25.02.26.

45 група

Процеси випарювання та упарювання.

Будова центрифуг . Види центрифуг.

Центрифуги класифікують за наступними ознаками:

- за величиною фактора розділення: нормальні центрифуги (F_r<3500) і надцентрифуги (F_r>3500);

- за режимом роботи: періодичної та неперервної дії;

- за способом вивантаження осаду: з ручним, гравітаційним, інерційним, відцентровим, гідравлічним вивантаженням, вивантаженням пульсуючим поршнем, ножами, шнеком;

- за конструктивними ознаками: відстійні, фільтруючі, а також – вертикальні, нахилені і горизонтальні.

Нормальні центрифуги використовують головним чином для розділення різноманітних суспензій, за винятком суспензій з дуже малою концентрацією твердої фази, а також для видалення вологи зі штучних матеріалів. Надцентрифуги призначені для розділення емульсій і тонкодисперсних суспензій.

Нормальні центрифуги можуть бути відстійними і фільтруючими. Надцентрифуги є апаратами відстійного типу і поділяються на трубчасті надцентрифуги, які використовуються для розділення тонкодисперсних суспензій, і рідинні сепаратори, які використовуються для розділення емульсій.

Відомо два типи центрифуг періодичної дії з ручним вивантаженням – центрифуги фільтруючого і відстійного типів. Суспензія завантажується в барабан, що знаходиться у спокої або ж обертається з робочою або зниженою швидкістю. У останньому випадку після завантаження барабана швидкість його доводиться до робочої.

У фільтруючій центрифузі рідина (фугат) проходить через фільтрувальну тканину, металеву підкладкову сітку і видаляється через отвори барабана у нерухомий кожух, що охоплює барабан. З кожуха фугах зливається в збірник.

У відстійні центрифуги суспензія завантажується на повному ході; розділення відбувається, як указувалося, при русі рідини вгору паралельно глухим стінкам барабана, до утворення осаду певної товщини. Після закінчення центрифугування в глухому або дірчастому барабані осад промивають (якщо це необхідно) і якийсь час ведуть фугування для підсушування і ущільнення осаду без подачі суспензії. Потім вимикають електродвигун, зупиняють центрифугу гальмом і вивантажують осад вручну. Ручне вивантаження осаду проводиться через верх або днище барабана. Нижнє вивантаження зручніше, але, як і верхнє, вимагає великої витрати праці. Таким чином, цикл роботи центрифуг складається з ряду операцій, перелік і орієнтовна тривалість яких наведені нижче.

Операція	Тривалість, хв.
Розгін барабана	0,5 – 1,0
Наповнення барабана	1,5 – 30
Центрифугування	2,0 – 40
Промивка осаду	0 – 20
Підсушування осаду	20 – 25
Гальмування	0,7 – 2
Розвантаження	3 – 20

Повна тривалість τ циклу центрифуги з ручним вивантаженням визначається як сума часу окремих операцій, величина τ коливається в дуже широких межах – від 7 хв до 3 год і більше, залежно від властивостей оброблюваних речовин.

Якщо тривалість циклу τ, хв відома, продуктивність центрифуги може бути визначена за формулою:

$$G = 60V\rho / \tau \text{, кг/год,} \qquad (5.3)$$

де V – об'єм осаду, що утворюється в барабані за один цикл (об'єм, рівний робочій місткості барабана), м^3; ρ – густина осаду, кг/м^3.

На рис. 5.1 показано трьохколонну центрифугу з верхнім ручним вивантаженням. Барабан 1 центрифуги і станина 3, усередині якої він обертається, підвішені за допомогою тяги 4 на трьох колонках 5: вібрація барабана сприймається пружинами 6. Завдяки такій будові коливання барабана не передаються через вал 2 і підшипники на станину і не викликають її розхитування.

Недоліки трьохколонної центрифуги: 1) трудомістке ручне вивантаження осаду зверху, 2) мала доступність для огляду підшипників, приводу і гальма і можливість їх корозії під дією рідини, що проливається.

Цих недоліків певною мірою позбавлена висяча центрифуга з нижнім вивантаженням (рис. 5.2).

