

Лекція:6. Розділення неоднорідних систем. Відстоювання. Фільтрування.

Центрифугування. Відстійники. Будова, порівняння і вибір фільтрів і центрифуг. Перемішування в рідких середовищах.

Мета: ознайомитися з основними методами розділення неоднорідних систем, з будовою та призначенням центрифуг, відстійників та фільтрів.

План лекції

Вступ

1. Будова відстійників.
2. Фільтрування.
3. Будова фільтрів.
4. Порівняння і вибір фільтрів.
5. Центрифугування.

Висновки

Література

Питання

Вступ

Вибір методу розділення неоднорідних систем залежить головним чином від розмірів завислих частинок. Застосовують наступні методи розділення неоднорідних систем:

- осадження (відстоювання);
- фільтрування;
- центрифугування;
- мокре розділення.

Осадження представляє собою процес розділення, при якому завислі в рідині або газі тверді або рідкі частинки відділяються від суцільної фази під дією сили тяжіння, сил інерції (в тому числі відцентрових) або електростатичних сил. Осадження, яке відбувається під дією сил тяжіння називається відстоюванням. В основному відстоювання застосовується для попереднього, грубого розділення неоднорідних систем.

Фільтрування—процес розділення з допомогою пористої перегородки, здатної пропускати рідину або газ, але затримувати завислі в середовищі тверді частинки. Воно здійснюється під дією сил тиску або відцентрових сил і застосовується для більш тонкого розділення суспензій і пилу, ніж шляхом осадження.

Центрифугування—процес розділення суспензій і емульсій в полі відцентрових сил. Під дією цих сил осадження поєднується з ущільненням утвореного осаду, а фільтрування—з ущільненням і механічною сушкою осаду.

Мокре розділення—процес уловлювання завислих у газі частинок якою-будь рідиною. Воно відбувається під дією сил тяжіння або сил інерції і застосовується для очистки газів і розділення суспензій. При обробці суспензій мокре розділення використовують у комбінації з іншими способами розділення (промивка осадів в процесах відстоювання і фільтрування).

Будова відстійників.

Апарати, які застосовуються для розділення суспензій, називаються відстійниками або згущувачами. Розрізняють відстійники періодичні і безперервної дії, причому безперервно діючі відстійники діляться на одно-, двох- і багатоярусні.

Періодично діючі відстійники представляють собою низькі басейни без перемішувачів. Відстійник заповнюється суспензією, яка відстоюється в нерухомому стані. По закінченню відстоювання спускають освітлену рідину і видаляють вручну або змивають водою осад, після чого знову заповнюють відстійник суспензією.

Найбільш поширені безперервно діючі одноярусні гребкові відстійники представлені на рис. 1.1.

