

Модуль №1

«ОСНОВНІ ЗАКОНОМІРНОСТІ ХІМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ»

Лекція № 1. Предмет і зміст курсу «Загальна хімічна технологія».

Завдання, мета та об'єкти вивчення хімічної технології.

Визначення технології як науки. Механічна і хімічна технологія. Поняття хімічної технологія, її об'єкти, мета та завдання. Виникнення і розвиток вітчизняної хімічної технології. Її розвиток на сучасному етапі.

Зв'язок хімічної технології з фундаментальними науками. Класифікація хімічних виробництв. Основні технологічні поняття та визначення. Ієрархічна будова хімічного виробництва.

Визначення технології як науки

Наука, яка вивчає способи і процеси переробки сировини в предмети споживання і засоби виробництва, називається *технологією*.

Слово «технологія» грецького походження (technos – мистецтво, ремесло і logos – вчення, наука) і має дослівний переклад «наука про ремесло».

З сучасної точки зору ми можемо визначити *технологію як науку про способи масового виробництва продукту*. Під поняттям “способи і процеси переробки” розуміють низку послідовних операцій, які виконують з сировиною в різноманітних машинах і апаратах з метою одержання з неї необхідного продукту, що безпосередньо використовується людиною або служить сировиною для одержання інших продуктів чи засобів виробництва.

Технології бувають механічні та хімічні. Механічна технологія вивчає процеси, пов'язані зі зміною форми і фізичних властивостей сировини, що переробляється, головним чином шляхом механічних операцій. Наприклад, виготовлення виробів з деревини - деревообробні технології, виготовлення виробів з металу - машинобудування і т.д. Хімічна технологія вивчає процеси, пов'язані зі зміною складу і хімічних властивостей сировини, що переробляється, за рахунок протікання хімічних реакцій. Виробництва кислот, солей, лугів, добрив, промислових газів, барвників, пластичних мас, штучних і синтетичних волокон, каучуку тощо належать до хімічної технології. У свою чергу в механічній технології застосовуються матеріали (фарби, лаки, змазки тощо) і методи (розчинення, кристалізації, сушіння тощо) хімічної технології. Ґрунтуючись на цьому, можна сформулювати таке визначення:

хімічна технологія – це наука про економічно, екологічно та соціально обґрунтовані способи і процеси переробки сировини із зміною її складу та властивостей на підставі здійснення хімічних і фізико-хімічних перетворень з одержанням продуктів споживання й засобів виробництва.

Хімічна технологія, як наука має:

Предмет вивчення – хімічне виробництво (способи та процеси переробки вихідних речовин в корисні продукти).

Мета вивчення – вивчення загальних закономірностей аналізу і синтезу енерготехнологічних, хіміко-технологічних процесів і створення доцільних способів виробництва продуктів, необхідних людині.

на основі системного підходу при викладанні і освоєнні студентами навчального матеріалу. Вона формує технологічний світогляд фахівців, готує їх до грамотного виконання робіт з розробки технологічних процесів, проектування, експлуатації хімічного обладнання, що неможливо без знання основ теорії хіміко-технологічних процесів і реакторів, принципів раціонального використання сировини та паливно-енергетичних ресурсів в хімічній технології.

Методи дослідження – експериментальний, моделювання та системний аналіз.

Як природнича наука хімічна технологія вивчає матеріальні явища та об'єкти.

Як прикладна наука хімічна технологія вивчає виробництво, тобто те, що створено людиною.

Об'єктом вивчення та результатом дослідження в хімічній технології є хімічне виробництво.

Хімічна технологія інтегрує в собі знання про хімічні перетворення, фізико-хімічні властивості та явища, фізичні явища переносу, знання з математики, механіки, економіки, тощо, та виробляє знання про взаємодію окремих явищ. Головна мета хімії і хімічної технології — виробництво різноманітних речовин і матеріалів з певним комплексом механічних, фізичних, хімічних та біологічних властивостей за допомоги хімічних реакцій. Хімічна технологія вирішує ці питання на основі загальних наукових принципів (табл. 22).

