

Тема 1 лекції: Загальні відомості. Задачі і зміст курсу. Класифікація основних процесів і їх коротка характеристика. Фізичні властивості рідин.

Мета: ознайомитися з принципами класифікації процесів і апаратів хімічної промисловості, виявити принципові залежності поведінки рідин в різних умовах від їх фізичних властивостей.

План лекції

Вступ

1. Класифікація процесів і апаратів хімічної промисловості.
2. Різні системи одиниць вимірювання фізичних величин.
3. Деякі фізичні властивості рідин.
4. Поверхневий натяг.

Висновки

Література

Питання

Вступ

Промислове виробництво характеризується великою різноманітністю технологічних процесів – результатом ціленаправлених дій людини для отримання певних продуктів, предметів та матеріалів. Дисципліна «Процеси і апарати хімічних виробництв» ґрунтується на основі виявлення аналогій між різними стадіями того чи іншого процесу і функціями апаратів для здійснення цих стадій незалежно від галузі промисловості.

Перш за все потрібно ознайомитися з класифікацією процесів і апаратів хімічної промисловості, щоб зрозуміти які закони можна використати для їх опису та подальших розрахунків. В основному в промисловості працюють з рідинами і газами, набагато рідше з твердими речовинами, що знову ж таки пов'язано з фізичними властивостями їх. Тому ми маємо приділити увагу в першу чергу рідинам.

Класифікація процесів і апаратів хімічної промисловості.

В залежності від основних законів, які визначають швидкість процесів, розрізняють:

1. Гідромеханічні процеси, швидкість яких визначається законами гідродинаміки – науки про рух рідин і газів. До цих процесів відносяться переміщення рідин, стиснення і переміщення газів, розділення рідких і газових неоднорідних систем у полі сил тяжіння (відстоювання), в полі відцентрових сил (центрифугування) а також під дією різниці тисків при русі через пористий шар (фільтрування) і перемішування рідин.
2. Теплові процеси, які протікають зі швидкістю, що визначається законами теплопередачі – науки про способи поширення тепла. Такими процесами є нагрівання, охолодження, випарювання і конденсація парів. До теплових процесів можуть бути віднесені і процеси охолодження до температур більш низьких ніж температура зовнішнього середовища (процеси помірною і глибокого охолодження).

Швидкість теплових процесів у значній мірі залежить від гідродинамічних умов (швидкостей, режимів течії) при яких відбувається перенос тепла між середовищами, що обмінюються теплом.

3. Масообмінні (дифузійні) процеси, які характеризуються переносом одного або декількох компонентів вихідної суміші з однієї фази в другу через поверхню розділу фаз. Найбільш повільною і тому, звичайно, лімітуючою стадією масообмінних процесів є молекулярна дифузія речовини, що розподіляється. До цієї групи процесів, які описуються законами масопередачі, відносяться абсорбція, перегонка (ректифікація), екстракція з розчинів, розчинення і екстракція з пористих твердих тіл, кристалізація, адсорбція і сушка.

Протікання процесів масообміну тісно зв'язано з гідродинамічними умовами у фазах і на кордоні їх розділу і часто – з супутніми масообміну процесами переносу тепла (теплообміну).

4. Хімічні (реакційні) процеси, які протікають зі швидкістю, що визначається законами хімічної кінетики. Однак хімічні реакції часто супроводжуються переносом маси і енергії і, відповідно, швидкість хімічних процесів (особливо промислових) залежить також від гідродинамічних умов. Внаслідок цього швидкість реакцій підкоряється законам макрокінетики і визначається найбільш повільним з послідовно протікаючих хімічної взаємодії і дифузії.
5. Механічні процеси, які описуються законами механіки твердих тіл. Ці процеси застосовуються, в основному, для підготовки вихідних твердих матеріалів і обробки кінцевих твердих продуктів, а також для транспортування кускових і сипучих матеріалів. До механічних процесів відносяться подрібнення, транспортування, сортування (класифікація) і змішування твердих речовин.

