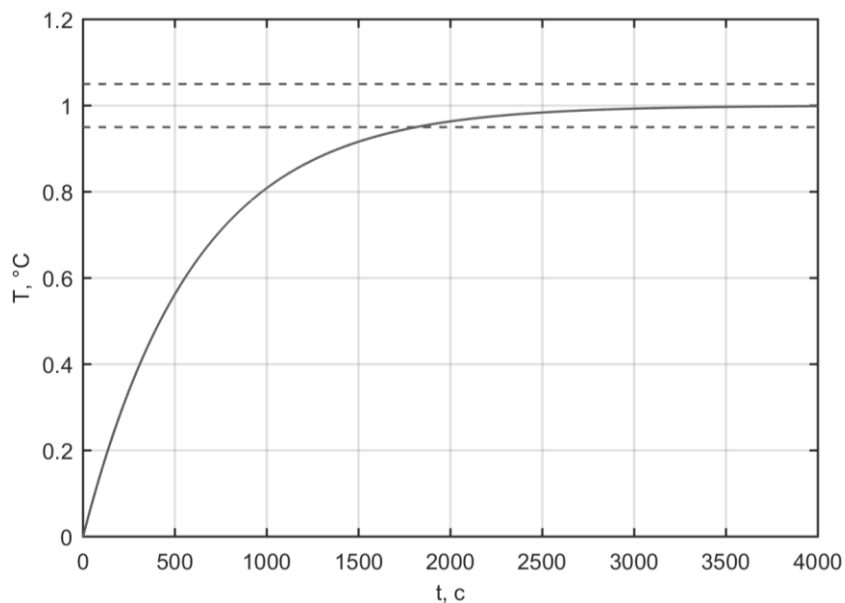


Рисунок 7.4 – Перехідна характеристика моделі об'єкта управління

7.3 Перевірка адекватності модулі об'єкта управління

Для перевірки адекватності отриманої моделі необхідно застосувати один з статистичних критеріїв. Skorистаємося методом Фішера[32], так як він дозволяє переконатися в правильності отриманої моделі з великою ймовірністю (близько 95%).

Виберемо 15 рівномірно розподілених точок на кривій розгону, отриманої експериментально, і 15 точок, при тих же моментах часу, на перрехідній характеристиці моделі. Значення в даних точках запишемо в масиви і відповідно ці значення зведені в таблицю 7.1.

Таблиця 7.1 – Значення, отримані з перехідних характеристик

y_1	0.27	0.48	0.62	0.73	0.8	0.86	0.9	0.93	0.95	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	1
y_2	0.28	0.49	0.64	0.74	0.82	0.86	0.9	0.93	0.95	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	1
n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

Для цих точок визначимо математичне очікування

$$\bar{Y}_{Y1} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_{1i} = 0.82 \quad \bar{Y}_{Y2} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_{2i} = 0.83$$

Визначимо дисперсію для кожної вибірки

$$S_{Y1} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\bar{Y}_{Y1} - y_{1i})^2 = 0.047,$$

$$S_{Y2} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\bar{Y}_{Y2} - y_{2i})^2 = 0.045.$$

Визначимо відношення оцінок дисперсій шляхом поділу більшою з оцінок на меншу

$$\frac{S_{Y2}}{S_{Y1}} = \frac{0.047}{0.045} = 1.044.$$

Порівнюємо отримане значення з критерієм Фішер[33]а. Так як значення критерію Фішера більше отриманого значення робимо висновок що наша модель адекватна об'єкту регулювання.

7.4 Вибір регулятора і розрахунок його параметрів

В даний час промислові регулятор є найбільш поширеним видом засобів автоматизації.

Типова схема системи управління, синтезованої на базі стандартних регуляторів, представлена на рис. 7.5.

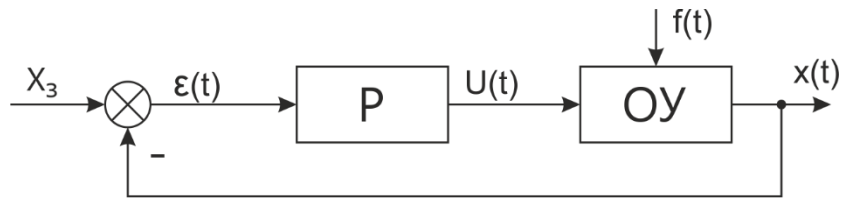


Рисунок 7.5 - Структурна схема типової системи управління

P – регулятор; OU – об'єкт управління; X_3 - сигнал завдання; $\varepsilon(t)$ – сигнал неузгодженості; $U(t)$ – сигнал управління; $f(t)$ – збурення; $x(t)$ – вихідна координата.

