

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Київський національний університет будівництва і архітектури

ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЯ ХІМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

Методичні вказівки
до виконання практичних занять для здобувачів
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
спеціальності G1 «Хімічні технології та інженерія»
за ОПП «Новітні технології сучасних стінових
та оздоблювальних матеріалів»

Київ 2025

УДК 624.04:697.11

Е61

Укладачі : О.В. Ластівка, канд. техн. наук, доцент;
О.Ю. Бердник, канд. техн. наук, доцент

Рецензент О.П. Константиновський, канд. техн. наук, доцент

*Затверджено на засіданні кафедри технології будівельних
конструкцій і виробів, протокол № 10 від 06 грудня 2024 року.*

В авторській редакції.

Енерготехнологія хіміко-технологічних процесів : методичні
Е61 вказівки до виконання практичних занять /уклад. : О.В. Ластівка,
О.Ю. Бердник. – Київ : КНУБА, 2024. – 20 с.

Розглянуто основні положення формування принципів та
технологічних схем виробництв загальної хімічної технології.

Призначено для здобувачів першого (бакалаврського) рівня
вищої освіти спеціальності G1 «Хімічні технології та інженерія» за
ОПП «Новітні технології сучасних стінових та оздоблювальних
матеріалів».

Загальні положення

Згідно з робочою програмою курсу «Енерготехнологія хіміко-технологічних процесів» здобувачі розв'язують технологічні задачі на практичних заняттях та самостійно.

Мета практичних занять – стимулювання здобувачів до самостійного осмислення теоретичного і фактичного матеріалу, виконання навчально-розрахункових завдань, формування вмінь і навичок пошуку та аналізу інформації з програмного матеріалу і творчого, продуктивного рішення і обґрунтування рішень, наближених до реальних фахових ситуацій.

Завдання даних методичних вказівок – навчити здобувачів методиці побудови хіміко-технологічного процесу.

Для побудови хіміко-технологічного процесу кожен здобувач отримує завдання згідно з вихідними даними або завданням, які видає викладач за варіантами.

Аналогічні завдання розглядають разом з викладачем на практичних заняттях, задачі відповідно з варіантами здобувачі розв'язують самостійно.

Закінчену роботу здобувачі оформляють згідно з вимогами даних методичних вказівок і подають до захисту.

Здобувач, який не захистив роботу, до складання заліку не допускається.

1. Основні компоненти хіміко-технологічних процесів

Графічне відображення хіміко-технологічного процесу – це технічний ланцюг. Його окремими ланками є технічні засоби і операції, які спрямовані на те, щоб з вихідної сировини отримати ті чи інші цільові продукти таким чином, щоб споживчі властивості цих продуктів щоразу гарантовано відтворювалися в повному обсязі. Головна операція, яку хіміки-технологи роблять з сировиною, – обробляють її іншими, наперед приготованими речовинами – реагентами. Для цього і сировину, і реагенти завантажують в особливі апарати – хімічні реактори і створюють умови для перебігу потрібних хімічних реакцій. Однак головна операція – це ще не повний хіміко-технологічний процес. І зобразити такий процес у вигляді умовного контуру хімічного реактора,

до якого підводиться сировина і реагенти, а вивантажується готовий продукт, зовсім недостатньо. Недостатньо тому, що в процесі хімічного перетворення сировини на цільові продукти діють чинники фізичного і хімічного характеру.

- Сировина, як природна, так і техногенна (отримана виробничим шляхом), завжди має недостатній ступінь чистоти, тобто містить речовини-домішки. Домішки також вступають у хімічні взаємодії, в результаті виникає потреба відокремлювати цільові продукти від домішок, привнесених з сировиною і новоутворених домішок.

- Вихідні реагенти, якими обробляють сировину, теж можуть містити домішки. В хімічній технології доводиться обирати між витратами на очищення сировини, реагентів і витратами на очищення кінцевих продуктів.

- Сировина постачається на переробні підприємства з гірничих підприємств у певному стані (розмір твердих частинок, концентрація розчину тощо). Це не завжди відповідає умовам переробного хімічного підприємства, і тому сировину треба попередньо підготувати до переділу (розмолоти, розчинити, нагріти і таке інше).

- Реагенти постачаються на хімічні підприємства у максимально концентрованому стані. Таким чином заощаджуються витрати на транспортування, перевантаження, зберігання. Перед подачею до реактора реагенти мають бути підготовлені до умов синтезу (розмелені, розведені, нагріті, охолоджені, стиснуті тощо).

- Під час хімічного синтезу цільових продуктів основні хімічні реакції в умовах промислових виробництв ніколи не перебігають в повній мірі. Тому у складі кінцевої реагентної маси, окрім новоутворених цільових продуктів, завжди залишаються непрореаговані вихідні речовини, до того ж їх частка збільшується, якщо цільова хімічна реакція є зворотною. Цільові продукти треба відокремлювати від домішок і непрореагованих вхідних речовин.

- Крім цільових продуктів, утворюються нецільові, особливо в разі перебігу паралельних і послідовних хімічних процесів. Нецільові продукти забруднюють цільові, і їх треба відокремлювати.