По способу організації основні процеси хімічної технології діляться на періодичні, безперервні і напівбезперервні (комбіновані).

Періодичні процеси характеризуються тим, що всі стадії процесу відбуваються в одному апараті, а фізико-хімічні умови—концентрація реагуючих речовин, температура, тиск тощо—з часом змінюються, тобто періодичні процеси характеризуються єдністю місця здійснення всіх стадій процесу і зміною в часі його хімічних і фізичних умов. Після закінчення процесу продукцію вивантажують, відповідним чином підготовляють апарат, завантажують нові порції реагентів і процес повторюють. Прикладом періодичного процесу може бути виробництво сталі в мартенівських і конвекторних печах.

Характерною рисою безперервного процесу є незмінність умов здійснення всіх стадій процесу з часом, при проведенні їх в різних апаратах, послідовно з'єднаних між собою, або в різних частинах того самого апарату. При безперервному процесі сировина надходить в апарат безперервно або періодично окремими порціями, в міру готовності її вивантажують, але в апараті всі стадії процесу відбуваються одночасно в різних зонах, а фізико-хімічні умови окремих стадій процесу залишаються незмінними.

Часто на виробництві вдаються до комбінованих—періодично-безперервних процесів, до яких можна віднести виплавку чавуну. При таких процесах завантаження сировини і випуск продукції проводяться періодично, через певні проміжки часу, а всі стадії в цілому відбуваються безперервно.

Безперервні процеси порівняно з періодичними мають ряд істотних переваг:

1. Створення сталого технологічного режиму;
2. Краще використання тепла реакції;
3. Механізація і автоматизація керування процесом;
4. Відсутність затрат часу на вивантаження і завантаження апаратури, на промивання апаратури, охолодження печі і т.п.

Все це створює кращі умови праці і сприяє підвищенню продуктивності праці і якості продукції, веде до зменшення об'єму апаратури, що скорочує капітальні затрати і експлуатаційні витрати (на ремонти, обслуговування і т.п.). По цих причинах в багатотоннажних хімічних виробництвах є тенденція здійснювати переважно безперервні процеси. Періодичні процеси зберігають своє значення головним чином у виробництвах відносно невеликого масштабу (в тому числі і дослідних) з різноманітним асортиментом продукції, де застосування указаних процесів дозволяє досягти високої гнучкості у використанні обладнання при менших капітальних затратах

Безперервні процеси відрізняються від періодичних по розподілу часу перебування частинок середовища в апараті. В періодично діючому апараті всі частинки середовища знаходяться однаковий час, в той час як в безперервно діючому апараті час перебування їх може значно відрізнятись. По розподілу часу перебування розрізняють дві теоретичні

(граничні) моделі апаратів безперервної дії: ідеального витіснення і ідеального змішування.

В апаратах ідеального витіснення всі частинки рухаються в заданому напрямку, не перемішуючись з рухаючими ззаду і спереду частинками і повністю витісняючи частинки потоку, що знаходяться спереду. Всі частинки рівномірно розподілені по площі поперечного перерізу такого апарату і діють при русі подібно твердому поршневі. Час перебування всіх частинок в апараті ідеального витіснення однаковий.

В апаратах ідеального змішування поступаючі частинки зразу ж повністю перемішуються з частинками, що там знаходяться, тобто рівномірно розподіляються в об'ємі апарату. В результаті в усіх точках об'єму миттєво вирівнюються значення параметрів, характеризуючих процес. Час перебування частинок в апараті ідеального змішування неоднаковий.

Реальні безперервно діючі апарати являють собою апарати проміжного типу. В них час перебування частинок розподіляється більш-менш рівномірно, ніж в апаратах ідеального змішування, але ніколи не вирівнюються, як в апаратах ідеального витіснення.