Метою будь-якого управління є досягнення бажаної поведінки об'єкта управління. При цьому в якості критеріїв оцінки поведінки об'єкта можуть виступати: величина перерегулювання, час керування, коливальність процесу і т.ін. За своїм виконанням OU зазвичай конструктивно незмінні.

Отже, незмінні і його динамічні характеристики. Тому досягти бажаної поведінки об'єкта управління можна, лише конструюючи новий об'єкт, до складу якого входить вихідний OU і регулятор. У цьому полягає сенс побудови системи управління. Вирішення цього завдання досягається за рахунок вибору належного регулятора.

Вибір закону керування, що задовольняє необхідним показникам системи, називається синтезом системи. При синтезі систем управління промисловими об'єктами найбільш широке застосування знайшли регулятори з типовими законами управління: пропорційний - П, пропорційно-інтегральний - ПІ, пропорційно-інтегрально-диференціальний - ПІД.

Для нашого об'єкта управління оптимальним вибором буде ПІ-регулятор, так як пропорційний регулятор не зможе забезпечити відсутність статичної помилки, що істотно погіршить якість вихідної продукції. У разі, якщо ПІ-регулятор дасть незадовільні показники якості перехідного процесу, слід застосувати ПІД-регулятор.

7.5 Розрахунок оптимальних налаштувань ПІ-регулятора методом Ротача[34]

Вихідними даними для розрахунку є: передавальна функція об'єкта управління і показник ступеня загасання ($\psi = 0.9$). Розрахунок будемо виконувати, використовуючи математичний пакет Mathcad, задамо вихідні дані.

$$M_z := 1.6 \quad W(s) := \frac{1}{605s + 1}$$

Сформуємо частотну передавальну функцію об'єкта управління шляхом заміни $s = j\omega$

$$W_j(\omega) := W(s) \text{ substitute } s = i \cdot \omega \rightarrow \frac{1}{1 + 605i \cdot \omega}$$

Запишемо частотну передавальну функцію розімкнутої системи як послідовне з'єднання ПІ-регулятора і об'єкта управління

$$W_p(k_1, T_i, \omega) := \left(k_1 + \frac{1}{T_i \cdot i \cdot \omega} \right) \cdot W_j(\omega)$$

Отримуємо функціональні залежності, для реальної та уявної частин АФЧХ розімкнутої системи управління, при коефіцієнті посилення регулятора, рівному одиниці

$$U_p(\omega, T_i) := \operatorname{Re}(W_p(1, T_i, \omega)) \quad V_p(\omega, T_i) := \operatorname{Im}(W_p(1, T_i, \omega))$$

Формуємо функціональну залежність, яка описує ОУ в залежності від значення показника коливальності M

$$\gamma(M) := \operatorname{asin}\left(\frac{1}{M}\right)$$

$$Y(X, M) := \tan(\gamma(M)) \cdot X$$

Запишемо вираз для визначення радіусу кола забороненої зони і положення його центру як функцію показника коливальності M

$$r(M) := \frac{M}{M^2 - 1} \quad u(M) := \frac{M^2}{M^2 - 1}$$

Формуємо рівняння кіл забороненої зони в прямокутній системі координат

$$R(\psi, M) := r(M) \cdot \sin(\psi) - u(M)$$

$$I(\psi, M) := r(M) \cos(\psi)$$

Задаємо діапазон частот і крок зміни, для побудови АЧХ з метою відображення тільки необхідного третього квадранта

$$\omega := 0, 0.0001 \dots 1$$

Також введемо необхідні параметри s, Ms , які будемо змінювати для отримання одночасного дотику прямої ОУ і кіл. Виконуємо графічні побудови і визначаємо три пари налаштувань для ПІ-регулятора (рисунок 7.6).