Т а б л и ц я

Наукові принципи хімічного виробництва

| Загальні принципи | Часткові принципи |
|-------------------|--|
| 1. Вибір сировини | Доступність і поширеність у природі (глибина залягання сировини), ступінь розробки промислових методів її вилучення, концентрація сировини (вміст основної речовини і домішок), можливість транспортування |

| | |
|---|--|
| 2. Створення оптимальних умов проведення хімічних реакцій | Збільшення площі поверхні зіткнення (взаємодії) реагентів, наявність каталізатора, підвищення тиску, нагрівання чи охолодження, концентрація реагентів |
| 3. Повне і комплексне використання сировини | Циркуляція, створення суміжних виробництв (з переробки відходів) |
| 4. Принцип конструювання апаратів | Відбір конструкційних матеріалів, теплообмін, утилізація теплоти хімічних реакцій, протитечія і прямотечія реагентів |
| 5. Принцип безперервності | Механізація й автоматизація виробництва |
| 6. Захист довкілля і людини | Автоматизація шкідливих виробництв, герметизація апаратів, утилізація відходів, нейтралізація викидів у атмосферу |

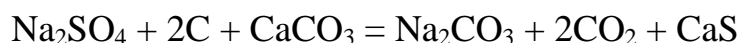
На основі загальних принципів хімічної технології розробляється технологічна схема виробництва того чи іншого продукту.

1.2. Розвиток хімічної технології

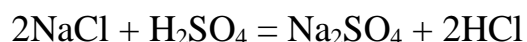
Засади практичної хімії були відомі людству задовго до нашої ери. З глибокої давнини людина використовувала засоби хімічної технології для переробки природної сировини у продукти і предмети споживання. Ще в стародавньому Єгипті були розвинені такі галузі, як виробництво скла, фарбування, обробка коштовних металів, одержання соди, оцтової кислоти.

Протягом багатьох століть хімічні виробництва були відокремленими ручними ремеслами, технологічні особливості яких базувалися переважно на дослідних і випадкових даних. У Київській Русі, як і в інших державах Європи, на той час існували різноманітні промисли: виплавляння кольорових та благородних металів, заліза, вичинювання шкіряних виробів, виробництво пороху, лікарських речовин, скла, кераміки.

Хімічна промисловість в сучасному її стані бере початок від розробки в 1789 році французьким хіміком Лебланом методу отримання синтетичної соди:



Це потребувало активного розвитку виробництва сульфатної кислоти:



Хімічна технологія продовжила активно формуватися в XIX ст., коли бурхливе зростання промисловості викликав великий попит на хімічну продукцію. Цьому сприяло відкриття видатними вченими важливих законів фізики і хімії. У початковий період формування хімічної технології великий внесок в її розвиток зробили російські вчені М.В. Ломоносов, Л.М. Бутлеров, Д.І. Менделєєв та ін. В Україні початки формування хімічної технології припадають на 30-і роки XIX ст., коли розпочинається розвиток фабрично-заводського

виробництва. На заводах у цей час широко запроваджується машинне обладнання. Чільне місце в переробній промисловості зайняла цукрова галузь – у 1848 р. – 192 заводи в Україні. У 1914 році в Російській Імперії нараховувало 241 заводів, у тому числі в Україні – 203.

Розвивається військова, металургійна, машинобудівна, вугільна галузі промисловості. У 1789 р. був збудований ливарний завод у Херсоні, який відливав гармати та ядра для морського флоту. У Миколаєві та Херсоні були споруджені суднобудівні заводи, що випускали військові та торговельні кораблі.

Усі ці підприємства гостро потребували застосування нових продуктів і методів хімічної технології.

Подальший розвиток хімічної технології характеризується глибшим використанням законів фізики, хімії, математики та інших точних наук для вдосконалення хіміко-технологічних процесів.