Процеси можуть класифікуватися також в залежності від зміни їх параметрів (швидкостей, температур, концентрацій і ін.) з часом. По цьому принципу процеси діляться на сталі (стаціонарні) і несталі (нестационарні або перехідні).

В сталих процесах значення кожного параметру, який характеризує процес, постійне в часі, а в несталих—змінні, тобто є функціями не тільки положення кожної точки у просторі, але і часу. Аналіз характеристик несталих процесів представляє найбільший інтерес для цілей автоматичного регулювання. В хімічній технології несталими є менш поширені періодичні процеси. Для безперервних процесів зміни параметрів в часі повинні враховуватися при змінах режиму роботи і в період пуску установок, однак цей період є тимчасовим і в розрахунках його не враховують.

Різні системи одиниць вимірювання фізичних величин.

Числові значення величин, одержані в результаті технічних розрахунків, залежать від вибору одиниць вимірювання. Тому необхідно правильно враховувати одиниці вимірювання величин, які входять в розрахункові формули і рівняння. Для вираження величин використовують різні системи одиниць вимірювання, які складаються з основних (незалежних) і похідних одиниць. Похідні одиниці виражаються через основні одиниці. Крім того, в розрахунковій практиці вживають і деякі позасистемні одиниці вимірювання.

Застосування різних систем одиниць, а також позасистемних одиниць ускладнює розрахунки і часто є причиною серйозних помилок в технологічних розрахунках.

Згідно державному стандарту (ГОСТ 9867-61), в нашій країні прийнята, як краща Міжнародна система одиниць (СІ). Перехід на єдину і універсальну систему одиниць СІ забезпечує одноманітність вимірювань, підвищує їх точність, а також спрощує деякі формули.

З основних одиниць СІ у розрахунках по процесах і апаратах використовують чотири одиниці: метр (м), кілограм (кг), секунду (сек) і градус Кельвіна ($^{\circ}\text{K}$). З перших трьох одиниць, які співпадають з основними одиницями системи МКС, утворюються всі похідні механічні одиниці, а на основі $^{\circ}\text{K}$ —похідні одиниці для вимірювання теплових величин. Деякі похідні величини СІ, які часто використовуються у розрахунках приведені в табл. 1.1, де вказані також значення перевідних множників для приведення одиниць систем МКГСС, СГС і позасистемних одиниць у відповідні одиниці СІ.

Міжнародна система одиниць (СІ) покликана замінити застосовувані до цього часу в розрахунках одиниці інших систем (СГС, МКГСС і т.д.), різні позасистемні одиниці (літр, атмосфера, калорія, кінська сила і ін.), і утворені від них похідні одиниці (наприклад, ккал/год), а також деякі кратні і часткові одиниці, утворення і найменування яких суперечить СІ (наприклад, мікрон, центнер і т.п.).

Таблиця 1.1.

Одиниці вимірювання величин і перевідні множники у одиниці СІ.

| Розрахункова величина | Система одиниць | Одиниці вимірювання | Перевідний множник в одиницю СІ |
|--|----------------------|--|---------------------------------------|
| Довжина | СІ | метр (м) | — |
| | МКГСС | метр (м) | — |
| | СГС | сантиметр (см) | 10^{-2} |
| Маса | СІ | кілограм (кг) | — |
| | МКГСС | технічна одиниця маси (т.о.м.) | 9,81 |
| | СГС | кг·с ² /м грам (г) | 10^{-3} |
| Сила | СІ | ньютон (Н) | — |
| | МКГСС | кілограм-сила (кгс) | 9,81 |
| | СГС | дина (дин) | 10^{-5} |
| Тиск | СІ | Паскаль (Па) | — |
| | МКГСС | ньютон на квадратний метр (Н/м ²) | 9,81 |
| | | кілограм-сила на квадратний метр (кгс/м ²) | |
| | СГС | дина на квадратний сантиметр (дин/см ²) | 10^{-1} |
| | | бар (бар) | 10^{-5} $9,81 \cdot 10^{-4}$ |
| | Позасистемні одиниці | технічна атмосфера (ат, 1 кгс/см ²) | |
| міліметр водяного стовпа (мм вод. ст.) | 9,81 | | |
| міліметр ртутного стовпа (мм рт. ст.) | 133,3 | | |
| Робота, енергія | СІ | джоуль (Дж) | — |
| | МКГСС | кілограм-сила·метр (кгс·м) | 9,81 |
| | СГС | ерг (ерг) | 10^{-7} |
| | Позасистемні одиниці | ват·година (вт·год.) | 3600 |
| | | кіловат·година (квт·год.) кінська сила·година (к.с.·год.) | $3,6 \cdot 10^6$ $2,65 \cdot 10^6$ |
| Потужність | СІ | ват (Вт) | — |
| | МКГСС | кілограм-сила·м в секунду (кгс·м/с) ерг в секунду (ерг/с) | 9,81 |
| | СГС | | 10^{-7} |
| Теплота | СІ | джоуль (Дж) | — |
| | Позасистемні одиниці | кілокалорія (ккал) | 4190 |