- Цільовий продукт (для даного виробництва), очищений від домішок і нецільових продуктів, – це ще не товар, який виробляє дане виробництво. Як правило, такий цільовий продукт додатково обробляється (розводиться, розмелюється, гранулюється, висушується

тощо). Крім того, після фінішної обробки цільовий продукт розфасовується у відповідну тару, тара маркується і вже в такому вигляді кінцевий продукт набуває ознак товару, який виробляється хімічною промисловістю.

Відповідно до переліку основних умов, яких необхідно дотримуватися для перетворення сировини у цільові продукти, наведемо визначення основних учасників хіміко-технологічного процесу. Під терміном «хіміко-технологічний процес» розуміємо сукупність фізичних, хімічних і фізико-хімічних операцій, які виконуються з метою перетворення сировини на цільові продукти.

Сировина – речовини природного або техногенного походження, які використовуються в хіміко-технологічному процесі для виробництва цільових продуктів і підлягають та піддаються обробці. Власне сировина і сама може бути продукцією, яку виробляє гірничо-видобувна галузь і постачає переробним галузям народного господарства.

Реагенти – речовини доцільного ступеня чистоти, отримані переважно штучним шляхом, за допомогою яких здійснюється переробка сировини у цільові продукти або знешкоджуються шкідливі викиди.

Матеріали – додаткові речовини або вироби з них, які забезпечують перебіг хіміко-технологічних процесів належним чином, але до складу продуктів не входять (теплоносії, хладоагенти, оливи та мастила, каталізатори, фільтрувальні вироби тощо).

Цільовий продукт – речовина або виріб з неї, яка має певні споживацькі властивості, очікуваний і щоразу відтворюваний результат хіміко-технологічного процесу (тобто дії реагентів на сировину в промислових умовах). Цільовий продукт – мета хіміко-технологічного процесу.

Напівпродукт – сировина, що оброблюється на одній або кількох стадіях хіміко-технологічного процесу, але ще не має повних ознак цільового продукту.

Додатковий або супутній продукт – речовина, яка природно утворюється під час перебігу хімічної реакції водночас з цільовим продуктом, але природно не зменшує його кількість. Додатковий продукт не є метою хіміко-технологічного процесу, але його утворення уникнути неможливо через те, що його джерелом є сама цільова реакція.

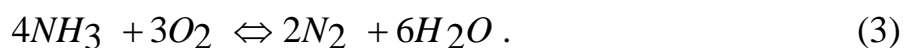
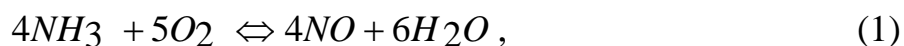
Наприклад, для хімічної реакції випалення вапняку ($CaCO_3$)



одну з двох речовин, CaO або CO_2 можна вважати цільовим продуктом, а другу – додатковим.

Побічний продукт – речовина, яка природно утворюється під час перебігу хімічної реакції водночас з цільовим продуктом і природно може зменшувати його кількість. Побічний продукт не є метою хіміко-технологічного процесу, його джерелом є паралельні, побічні, вторинні взаємодії, уникнути утворення таких продуктів практично неможливо, проте саме на зменшення його кількості і спрямовують хіміко-технологічний процес. Джерелами побічних продуктів є паралельні, послідовні хімічні реакції, а також реакції із домішками.

Добрим прикладом утворення побічних продуктів є стадія окиснення аміаку в виробництві нітратної кислоти:



Для наведеної групи реакцій, які перебігають паралельно, аміак є сировиною (формально – напівпродуктом, який отримують в цеху синтезу аміаку), кисень (носій – повітря) є реагентом, нітрогену оксид (IV) – цільовий продукт (і водночас – напівпродукт по відношенню до нітратної кислоти), вода – супутній (додатковий продукт), нітрогену оксид (II) та молекулярний нітроген – побічні продукти. Відповідно, хімічна реакція (1) є цільовою і бажаною, а реакції (2) та (3) – нецільові і небажані.

Відходи – залишки сировини, реагентів, матеріалів, а також нецільових продуктів, які утворюються в процесі виробництва і не

використовуються за місцем утворення. Зрозуміло, що відходи можуть бути згаданою вище сировиною техногенного походження для інших виробництв.

Отже, про складані технологічної схеми хімічного виробництва проєктанту треба проявити і технічну фантазію, і творчу уяву, і зобразити весь шлях від сировини до продуктів, з урахуванням приблизно такої структури хіміко-технологічного процесу (див. рис. 1).



Рис. 1. Узагальнена структура хіміко-технологічних процесів

Зображення, наведене на рис. 1, саме структура і саме узагальнена, демонструє, що бажано відобразити на технологічній схемі, проте до самої схеми, учбової, а тим більше реальної, від цієї структури ще далеко. Однак як така графічна структура може (особливо на етапі навчання) вважатися певним шаблоном, по якому ведеться розробка технологічних схем хімічних виробництв?