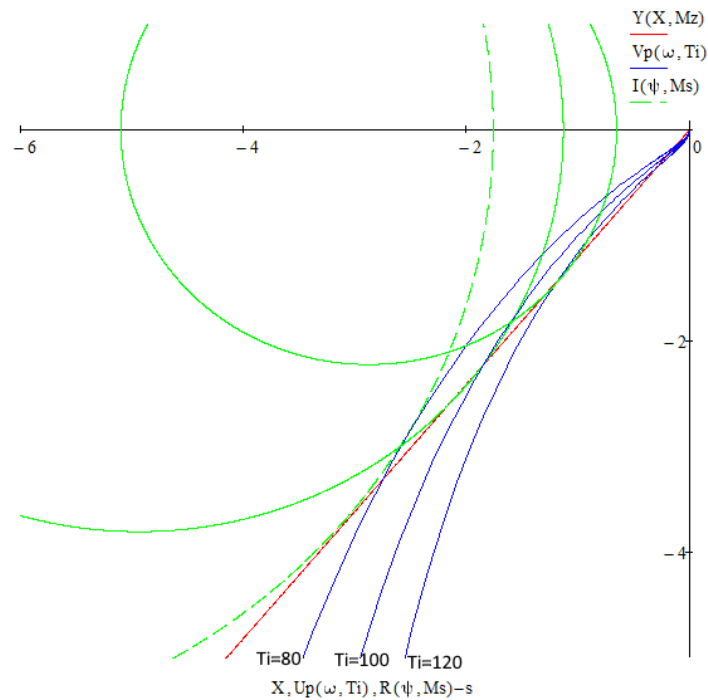


Рисунок 7.6 – Визначення установок ПІ-регулятора методом Ротача

Визначаємо граничне значення коефіцієнта посилення регулятора, що забезпечує задане значення показника коливальності для кожного з випадків, за виразом

$$k_{p.пр.} = \frac{M}{M^2 - 1} \cdot \frac{1}{r_0}$$

Отримані пари налаштувань введемо в вигляді матриці

$$\text{Data} := \begin{pmatrix} 80 & 0.65 \\ 100 & 0.989 \\ 120 & 1.65 \end{pmatrix}$$

Для визначення яка з пар налаштувань дає кращі показники якості, побудуємо графіки перехідних процесів для отриманих значень і визначимо їх показники. Отримані перехідні характеристики представлені на рисунку 7.7.

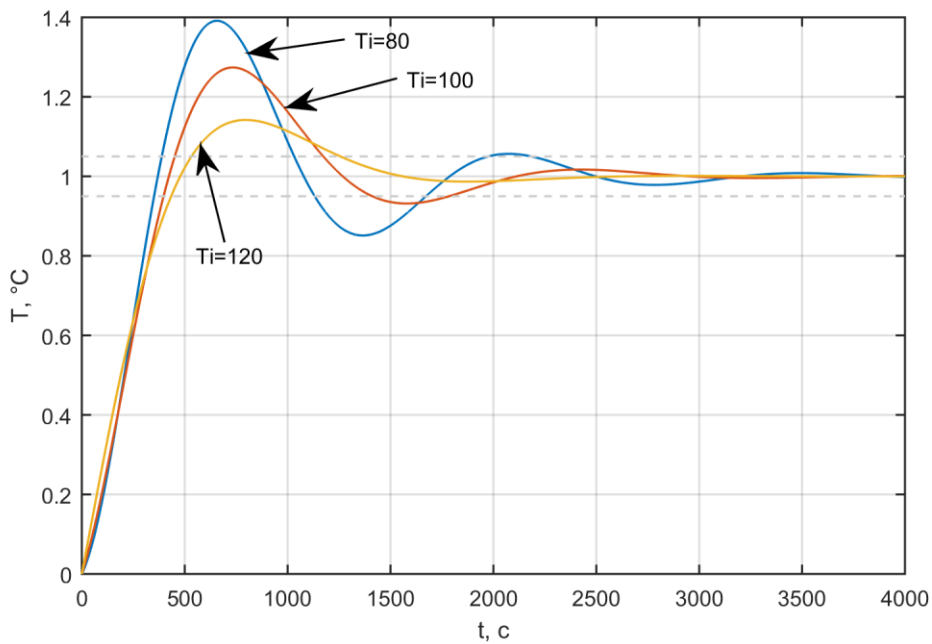


Рисунок 7.7 – Графіки переходних процесів при різних настройках регулятора

З отриманого графіка, очевидно, що найкращі показники якості переходний процес має при постійній інтегрування, рівній $T_i = 120$ і коефіцієнті посилення, рівного $k_p = 1.65$. Визначимо ці показники і зведемо в таблицю 7.2 разом з необхідними, за завданням, значеннями і показниками без регулятора.