До недавнього часу у розрахунках по процесах і апаратах широко використовувалася система МКГСС, основними одиницями якої є: метр (м), кілограм-сила (кгс) і секунда (с). Суттєвий недолік цієї системи полягає в тому, що однією з основних її одиниць прийнята одиниця сили, а похідною служить одиниця маси—так звана технічна одиниця маси (1 т.о.м.). Враховуючи те, що сила рівна масі помноженій на прискорення, одержимо:

$$1 \text{ т.о.м.} = \frac{1 \text{ кгс}}{1 \text{ м/с}^2} = \frac{9,81 \text{ кг} * 1 \text{ м/с}^2}{1 \text{ м/с}^2} = 9,81 \text{ кг}$$

Іншими словами, 1 т.о.м. майже у 10 разів перевищує одиницю маси у метричній системі, рівну 1 кг. Ця невідповідність є частою причиною помилок у розрахунках, а також в позначеннях одиниць вимірювання величин, тобто застосування т.о.м. для

вираження різних величин, які відносяться до одиниці маси, практично незручне. Тому, наприклад, питомій теплоємності, одиниця якої при використанні системи МКГСС і позасистемних одиниць рівна $[c] = [\text{ккал}/(\text{т.о.м.град})]$ в технічній літературі надають вираз $[c] = [\text{ккал}/(\text{кг}\cdot\text{град})]$ або $[c] = [\text{ккал}/(\text{кгс}\cdot\text{град})]$. Вказані вирази невірні, оскільки кг або кгс не являються одиницею маси в системі МКГСС. Також фізично не оправдані часто використовувані при застосуванні цієї системи такі найменування величин, як ваговий розхід, вагова питома теплоємність і т.д.

Таким чином, важлива перевага Міжнародної системи одиниць (СІ) полягає в тому, що основною в ній є одиниця маси, яка постійна влюбій точці земної поверхні і відтворюється більш точно, ніж одиниця ваги, причому одиниці маси і ваги в цій системі чітко розмежовані.

Одиниці СІ можна відносити як до 1 кг, так і до несистемної одиниці кількості речовини—до 1 кмоль. Наприклад, мольна питома теплоємність може виражатися в $\text{ккал}/(\text{кг}\cdot\text{град})$ і $\text{дж}/(\text{кмоль}\cdot\text{град})$.

В тих випадках, коли окремі одиниці СІ виявляються практично мало зручними, доцільно для запису числового результату розрахунку застосовувати кратні і часткові значення цих одиниць, найменування і позначення яких передбачені СІ. Так з табл. 1.1 видно, що числові значення тиску в $\text{н}/\text{м}^2$ дуже малі у порівнянні з його значеннями в технічних атмосферах, в яких градуйовані вимірювальні прилади. В даному випадку доцільно використовувати кратну величину—меганьютон на квадратний метр, причому $1 \text{ Мн}/\text{м}^2 = 10^6 \text{ н}/\text{м}^2 = 10,2 \text{ кгс}/\text{см}^2$. З аналогічних міркувань можна, наприклад, ентальпію виражати в кратних одиницях—кілоджоулях на кілограм ($1 \text{ кДж}/\text{кг} = 0,24 \text{ ккал}/\text{кг}$).