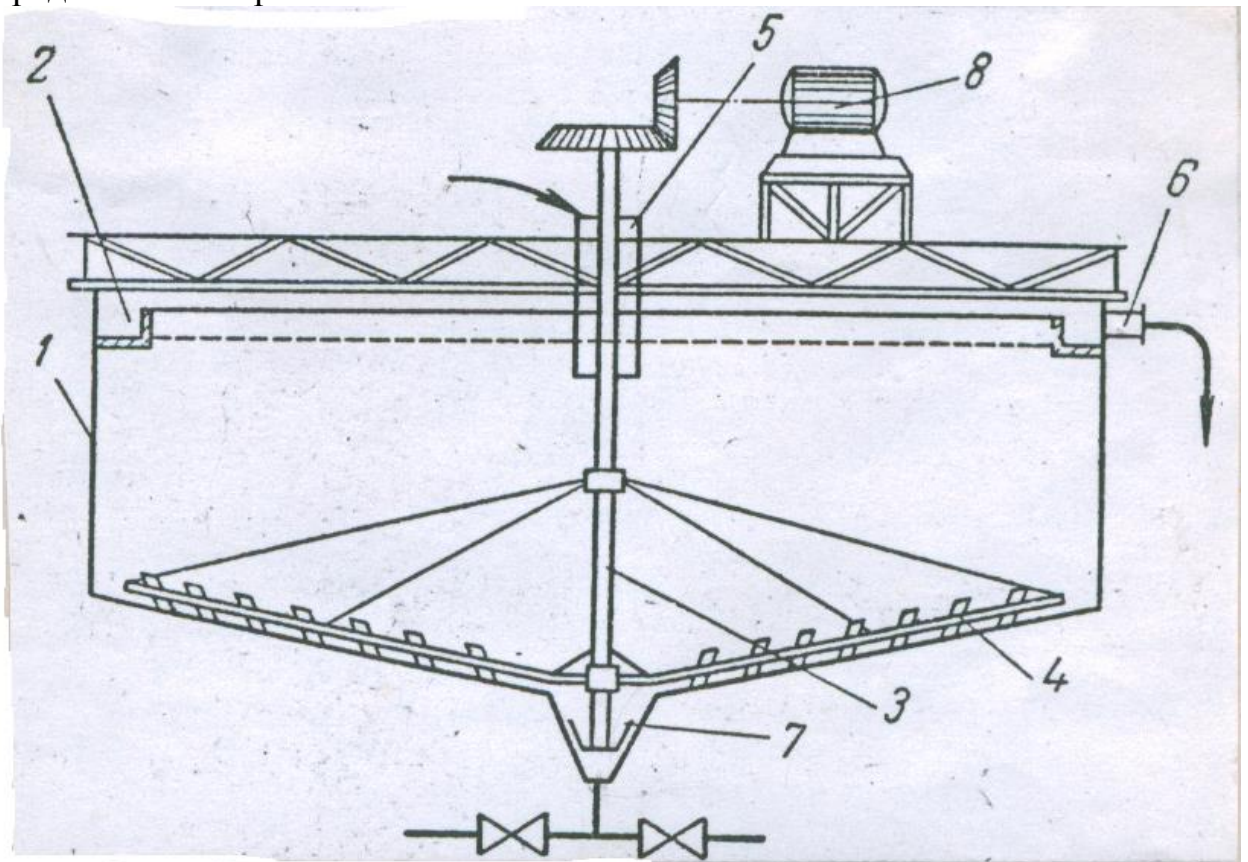


Рис. 1.1. Відстійник безперервної дії з гребковою мішалкою
1 – корпус; 2 – кільцевий жолоб; 3 – мішалка; 4- лопати з гребками; 5 – труба для подачі вихідної суспензії; 6 – штуцер для відводу освітленої рідини; 7 – вивантажувальний пристрій для осаду (шламу); 8 – електродвигун.

Відстійник представляє собою невисокий циліндричний резервуар 1 зі злегка конічним дном і внутрішнім прямокутним кільцевим жолобом 2 вздовж верхнього краю апарата. В резервуарі встановлена мішалка 3 з нахиленими лопатами, на яких є гребки 4 для безперервного переміщення матеріалу, що осаджується, до розвантажувального отвору 7. Одночасно гребки злегка збовтують осад, сприяючи цим більш ефективному його зневодненню. Мішалка робить від 0,015 до 0,5 об/хв., тобто обертається настільки повільно, що не порушує процес осадження. Вихідна рідка суміш

безперервно подається через трубу 5 у середину резервуара. Освітлена рідина переливається у кільцевий жолоб і видаляється через штуцер 6. Осад (шлам) текуча згущена суспензія (з концентрацією твердої фази не більшу 35-55%) видаляється з резервуара при допомозі діафрагмового насосу. Вал мішалки приводиться в дію від електродвигуна через редуктор.

Значно більш компактні двох- і багатоярусні відстійники, які представляють собою по суті декілька відстійників розміщених один над другим. Застосування таких відстійників особливо доцільне в умовах холодного клімату, коли вони повинні встановлюватися всередині приміщень і потрібно більш раціонально використовувати виробничу площу.

- Крім безперервності дії, гребкові відстійники мають наступні переваги:
- рівномірна густина осаду і можливість її регулювання шляхом зміни продуктивності насосу, що відкачує осад;
 - краще зневоднення осаду при легкому збовтуванні згущеної суспензії мішалкою;
 - механізація процесу (один робітник може обслуговувати до 40 апаратів; Недолік таких відстійників—їх громіздкість.

Фільтрування.

Розрізняють наступні види фільтрування:

1. Фільтрування з утворенням шару осаду на фільтрувальній перегородці;
2. Згущення—відділення твердої фази від рідкої не у вигляді осаду, а у вигляді висококонцентрованої (згущеної) суспензії;
3. Освітлення—фільтрування рідин з незначним вмістом твердої фази.

Можна умовно рахувати, що фільтрування з утворенням осаду характеризується вмістом у фільтруючій суспензії більше 1% (об.) твердої фази, освітлення—менше 0,1%. Суспензії, які містять 0,1-1% твердої фази, перед фільтруванням необхідно попередньо згустити у відстійниках.

Фільтрування з утворенням осаду найбільш поширене. У більшості випадків тверді частинки в початкові моменти з початку фільтрування проходять через пори фільтрувальної перегородки, але скоро накопичуються на ній, і через фільтр починає протікати тільки освітлена рідина—фільтрат. Таким чином, у цьому процесі утворений шар осаду грає роль основного фільтруючого середовища.

Фільтрування з утворенням осаду найбільш часто проводиться при постійному тиску, так як цей режим процесу простий і зручний в практичному відношенні. Однак при проведенні процесу при постійному тиску швидкість фільтрування зі збільшенням шару осаду буде зменшуватися. Для підтримки постійної швидкості фільтрування приходиться збільшувати перепад тиску на фільтрі по мірі протікання процесу. В деяких випадках фільтрування проводять при постійній швидкості, наприклад у фільтрпресах.

У процесі фільтрування дуже в'язких рідин з невисоким вмістом дрібних твердих частинок останні проникають у пори фільтрувальної перегородки і затримуються в них. При цьому на поверхні фільтрувальної перегородки майже не утворюється шар осаду. В такому процесі, який називається фільтруванням з закупоркою пор, по мірі затримки все більшої кількості твердих частинок в порах фільтрувальної перегородки, її опір швидко зростає і швидкість фільтрування зменшується. Тому фільтрування з закупоркою пор стараються уникнути, однак на практиці фільтрування іноді протікає з частковою закупоркою пор; можливе також з'єднання процесів фільтрування з утворенням осаду і частковою закупоркою пор.

Згущення застосовується для часткового відділення рідкої фази шляхом фільтрування, тобто для тієї ж мети, що і відстоювання під дією сил тяжіння. Однак згущення шляхом фільтрування можна проводити в значно більш компактній апаратурі і одержувати більш чистий фільтрат.

Освітлення рідин часто проводиться шляхом добавки у суспензію допоміжних речовин або створення наливного шару цих речовин на фільтрі. В якості допоміжних речовин застосовують кізельгур і діатоміт, а також паперову масу, вугілля, азбест, відбілюючи землю і ін. Допоміжні речовини добавляють в кількості 0,1-0,5% (іноді до 2%) від ваги суспензії і після промивки часто знову використовують.

Одержані при фільтруванні осади діляться на стискувані, частинки яких деформуються і розмір пор зменшується з підвищенням тиску, і нестискувані,

в яких розмір і форма частинок не міняється зі зміною тиску. Крім того розрізняють кристалічні, аморфні і колоїдні осади, причому аморфні і колоїдні осади відділяються від рідини важче кристалічних і є важко-фільтруючими.