Такий шаблон враховує наступні стадії хіміко-технологічного процесу переробки сировини у продукти за допомогою реагентів:

- Підготовку вихідної сировини до технологічної переробки за допомогою реагентів, включно до дозованого завантаження в основний реактор. Це відбувається за допомогою процесів подрібнення, розмелення, розчинення, розведення, випаровування, нагрівання, охолодження тощо.
- Підготовку реагентів до переробки сировини, включно до дозованого завантаження в основний реактор. Як і у випадку з сировиною, це відбувається за допомогою процесів подрібнення, розмелення, розчинення, розведення, випаровування, нагрівання, охолодження тощо.
- Синтез продуктів в основному реакторі включно до їх вивантаження.
- Відокремлення цільового продукту від нецільових продуктів (в разі їх утворення), від непрореагованих вихідних речовин та інших домішок. Для цього використовують процеси фільтрації, центрифугування, випаровування, відгонки, екстракції, ректифікації, кристалізації, сушіння тощо.
- Виділення цільового продукту в вигляді індивідуальної речовини з необхідними споживчими властивостями. Мається на увазі фінішна підготовка вже виділеного цільового продукту – сушіння, грануляція, розведення або випаровування тощо.
- Надання після фінішної підготовки цільовому продукту товарних ознак (фасування, маркування тощо).

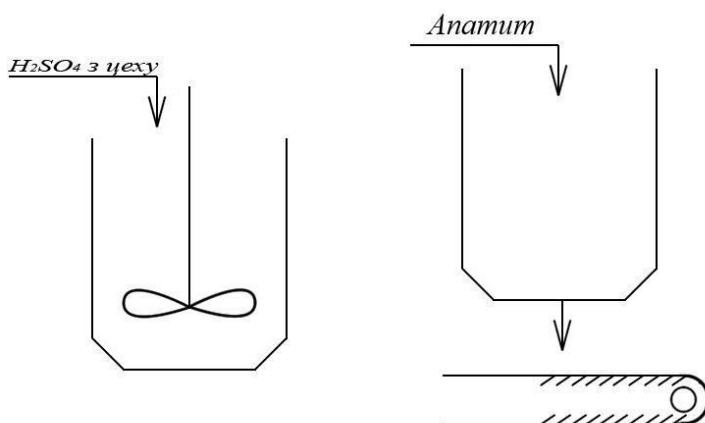
Щодо останніх двох стадій треба зауважити, що на більшості технологічних схем їх поєднують або процеси фасування взагалі не зображують, особливо у навчальній літературі.

Перераховані стадії під час складання технологічної схеми бажано відобразити якнайповніше, проте так може бути і не завжди. Це залежить від того, з якою метою складається технологічна схема. Для технологічно регламенту реального хімічного виробництва кількість об'єктів на схемі буде максимально доцільною (навіть декілька сотень на багатьох аркушах формату А1), а для підручника з курсу хімічної технології суттєво меншою, такою, щоб студент міг її ефективно сприйняти, а не «затонув» серед кількох сотень умовних зображень допоміжних апаратів і ліній трубопроводів та не розпилював на них свою увагу.

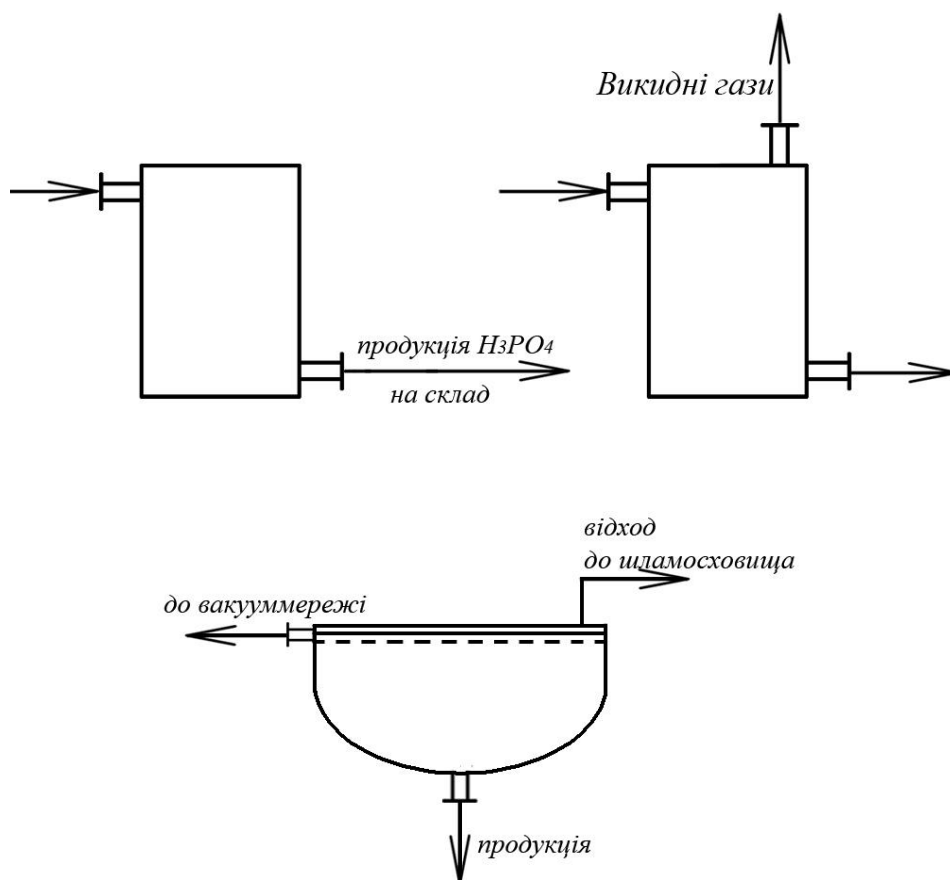
2. Особливості складання технологічних схем ХТП