У середині ХХ сторіччя були зроблені перші реальні кроки до того, щоб точними математичними методами описати перебіг окремих стадій хімічного процесу.

Глибоке проникнення математики в хімічну технологію особливо інтенсивно відбувалося наприкінці ХХ сторіччя і триває сьогодні, чому сприяє бурхливий розвиток вичислювальної техніки, кібернетики, комп'ютеризації. Унаслідок цього хімічна технологія стає точною наукою, саме це є її характерною особливістю нині.

Альфред Нобель

Найвідомішим досягненням А.Нобеля був винахід динаміту, запатентованого 1867 року. Саме виробництво цієї вибухівки стало основою швидкого збагачення підприємця.

Володів понад 90 фабриками в 20 країнах світу, був власником 355 патентів.

27 вересня 1895 р. підписав заповіт, згідно з яким усе своє майно розміром близько 31,5 млн шведських крон призначив на фінансування міжнародної премії. Згідно з його волею, щорічний прибуток від спадщини має ділитися на 5 рівних частин між особами, які попереднього року найбільше прислужилися людству в галузях фізики, хімії, фізіології або медицини, літератури і особливі досягнення перед людством у справі миру (Нобелівська премія).

Класифікація хімічних виробництв

По галузях хімічну технологію історично розділяють на дві групи:

хімічні технології

неорганічні

1) основний неорганічний синтез -
виробництво кислот лугів, солей і

мінеральних добрив;

2) тонкий неорганічний синтез -
виробництво препаратів, реактивів,

лікарських препаратів, рідкісних

металів і т.д. ;

3) металургія -

виробництво чорних і кольорових
металів;

4) силікатні виробництва -

виробництво в'язучих речовин,

кераміки і скла;

5) ядерно-хімічна технологія–
виробництво продуктів та
матеріалів ядерно-хімічного
комплексу.

органічні

1) основний органічний синтез -

2. великотоннажне

виробництво органічних

продуктів(виробництво органічних

продуктів із вуглеводнів);

2) тонкий органічний синтез -

виробництво реактивів, ліків, засобів

захисту рослин і т.д. ;

3) переробка нафти і газів;

4. Нафтохімічний синтез (виробництво
органічних продуктів та
напівпродуктів із продуктів первинної
переробки нафти, газу, оксиду карбону
та водню).

5) переробка рослинної і тваринної
сировини;

6) високомолекулярні технології -

виробництво синтетичного каучуку,
пластмас, хімічних волокон та інших
високомолекулярних сполук;

7) біотехнології -

виробництво кормових дріжджів,

амінокислот, ферментів, антибіотиків

і т.д.

Хімічна промисловість є однією з основних галузей народного господарства. Асортимент продукції, що виробляється хімічною промисловістю, надзвичайно широкий і різноманітний: вона випускає близько 50 тис. найменувань хімічних товарів, найважливішими з яких є добрива, отрутохімікати, кислоти і луги, лаки і фарби, цемент, скло, керамічні вироби, синтетичні волокна, пластичні маси, синтетичний каучук та інші продукти. Величезне значення для народного господарства має хімічна переробка нафти, природного газу, вугілля, деревини та інших видів вуглецевої сировини. Швидке зростання виробництва хімічної промисловості та її проникнення в усі сфери

народного господарства відіграли важливу роль у вирішенні найважливіших соціально-економічних завдань: інтенсифікації сільськогосподарського виробництва, прискоренні науково-технічного прогресу важкої промисловості, розвитку індустріальних методів будівництва, розширенні сировинної бази легкої промисловості і виробництва товарів народного споживання.