Таблиця 7.2 – Показатели качества переходного процесса

Показник	Задание	Без регулятора	ПІ-регулятор
Статична похибка, %	0	5	0
Час t_p , c	≤ 1500	1800	1300
Перерегулювання σ , %	≤ 20	0	13.8

Як видно з отриманої таблиці, дані настройки регулятора повністю задовольняють поставлене завдання. У порівнянні з системою без регулятора, ми отримали відсутність статичної помилки і менший час переходного процесу, платою за це стало наявність перерегулювання, яке було відсутнє раніше, але так як воно не перевищує 20% то є допустимим для нашої системи.

7.6 Моделирование объекта управления

Проведемо імітаційне моделювання об'єкта управління за допомогою математичного пакета MatLab (додаток Simulink). Для цього зберемо структурну схему, представлену на рисунку 5.8. У

системі є канал управління, ПІ-регулятор, безпосередньо об'єкт управління, а також осцилограф, на якому можливо спостерігати перехідний процес.

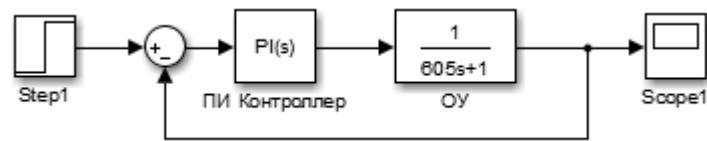


Рисунок 7.8 – Структурна схема об'єкта управління

Проведемо моделювання системи і отримаємо її перехідну характеристику (рисунок 7.9).

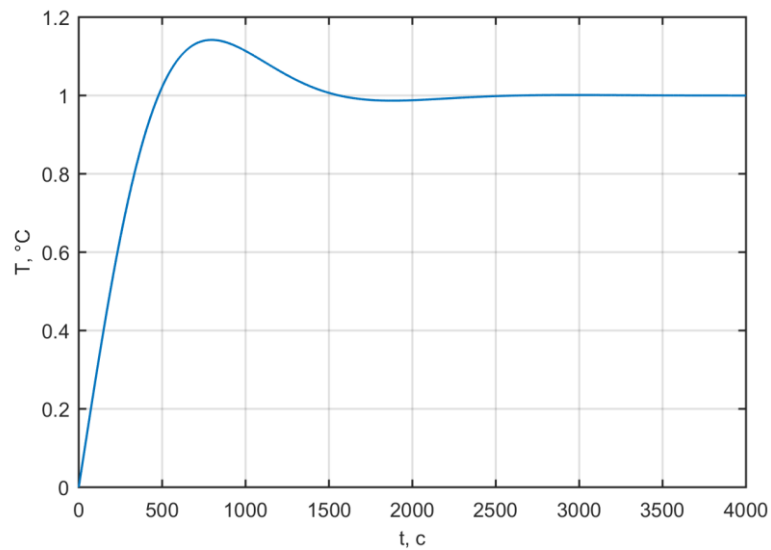


Рисунок 7.9 – Перехідна характеристика отриманої системи

Визначимо показники якості за отриманим графіком перехідного процесу:

- час перехідного процесу $t_p = 1280c$;
- перерегулювання $\tau = 14\%$.

Дані показники якості повністю задовольняють завдання.

8 АЛГОРИТМ РОБОТИ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ

Перед запуском процесу проводиться попередня перевірка готовності до роботи. Перевіряється працездатність і справність двигунів і виконавчих механізмів. Проводиться опитування всіх датчиків і установка параметрів регулювання. Потім система переходить в режим очікування команди оператора. Після підтвердження оператором готовності система починає цикл виконання етапів технологічного процесу виробництва азотної кислоти під підвищеним тиском.

Алгоритм управління технологічним процесом виробництва азотної кислоти під підвищеним тиском дає уявлення про послідовності дій управління. Управління всім процесом здійснюється за значеннями параметрів процесу, які об'єктивно визначають якість продукції.

Технологічний процес виробництва азотної кислоти під підвищеним тиском є безперервним від початку його запуску до вимикання оператором в разі відсутності технологічних збоїв і аварійних ситуацій.

Перед запуском процесу проводиться перевірка готовності обладнання до роботи. Перевіряється перевірка датчиків, клапанів, двигунів і виконавчих механізмів. В разі негативного закінчення тесту оператору видається повідомлення, інакше – ініціалізуються порти контролера, в масиви контрольних даних записуються вихідні дані, встановлюються параметрів регулювання.

Далі система переходить в режим очікування команди оператора. Після підтвердження оператором готовності система починає цикл виконання стадій виробництва азотної кислоти під підвищеним тиском.

Технологічний процес виробництва азотної кислоти під підвищеним тиском є безперервним від початку його запуску до вимикання оператором в разі відсутності технологічних збоїв і аварійних ситуацій.