Деякі фізичні властивості рідин.

Густина і питома вага.

Маса одиниці об'єму рідини називається густиною і позначається ρ

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1)$$

де m – маса рідини, кг.;
 V – об'єм рідини, м^3 .

В одиницях СІ густина вимірюється в $\text{кг}/\text{м}^3$.

Вага одиниці об'єму рідини називається питомою вагою і позначається через γ , тобто

$$\gamma = \frac{G}{V} \quad (2)$$

де G – вага рідини, Н.

В одиницях СІ питома вага вимірюється в $\text{Н}/\text{м}^3$.

Маса і вага зв'язані між собою співвідношенням

$$m = \frac{G}{g} \left[\frac{\text{н}\cdot\text{сек}^2}{\text{м}} \right] = [\text{кг}]$$

де g – прискорення вільного падіння, $\text{м}/\text{сек}^2$

Підставляючи це значення m в залежність (1), з врахуванням виразу (2) одержимо співвідношення між питомою вагою і густиною:

$$\gamma = \rho \cdot g \quad [\text{Н}/\text{м}^3] \quad (3)$$

Густина і питома вага капельних рідин значно вищі, ніж відповідні характеристики пружких рідин (газів) і порівняно мало змінюються під дією тиску або при зміні температури. Густина газів з більшою або з меншою ступеню точності може бути розрахована на основі рівняння стану ідеальних газів

$$pV = \frac{m}{M} RT \quad (4) \quad \text{або} \quad pVM = mRT$$

де в системі СІ газова постійна $R = 8314$ Дж/кмоль град
З рівняння (4) виходить, що

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{PM}{RT} \quad (5)$$

Об'єм, який займає одиниця маси газу, або величина зворотна густині, називається питомим об'ємом і позначається через v

$$v = \frac{V}{M} = \frac{1}{\rho} = \frac{RT}{PM} \quad (6)$$

Тиск

Рідина давить на дно і стінки посудини, в якій вона знаходиться і на поверхню любого зануреного в неї тіла. Розглянемо деяку елементарну площадку F всередині об'єму нерухомої рідини. Незалежно від положення площадки в даній точці об'єму рідина буде давити на неї з деякою силою, рівною P і направленою по нормалі до площадки, на яку вона діє. Її називають силою гідростатичного тиску. Відношення P/F представляє собою середній гідростатичний тиск, границя цього відношення при $F \rightarrow 0$ носить назву гідростатичного тиску в точці, або просто тиску

$$P = \lim_{F \rightarrow 0} (P/F)$$

Через кожну точку всередині рідини може проходити безліч елементарних площадок. При цьому сила P в будь-якій точці направлена по нормалі до кожної такої площадки, на яку вона діє. Інакше цю силу можна було би розкласти на нормальну і паралельну площині площадки складові, і паралельна складова визвала би переміщення шарів рідини, що неможливо, так як по умові рідина знаходиться у спокої. Тиск в будь-якій точці рідини однаковий по всіх напрямках. Оскільки в протилежному випадку відбулося би переміщення рідини всередині об'єму, який вона займає.

З визначення тиску видно, що в системі СІ він вимірюється в Н/м^2 .

В розрахунках тиск часто виражають в фізичних і технічних атмосфера або в одиницях висоти H стовпа манометричної рідини (води, ртуті і ін.)