На технологічних схемах мають бути показані:

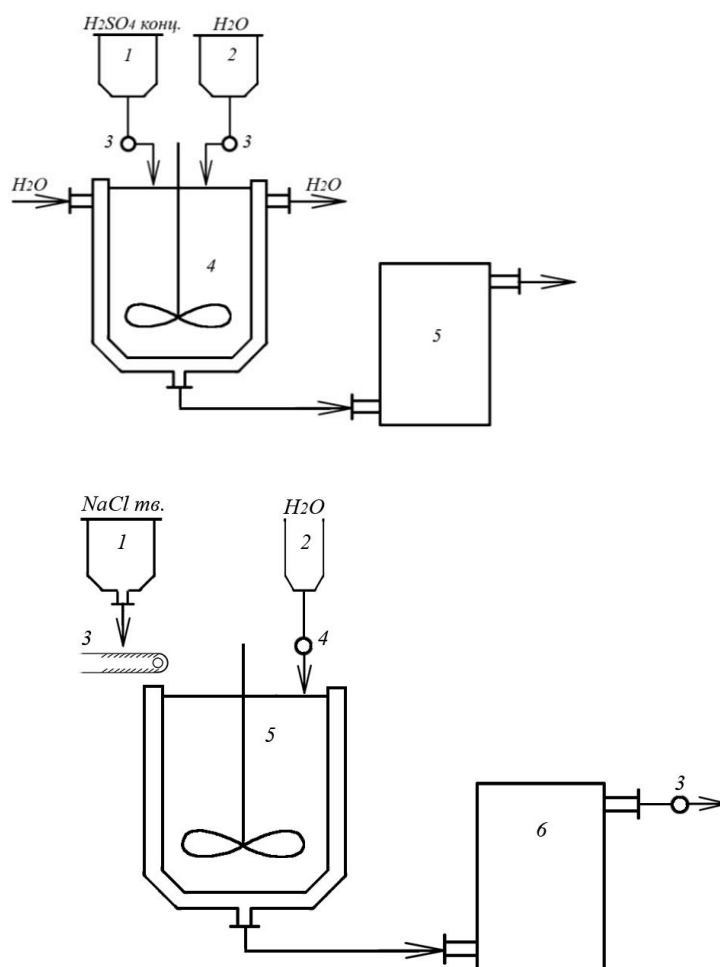
2.1. Вхідні потоки всіх основних та допоміжних речовин (сировина, реагенти, допоміжні матеріали). Якщо якась речовина подається з іншого підрозділу даного виробництва, то це бажано вказати в явному вигляді



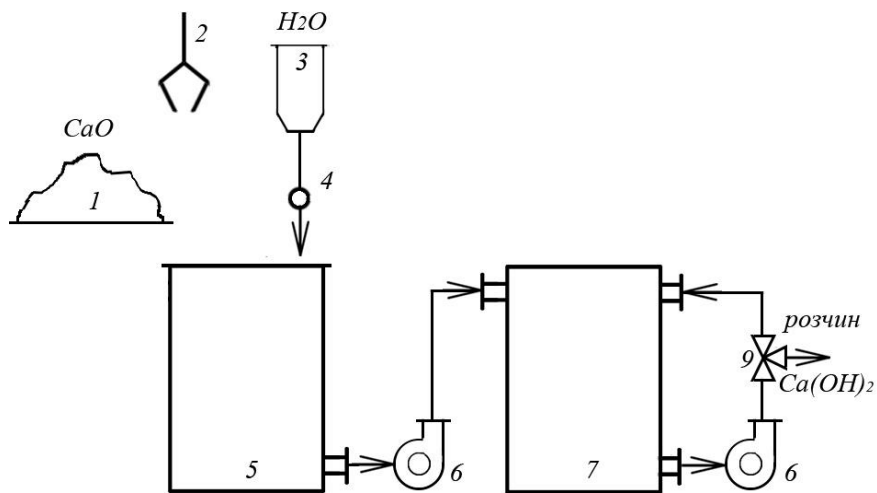
2.2. Вихідні потоки всіх учасників процесу: продуктів процесу, відходів та ін.



2.3. Розчини готують шляхом перемішування твердої речовини з рідинами або концентрованих розчинів з рідинами. Тверді і концентровані речовини зберігають на складах. В схемі бажано показувати стадію приготування розчинів. Після приготування розчинів (як правило, в апараті-змішувачі) бажано передбачити бак-накопичувач для їх проміжного зберігання. Таким чином у виробництві забезпечують наявність певного запасу готових вихідних речовин. Якщо в результаті приготування утворюються не справжні розчини, а суспензії, то для підтримки суспензії в стабільному завислому стані в баку-накопичувачі доцільно передбачити постійне або періодичне перемішування.



