

**тема: Комп'ютерно інтегрована система контролю та управління газовим реактором окислення аміаку у виробництві неконцентрованої азотної кислоти.**

студент гр. АТП -16ДМ Пятов Данило Ігорович

## ВСТУП

Одним з найважливіших завдань, які стоять перед кожним виробництвом, є неухильне підвищення якості продукції, вдосконалення технології виробництва, підвищення надійності і довгостроковості виробів.

Сучасні хіміко-технологічні процеси відрізняються складністю і великою швидкістю протікання, а також чутливістю до відхилення режимних параметрів ось нормальних що значиться, шкідливістю умов роботи, вибухово- і пожежобезпечністю речовин, які переробляють. Із збільшенням вантаження апаратів, потужності машин виконувати технологічні процеси при високих і дуже високому тиску і температурах, а також швидкостях хімічних реакцій з використанням ручного управління неможливо. При таких обставинах навіть висококваліфікований фахівець не може своєчасно вплинути на процес у разі відхилення його ось норми, а це може привести до втрати якості готової продукції, псування сировини, допоміжних речовин, наприклад каталізаторів, а також до аварійної ситуації, включаючи пожежі, вибухи, викиди великої кількості шкідливих речовин в навколишнє середовище. Технологічні процеси можна виконувати тільки при їх повній автоматизації.

З використанням автоматизації поліпшуються основні показники ефективності виробництва - збільшується кількість виробленої продукції, поліпшується її якість і зменшується собівартість. Автоматизація включає контроль, регулювання, сигналізацію і блокування технологічних параметрів за допомогою технічних засобів автоматизації.

Можлива вимірювальна інформація служить основою планування, управління і контролю на всіх стадіях виробництва продукції. Без точних і надійних вимірювань неможливі строгий облік і раціональне використання матеріальних цінностей, забезпечення економічної витрати палива енергії, сировини.

Метою даної магістерської науково-дослідної роботи є розробка комп'ютерно-інтегрованої системи контролю та управління газовим реактором окислення аміаку у виробництві неконцентрованої азотної кислоти та виконання теоретичних досліджень математичних моделей реактора і САР співвідношення аміаку та повітря з одним регулятором. Основними завданнями роботи є:

- Аналіз технологічного процесу як об'єкта керування;
- Обґрунтування розробки АСУ ТП;
- Розробка технічного завдання на проектування АСУ ТП;
- Розробка комп'ютерно-інтегрованої системи контролю та управління газовим реактором окислення аміаку у виробництві неконцентрованої азотної кислоти;
- Розробка математичних моделей для реактора і САР співвідношення аміаку та повітря з одним регулятором на основі двох теорій;
- Синтез САР співвідношення аміаку та повітря з одним регулятором.

# РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ АВТОМАТИЗАЦІЇ ХІМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

## 1.1 Сучасний стан систем автоматизації і перспективи їх розвитку

Перехід промисловості України до функціонування в умовах ринкової економіки стимулював роботи по автоматизації підприємств. Із всього різномаяття напрямків автоматизації значну долю складають АСК ТП. Це людино-машинні системи, які забезпечують виробіток та реалізацію керуючих впливів на технологічний об'єкт керування згідно з прийнятими критеріями керування. Керування передбачає наявність керуючого об'єкта чи групи об'єктів і органів керування, котрі діють на об'єкт, змінюючи його стан в потрібному напрямку. Керування являє собою набір впливів, направлених на підтримку чи покращення функціонування керуючого об'єкта згідно з заданою метою керування. Керування має бути оптимальним, тобто здійснюватися найкращім чином.

Оптимальне керування полягає у виборі найкращих за деякими критеріями ефективності керування впливів із багатьох можливих з врахуванням можливих обмежень та інформації про стан керуючого об'єкта і навколишнього середовища. Основним інструментом для вирішення проблем керування виробництвом служить автоматизована система керування (АСК). АСК – це людино-машинні системи, які забезпечують автоматизований збір і обробку інформації, необхідної для оптимізації керування в різних сферах людської діяльності. По типу об'єктів керування розрізняють АСК підприємством – АСКП і АСК технологічними процесами – АСК ТП.