У виробничих умовах під фільтруванням розуміють не тільки операцію розділення суспензії на фільтрат і осад з допомогою пористої перегородки, але і послідовні операції промивки, продувки і сушки осаду на фільтрі.

Промивку осаду виконують способами витіснення і розбавлення.

Спосіб витіснення полягає в тому, що промивну рідину заливають на поверхню осаду у вигляді шару, або подають у диспергованому стані з розбризкуючих пристроїв, причому промивна рідина під дією різниці тисків проходить крізь пори осаду, витісняючи з нього рідку фазу і змішується з нею. Цей спосіб застосовують тоді, коли осад промивається легко і не містить пор недоступних для промивної рідини.

Спосіб розбавлення характеризується тим, що осад знімається з фільтрувальної перегородки і перемішується у ємності з мішалкою з промивною рідиною, після чого утворена суспензія розділяється на фільтрі. Такий спосіб застосовують, якщо осад промивається важко.

Розрізняють одно-, двох- і багатоступеневу промивку.

Продувку осаду проводять з метою витіснення з пор залишків промивної рідини. Для продувки використовують повітря, а також інертні гази (азот, двооксид вуглецю), якщо в осаді присутні речовини, що з повітрям утворюють вибухові суміші. Продувкою можна видалити тільки частину рідини з пор осаду до досягнення рівноважної вологості.

Сушка осаду на фільтрі нагрітим, або попередньо осушеним повітрям застосовують коли необхідно одержати на фільтрі осад з кінцевою вологістю менше рівноважної.

Будова фільтрів.

Промислові фільтри поділяються по режиму роботи на фільтри періодичної і безперервної дії, а по величині робочого тиску—на вакуум-фільтри і фільтри, які працюють під тиском.

Класифікація фільтрів по цих принципах і по конструктивних особливостях.



Нутч-фільтри

Розрізняють два види нутч фільтрів:

- відкриті, які працюють при розрідженні;
- закриті, які працюють при надлишковому тиску до 4 ат.

Відкритий нутч-фільтр.

Відкритий нутч-фільтр представлений на рис 1.2.

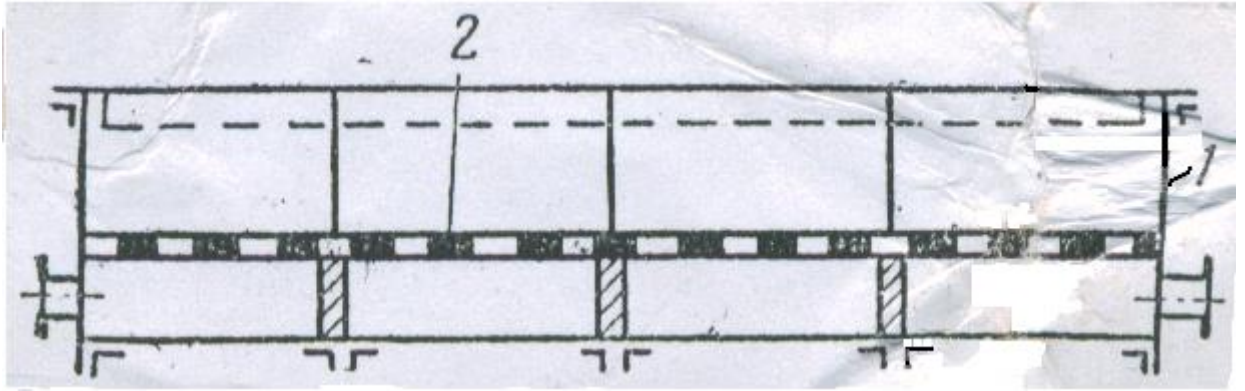


Рис. 1.2. Відкритий нутч-фільтр
1 – корпус; 2 – фільтрувальна перегородка.

Він представляє собою прямокутний або циліндричний апарат з фільтруючою перегородкою розміщеною дещо вище його дна. Перегородка складається з пористих керамічних плиток або тканини, покладених на решітку. Після заповнення фільтра суспензією і включення вакууму фільтрат проходить через перегородку, а осад затримується на ній. Після фільтрування осад промивають і видаляють з фільтра зверху вручну.

Переваги відкритих нутч-фільтрів:

- можливість ретельної промивки осадів;
- легкість захисту від корозії;
- простота і надійність конструкції.

Недоліки відкритих нутч-фільтрів:

- мала швидкість фільтрування;
- громіздкість установки;
- ручна вигрізка осаду.

Закритий нутч-фільтр.

Закритий нутч-фільтр представлений на рис.1.3.