Між тиском вираженим в Н/м^2 і в одиницях висоти стовпа рідини існує простий зв'язок

$$P = \gamma H = \rho g H \quad (8)$$

У відповідності з цим можна встановити наступні співвідношення між різними одиницями тиску:

$$1 \text{ атм.фіз. (1 атм)} = 760 \text{ мм рт.ст.} = 10,33 \text{ м вод.ст.} = 1,039 \text{ кгс/см}^2 = 10330 \text{ кгс/м}^2 = 101300 \text{ Н/м}^2.$$

$$1 \text{ атм. техн. (1 ат)} = 735,6 \text{ мм рт.ст.} = 10 \text{ м вод.ст.} = 1 \text{ кгс/см}^2 = 10000 \text{ кгс/м}^2 = 98100 \text{ Н/м}^2.$$

Прилади для вимірювання тиску (манометри або вакуумметри) показують не абсолютний тиск $P_{\text{абс}}$ всередині замкнутого об'єму, а різницю між абсолютним і атмосферним або барометричним тиском $P_{\text{атм}}$. Цю різницю називають надлишковим тиском $P_{\text{надл.}}$, якщо тиск у об'ємі перевищує атмосферний і розрідженим, якщо тиск нижчий атмосферного (в системі вакуум). Таким чином:

$$P_{\text{абс}} = P_{\text{надл}} + P_{\text{атм}} \quad (9)$$

$$P_{\text{абс}} = P_{\text{надл}} - P_{\text{розр}} \quad (10)$$

В'язкість

При русі реальної рідини в ній виникають сили внутрішнього тертя, які протидіють руху. Ці сили діють між сусідніми шарами рідини, які переміщуються один відносно одного. Властивість рідини протидіяти зусиллям, які викликають відносне переміщення її частинок, називається в'язкістю.

Уявимо собі шар рідини, який знаходиться між двома паралельними горизонтальними пластинами. Для того, щоб переміщати верхню пластину відносно нижньої в горизонтальній площині з постійною швидкістю, необхідно прикладати деяку постійну дотичну силу, так як в'язка рідина протидіє такому переміщенню. Відповідно у рідині при наявності вказаного переміщення виникнуть і будуть існувати дотичні напруги між окремими її шарами. Увесь шар рідини, розміщеної між пластинами, при цьому можна представити складеним з безкінечно великого числа елементарних шарів товщиною dn кожний. Очевидно напруження зсуву буде виникати між любими сусідніми елементарними шарами внаслідок тертя між ними вздовж поверхні дотику шарів. На рис. 1.1. дано два таких паралельних шари площею F кожний, причому розміщений вище шар рухається зі швидкістю $(w + dw)$, більшої ніж швидкість розміщеного шару, на безкінечно малу величину dw . Досвід показує, що дотична сила T , яку потрібно прикласти до верхнього шару для його рівномірного зсуву відносно нижнього (або протилежно направлена сила тертя T , з якою нижній шар протиставляється переміщенню верхнього), тим більша, чим більший градієнт швидкості dw/dn , який характеризує зміну швидкості, яка приходить на одиницю віддалі по нормалі між шарами. Крім того кожна із сил T пропорційна площі дотику F шарів. Значить

$$|T| = \mu F \left| \frac{dw}{dn} \right| \quad (11)$$

де T – сила тертя;

μ – коефіцієнт пропорційності, характерний для даної рідини;

F – площа дотику шарів;

$\frac{dw}{dn}$ – градієнт швидкості.

Відношення величини $|T|$ до поверхні дотику шарів позначають через τ і називають напругою внутрішнього тертя, а також напругою зсуву, або дотичною напругою. Відповідно рівняння (11) приймає вигляд

$$\tau = \frac{|T|}{F} = \mu \left| \frac{dw}{dn} \right| \quad (12)$$

Так як величина τ завжди позитивна, то знак перед правою частиною рівняння, що включає не $\left| \frac{dw}{dn} \right|$, а $\frac{dw}{dn}$, залежить від знаку градієнта швидкості. Домовимось у всіх випадках проводити нормаль n до поверхні дотику шарів рідини, які переміщуються один відносно іншого в напрямку зменшення швидкості (див. рис. 1.1.). Тоді градієнт швидкості завжди буде негативним і рівняння (12) буде мати вигляд

$$\tau = -\mu \frac{dw}{dn} \quad (12a)$$

Рівняння (12) або (12a) виражають закон внутрішнього тертя Ньютона, згідно якого напруження внутрішнього тертя, яке виникає між шарами рідини при її течії, прямо пропорційна градієнту швидкості.