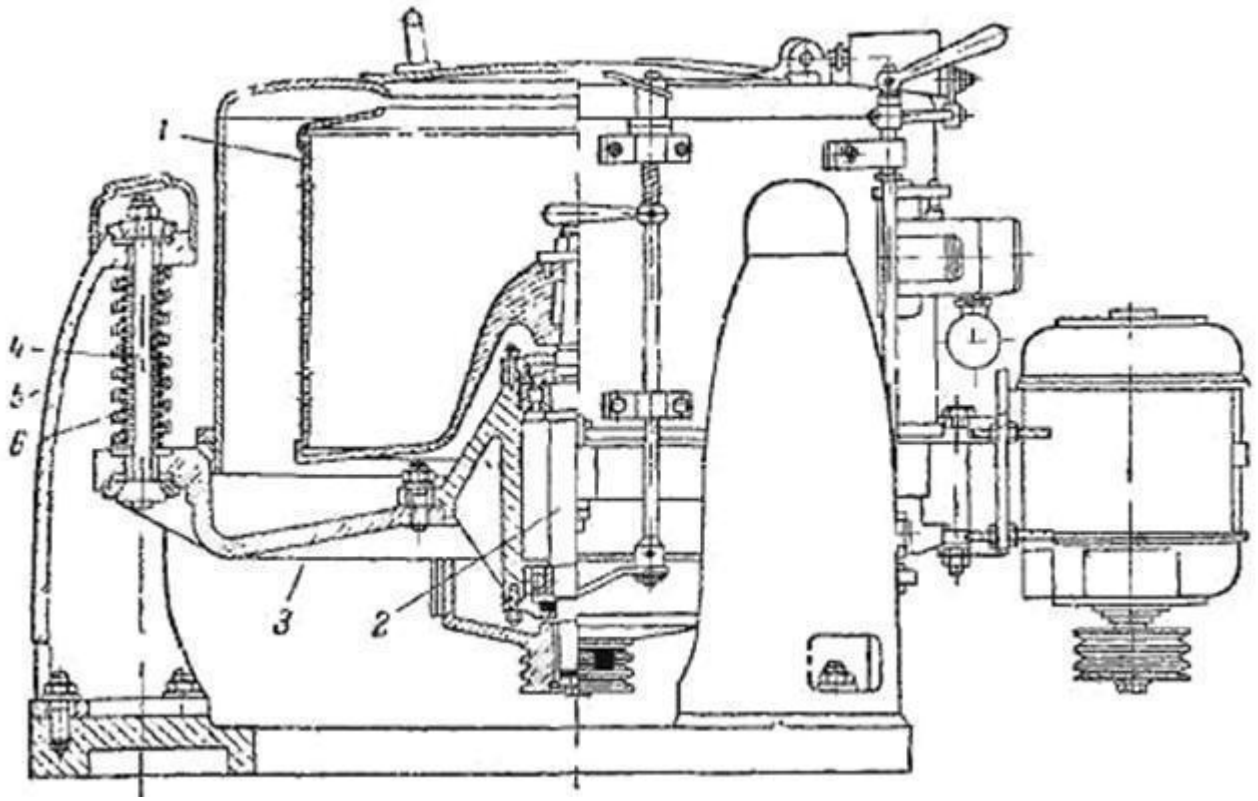


Рис. 5.1. Трьохколонна центрифуга з верхнім вивантаженням:

1 – барабан, 2 – вал, 3 – станина, 4 – тяги, 5 – колонка, 6 – пружини

Барабан 1 такої центрифуги підвішений до нижнього кінця валу 2, що має верхню конічну або кульову опору 3 (часто забезпечену гумовою прокладкою). Барабан не має глухого днища; бічна стінка барабана з'єднується внизу декількома ребрами 4 з його втулкою. Розвантажувальні отвори, що знаходяться між ребрами, під час фугування закривають знімним ковпаком 5, підвішеним на ланцюзі Під час вивантаження центрифуги ковпак підводять або витягують з барабана і осад проштовхують уручну вниз.

Переваги висячої центрифуги: 1) стійкість і деяка свобода коливань барабана, оскільки центр тяжіння системи, що обертається, розташований нижче за опору валу і підшипників; крім того, допустиме деяке розгойдування барабана; 2) порівняно легке і швидке вивантаження осаду; 3) опора і привід не піддаються корозії.

Вивантаження осаду з мінімальною витратою фізичної праці досягається в саморозвантажних центрифугах (рис. 5.3, зліва показано завантаження барабана, справа – вивантаження осаду). Осад видаляється з них під дією сил тяжіння (гравітаційне вивантаження).