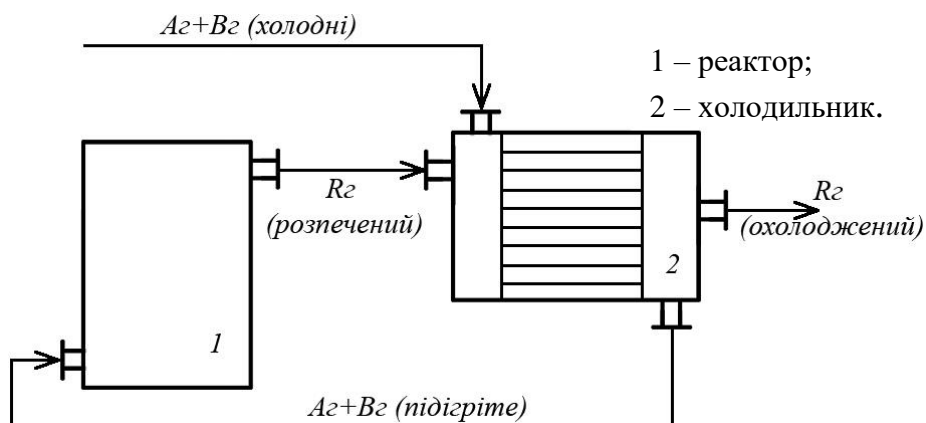
- 1 – ємність з концентрованою речовиною;
- 2 – ємність з розчинником; 3 – стрічковий дозатор;
- 4 – насос-дозатор;
- 5 – бак-перемішувач;
- 6 – бак-накопичувач



- 1 – негашене вапно на складі;
- 2 – грейферний кран;
- 3 – ємність з водою;
- 4 – насос-дозатор;
- 5 – яма для гасіння вапна;
- 6 – насос для перекачування вапняного молока $\text{Ca}(\text{OH})_2$;
- 7 – бак-накопичувач;
- 8 – насос, що працює в циркуляційному контурі;
- 9 – багатоходовий вентиль

2.4. Якщо потрібно, для готових розчинів передбачають додаткову фільтрацію.

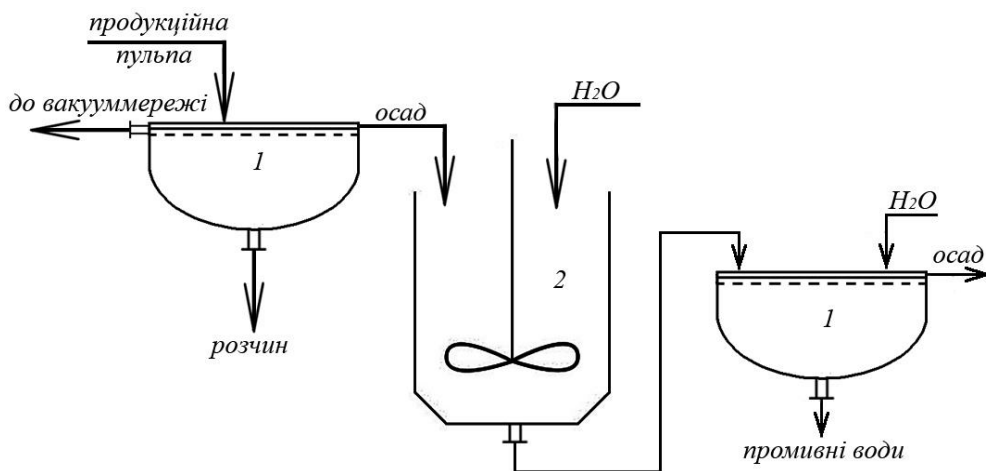
2.5. Печі. Дуже часто на технологічних схемах не зображують додаткове топкове відділення. Холодні вихідні гази, які подають в печі, як правило, треба нагрівати за допомогою розпечених газів – продуктів згорання (рекуперація та регенерація).



2.6. Якщо технологічна схема є циклічною, то її треба розглядати не спочатку (тобто таку, яка вперше запускається), а як вже працюючу, і починати з пошуку циклу.

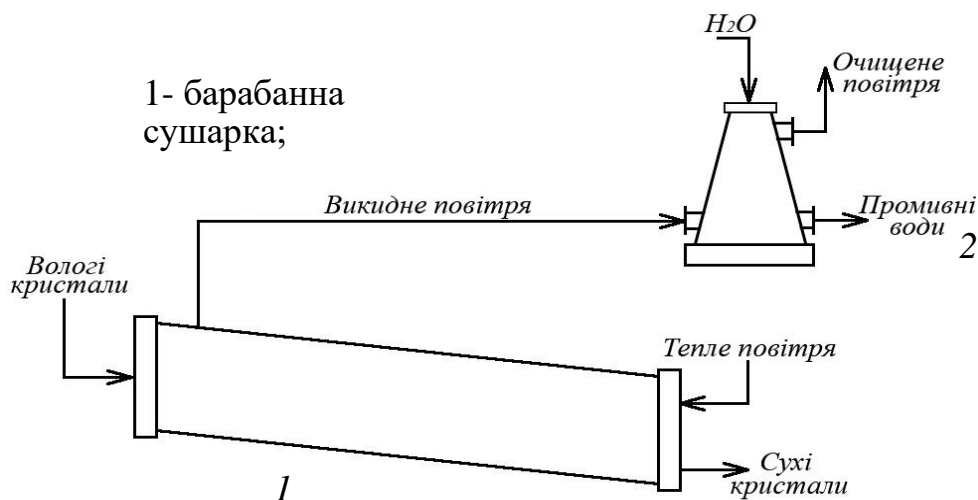
2.7. Якщо реакція є каталітичною і каталізатором виступає тверда речовина, то такий каталізатор є дуже чутливим до хімічних домішок – каталітичних отрут. В схемах, в яких передбачається використання твердого каталізатора або каталізатора на основі благородних металів, обов'язково має бути передбачена багатостадійна система очищення вихідних речовин – щоб на каталізатор не потрапляли домішки (пил, інші тверді речовини та ін.).