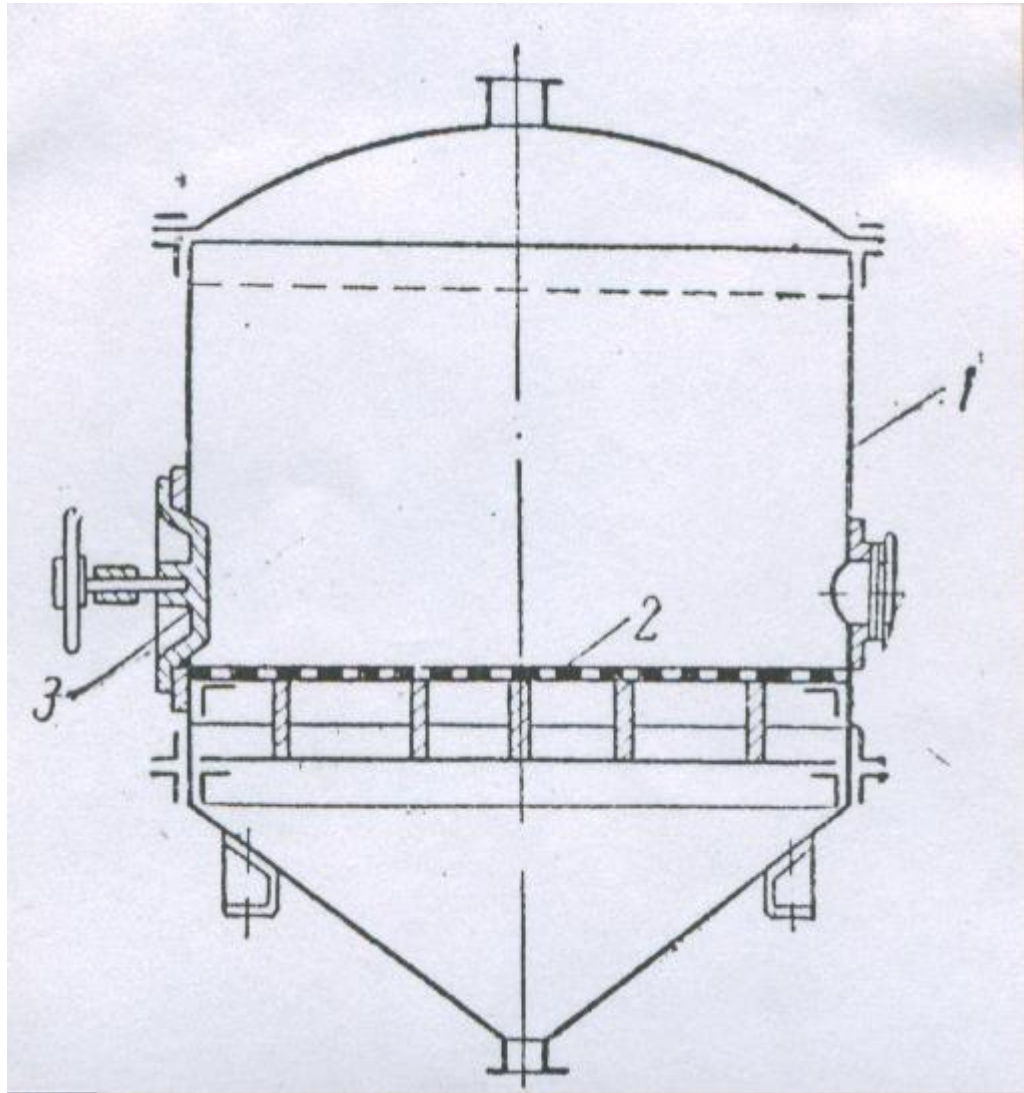


Рис. 1.3. Закритий нутч-фільтр.

1 – корпус; 2 – фільтрувальна перегородка; 3 – люк.

Фільтрування у закритому нутч-фільтрі відбувається під тиском стисненого повітря або інертного газу. Осад вивантажують через відкидне дно, або через боковий люк.

Преваги закритих нутч фільтрів:

- значна швидкість фільтрування;
- можливість розділення важко фільтруючих осадів;
- можна розділяти суспензії, які виділяють вогнебезпечні або токсичні пари

Недоліки закритих нутч фільтрів:

- обмежена продуктивність, обумовлена тим, що виготовлення їх з великою фільтруючою поверхнею утруднене, оскільки апарати працюють під надлишковим тиском;
- громіздкість установки;
- ручна вигризка осаду.

Барабанний фільтр.

Барабанний фільтр представлений на рис. 1.4.

Полий барабан 1 з отворами на боковій поверхні, покритий металічною сіткою і фільтрувальною тканиною обертається в кориті 4 зі швидкістю 0,1-2 об/хв. Корито заповнене суспензією в яку занурено 0-0 поверхні барабану. Барабан розділений радіальними перегородками на комірки, кожна з яких через клапан в полії цапфі з'єднується з розподільчою головкою 3, притиснутої до торцевої поверхні цапфи. Розподільча головка служить для послідовного сполучення комірок барабану з лініями вакууму і стиснутого повітря. Занурені в суспензію комірки барабану з'єднуються з вакуумною лінією. Під дією різниці тисків ззовні і всередині барабану осад відкладається на його поверхні, а фільтрат відсмоктується всередину барабану і видаляється через розподільчу головку.

Поверхня комірок барабану, на якій відкладається осад, називається зоною фільтрування (зона фільтрування I). Коли відповідні комірки барабану виходять з суспензії осад підсушується при розрідженні (зона просушки II). Потім осад промивається водою, причому промивні води відсмоктуються, як і фільтрат через розподільчу головку. Вслід за промивкою в цій же зоні (зона промивки і просушки III) осад сушиться повітрям, яке просочується через шар осаду. Після цього комірки сполучаються через розподільчу головку з лінією стиснутого повітря (зона віддувши IV). Повітря не тільки сушить але і розрихлює осад, дякуючи чому полегшується його наступне видалення.

При підході комірок з осадом до ножа 13 припиняється подача стиснутого повітря і осад падає з поверхні тканини під дією тяжіння. Ніж служить, в основному, направляючою площиною для шару осаду, який відділяється від тканини. При подальшому обертанні барабану тканина звільнена від осаду, очищається шляхом продувки повітрям (зона регенерації тканини V). Вслід за цим весь цикл операцій, який відповідає одному оберту барабана повторюється знову. Між робочими зонами II, III, IV, V і I є невеликі мертві зони. Це перешкоджає сполученню між собою робочих зон при переході комірок з однієї зони в іншу.