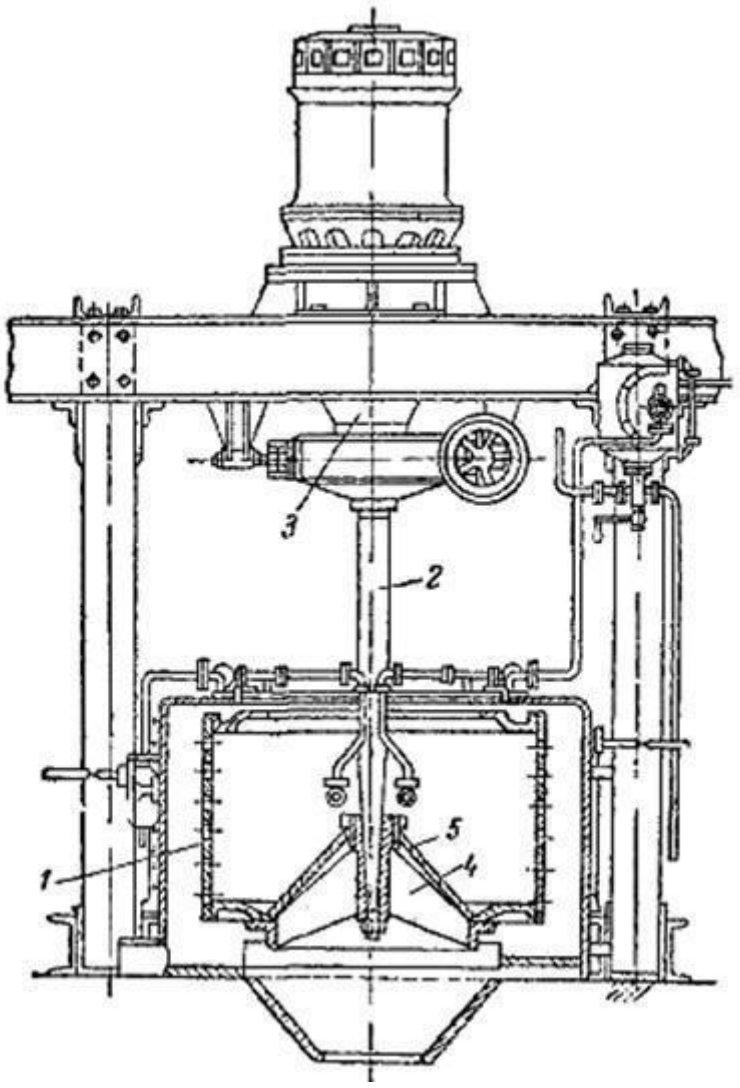


Рис. 5.2. Висяча центрифуга з нижнім вивантаженням:

1 – барабан, 2 – вал, 3 – опора валу, 4 – ребра барабана, 5 – ковпак

Нижня частина барабана 1 має конічну форму з кутом нахилу, що перевищує кут природного укосу матеріалу. Під час зупинки барабана осад сповзає з його стінок і видаляється з центрифуги. Початкова суспензія завантажується на розподільний диск 3 під час обертання барабана із зниженою швидкістю. У іншому саморозвантажні центрифуги не відрізняються від висячих центрифуг з нижнім вивантаженням.

Фільтруючі центрифуги з ручним і гравітаційним вивантаженням мають наступні переваги порівняно з аналогічними центрифугами відстійного типу:

1) низька кінцева вологість осаду; 2) можливість ретельної промивки осаду.

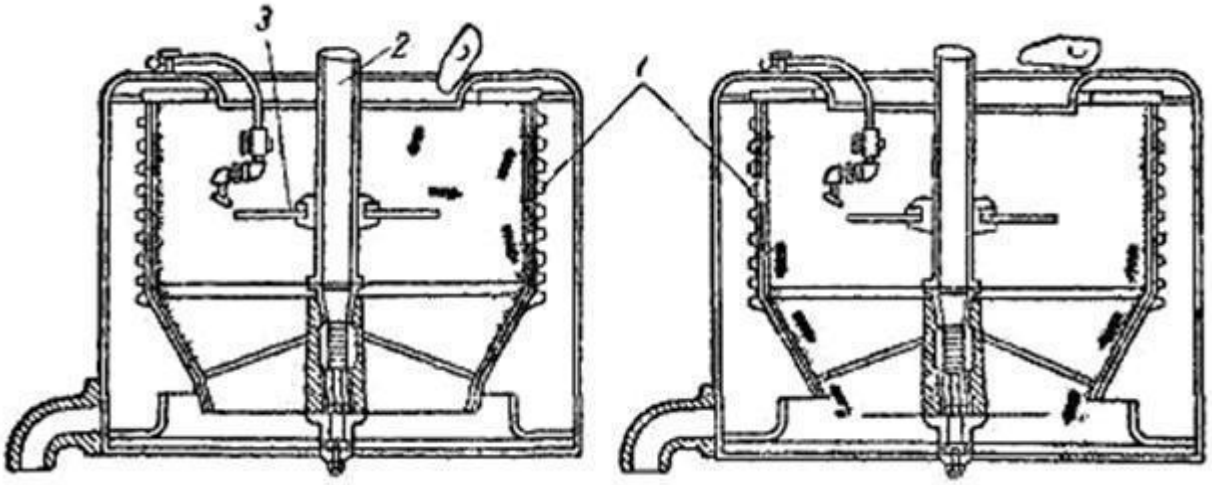


Рис. 5.3. Саморозвантажна центрифуга:

1 – барабан, 2 – вал, 3 – розподільний диск

Автоматичні центрифуги періодичної дії з ножовим зніманням осаду на ходу

У таких центрифугах завантаження і розвантаження відбуваються автоматично, без зупинки або зниження швидкості барабана. Розвантаження на ходу проводиться за допомогою ножа, який переміщається вгору і вниз незалежно від барабана і зрізає осад. Подача суспензії, фугування і зняття осаду здійснюються послідовно один за одним, зміна і тривалість окремих операцій регулюються спеціальним автоматичним пристроєм.

Тривалість окремих операцій в автоматичних центрифугах складає в середньому: наповнення $\tau_н$ – 0,5—2,5 хв, центрифугування $\tau_ц$ – 0,4—0,5 хв, вивантаження $\tau_в$ —0,7—5 хв. Промивка і сушка осаду проводяться тільки у разі потреби. Тривалість повного циклу τ менша, ніж в центрифугах з ручним або гравітаційним вивантаженням, і зазвичай не перевищує 10 хв, але в окремих випадках може досягати 160 хв і більше.

Автоматичні центрифуги з ножовим зніманням осаду виготовляються тільки з горизонтальним валом. Горизонтальна автоматична центрифуга (рис. 5.4) має дірчастий барабан 1, розташований між підшипниками горизонтального валу 3. Суспензія подається по трубі 3, введення і припинення подачі суспензії проводяться за допомогою клапана 4, роботою якого управляє гідравлічний (масляний) циліндр 5. Такий же циліндр приводить в дію ніж 6 для зняття осаду, масло поступає під поршень циліндра (під час підйому ножа) або зверху поршня (під час опускання ножа).

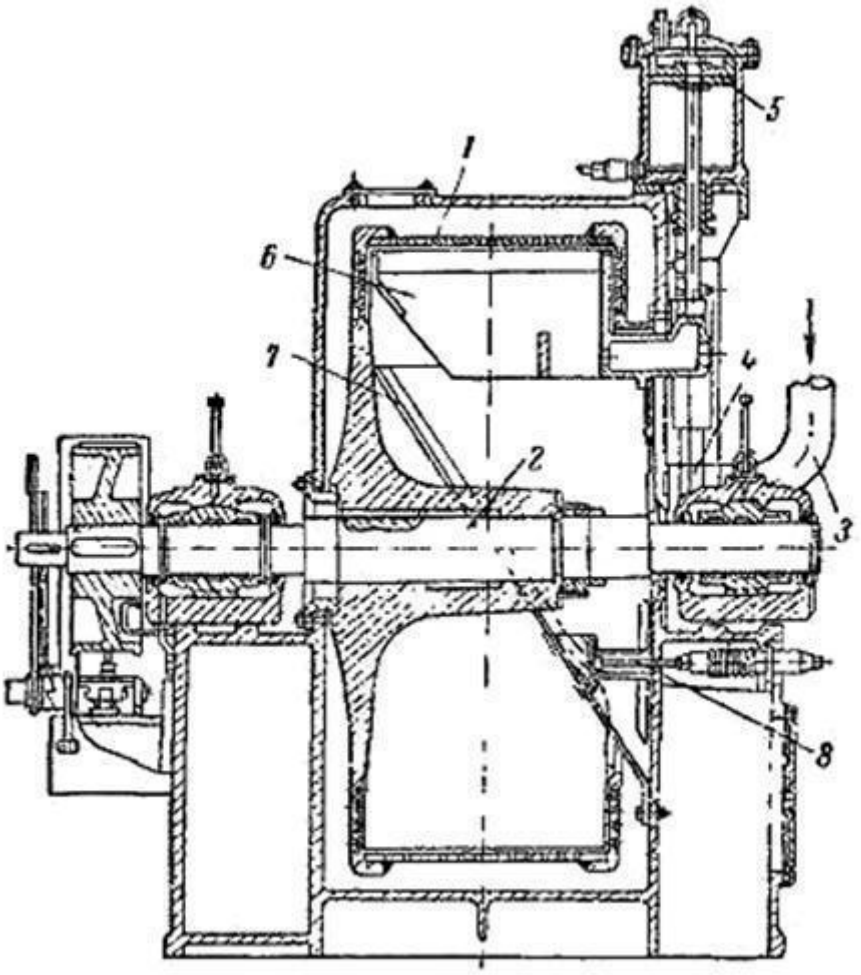


Рис. 5.4. Горизонтальна автоматична центрифуга:

1 – барабан; 2 – горизонтальний вал; 3 – труба для подачі суспензії; 4 – клапан; 5 – масляний циліндр; 6 – ніж; 7 – жолоб; 8 – пневматичний молоток

Введення масла проводиться автоматично через певні проміжки часу з таким розрахунком, щоб дії ножа і клапана координувалися таким чином:

1) подача суспензії – завантажувальний клапан відкритий, ніж опущений;

2) фугування – завантажувальний клапан закритий, ніж опущений;

3) вивантаження осаду – завантажувальний клапан закритий, ніж піднятий.

Осад вивантажується крутим похилим жолобом 7 під дією власної ваги; вивантаження полегшується завдяки частим ударам по жолобу пневматичного молотка 8, який автоматично включається під час підйому ножа і вимикається під час його опускання.

Основні переваги автоматичних центрифуг: 1) усунення непродуктивних витрат часу і енергії, пов'язаних із зупинкою або гальмуванням барабана для розвантаження, 2) повна автоматизація процесу.

Недоліком таких центрифуг є подрібнення осаду під час знімання його ножем.

Центрифуги безперервної дії з вивантаженням пульсуючим поршнем

У центрифуги цього типу суспензія подається безперервно, осад періодично виштовхується поршнем-штовхачем з дірчастого барабана, розташованого на горизонтальному валу (рис. 5.5).

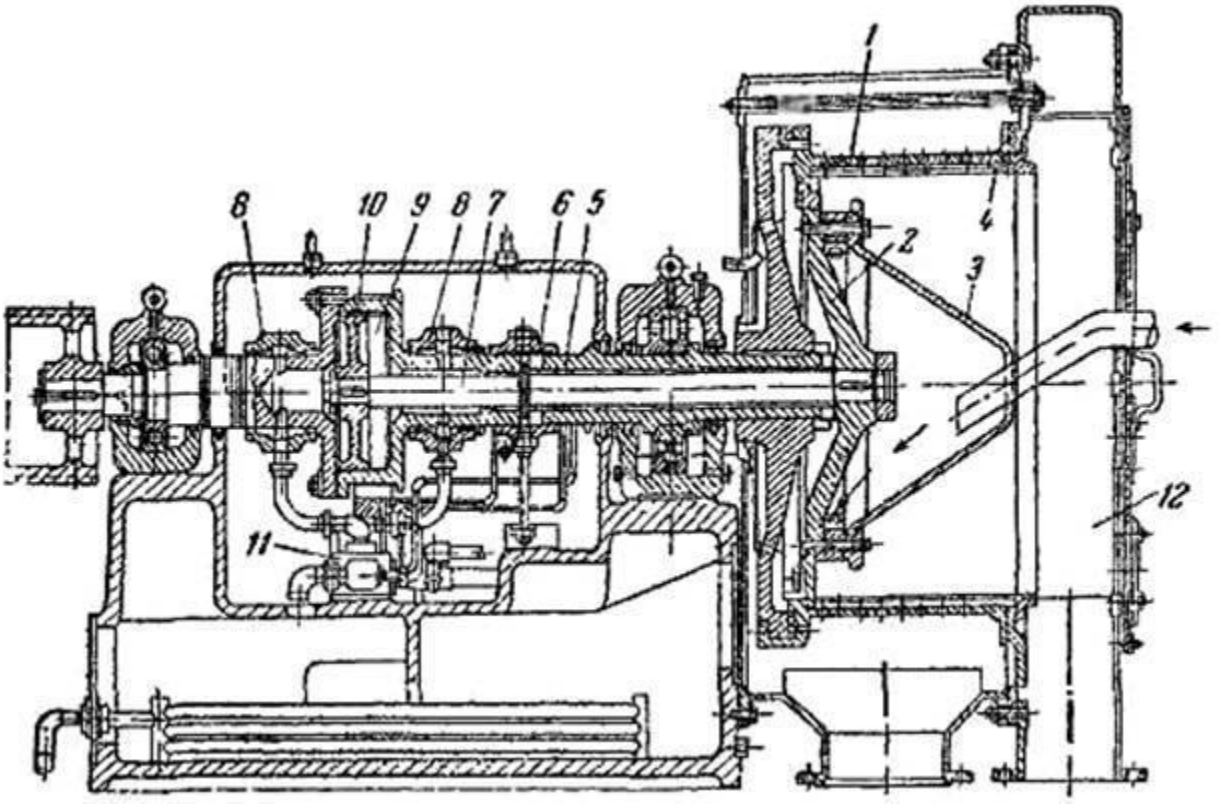


Рис. 5.5. Центрифуга безперервної дії з вивантаженням пульсуючим поршнем:

1 – барабан; 2 – поршень-штовхач; 3 – приймальний конус; 4 – сито; 5 – порожнистий вал; 6 – повзун; 7 – шток; 8 – розподільник; 9 – циліндр; 10 – поршень; 11 – шестерневий насос; 12 – кожух

Усередині барабана 1 уздовж його осі переміщається поршень-штовхач 2, який укріплений на кінці штока 7. Шток знаходиться всередині полого валу 5, обертається разом з ним і одночасно здійснює поворотно-поступальний рух. Суспензія підводиться в конус 3 і через отвори в ньому поступає в барабан, покритий зсередини металевим щілистим ситом 4. Шар осаду, що відкладається на ситі, переміщається поршнем-штовхачем 2 до відкритого кінця барабана, через який частина осаду вивантажується в кожух 12. За кожен робочий хід вивантажується така кількість осаду, яка відповідає довжині ходу поршня, рівній приблизно 1/10 висоти барабана. Коли поршень рухається у зворотному напрямі, на поверхні сита 4, що звільняється при цьому, утворюється новий шар осаду. Під час наступного робочого ходу поршня з барабана виштовхується нова порція осаду і т.д. Поршень-штовхач зазвичай здійснює 10 – 16 ходів на хвилину.

Напрям руху поршня змінюється автоматично за допомогою повзуна 6, який, переміщаючись з штоком 7, відкриває і закриває перемикаючий клапан; через цей клапан у золотник поступає масло.

Золотник, у свою чергу, управляє надходженням масла в два розподільника 8. Масло, що нагнітається шестерневим насосом 11, поступає через розподільники попеременно в праву і ліву порожнини циліндра 9 і тисне на поршень 10, викликаючи поворотно-поступальний рух штовхача. У разі потреби в барабан через спеціальну

трубу підводиться вода для промивки осаду, а в кожусі встановлюються роздільні патрубки для відведення фугату і промивних вод. Окрім безперервності дії, основною перевагою описаних центрифуг є менше подрібнення осаду або розрізання волокон, ніж при вивантаженні іншими механічними способами (ножем, шнеком).

Недоліки цих центрифуг: 1) забруднення фугату осадом, що частково проходить через отвори сита, 2) значна витрата енергії на переміщення осаду, 3) порівняно швидкий знос фільтрувальної перегородки.

Підвищенню продуктивності центрифуг безперервної дії, без зниження ефекту розділення, сприяє збільшення довжини барабана. У зв'язку з цим останнім часом набули поширення центрифуги з пульсуючим вивантаженням осаду і багатоступінчатим барабаном (рис. 5.6). Така центрифуга складається як би з декількох послідовно включених центрифуг з пульсуючим вивантаженням осаду, що мають відносно короткі барабани, зміщені один відносно одного (по загальній осі). Суспензія, що розділяється, послідовно проходить всі барабани, які здійснюють поворотно-поступальний рух уздовж осі. Кромка торця одного барабана служить поршнем-штовхачем для розвантаження осаду з наступного барабана.