2.8. В технічних схемах бажано уникати поруч взаємовиключних операцій: розведення/концентрація, нагрівання/охолодження і т.п. Певним виключенням є операції промивання продуктів-осадів шляхом репульпації. В цьому разі використовуються декілька разів операції фільтрації – утворення пульпи – фільтрації.



1 – вакуумний фільтр;
2 – бак-репульпатор

2.9. Якщо речовини-продукти висушуються за допомогою руху теплого повітря через сушарку, то можливе захоплення дрібних частинок цих речовин за допомогою повітря. В такому випадку треба передбачити після сушарки додаткове санітарне очищення викидних газів: промивні башти, циклони, скрубери тощо.



Наведені елементи технологічних схем є стандартними і можуть в тому чи іншому вигляді бути використані в будь-яких технологічних схемах.

Зразок оформлення схеми хіміко-технологічного процесу наведено в дод. 1.

3. Структура завдання

- 3.1. Відповідно до варіанта скласти хімічну схему відділення виробництва.
- 3.2. Навести основні фактори, що впливають на процес та регламент роботи відділення виробництва.
- 3.3. Скласти принципову схему відділення виробництва.
- 3.4. В принциповій схемі передбачити елементи екологічної безпеки, такі як знешкодження або утилізація викидів.
- 3.5. Відповідно до розробленої принципової схеми запропонувати реконструкцію технологічної схеми відділення виробництва.
- 3.6. В технологічній схемі відділення передбачити використання енерготехнологічних елементів (регенераторів, котлів утилізаторів, системи «мотор-насос-турбіна»).

Висновки.

Список використаних джерел.

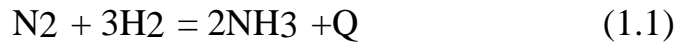
4. Варіанти завдань для самостійної роботи

1. Виробництво сульфатної кислоти контактним методом. Відділення випалу колчедану.
2. Виробництво сульфатної кислоти контактним методом. Абсорбційне відділення.

3. Виробництво сульфатної кислоти циклічним методом.
4. Виробництво аміаку. Каталітична конверсія метану водяною паром.
5. Виробництво аміаку. Конверсія CO.
6. Виробництво аміаку. Відділення моноетаноламінового очищення CO₂.
7. Виробництво аміаку. Відділення каталітичного гідрування.
8. Виробництво аміаку. Синтез аміаку.
9. Виробництво розбавленої нітратної кислоти. Відділення каталітичного окиснення аміаку.
10. Виробництво розбавленої нітратної кислоти. Відділення окиснення оксиду азоту.
11. Виробництво розбавленої нітратної кислоти. Абсорбція нітрозних газів водою.
12. Прямий синтез концентрованої нітратної кислоти із N₂O₄.
13. Концентрування нітратної кислоти водовіднімаючими агентами (концентрована сульфатна кислота).
14. Концентрування нітратної кислоти розчинами нітратів магнію.
15. Виробництво простого суперфосфату.
16. Виробництво подвійного суперфосфату.
17. Виробництво амонійної селітри.
18. Виробництво карбаміду.
19. Виробництво кальцинованої соди аміачним способом. Відділення очищення та амонізації розсолу.
20. Виробництво кальцинованої соди аміачним способом. Відділення карбонізації.
21. Виробництво кальцинованої соди аміачним способом. Відділення регенерації фільтраційної рідини.
22. Виробництво кальцинованої соди аміачним способом. Відділення гасіння вапна.
23. Виробництво абсорбційної хлоридної кислоти.
24. Відділення перероблення прямого коксового газу.
25. Відділення отримання технологічного газу для синтезу метанолу.
26. Синтез метанолу з CO та H₂.
27. Виробництво формальдегіду.
28. Виробництво етанолу каталітичною гідратацією етилену в паровій фазі.

Виробництво аміаку. Синтез аміаку

1. Хімічна схема



Ця реакція є оборотною, екзотермічною та відбувається із зменшенням газового об'єму. Згідно із принципом Ле-Шательє, рівновага реакції зсувається праворуч із підвищенням тиску та зниженням температури.

2. Характеристика та основні параметри процесу [1]:

- Температура процесу 320 – 380 °С.
- Тиск 30 – 32 МПа.
- Каталізатор – промотоване залізо. Склад каталізатора:
FeO – 31%, Fe₂O₃ – 62%, Al₂O₃ – 1,7%, K₂O – 1,1%, CaO – 2,5%, SiO₂ – 0,03% .