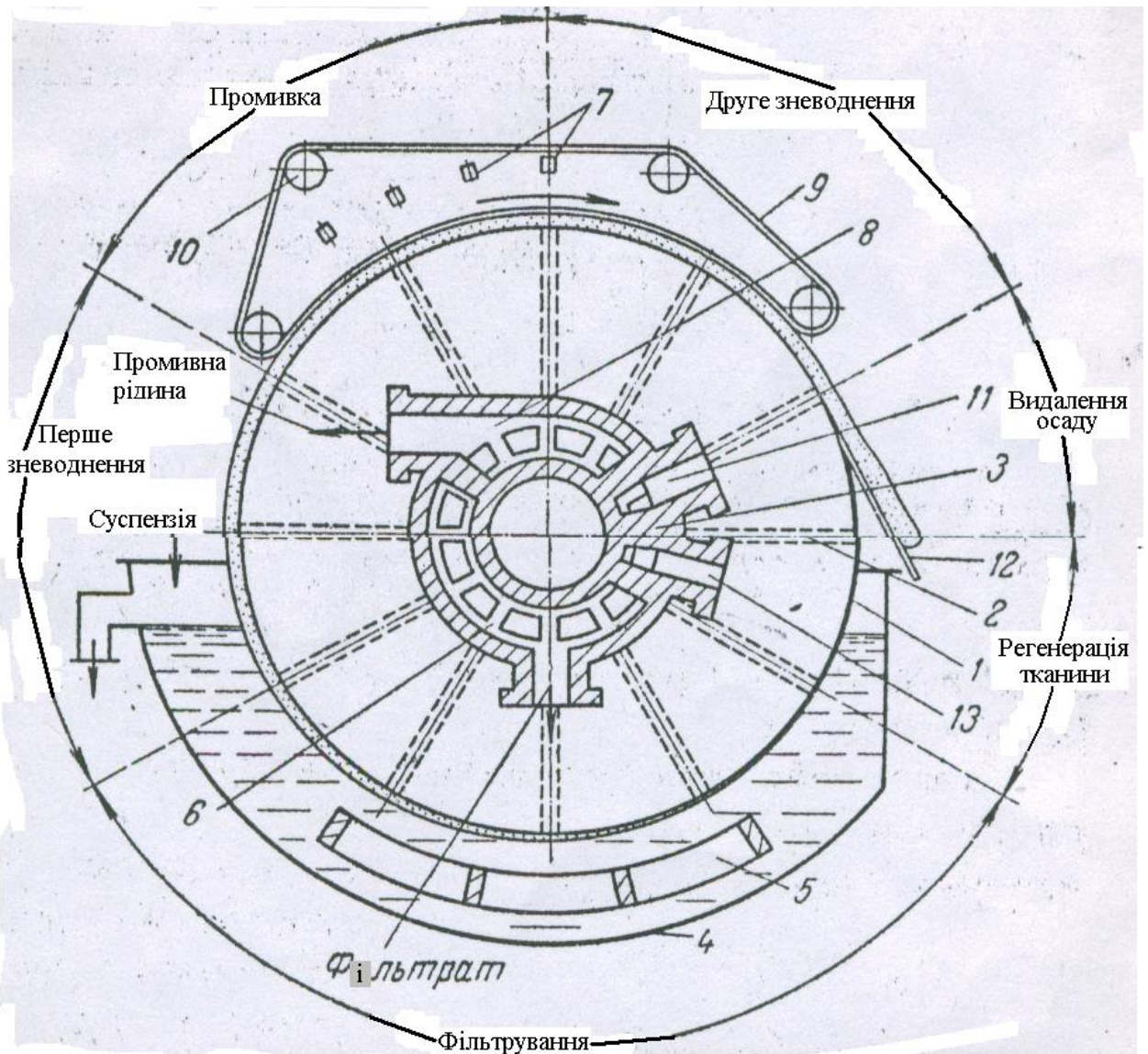


Рис.1.4. Схема дії барабанного вакуум-фільтру з зовнішньою поверхнею фільтрування.

1 – барабан; 2 – з'єднувальна трубка; 3 – розподільчий пристрій; 4 – резервуар для суспензії; 5 – гоїдаюча мішалка; 6, 8 – порожнини розподільчого пристрою, що з'єднуються з джерелом вакууму; 7 – розбризкуючий пристрій; 9 – безкінечна стрічка; 10 – направляючий ролик; 11, 13 – порожнини розподільчого пристрою, які з'єднуються з джерелом стисненого повітря; 13 – ніж для знімання осаду.

Таким чином, на кожній ділянці поверхні фільтру всі операції— фільтрування, промивка, просушка, знімання осаду і очистка тканини— проводяться послідовно одна за другою, але ділянки працюють незалежно одна від іншої і тому всі операції на фільтрі проводяться одночасно, тобто процес протікає безперервно. По такому ж принципі працюють всі безперервно діючі фільтри.

Стрічковий вакуум-фільтр.

Стрічковий фільтр представлений на рис. 1.5.