АСК ТП – це АСК для виробітку та реалізації керуючих впливів на технологічний об'єкт керування згідно с прийнятими критеріями керування. В АСК важливу роль грає людина, котра приймає рішення по керуванню технологічним об'єктом. Операції по збору й обробці інформації виконуються автоматичними умовами. Метою функціонування АСК ТП є

оптимізація роботи об'єкта шляхом відповідного вибору керуючих впливів. В АСК ТП відпрацювання рішень по керуванню і впливів на об'єкт виконується в тому самому темпі, що і протікаючи технологічні процеси. Режимми роботи АСК ТП називають також режимом реального часу. Значне місце в АСК ТП займають ПТК, котрі виконують операції по збору, обробці, відображенню інформації й вибору керуючих впливів. ПТК являє собою сукупність засобів вимірювальної та обчислювальної техніки, програмного забезпечення, засобів для створення та заповнення машинної інформаційної бази, достатніх для виконання функції АСК ТП. Сучасні ПТК являють собою сукупність засобів вимірювальної та обчислювальної техніки, програмного забезпечення, засобів для створення і заповнення машинної інформаційної бази, достатніх для виконання функцій АСК ТП.

До складу однієї АСК ТП можуть входити декілька ПТК, кожний із яких функціонує автономно, але має засоби взаємодії з іншими. Зокрема до складу ПТК АСК ТП входить вимірюючі перетворювачі, виконуючі механізми, щити керування, обслуговуючий персонал.

У ПТК можуть бути реалізовані практично всі функції керуючої системи: реєстрація і обробка параметрів технологічного процесу, візуалізація процесу, регулювання, захисту та блокування, сигналізації, обчислювальні операції та експертні системи. В АСК ТП важливе значення мають процеси збору вимірювальної інформації, її оперативне відображення і видача керуючих впливів на виконавчі засоби ТОК. Інформація про ТОК уводиться в ПТК від засобів вимірювання у вигляді сигналів струму, напруги, часо-імпульсних сигналів, частотних, дискретних сигналів.

Технологічні об'єкти керування являють собою сукупність технологічного обладнання і реалізує його на ньому технологічного процесу виробництва. В якості ТОК можуть розглядатися технологічні агрегати і установки; автономні виробництва, які мають закінчений цикл; виробничий процес всього промислового підприємства, якщо керування полягає у виборі й узгодженні режимів роботи взаємопов'язаних агрегатів, дільниць і

виробництв. Прикладами ТОК в енергетиці можуть розглядатися: енергоблоки різної потужності теплових (ТЕС) і атомних (АЕС) електростанцій, генератори енергоблоків ТЕС і АЕС, турбіни, котли; в нафтохімії і хімії: нагрівальні печі, виробництво коксу, виробництва хімічної продукції; в газовій промисловості: компресорні станції і цеха, газотранспортні підприємства та інші.

Керування технологічним процесом (ТП) це – керування режимами роботи технологічного обладнання. Під терміном “керуючий ТП” розуміють процес, для якого: визначені вхідні впливи, установлені залежності між вхідним впливом та вихідним параметром об’єкта, реалізовані автоматичні вимірювання вхідних впливів, вихідних параметрів та керування процесом.

Вимірювальна інформація про стан технологічного процесу поступає в керуючу систему. Далі вона контролюється і порівнюється с моделлю об’єкта. Результати порівнюються аналізуються, після чого готуються та приймаються рішення щодо керування.

До найбільш складних і довершених відносяться адаптивні системи керування. У них керуючий вплив, або алгоритми керування, змінюються автоматично і цілеспрямовано для забезпечення кращого керування об’єктом. При цьому характеристики об’єкта керування або впливу навколишнього середовища можуть змінюватися по заздалегідь невідомим законам. Тоді для забезпечення заданої якості регулювання настроювальні параметри адаптивного регулятора повинні також змінюватися за спеціальним алгоритмом з метою досягнення найкращої якості.

ЕОМ, які використовуються для контролю та керування виробничими процесами (в тому числі й для безпосереднього цифрового керування), відносяться до класу керуючих обчислюючих машин (КОМ), на базі яких будуються керуючі обчислювальні комплекси технічних та програмних засобів. ЕОМ, які використовуються в основному для збору, обробки, контролю і представлення інформації оператору, відносяться до класу інформаційних обчислювальних машин (ІОМ), на базі яких будуються

інформаційно–обчислювальні комплекси технічних та програмних засобів (ІОК).

## **РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СТАДІЇ ОКИСЛЕННЯ АМІАКУ У ВИРОБНИЦТВІ НЕКОНЦЕНТРОВАНОЇ АЗОТНОЇ КИСЛОТИ**

### **2.1 Загальна характеристика виробництва**

Виробництво неконцентрованої азотної кислоти під тиском 0,73 МПа (7,3 кгс/см<sup>2</sup>) уведено в експлуатацію в січні 1976 року.