Застосування мінеральних добрив є найефективнішим засобом інтенсифікації сільськогосподарського виробництва. Беручи до уваги те, що можливості збільшення посівних площ майже вичерпані, а населення світу безперервно зростає, можна зробити висновок, що для забезпечення людей їжею необхідним є значне підвищення врожайності сільськогосподарських культур. Відомо, що внесення в ґрунт 1 т поживних речовин (К, P_2O_5 , K_2O) у вигляді мінеральних добрив (азотних, фосфорних і калійних) забезпечує приріст урожаю (в тоннах) відповідно: для цукрового буряка – 120...140, 50...55 і 40...50; для картоплі – 100...150, 40...80 і 40...60; для пшениці – 12...15, 7...8 і 3 – 4 тощо. Тому, незважаючи на те, що останніми роками з низки причин виробництво і внесення мінеральних добрив в Україні скоротилося, альтернативи їх застосуванню немає, тому надалі промисловість мінеральних добрив буде посилено розвиватися.

Одна з проблем в сучасній хімічній технології – значне зростання цін на сировину та енергоресурси. Тому дуже важливе завдання – побудова енергоефективних підприємств, реконструкція вже існуючих з метою скорочення видатків.

Значну роль у підвищенні продуктивності сільського господарства відіграють хімічні засоби захисту рослин (отрутохімікати, гербіциди, дефоліанти тощо), попит на які зараз задовольняється далеко не повністю. Тому розвитку цього напрямку теж повинна приділятися належна увага.

У тваринництві широко застосовуються різноманітні хімічні харчові добавки (харчові фосфати, карбамід, солі кальцію тощо), які забезпечують високий приріст продуктивності цієї галузі сільськогосподарського виробництва. Крім того, сільське господарство гостро потребує вітамінів, синтетичних амінокислот, консервантів для кормів.

Потрібні у великих обсягах і сучасні полімерні матеріали - для тари, виготовлення парникових плівок тощо. Отже, інтенсивне сільськогосподарське виробництво неможливе без широкого застосування хімічної продукції, тобто високий рівень його розвитку неможливий без відповідного стану хімічної промисловості.

Електротехніка, електроніка, авіаційна і космічна техніка, автомобілебудування гостро потребують нових матеріалів з особливими, часто екзотичними властивостями. Без таких матеріалів подальший прогрес у цих галузях неможливий. У електротехніці, наприклад, нині існує проблема зростання потужності електричних двигунів без збільшення їх габаритів. Це завдання неможливо вирішити без особливо надійних ізоляційних матеріалів, плівок і лаків з високими діелектричними характеристиками.

Сучасна електроніка по суті породила в хімічній промисловості нову підгалузь – виробництво особливо чистих речовин і реактивів із вмістом домішок на молекулярному рівні. Одночасно з'явилася необхідність створити широку гамму монокристалів, плівкових резисторів та іншої продукції спеціальних керамічних і полімерних матеріалів.

Авіабудування і космічна техніка потребують спеціальних композиційних матеріалів на базі синтетичних смол, вуглецевих, скляних і синтетичних волокон, у яких відношення міцності до густини у декілька разів більше ніж у сталі, і традиційних для авіабудування алюмінієвих сплавів.

На відміну від багатьох інших галузей народного господарства, будівництво широко використовує полімерні матеріали, деревоволокнисті плити, пінопласти, вироби з мінеральної вати. Розширяється застосування полімерних труб і сантехнічних виробів, синтетичних килимових матеріалів, плитки, лаків і фарб. Ці матеріали якнайкраще відповідають вимогам сучасної будівельної техніки: вони стійкі в агресивних середовищах, мають добрі гідроізоляційні і теплозахисні властивості. Тому хімізація будівництва – справа абсолютно необхідна та економічно вигідна.

Не можна не згадати і про впровадження хімічних методів у деревообробну промисловість, оскільки хімізація цієї галузі дає змогу економити деревину завдяки комплексній хімічній і хіміко-механічній її переробці і тим самим зберігати ліс.

Кожен знає як глибоко хімізований зараз наш побут, домашнє господарство. Синтетичні мийні засоби, відбілювачі, препарати для чищення, полірування та догляду за предметами домашнього побуту значно полегшують домашню працю, звільняють час для відпочинку, навчання тощо.