Знак (-) в правій частині рівняння (12a) у відповідності з вищесказаним вказує на те, що дотичне напруження гальмує шар, який рухається з відносно більшою швидкістю (або розганяє відносно повільно рухаючий шар).

Коефіцієнт пропорційності μ в рівняннях (12) і (12a) називається динамічним коефіцієнтом в'язкості, динамічною в'язкістю, або просто в'язкістю.

В'язкість в системі СІ виражається в $\frac{H \cdot сек}{м^2}$, в системі СГС в пуазах.

В довідниковій літературі значення в'язкості часто приводиться не в пуазах (пз), а в сантипуазах (спз), рівних 0,01 пз.

Співвідношення між одиницями в'язкості в системах одиниць СІ і СГС

$$1 \frac{H \cdot \text{сек}}{M^2} = 10 \text{ пз} = 1000 \text{ спз}$$

Співвідношення між технічною одиницею в'язкості і одиницями в'язкості в системі СГС

$$1 \frac{\text{кгс} \cdot \text{сек}}{M^2} = 98,1 \text{ пз} = 9810 \text{ спз}$$

Іноді в'язкість рідин характеризують кінематичним коефіцієнтом в'язкості, або кінематичною в'язкістю

$$\partial = \frac{\mu}{\rho} = \frac{\mu \cdot g}{\gamma}$$

де μ – в'язкість;
 γ – питома вага;
 ρ – густина

$[\partial]$ в СГС – стокс (ст.) = 100 сантістоксам (сст).

В системі СІ $1 \text{ м}^2/\text{сек.} = 10^4 \text{ ст.}$

В'язкість коливається в дуже широких межах

$\mu_{\text{води}} = 1 \text{ спз}$; $\mu_{\text{гліцерину}} = 1500 \text{ спз}$; $\mu_{\text{повітря}} = 0,02 \text{ спз}$.

В'язкість капельних рідин значно знижується з підвищенням температури. В'язкість газів навпаки підвищується з підвищенням температури.

Рідини частіше всього підкоряються закону внутрішнього тертя Ньютона. Такі рідини називаються нормальними, або ньютонівськими. Однак в промисловій практиці приходиться мати справу і з не ньютонівськими рідинами, які мають аномальні властивості (розчини багатьох полімерів, колоїдні розчини, густі суспензії, пасти і ін.).

В'язкість дуже впливає на режими течії рідин і на опір, який виникає при її русі. Тому інтенсифікація багатьох гідродинамічних, а також теплових і масообмінних процесів часто досягається при зменшенні в'язкості середовища, наприклад, шляхом підвищення температури капельних рідин.

Поверхневий натяг.

В ряді процесів хімічної технології капельна рідина при русі стикається з газом (або паром), або з другою капельною рідиною, яка практично не змішується з першою. Поверхня розділу між фазами прямує до міні під дією поверхневих сил. Відповідно краплі завислі в газі (парі) або в другій рідині, і пухирці газу в рідині приймають форму, більш або менш близьку до куле-подібної. Це пояснюється тим, що молекули рідини в середині її об'єму зазнають приблизно однакову дію сусідніх молекул, в той час як молекули які знаходяться безпосередньо біля поверхні розділу фаз, притягуються молекулами внутрішніх шарів рідини сильніше, ніж молекули навколишнього середовища. В результаті на поверхні рідини виникає тиск, направлений всередину рідини по нормалі до її поверхні, який і намагається зменшити цю поверхню до міні.