Потужність виробництва:

- проектна - 240000 тон моногідрату азотної кислоти в рік,
- досягнута в 2003 році - 206083 тон,
- гранична, економічно виправдана - 204120 тон,
- мінімальна стійка - 191160 тон.

Виникнення аварійних ситуацій попереджається системами попереджувальної, предаварійною сигналізацією й протиаварійним захистом технологічних процесів.

### **2.2 Технологічна схема стадії окислення аміаку і апаратне оформлення технологічного процесу**

Аміачно-повітряна суміш із змішувача з фільтром поз. Х-202 надходить у контактний апарат поз. Р-201.

Контактний апарат являє собою вертикальну циліндричну посудину. Всередині зовнішнього корпусу встановлений конус, що переходить в циліндр діаметром 1650 мм. У нижній частині циліндра горизонтальної площині, встановлена касета, в якій розміщені 14 каталізаторних сіток платино-родієвим-паладієвого сплаву. У міжкорпусний простір подається аміачно-повітряна суміш, яка через отвори у верхній частині внутрішнього конуса надходить на каталізаторні сітки для окислення.

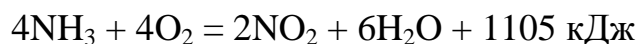
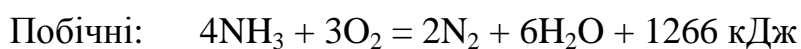
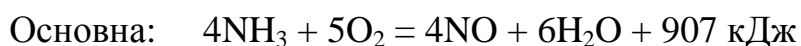
Над каталізаторними сітками, розташований розжіговий пристрій, що складається з двох концентричних кілець, призначений для розпалювання воднем каталізаторних сіток. Контактний апарат обладнаний оглядовими



вікнами і аналізними точками для відбору проб аміачно-повітряної суміші та нітрозного газу, призначення яких - здійснювати контроль стану каталізаторних сіток і процесом окислення аміаку.

У верхній частині контактного апарата, розташована вибухова мембрана, що служить для оберігання апарату від руйнування при перевищенні в ньому дозволеного робочого тиску.

На каталізаторних сітках при температурі 890-910°C відбувається окислення аміаку киснем повітря по реакції:



Після окислення аміаку утворюються нітрозні газу, що містять оксиди азоту, пари води, кисень. Вихід оксидів азоту залежить від кількості окисленого аміаку і характеризується ступенем конверсії аміаку, яка повинна бути не менше 93,5%.

Для захисту сіток контактної апарату від сплавки передбачене захисне блокування, яке відключає технологічну частину агрегату при досягненні температури на каталізаторних сітках 950°C.

Після контактної апарату поз. Р-201 гарячі нітрозні газу через пароперегрівач надходять в котел-утилізатор нітрозних газів поз. Т-201, де охолоджуються до температури 260-380°C.

Котел-утилізатор нітрозних газів поз. Т-201 являє собою циліндричний горизонтально встановлений котлоагрегат димогарного типу, двухходовий по газу, з винесеним парозбірником. До газотурбінного барабану котла-утилізатора кріпляться вихідна і поворотні камери. У середині вихідної камери знаходиться вхідна камера, закріплена до днища барабану і вхідного штуцера за допомогою компенсатора.

Нітрозні газу після Р-201 надходять через конусний перехід у вхідну камеру, проходять газохід, поворотну камеру, другий газохід і надходять у вихідну камеру.

Поворотна і вихідна камери обігриваються парою тиском не більше 1,6 МПа (16 кгс/см<sup>2</sup>), який подається в розташовані зовні камер змійовики. Температура стінок камер котла-утилізатора при пусках і зупинках щоб уникнути конденсації оксидів азоту не повинна бути менше 120°C.

Рівень води в міжтрубному просторі котла-утилізатора підтримується регулятором рівня LCV-212 подачі живильної води в барабан котла.

Для захисту труб котла-утилізатора від перегріву і розриву, передбачене захисне блокування, яке відключає технологічну частину агрегату при зниженні рівня води в котлі-утилізатори до значення, рівного 150 мм за шкалою приладу. Між вхідною і вихідною камерами на котлі-утилізатори агрегату передбачений байпас з регулюючим пристроєм, який регулює температуру нітрозних газів на виході з котла-утилізатора.