Ще важливіша соціальна роль нових високоефективних препаратів і полімерних матеріалів у фармацевтичній промисловості, у виробництві медичних інструментів та обладнання, засобів протезування. У цьому сенсі можемо говорити про хімізацію охорони здоров'я, очевидним наслідком якої є пряме покращання медичного обслуговування.

Отже, передові галузі промисловості – машинобудівні, електротехнічні, електронні, а також сільське господарство, будівництво, легка, деревообробна, фармацевтична та інші галузі, побут – не можуть існувати без продуктів хімічної промисловості. А хімічна промисловість, у свою чергу, одержує від цих галузей потужні стимули для свого розвитку і прогресу. Тому є підстави стверджувати, що **хімічна технологія має міжгалузевий характер**.

При розробці будь-якої частинної технології потрібно знати три загально-інженерні дисципліни: загальну хімічну технологію (ЗХТ), процеси і апарати хімічної технології (ПАХТ) і промислову теплотехніку (ПТ), які разом складають основу промислової хімії.

| | | |
|-----------------------------|------|----|
| приватні хімічні технології | | |
| промислова хімія | | |
| ЗХТ | ПАХТ | ПТ |

Основні галузі хімічної промисловості України

Гірнична хімія – займається видобутком природної хімічної сировини: калійні солі (Калуш, Стебник), кухонні солі (Слов'янськ, Артемівськ, Солотвине, Сиваш), сірка (Яворів, Новий Розділ), фосфорити (Середнє Придністров'я), озокерит (Борислав). Тому можна виділити три райони гірничої хімії: Донбас, Прикарпаття, Присивашся.

Основна хімія – виробляє кислоти, мінеральні добрива, соду та інше:

Калійні добрива – виробництво тяжіє до сировини – видобутку калійних добрив (Калуш, Стебник);

азотні – виробництво тяжіє до коксохімічних і металургійних

підприємств, газопроводів. Центри: Сєвєродонецьк, Горлівка, нїпродзержинськ, Черкаси, Рівне;

фосфатні – виробництво тяжіє до споживача. Центри: Вінниця, Суми, Одеса;

сода – виробництво тяжіє до сировини (до кухонної солі) (Донбас, Крим);

сульфатна кислота – сировиною є сірка Прикарпаття та сірчисті гази металургійних підприємств. Центри: Суми, Вінниця, Сєвєродонецьк, Одеса, Горлівка.

Хімія органічного синтезу – розвивається на основі переробки нафти, газу, вугілля. Орієнтується на сировину, електроенергію, воду: пластмаси (Донецьк, Запоріжжя, Сєвєродонецьк, Луцьк), хімічні волокна (Київ, Черкаси, Чернігів), лаки і фарби (Київ, Львів, Одеса, Харків, Чернівці, Дніпропетровськ). Фармацевтична (ліки) і мікробіологічна (вітаміни, добавки) промисловість орієнтуються на споживача, розміщена у таких містах: Київ, Харків, Горлівка, Одеса, Львів. Хімволокно виробляють у Києві, Сєвєродонецьк, Черкасах, Житомирі. Виробництво кінофотоплівки зосереджено у Шостці.

Основні поняття і визначення хімічного виробництва. Ієрархічна будова хімічного виробництва