Програма управління технологічним процесом виробництва азотної кислоти під підвищеним тиском лінійна. В її складі є декілька підпрограм.

Повний алгоритм управління технологічним процесом виробництва азотної кислоти під підвищеним тиском наведений у додатку В.

ВИСНОВОК

В роботі виконана розробка системи управління технологічним процесом виробництва азотної кислоти під підвищеним тиском. Виконаний аналіз технологічного процесу, обрані канали управління, зроблений вибір засобів автоматизації, а саме, датчиків, виконавчих механізмів, засобів сигналізації і контролера. Також були розроблені функціональна схема автоматизації і алгоритм роботи системи, модель об'єкта управління температурою для ініціалізації процесу перетворення, що впливає на хід каталітичного перетворення в контактному апараті, отримана аналітично його передатна функція.

Проведені розрахунки контуру управління температурою в контактному апараті і відповідно тиском для підтримання цієї температури. Обраний закон регулювання, досліджена поведінка системи та визначені оптимальні параметри регулятора.

Література

1. Кутепов А.М. и др. Общая химическая технология,- М.: «Высшая школа», 1990. - 520 с.
1. Process Control of Technological Processes https://www.ispatguru.com/process-control-of-technological-processes/?utm_source=rss&utm_medium=rss&utm_campaign=process-control-of-technological-processes
2. Deciding Upon Control-System Technology <http://www.ethanolproducer.com/articles/1456/deciding-upon-control-system-technology>
3. В.А. Голубятников, В.В. Шувалов Автоматизация производственных процессов в химической промышленности, – М.: Химия, 1972. – 248с.
4. Проектування систем автоматизації: Навч пос. / М.С. Пушкар, С.М. Проценко, 2013.- 268 с.
5. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: Справ пос. / А.С. Ключев Б.В. Глазов, А.Х. Дубровский, А.А. Ключев; под ред. А.С. Ключева – М.: Энергоатомиздат, 1990.-464 с.
6. A Guide to the Automation Body of Knowledge (2nd Edition) Trevathan, Vernon L. (2006) https://app.knovel.com/web/toc.v/cid:kpAGABKE07/viewerType:toc//root_slug:guide-automation-body?b-cat-name=Process%20Design%2C%20Control%20%26%20Automation&b-cat-slug=process-design-control-automation&b-cat-id=197&b-order-by=name&b-sort-by=ascending&b-filter-by=all-content
7. Автоматизація виробничих процесів: Підручник. / І.В. Ельперін, О.М. Пупена, В.М. Сідлецький, С.М. Швед. — К.: Видавництво Ліра-К, 2015— 340 с.
8. Преобразователь давления с изолирующей диафрагмой VEGABAR 81 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.koda.ua/download/45056-RU.pdf>
9. Высокотемпературный датчик давления ТД-10/130 [Электронный ресурс]. – Режим доступа:<https://datchiki.com/product/td-10130-datchik-davlenija-dlja-vysokih-temperatur/>
10. DMP 331P. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.bdsensors.ua/pdf/doc/dmp331p.pdf>
11. DMP 331Pi. [Электронный документ]. Систем. вимоги: Adobe Acrobat Reader. / – Режим доступа: <http://www.bdsensors.ua/pdf/doc/dmp331pi.pdf>.
12. DMK 331P. [Электронный документ]. Систем. вимоги: Adobe Acrobat Reader. / – Режим доступа: <http://www.bdsensors.ua/pdf/doc/dmk331p.pdf>.
13. Датчик температуры Danfoss MBT3270 084Z7138. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://intercool.com.ua/komplektujuschie/jelektronika/datchik-temperature/datchik-temperature-danfoss-mbt3270-084z7138.html>.