У котлі-утилізатори за рахунок тепла нітрозних газів відбувається випаровування живильної води, яка подається в міжтрубное простір, з утворенням пари тиском не більше 1,6 МПа (16 кгс/см<sup>2</sup>) і температурою 230-275°C. Охолоджені до температури 260-380°C нітрозні гази з котла-утилізатора поз. Т-201 надходять в окислювач з підігрівачем повітря поз. Х-201.

Окислювач - вертикальний циліндричний апарат з вбудованим підігрівачем повітря у верхній частині і фільтром для уловлювання платини з скловолокна в нижній частині.

У окислювачі відбувається окислення оксиду азоту киснем повітря в діоксид азоту по реакції:



У окислювачі за рахунок тепла реакції окислення нітрозні гази нагріваються до температури 260-380°C і направляються двома паралельними потоками через підігрівач повітря і через регулюючу заслінку, повз підігрівач повітря, в підігрівач хвостових газів поз. Т-202.

Підігрівач хвостового газу поз. Т-202 - титановий теплообмінник, служить для підігріву хвостового газу за рахунок тепла нітрозних газів.

Охолоджені в підігрівачі хвостових газів II ступеня поз. Т-202 нітрозні газів з температурою 220-260°C надходять в підігрівач хвостових газів I ступеня поз. Т-203В, де охолоджуються хвостовими газами після абсорбційної колони поз. К-201 до температури не більше 170°C і надходять у холодильники-конденсатори поз. Т-203 А.Б.

Підігрівач хвостових газів I ступеня поз. Т-203В - титановий теплообмінник вертикального типу, служить для підігріву хвостових газів після абсорбційної колони за рахунок використання тепла охолоджених нітрозному газів, тепла конденсації і кислотоутворення. Утворений в міжтрубному просторі підігрівача поз. Т-203В кислий конденсат надходить на 9-ту тарілку абсорбційної колони поз. К-201.

У холодильниках-конденсаторах поз. Т-203 А, Б нітрозні газів охолоджуються зворотньою водою до температури не більше 65°C. При цьому відбувається конденсація водяної пари в нітрозному газі з утворенням азотної кислоти з масовою часткою азотної кислоти 40-55%, яка надходить на одну з 6 по 9 тарілку абсорбційної колони поз. К-201.

Функціональна схема технологічного процесу приведена на рис. 2.1.