Хімічне виробництво – це сукупність великої кількості взаємозв'язаних технологічних апаратів, які призначені для перероблення сировини в продукти споживання і засоби виробництва. Це – складний комплекс, в якому оптимальні параметри роботи окремих апаратів переважно суттєво відрізняються. Так, наприклад, виробництво сульфатної кислоти складається з трьох основних стадій, які характеризуються різними температурними та гідродинамічними режимами: 1) випалювання сірковмісної сировини у печах, яке здійснюється за температури 973... 1273 К; 2) окиснення сірки (IV) оксиду до сірки (VI) оксиду за температури 713...873 К в контактних апаратах; 3) абсорбція сірки (VI) оксиду концентрованою сульфатною кислотою (при цьому відбувається взаємодія SO_3 з водою) за температури 323 К в насадкових колонах. У цьому випадку ми розглядаємо доволі складну хіміко-технологічну систему. Більшість сучасних хімічних підприємств – це складні хіміко-технологічні системи, що складаються з великої кількості апаратів і потоків між ними. Отже, хіміко-технологічна система є низкою взаємозв'язаних технологічними потоками і діючих як одне ціле апаратів, в яких відбуваються в певній послідовності технологічні операції – підготовка сировини до хімічних перетворень, хімічне перетворення, виділення і очищення кінцевих продуктів. Сучасне хімічне

виробництво – це сукупність операцій, які здійснюються у відповідних апаратах і машинах з одержанням продукту з сировини доцільним способом.

Хіміко-технологічний процес є сукупністю фізичних, хімічних та фізико-хімічних операцій, що виконуються з метою перетворення сировини у цільові продукти.

Першою стадією в хімічному виробництві є підготовка сировини до здійснення хімічних перетворень. Переважно, це фізичні процеси:

подрібнення, розмелювання, розчинення, нагрівання, концентрування, збагачення, очищення від домішок тощо. Завдання першої стадії полягає в тому, щоб надати сировині таких властивостей, які дали б змогу здійснити хімічне перетворення з найбільшою ефективністю і забезпечити якомога повніше її перетворення у бажаний продукт з найменшими витратами.

Після підготовлення сировини здійснюється друга стадія – хімічне перетворення. Вона є головною у будь-якому хімічному виробництві, бо саме на цій стадії цінний компонент сировини перетворюється у цільовий продукт. Унаслідок хімічного перетворення утворюється суміш, хімічний склад якої відрізняється від складу початкової сировини. Наявність стадії хімічного перетворення є ознакою того, що виробництво належить до хімічних.

Третя стадія – виділення цільового продукту та очищення його від домішок. Необхідність цієї операції зв'язана з тим, що під час хімічного перетворення одночасно із цільовим може утворюватися побічний продукт (Б),

перетворення сировини зазвичай є неповним, унаслідок чого утворений продукт є забрудненим. Це вимагає додаткового його очищення. Тому непрореаговану вихідну речовину необхідно повернути в технологічний процес на першу або другу стадію хімічного виробництва

Усі три вищезазначені стадії є головними складовими частинами кожного хімічного виробництва Вони забезпечують виконання основного завдання хімічного виробництва – одержання продукту заданої якості у необхідній кількості і утворюють *головну підсистему* ХТС. Але виробництво не може функціонувати без забезпечення його енергією, воно також використовує значні обсяги води як теплоносія, розчинника, реагенту. Крім того, розвиток промисловості висунув нові вимоги до всіх виробництв – метою їх функціонування є не тільки одержання продукту, але і дотримання таких технологічних принципів, як комплексне використання сировини, раціональне використання паливно-енергетичних ресурсів, захист довкілля від шкідливих промислових викидів і стоків. Отже, в структурі кожного хімічного виробництва необхідно передбачити комплекс, призначений для утилізації відходів та очищення викидів. Тому структура сучасного хімічного виробництва охоплює, окрім трьох стадій, зазначених вище, ще й допоміжні

підсистеми: енергетичну, водопідготовки і водоочищення, утилізації відходів і очищення викидів, а також управління.

Енергетична підсистема призначена для забезпечення всіх технологічних процесів та операцій необхідною енергією, переважно у вигляді електричної і теплової. Для цього на підприємстві споруджують теплоелектроцентралі, теплоелектростанції, котельні, бойлерні, а також трансформаторні підстанції для перетворення високої напруги (десятки і сотні кВ), яка надходить зовнішньою енергосистемою, до споживчих: 220 та 380 В.