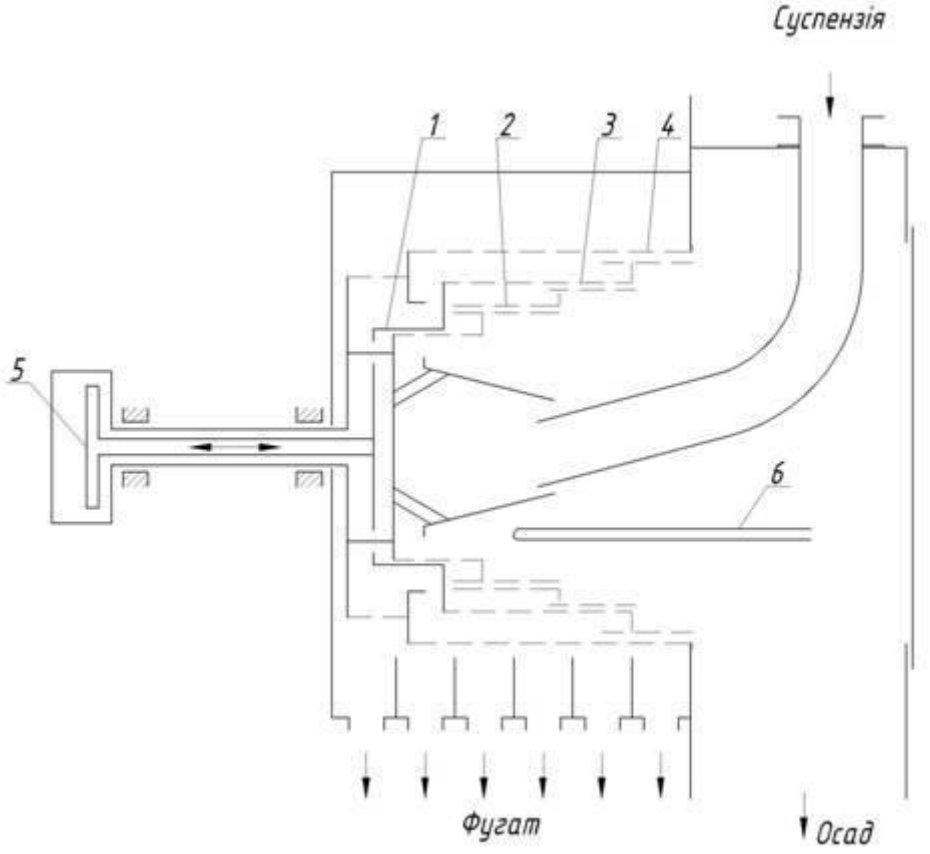


Рис. 5.6. Багатоступінчата центрифуга безперервної дії з пульсуючим вивантаженням осаду:

1 – барабан першого ступеня; 2 – барабана другого ступеня; 3 – барабан третього ступеня; 4 – барабан четвертого ступеня, 5 – гідравлічний привод; 6 – труба для подачі промивної води

Спеціальним поршнем-штовхачем осад виштовхується тільки з барабана першого ступеня. У центрифугах з багатоступінчатим барабаном досягається ефективне розділення суспензій, під час розділення яких потрібне тривале

фугування. Переходячи з одного ступеня в іншу, осад розпушується і завдяки цьому додатково підсушується, що сприяє підвищенню продуктивності центрифуги. Одночасно в таких центрифугах досягається ефективніша промивка осаду і краще розділення фугату і промивних вод, чим в одноступінчатих центрифугах.

Питома витрата енергії в багатоступінчатих центрифугах значно менша, ніж в одноступінчатих, оскільки значна частина рідини видаляється вже в барабанах перших ступенів порівняно малого діаметру.

Центрифуги безперервної дії з шнековим вивантаженням

Вивантаження осаду за допомогою шнека проводиться головним чином у горизонтальних центрифугах відстійного типу (рис. 5.7).