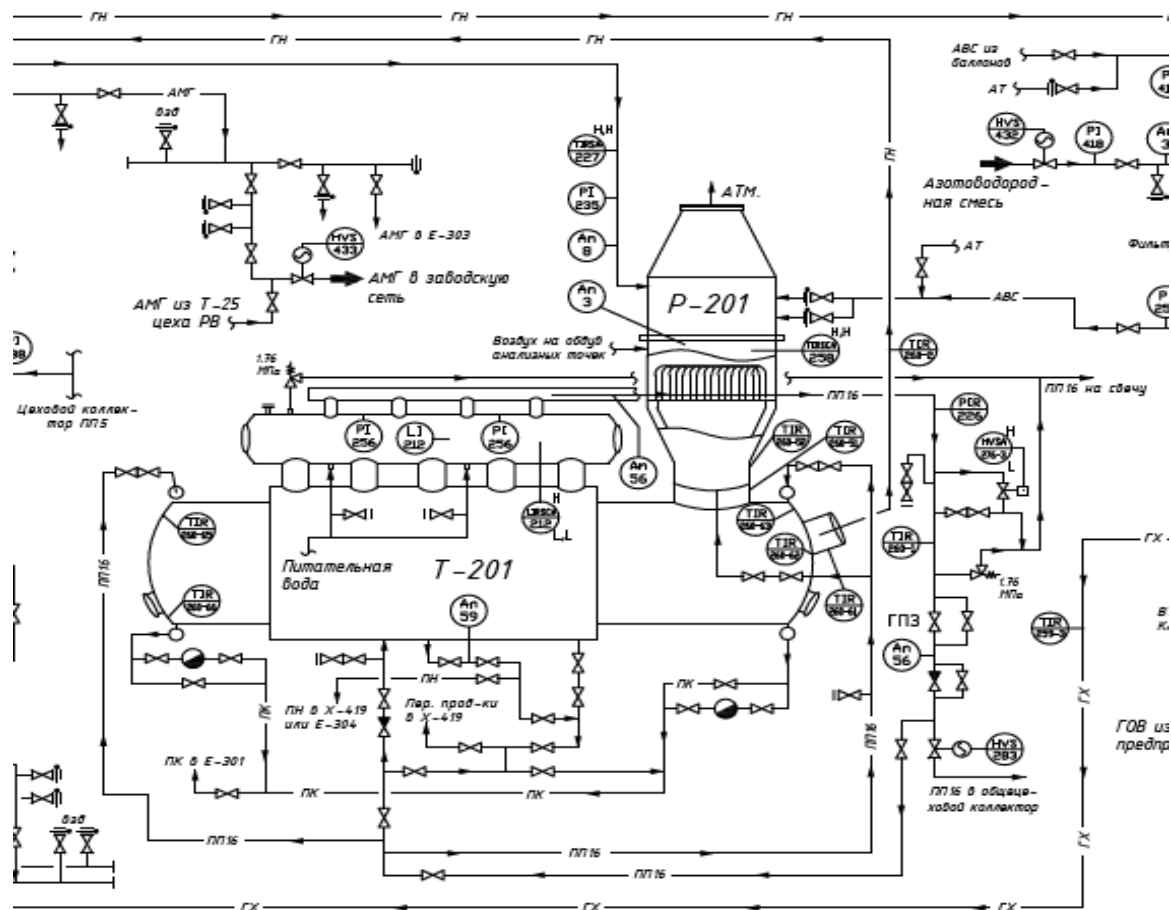


Рисунок 2.1. Функціональна схема технологічного процесу

## **РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ РЕАКТОРА І САР СПІВВІДНОШЕННЯ АМІАКУ ТА ПОВІТРЯ З ОДНИМ РЕГУЛЯТОРОМ**

### **3.1 Розробка математичної моделі газового реактора окислення аміаку у виробництві неконцентрованої азотної кислоти**

Вивчення процесів перенесення привело до подальшого, більш чіткого розуміння багатьох фундаментальних аспектів явищ. За минулий час вченими отримано детальне пояснення багатьох механізмів руху матеріальних і теплових потоків і їх перенесення як у необмеженому та спокійному зовнішньому середовищі, так і в замкнених об'ємах рідини. Велика увага приділена також більш складним видам перенесення, який об'єднує властивості як зовнішніх, так і внутрішніх процесів. Явища перенесення, котрі виникають у звичайних умовах під дією впливових сил, надзвичайно різноманітні. Вони існують в об'ємах одно- и багатофазних середовищ. Матеріальний чи тепловий об'єм будь-якого масштабу може піддаватися дії впливової сили, яка виникає однократно чи багатократно від багатьох різноманітних видів і суміщення фізичних процесів. Впливова сила може виникнути через різницю густин, температур, механічних напружень електричної чи магнітної сили.

За останні роки в хімічній кінетиці появився новий науковий напрямок, суть якого полягає в комплексному вивченні хімічних процесів у сукупності з фізичними процесами перенесення кількості теплоти, маси та енергії. Процеси, котрі рахувалися в класичній кінетиці збуреннями та викривляли хід хімічної реакції, набули зацікавленість якраз в комбінації з хімічним процесом. Таке суміщення кінетики з теорією дифузії, теплопередачі, гідродинамікою дозволило отримати низку теоретично цінних результатів, розробити нові методи вивчення швидкостей реакцій і підвести науковий фундамент під теорією таких важливих технічних процесів, як спалювання,

розчинення, основні процеси хімічної технології тощо. Класична хімічна кінетика вивчає протікання хімічної реакції в ідеалізованих умовах: за сталою — як в часі, так і в просторі — температурі й сталих в просторі концентраціях речовин. Задачею макроскопічної кінетики є вивчення хімічних реакцій у реальних умовах її макроскопічного протікання в природі або в техніці, тобто з врахуванням сторонніх фізичних процесів, котрі накладуються на основний хімічний процес. Найважливішими з цих фізичних процесів є дифузія початкових речовин і продуктів реакції, а також виділення та розповсюдження тепла. На такі процеси сильно впливає характер руху матеріальних чи теплових потоків, котрі приводять до конвективного перенесення кількості маси, енергії (наприклад, теплової) та руху. Таким чином, конкретним вмістом макроскопічної кінетики є вивчення ролі дифузії, теплопередачі та конвекції (тобто руху матеріальних чи енергетичних потоків) на протікання хімічних реакцій. Дослідження таких складних процесів, у котрих поряд з хімічними перетвореннями відіграє також роль перенесення кількості маси, енергії чи руху, має надзвичайно велике значення. На базі макроскопічної кінетики будуються наступні напрямки науки: теорія горіння, теорія процесів розчинення, теорія каталітичних процесів хімічної технології та багато інших. Вивчення макроскопічної кінетики дозволяє розробляти методи розкриття істинної кінетики та механізму хімічних процесів, безпосереднє дослідження яких ускладнюється факторами перенесення маси, енергії та кількості руху.