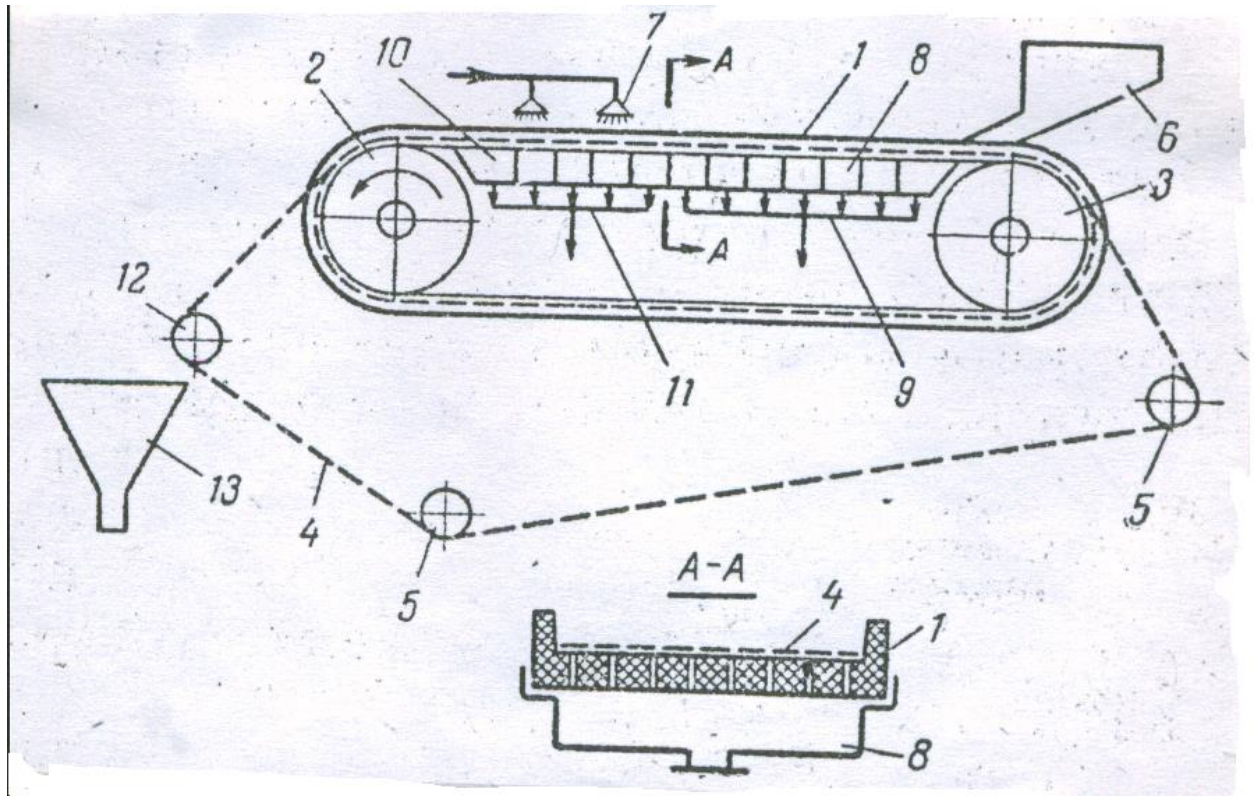


Рис.1.5. Стрічковий вакуум-фільтр.

1 – опорна резинова стрічка; 2 – привідний барабан; 3 – натяжний барабан; 4 – фільтруюча тканина; 5 – натяжні ролики; 6 – лоток для подачі суспензії; 7 – форсунки для подачі промивної рідини; 8 – вакуум-камери для фільтрату; 9 – колектор для фільтрату; 10 – вакуум-камери для промивної рідини; 11 – колектор для промивної рідини; 12 – направляючий ролик; 13 – бункер для осаду.

Стрічковий фільтр безперервної дії складається з горизонтального гладкого стола (покритого текстолітом для зменшення тертя) по якому ковзає безкінечна резинова стрічка 1 натянута між барабанами 2 і 3. Барабан 2 сполучений з приводом, задній барабан 3 може переміщатися в направляючих і служить для натягування стрічки. Резинова стрічка 1 має спеціальний профіль, рифлену робочу поверхню. Вона споряджена боковими бортами, вздовж її осі розміщені отвори, які при русі стрічки з'єднуються з трьома вакуум-камерами, розміщеними під поверхнею стола. Вакуум-камери служать для відсмоктування фільтрату.

На резинову стрічку надіте безкінечне полотно з фільтрувальної тканини. Суспензія поступає на тканину по лотку. При русі стрічки і полотна фільтрат відсмоктується і осад відкладається на тканині. Осад промивається водою, просушується у вакуумі і скидається при перегині полотна через барабан 2.

Для зняття липких осадів застосовують пустотілий перфорований валик у отвори якого продувається стиснене повітря, що полегшує відділення осаду від тканини. Іноді осад змивається з тканини струменем води. При зворотному

русі тканини під столом вона очищується (регенерується) з допомогою механічних щіток або парових форсунок.

Переваги стрічкових фільтрів:

- співпадання напрямків фільтрування і осадження;
- простота конструкції, зокрема відсутність розподільчої головки;
- добре розділення фільтрату і промивних вод;
- достатня промивка і зневоднення осаду;
- можливість обробки важко фільтруючих матеріалів дякуючи досконалому способу знімання осаду і регенерації тканини.

Недоліки стрічкових фільтрів.

- невелика поверхня фільтрування і неповне використання фільтрувальної тканини;
- велика виробнича площа, яку займає фільтр;
- зношування стрічки;
- непридатність для обробки речовин, які руйнують діють на резинову стрічку, а також погано змочуючих резину і метал (змочування необхідне для підтримки достатнього вакууму).

Порівняння і вибір фільтрів.

При виборі фільтрів слід враховувати наступні фактори:

- мета процесу фільтрування—одержання тільки цінного осаду, чи тільки фільтрату, або одночасно одержання осаду і фільтрату для подальшого використання;
- властивості суспензії і осаду;
- інші умови процесу—масштаби виробництва, простота обслуговування, вартість апарату, експлуатаційні витрати і т.п.