3. Принципова схема (див. рис. 2):

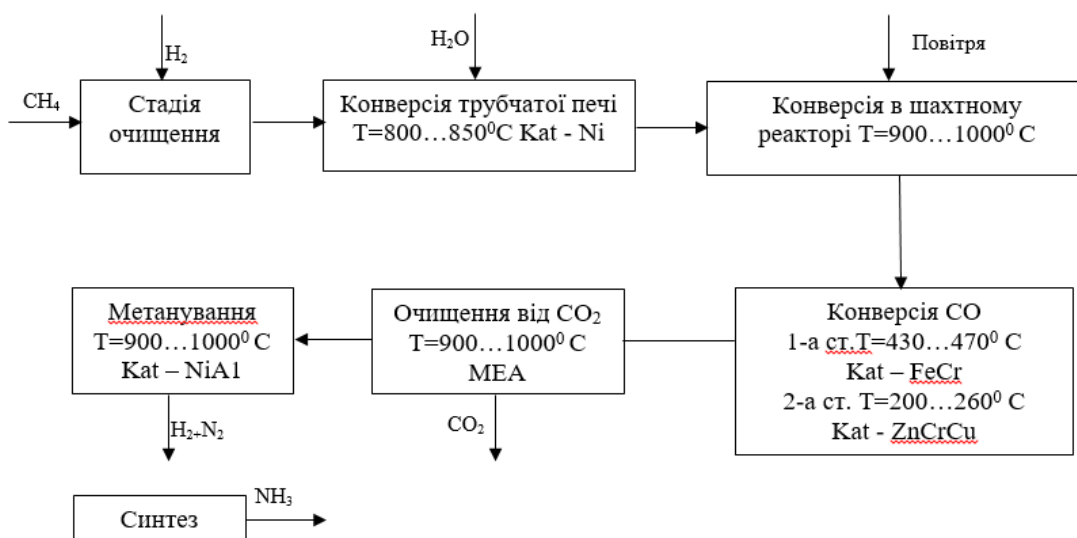
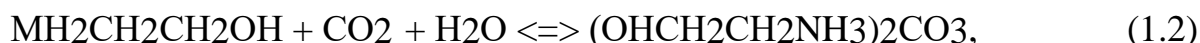


Рис. 2. Принципова схема синтезу аміаку

4. Екологія виробництва – очищення відхідного газу від CO та CO₂

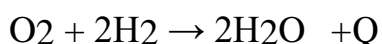
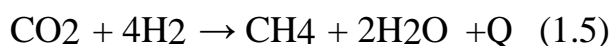
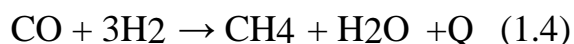
У промисловості здебільшого застосовують очищення рідкими сорбентами, яке є типовим абсорбційно-десорбційним процесом.

Очищення від CO₂ рідкими сорбентами здійснюють або водними розчинами моноетаноламіну (ОНСН₂СН₂НН₂), або гарячим розчином поташу (К₂СО₃). Моноетаноламіноводне очищення відбувається за такими реакціями [2]:



На практиці зазвичай використовують **20%**-й водний розчин моноетаноламіну, який характеризується високою поглинальною здатністю щодо **CO₂**. Якщо очищення здійснюють за атмосферного тиску, то ступінь карбонізації (насичення **CO₂**) моноетаноламіну не перевищує **50%**, а за тиску **25.30МПа** досягає **75%**. Відпрацьовані розчини регенерують нагріванням, за якого реакція **(1.3)** відбувається у зворотному напрямку, і регенований розчин повертають у процес. Віддтий концентрований вуглецю (IV) оксид може використовуватися у суміжних виробництвах, наприклад, сечовини. Вміст **CO₂** в азотоводневій суміші після очищення не перевищує **0,1%**. Після цього газ надходить на очищення від вуглецю (II) оксиду.

Очищення від **CO** здійснюють промиванням газу рідким азотом і метануванням. У рідкому азоті конденсуються і розчиняються вуглецю (II) оксид, метан, аргон, кисень, залишки вуглецю (IV) оксиду. Після такого очищення вміст **CO** у газі не перевищує **0,002%**. Наступне тонке очищення газу від вуглецю оксидів (**CO** та **CO₂**) здійснюють метануванням, яке полягає в каталітичному гідруванні вуглецю оксидів, що описується реакціями:



Гідрування відбувається за температури $\sim 300^{\circ}\text{C}$ і тиску $\sim 28\text{МПа}$ на відновленому таблетованому нікель-алюмінієвому каталізаторі.

5. Опис основного апарату – контактний апарат

Циліндричний апарат, діаметром 2,5 м заввишки 30 м. Холодний газ надходить у нижню частину колони та рухається вгору між корпусом колони 1 і корпусом каталізаторної коробки 2. У верхній частині реактора холодний газ проходить міжтрубним простором теплообмінника 4, у якому нагрівається до 400°C внаслідок теплоти конвертування газів, які виходять із колони синтезу трубами теплообмінника 4. Підігрітий газ послідовно проходить чотири шари каталізатора 6, 7, 8, 9 і надходить у центральну трубу 10, з якої потрапляє у теплообмінник 4. При цьому газ охолоджується приблизно до 330°C . Оскільки реакція синтезу аміаку є екзотермічною, то на каталітичних полицях газ сильно нагрівається (особливо на перших) і температура процесу суттєво відрізняється від оптимальної. Температурний режим каталізу регулюють подачу байпасного холодного синтез-газу (патрубок 5) у кожен шар каталізатора [3].