14. Компактный термометр сопротивления вкручиваемый модель TR33. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.wika.ua/tr33_ru_ru.WIKA?Group=29480&tab=&filterIndustryIds=29480.
15. Датчик температуры Danfoss MBT5113 084Z5052. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://intercool.com.ua/komplektujuschie/jelektronika/datchik-temperature/datchik-temperature-danfoss-mbt5113-084z5052.html>.
16. Датчик температуры Danfoss MBT5116 084Z5157. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://intercool.com.ua/komplektujuschie/jelektronika/datchik-temperature/datchik-temperature-danfoss-mbt5116-084z5157.html>.
17. Компактный термометр сопротивления Модель TR34. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.wika.ua/tr34_ru_ru.WIKA.
18. TTSCU-22, TTRCU-22, TTKCU-22. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://nkm-limatherm.com.ua/datchiki_temperaturi_s_keramicheskoi_obolochkoi.
19. Метран™ 270 Датчик Температуры с УВС. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.emerson.ru/ru-ru/catalog/metran-270-ru-ru>.
20. Расходомер азотной кислоты Mag Meter. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.silverinstruments.com/HNO3-Flow-Meter.html>.
21. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ РАСХОДОМЕР ЭМИС-МАГ 270. [Электронный документ]. Систем. вимоги: Adobe Acrobat Reader. / – Режим доступа: <https://emis-kip.ru/pics/uploads/presentation/EM%20270.PDF>.
22. Расходомеры. Плотномеры. Выпуск 2021. [Электронный документ]. Систем. вимоги: Adobe Acrobat Reader. / – Режим доступа <https://www.emerson.com/documents/automation/%D0%BA%D0%B0%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%B3-%D1%80%D0%B0%D1%81%D1%85%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D1%80%D1%8B-%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D1%82%D0%BD%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D1%80%D1%8B-ru-ru-61700.pdf>.
23. Сигнализатор горючих и токсичных газов СТГ-1. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.gazanalizator.ru/gazoanalizatory/signalizator-stg-1>.
24. Сигнализаторы-анализаторы газов, горючих газов и паров горючих жидкостей "ДОЗОР-С" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.orion.com.ua/index.php/ru/>.
25. Регулирующие и запорные клапаны RV 300. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ldmvalves.com/images/stories/katalog/02091RUS.pdf>.

26. Пускатель электромагнитный ПМА. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: / <https://www.electrotochka.com.ua/pma-0100-din-380v>.
27. Серия АДАМ-5000. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.advantech.ru/products/modular-i-o-system-adam-5000-series/sub_1-368qr0.
28. КОНТРОЛЛЕР МИКРОПРОЦЕССОРНЫЙ МИК-52 . [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.microl.ua/index.php?page=shop.product_details&flypage=garden_flypage.tpl&product_id=111&category_id=24&option=com_virtuemart&Itemid=71.
29. Advanced PID Control Åström, Karl J.; Hägglund, Tore (2006) https://app.knovel.com/web/toc.v/cid:kpAPIDC001/viewerType:toc//root_slug:advanced-pid-control?b-cat-name=Process%20Design%2C%20Control%20%26%20Automation&b-https://app.knovel.com/web/toc.v/cid:kpAPIDC001/viewerType:toc//root_slug:advanced-pid-control?b-cat-name=Process%20Design%2C%20Control%20%26%20Automation&b-cat-slug=process-design-control-automation&b-cat-id=197&b-order-by=name&b-sort-by=ascending&b-filter-by=all-content
30. Математическое моделирование объектов и систем управления : учебное пособие / Н.В. Осипова. - М.: Изд. Дом НИТУ, «МИСиС», 2019. - 67 с.
31. Бояринов А.И., Кафаров В.В. Методы оптимизации в химической технологии. – М.: Химия, 1969. – 564с.
32. Корреляционный и регрессионный анализ [Электронный документ]. Систем. вимоги: Adobe Acrobat Reader. / – Режим доступа: <http://old.gsu.by/biglib/GSU/%D0%9C%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9/%D0%AD%D0%9A%D0%B8%D0%A2%D0%92/%D1%80%D1%83%D0%BA-%D0%BB%D0%B0%D0%B1-%D0%9C%D0%A1/7%20%D0%9A%D0%BE%D1%80%D1%80%D0%B5%D0%BB%D1%8F%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9%20%D0%B8%20%D1%80%D0%B5%D0%B3%D1%80%D0%B5%D1%81%D1%81%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9%20%D0%B0%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D0%B7.pdf>
33. Таблица значений критерия Фишера (F-критерия) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://chemstat.com.ru/node/19>.
34. Худолей Г.М. Конспект лекцій і практик з ТАУ, 2015.
35. Методические указания по оформлению курсовых и дипломных проектов. Инструктивные материалы. Для студентов специальности 6.091401

"Компьютеризованные системы управления и автоматики". - Сумы.: СумГУ, 1998. – 77 с.

36. Інструктивні вказівки до виконання курсових і дипломних проектів / укладачі : В. Д. Черв'яков, О.Ю. Журавльов, І.В. Щокотова. – Суми : Сумський державний університет, 2013. – 69с.
37. ДСТУ Б А.2.4-3:2009 Національний стандарт України. Правила виконання робочої документації автоматизації технологічних процесів.