Фільтри безперервної дії працюють при коротких циклах фільтрування з автоматичною промивкою і вивантаженням осаду. Внаслідок швидкої і безперервної зміни окремих операцій швидкість фільтрування в таких фільтрах значно більша ніж у фільтрах періодичної дії. Разом з тим переваги фільтрів безперервної дії можуть бути використані в певній мірі тільки при постійному складі суспензії, яка розділяється і порівняно крупному масштабі виробництва.

Фільтри періодичної дії працюють при довгих циклах фільтрування, так як часте повторення допоміжних операцій (вивантаження, складання фільтру, завантаження) різко знижує їх продуктивність. Однак періодично діючі фільтри потрібні на невеликих виробництвах, особливо при різноманітному асортименті продукції, коли необхідно часто міняти режим фільтрування, а також для відділення важко фільтруючих і потребуючих старанної промивки осадів

Центрифугування.

Найбільш поширеним способом розділення рідких неоднорідних систем під дією відцентрових сил є центрифугування, яке здійснюється в центрифугах. Основна частина центрифуги—барабан (корзина) з суцільними або дірчастими стінками, який обертається з великою швидкістю на вертикальному або горизонтальному валі.

Розрізняють наступні процеси розділення суспензій в центрифугах:

- відцентрове фільтрування;
- відцентрове відстоювання;
- відцентрове освітлення.

Відцентрове фільтрування представляє собою процес розділення суспензій в центрифугах з дірчастими барабанами. Внутрішня поверхня такого барабану покрита фільтрувальною тканиною. Суспензія відцентровою силою відкидається до стінок барабану, при цьому тверда фаза залишається на поверхні тканини, а рідина під дією відцентрової сили проходить через шар осаду і тканини і видаляється назовні через отвори у барабані.

Відцентрове фільтрування, в основному, складається з трьох послідовно протікаючи фізичних процесів:

- фільтрування з утворенням осаду;
- ущільнення осаду;
- видалення з осаду рідини, яка втримується молекулярними силами.

При допомозі відцентрового фільтрування може досягатися висока степінь зневоднення осаду.

Відцентрове відстоювання представляє собою процес розділення суспензій в центрифугах, які мають барабан з суцільними стінками. Суспензія вводиться в нижню частину барабану і під дією відцентрової сили відкидається до стінок. Безпосередньо біля стінок утворюється шар осаду, а рідина утворює внутрішній шар і витісняється з барабану поступаючою на розділення суспензією. Піднімаючись вгору, рідина переливається через край барабану і видаляється назовні. При відцентровому відстоюванні відбуваються два фізичні процеси:

- осадження твердої фази;
- ущільнення осаду.

Відцентрове освітлення також проводиться в суцільних барабанах і служить для очистки рідин, які містять незначну кількість твердої фази. Цей процес застосовується для розділення тонких суспензій і колоїдних розчинів.

В барабанах з суцільними стінками проводиться також розділення емульсій. Під дією відцентрової сили компоненти емульсії у відповідності з густиною розміщуються у вигляді розмежованих шарів: зовнішнього шару рідини з більшою густиною і внутрішнього шару більш легкої рідини. Рідини виводяться з барабану нарізно.

Відцентрові сили, які розвиваються при центрифугуванні, справляють на рідку систему, що розділяється, набагато більшу дію, ніж сили тяжіння і тиску. Тому центрифугування є набагато більш ефективним способом

механічного розділення неоднорідних рідких систем, чим відстоювання і фільтрування.

Напруженість створюваного в центрифугі поля відцентрових сил характеризується фактором розділення, який представляє собою відношення відцентрового прискорення до прискорення сили тяжіння:

$$\Phi = \frac{\omega^2 r}{g}$$

де ω – кутова швидкість обертання барабану, рад/с;

r – радіус барабану, м;

g – прискорення сили тяжіння, рівне 9,81 м/с.

Чим більший фактор розділення тим вища розділююча здатність центрифуги. Фактор розділення Φ може бути підвищений шляхом збільшення радіуса барабану і в ще більшій мірі—збільшення числа обертів, оскільки величина Φ пропорційна квадрату числа обертів $\omega^2 = \frac{\pi^2 n^2}{900}$. Однак збільшувати радіус і число обертів можна тільки до певної межі, яка визначається механічною міцністю барабану.

Добуток фактору розділення Φ на поверхню F осадження твердої фази в барабані центрифуги, який позначається Σ називається індексом продуктивності центрифуги:

$$\Sigma = \Phi \cdot F \text{ (м}^2\text{)}$$

Індекс продуктивності центрифуги Σ представляє собою поверхню осадження відстійника або фільтру, в якому для даної суспензії досягається та ж продуктивність що і в розглядуваній центрифугі. Величина Σ відображає вплив всіх конструктивних факторів, які визначають здатність відстійних і фільтруючих центрифуг до розділення суспензій або емульсій.

Центрифуги класифікують по наступних прикметах:

- по величині фактора розділення;
- по величині індекса продуктивності;
- по режиму роботи (періодичний або безперервний);
- по способу вигрузки осаду;
- по конструктивних признаках.

Класифікація центрифуг по фактору розділення, режиму роботи і способу вивантажування осаду приведена нижче.

Механічне вивантаження осаду — основна умова безперервної роботи центрифуг, тому спосіб вигрузки є важливою прикметою їх класифікації.

Виходячи з конструктивних прикмет, центрифуги розрізняють головним чином по розміщенню і способу закріплення валу. По цій прикметі центрифуги ділять на:

- вертикальні;
- горизонтальні;
- похилені.