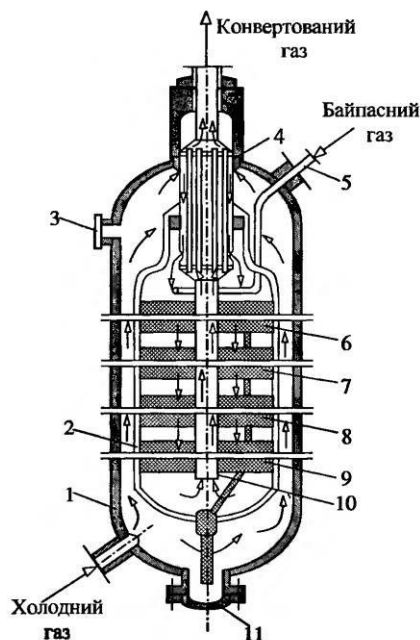


Рис. 3. Чотириполичкова колони синтезу аміаку:

- 1 – корпус колони; 2 – корпус каталізаторної коробки; 3 – аварійний люк;
- 4 – трубчастий теплообмінник; 5 – патрубок для введення байпасного газу; 6,7,8,9 – полиці з каталізатором; 10 – центральна труба; 11 – люк для вивантаження каталізатора

6. Енерготехнологічна схема

Одна з можливих схем утилізації теплоти хімічної реакції синтезу аміаку, що виділяється в колоні синтезу 1, за допомогою котла-утилізатора 2 і виносного теплообмінника 3. Використання представленої схеми дозволяє отримувати на 1 т аміаку (≈ 50 т/год) $\approx 0,9$ т пара з тиском 4 МПа, температурою ≈ 380 °С, який використовується для роботи компресора [4].

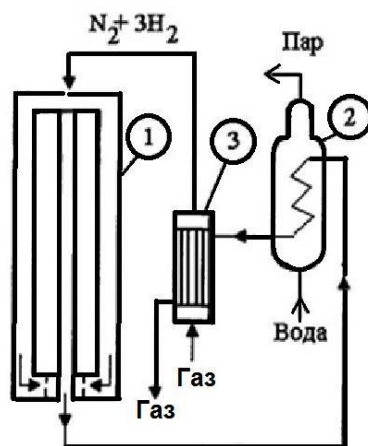


Рис. 4. Схема утилізації теплоти хімічної реакції синтезу NH_3 :

1 – колона (реактор) синтезу; 2 – котел-утилізатор; 3 – теплообмінник

Висновки

В реакції синтезу аміаку на залізному каталізаторі кисень та його сполуки (H_2O , CO , CO_2) отруюють Fe зворотно. У цьому випадку дія свіжої, ретельно очищеної суміші $\text{H}_2 + \text{N}_2$ витісняє контактні отрути з активних центрів і знімає отруєння. Ця властивість робить використання катазітора – промотоване залізо, зручним та ефективним у даному процесі. Порівняно з використанням платинового, де у разі контакту з оксидом карбону (II) він адсорбується платиною навіть при високих температурах. Внаслідок чого йде отруєння платинового каталізатора і, як наслідок, погіршення його робочих властивостей, що може зменшити ефективність процесу в цілому.

Список використаної літератури

1. Яворський В.Т. Загальна хімічна технологія : підручник / В.Т. Яворський, Т.В. Перекупко, З.О. Знак, Л.В. Савчук. – 2-ге вид. – Львів : Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2009. – 401 – 410 с.
2. Крашенніков С.А. Технологія кальцинованої соди і очищеного бікарбонату натрію : навч. посіб. для середніх ПТУ. – 3-тє вид. – М.: Вища школа, 1985. – 79 – 115 с.
3. Позін М.Е. «Розрахунки по технології неорганічних речовин». – Л.: «Хімія», 1977. – 414 – 415 с.

Навчально-методичне видання

ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЯ ХІМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

Методичні вказівки
до виконання практичних занять для здобувачів
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
спеціальності G1 «Хімічні технології та інженерія»
за ОПП «Новітні технології сучасних стінових
та оздоблювальних матеріалів»

Укладачі : **Ластівка** Олесь Васильович,
Бердник Оксана Юріївна

Випусковий редактор *Л. С. Тавлуй*
Комп'ютерне верстання *К. А. Мавроді*

Підписано до друку 27.02.2025. Формат 60 x 84_{1/16}
Ум. друк. арк. 1,16. Обл.-вид. арк. 1,25.
Електронний документ. Вид. № 6/III-25

Видавець і виготовлювач:
Київський національний університет будівництва і архітектури
Проспект Повітряних Сил, 31, Київ, Україна, 03037

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів
видавничої справи ДК № 808 від 13.02.2002

ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЯ ХІМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

Методичні вказівки
до виконання практичних занять для здобувачів
спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія»
за ОПП «Новітні технології та дизайн сучасних стінових та
оздоблювальних матеріалів»

Всі цитати, цифровий
та фактичний матеріал,
бібліографічні відомості
перевірені. Написання
одиниць вимірювання
відповідає стандартам

Підпис (и) автора (ів) _____
«__» _____ 20__ р.

Підпис гаранта ОП «Новітні технології та дизайн сучасних стінових та
оздоблювальних матеріалів» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія»

_____ Артем КОЗИРСЬВ
«__» _____ 20__ р.

Київ 2025