Підсистема водопідготовки і водоочищення призначена для очищення вод, які забираються із природних водойм, від різних домішок відповідно до того, в якому конкретному технологічному процесі вони використовуються а також кондиціонування води, якщо вона використовується у замкненому технологічному циклі. Крім того, у цій підсистемі здійснюють очищення стічних вод, які утворились у різних технологічних процесах, перед їх скиданням у природні водойми.

Підсистема очищення викидів та утилізації відходів є обов'язковою у структурі сучасного виробництва. Дуже часто вона виглядає як окреме виробництво, де із відходів або під час очищення викидів одержують додатковий продукт. Наприклад, із шлаків, які утворюються після спалювання твердого палива (вугілля), виготовляють будівельні матеріали, а під час очищення відхідних промислових газів від сірки оксидів можна одержати продукційну сульфатну кислоту.

Підсистема управління призначена для керування окремими підсистемами та узгодження їхньої роботи. Функції цієї підсистеми полягають у забезпеченні оптимальних режимів роботи в межах підсистем і оперативному

втручанні в перебіг технологічних процесів у разі збоїв у роботі обладнання чи виникненні аварійних ситуацій.

Окремі процеси та апарати

Хімічна технологія розв'язує низку проблем: у яких апаратах проводити реакції; з яких матеріалів виготовляти обладнання; якою має бути технологічна схема виробництва; як забезпечити умови, за яких реакції відбуватимуться швидко; як здійснювати контроль за процесом і забезпечити його безпеку. Хімічна технологія вирішує зазначені питання на основі наукових принципів організації хімічного виробництва

Механічні та гідромеханічні процеси – переміщення матеріалів, зміна їх форм та розмірів (без зміни хімічного та фазового складу).

Теплообмінні процеси – нагрівання, охолодження, зміна фазового стану (хімічний склад не міняється).

Наприклад:

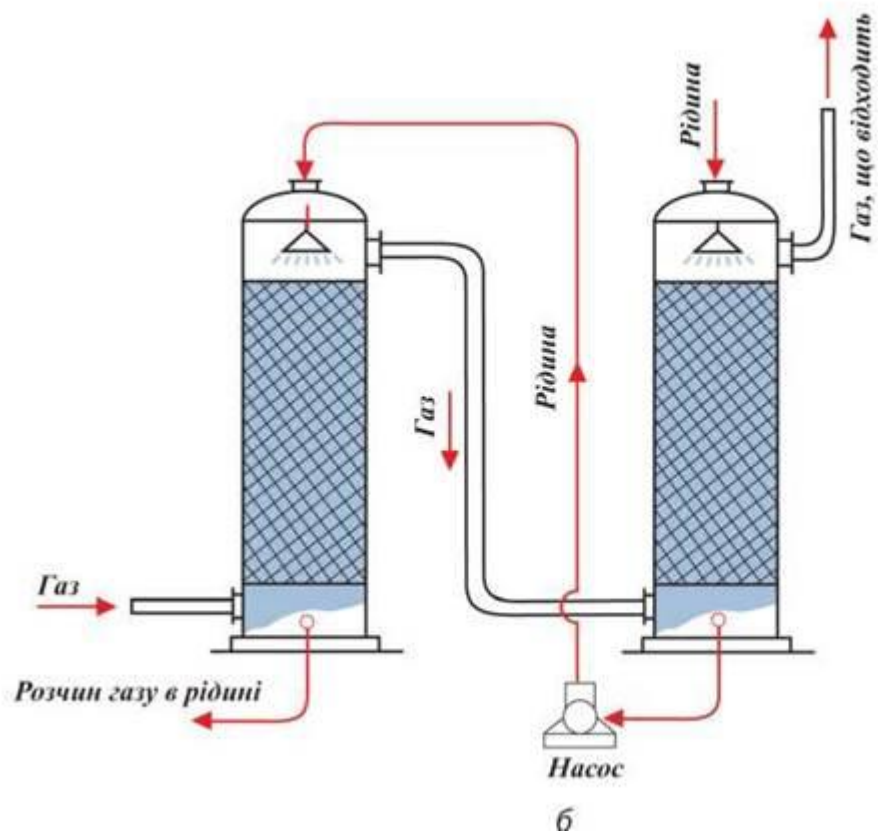
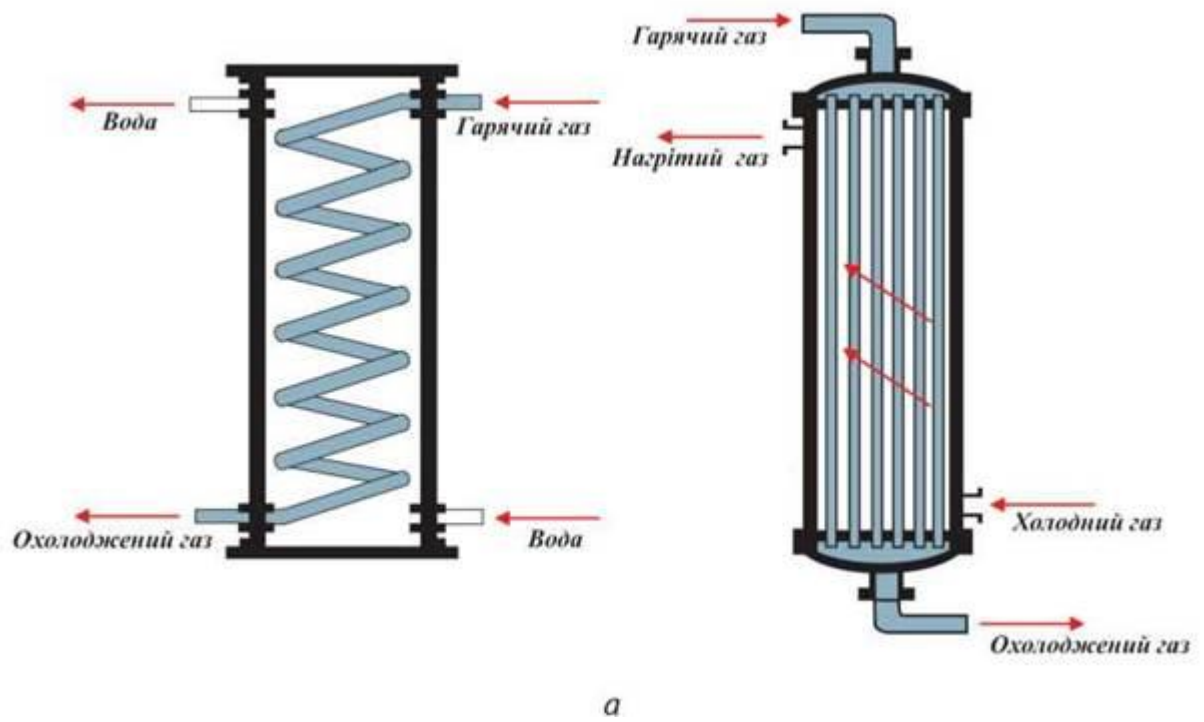


Рис. 130. Протитечійні апарати: а — змійовиковий і кожухотрубний теплообмінники; б — поглинальна і промивна башти

Масообмінні процеси – розчинення, кристалізація, сушіння, дистиляція, ректифікація, абсорбція, екстракція, десорбція, тощо (перенесення речовини всередині фази або між фазами). Зміна хімічного складу не проходить.

Хімічні процеси – процеси, які викликають зміну хімічного складу речовини в хімічному реакторі.

Енергетичні процеси – взаємне перетворення різних видів енергії (механічної, електричної, теплової в турбінах, реакторах, моторах).

Інформаційно-керуючі процеси – відповідають за отримання та передачу інформації про стан потоків та речовин.