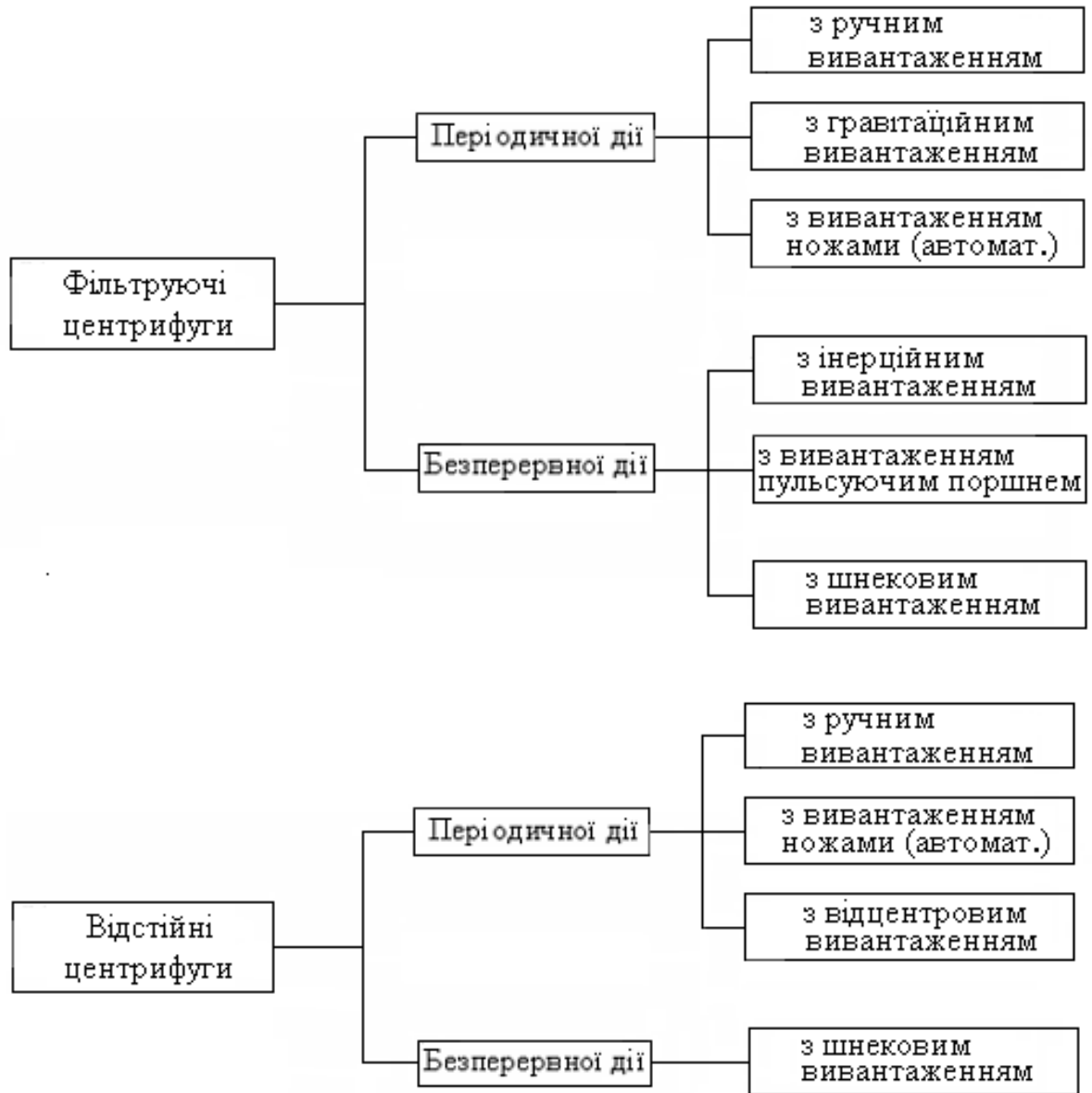
Існує три види вертикальних центрифуг:

- стоячі з підпертим валом;

- підвішені на колонах;
- висячі (з верхнім підвісом головного валу).

Горизонтальні центрифуги з ножовим зніманням осаду працюють періодично, але оскільки в них можлива повна автоматизація всіх операцій, вони називаються автоматичними центрифугами.

Нормальні центрифуги ($\Phi < 3500$)



Зверхцентрифуги ($\Phi > 3500$)



По технологічному призначенню центрифуги діляться на три типи:

1. освітлюючі—для очистки рідин від твердих домішок;
2. розділяючі—для розділення суспензій і емульсій;
3. концентруючі—для згущення суспензій шляхом відділення частини рідкої фази.

Висновки

1. Розділення неоднорідних систем за ступенем очистки поділяється: відстроювання – переважно застосовується для концентрування осаду, фільтрування – для одержання осадів різного ступеня вологості, центрифугування – найбільш ефективно в плані виділення твердої речовини.
2. Найбільш повільно відбувається відстоювання а найбільш швидко центрифугування.
3. Для інтенсифікації процесів відстоювання та фільтрування збільшують кількість апаратів та їх розмір.

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. Перри Дж. Справочник инженера-химика. Химия, 1969.
4. Чернобыльский И.И., Бондарь А.Г., Гаевский Б.А. и др. Машины и аппараты химических производств. Химия, 1962.
5. Лащинский А.А., Толчинский А.Р. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры. Машиностроение, 1970.
6. Пісчанська В.В., Медведовська В.М. Механічні процеси і апарати хімічних виробництв: Навч. посібник. – Дніпропетровськ: НМетАУ, 2008.– 52 с.

Питання

1. Що таке відстоювання?
2. Яка будова відстійників?
3. Що таке фільтрування?
4. Які є види фільтрів, яка їх будова?
5. Що таке центрифугування?
6. Які є види центрифугування?
7. Будова центрифуг.