Конвекційне перенесення речовини пов'язане з турбулентним рухом газу чи рідини. До основних розділів макроскопічної кінетики можна віднести:

1. Дифузійна кінетика, яка вивчає роль дифузії в протіканні гетерогенних хімічних реакцій для тих випадків, коли впливом теплових факторів можна знехтувати.

2. Теорія горіння, яка вивчає роль передачі тепла в протіканні гомогенних екзотермічних реакцій.

3. Теорія теплового режиму гетерогенних екзотермічних реакцій, яка вивчає найбільш складний випадок, коли одночасно важливі і дифузія, і теплопередача.

Таким чином, макроскопічна кінетика являє собою результат синтезу двох наукових напрямів: хімічної кінетики, з однієї сторони, та теорії процесів дифузії й теплопередачі — з іншої.

Майже всі явища мають загальні риси і вони дещо відрізняються від процесів перенесення, які обумовлені звичайними видами прикладання сили, типу вимушеного руху. Характерною відмінністю є те, що заздалегідь дуже мало відомо про результуючий напрямок руху, який виникає під дією виникаючої тої чи іншої сили. Поля напрямку руху маси, енергії чи кількості руху завжди тісно пов'язані поміж собою і їх необхідно розглядати сумісно, а сам напрямок руху є порівнянно незначним. Це значить, що швидкості достатньо малі, а інерційні течії прилягають до поверхні, котрі рівномірно розсіюють потік маси, енергії чи кількості руху.. Існує багато різних сил, як різниця густин при перенесенні кількості маси речовини, різниця температур при перенесенні кількості тепла та маси, різниця потенціалів при перенесенні кількості електричної та магнітної енергії, різниця зусиль при перенесенні механічної енергії, котрі викликають рух відповідних потоків. Рух матеріального чи енергетичного потоку може бути також до деякого ступеня фіксованим у просторі через наявність стійкої поверхні розділу фаз, наприклад поверхні розділу між повітрям і рідиною. Рух, який викликаний енергетичною чи матеріальною силою, спочатку в малому масштабі є ламінарним. Але зі значним збільшенням цих сил рух неминуче стає турбулентним. Характеристики ламінарного та турбулентного перенесення в потоках, викликаних відповідною силою, так саме, як і у вимушених потоках в гідромеханіці, сильно відрізняються один від одного. У багатьох процесах присутні видимі поверхні розділу фаз. У техніці вони створюються на рідинних плівках, краплинах у парах і газах на пухирцях у капельних рідинах тощо. Вони виникають також у багатьох випадках у вигляді поверхні розділу

між сталою та рухомою зонами при масо - і теплоперенесенні, між реагуючими поверхнями чи об'ємами, між силою струму та електричним полем, між електричним та електромагнітним полем, між випромінювачами та випроміненою енергією та багато інших випадках. Рух у присутності поверхні розділу ускладнюється перетвореннями маси, енергії чи руху. Навіть в однофазній рідині у зв'язку з швидкими змінами густини у вертикальному напрямку виникають хвилеподібні рухи. Навіть в обмежених рамках ламінарних течій, які викликані тільки перенесенням тепла, виконані значні дослідження важливих додаткових ефектів на границі явищ перенесення. Так, наприклад, умови, котрі накладені на температуру поверхні, занурену в спокійне навколишнє середовище, і саме середовище, відрізняються іноді настільки, що в області дифузійної передачі тепла в'язкість і теплопровідність рідини помітно змінюються. Таким чином, можна з високою вірогідністю говорити про те, що явища перенесення маси, енергії та кількості руху вивчені не повністю, багато практичних питань щодо процесів їх перенесення в теплоенергетиці, хімічній технології, системах контролю та діагностики, системах оптимального управління залишаються ще не вивченими. Особливо це стосується енерго та ресурсозберігаючих технологій, котрі побудовані, як правило, на дослідженні процесів явищ перенесення маси, енергії та кількості руху.

Температура у реакторі стабілізується за рахунок зміни витрат газоподібного аміаку та технологічного повітря, які подаються по трубопроводам у апарат.

Вихідні параметри підлягають постійному контролю, а інформація про них реєструється в трендах ЕОМ АСКТП.

Трубопровід відноситься до інерційних об'єктів, вихідними параметрами якого є тиск після регулюючого органа, а вхідними - витрата матеріального потоку.