Значить, для збільшення поверхні, тобто для створення нової поверхні, необхідна деяка затрата енергії. Роботу, необхідну для створення одиниці нової поверхні, називають міжфазним, або поверхневим натягом і позначають через σ .

Поверхневий натяг виражається в наступних одиницях:

$$\text{В системі СІ } [\sigma] = \left[\frac{\text{Дж}}{\text{м}^2} \right] = \left[\frac{H \cdot M}{\text{м}^2} \right] = \left[\frac{H}{M} \right];$$

$$\text{В системі СГС } [\sigma] = \left[\frac{\text{ерг}}{\text{см}^2} \right] = \left[\frac{\text{дин} \cdot \text{см}}{\text{см}^2} \right] = \left[\frac{\text{дин}}{\text{см}} \right];$$

$$\text{В системі МКГСС } [\sigma] = \left[\frac{\text{кгс} \cdot \text{м}}{\text{м}^2} \right] = \left[\frac{\text{кгс}}{M} \right].$$

Поверхневий натяг зменшується зі збільшенням температури. З величиною σ зв'язані характеристики змочування капельними рідинами твердих матеріалів. Змочування справляє вирішальну роль на гідродинамічні умови протікання процесів в абсорбційних і ректифікаційних апаратах, конденсаторах парів і ін.

Висновки

1. Основними процесами хімічної промисловості, яким приділяє найбільше уваги дисципліна «Процеси і апарати хімічних виробництв» є тепловий, гідромеханічний та матеріальний.
2. Найбільш вигідним з енергетичної точки зору є безперервний процес виробництва.
3. Знання різних розмірностей фізичних величин допоможе в розрахунках при використанні різномінійної літератури.
4. Основними властивостями рідин, які важливі для розрахунків в «процесах і апаратах хімічних виробництв» є поверхневий натяг та в'язкість.

Література

1. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. Химия, 1973.
2. Плановский А.Н., Рамм В.М., Каган С.З. Процессы и аппараты химической технологии. Химия, 1968.
3. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. Химия, 1969.
4. Перри Дж. Справочник инженера-химика. Химия, 1969.
5. Чернобыльский И.И., Бондарь А.Г., Гаевский Б.А. и др. Машины и аппараты химических производств. Химия, 1962.
6. Лащинский А.А., Толчинский А.Р. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры. Машиностроение, 1970.
7. Кутателадзе С.С. Основы теории теплообмена Наука, 1970.
8. Григорьев В.А., Колач Т.А., Соколовский В.С. и др. Краткий справочник по теплообменным аппаратам. Госэнергоиздат, 1962.
9. Четкин А.В. Высокотемпературные теплоносители Энергия, 1971.
10. Кафаров В.В. Основы массопередачи. Высшая школа, 1972.
11. Александров И.А. Ректификационные и абсорбционные аппараты. Химия, 1971.
12. Матусевич Л.Н. Кристаллизация из растворов химической промышленности. Химия, 1968.
13. Серпионова Е.Н. Промышленная адсорбция газов и паров. Высшая школа, 1969.
14. Романков П.Г., Рашковская Н.Б. Сушка в кипящем слое Химия, 1964.
15. Романков П.Г., Рашковская Н.Б. Сушка во взвешенном состоянии Химия, 1968.
16. Андреев С.Е., Зверевич В.В., Перов В.А. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых. Недра, 1966.
17. Макаров Ю.И., Ломакин Б.М., Харакоз В.В. Отечественное и зарубежное оборудование для смешения сыпучих материалов. ЦНИИТИА. М, 1964.

Питання

1. Класифікація процесів і апаратів хімічної промисловості.
2. Періодичні, безперервні і комбіновані процеси. Визначення, переваги і недоліки.
3. Фізичні властивості рідин. Густина і питома вага.
4. Фізичні властивості рідин. Тиск.
5. Фізичні властивості рідин. В'язкість. Поверхневий натяг.