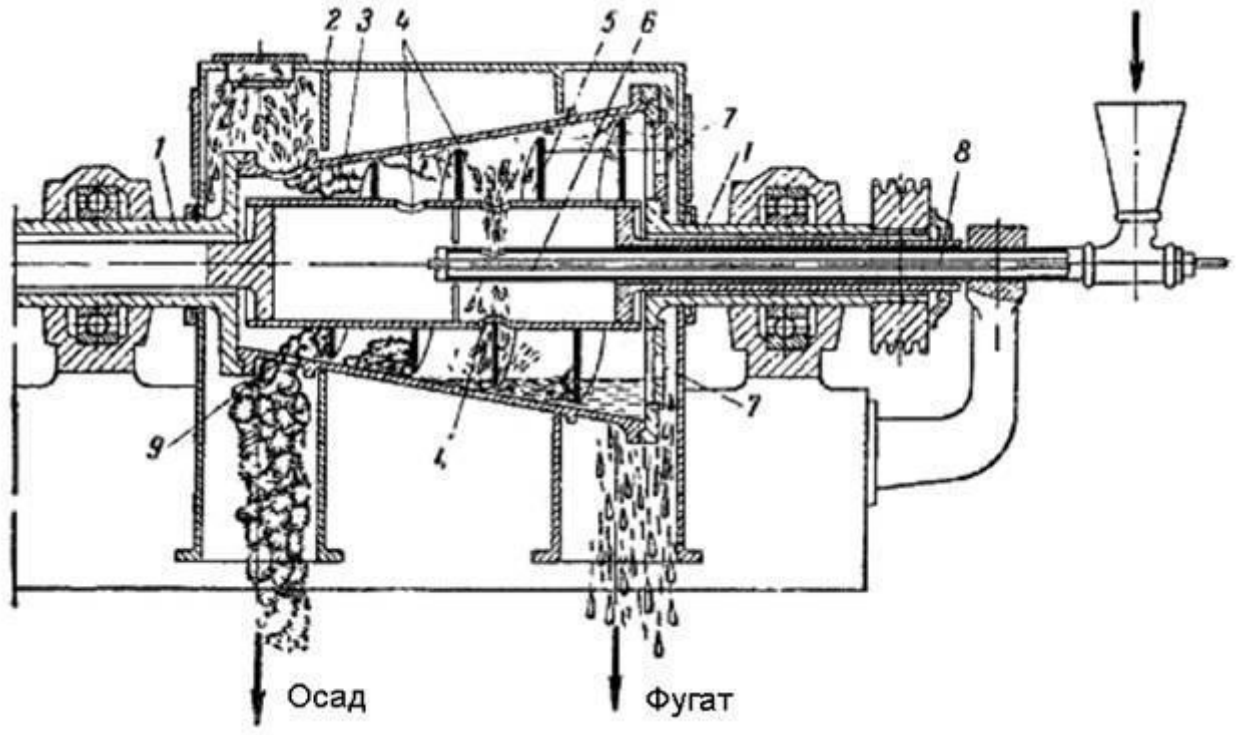


Рис. 5.7. Горизонтальна центрифуга безперервної дії з шнековим вивантаженням:

1 – порожниста цапфа; 2 – кожух; 3 – барабан; 4 – отвори для суспензії; 5 – барабан-шнек; 6 – труба для подачі суспензії; 7 – вікно для фугату; 8 – труба для подачі промивної води; 9 – вікно для вивантаження осаду

Глухий барабан 3 таких центрифуги має конічну або циліндрично-конічну форму і обертається на порожнистих цапфах 1. Усередині барабана 3 з меншою швидкістю обертається шнек 5 з порожнистим валом, цапфи якого знаходяться усередині цапф барабана 3. Суспензія подається по трубі 6 і через отвори 4 поступає в зовнішній барабан. У деякій частині об’єму барабана, у ширшого його кінця, відбувається відстоювання суспензії (зона відстоювання), причому рідина переливається через вікна 7 в стінці торця барабана, а осад поволі переміщається шнеком до розвантажувальних вікон 9 у протилежному кінці барабана.

Під час руху осаду в незаповненою суспензією частини барабана 3 осад додатково зневоднюється (зона сушки). Переміщення осаду відбувається в результаті того, що шнековий барабан 5 робить менше оборотів в 1 хв (на 1,5 – 2%), ніж барабан 3,

обертаючись з ним в однаковому напрямі. Така різниця швидкостей обертання досягається за допомогою диференціального редуктора. У разі потреби осад промивається в кінці зони відстоювання водою, що подається по трубі 8. Після підсушки осад видаляється через вікна 9 в нерухомий кожух 2, в якому є окремі камери для відведення осаду і фугату. Режим роботи центрифуги можна регулювати, змінюючи тривалість відстоювання і осушення осаду (регулюючи відкриття вікон), або змінюючи числа оборотів барабана і шнека.

Переваги горизонтальних центрифуг з шнековим вивантаженням: 1) висока продуктивність, 2) придатність для розділення суспензій з високим вмістом твердої дрібної речовини, 3) придатність для класифікації.

Недоліки: 1) висока витрата енергії на переміщення осаду і на втрати в диференціальному редукторі, 2) значне подрібнення осаду, 3) забруднення фугату дрібними частинками твердої фази

Центрифуги безперервної дії з інерційним вивантаженням

Якщо кут нахилу вертикального конічного барабана до його осі більше кута тертя осаду, то останній під дією відцентрової сили може переміщатися уздовж утворюючої барабана до його основи і видалятися з центрифуги. Цей принцип покладений в основу конструкцій безперервно діючих центрифуг з інерційним вивантаженням.

У сучасній центрифузі подібного типу (рис 5.8) оброблювана суспензія поступає зверху в конічний фільтруючий барабан 1, всередині якого обертається гальмуючий шнек 3.

Шнек обертається повільніше за барабан і тому уповільнює рух осаду, переміщення якого визначається швидкістю обертання шнека відносно барабана У такий спосіб збільшується тривалість фугування і, отже, підвищується ступінь розділення Обезводненню осаду сприяє також потоншення його шару у міру переміщення вниз. Осад видаляється через канал 5, фугат відводиться з кожуха 3 через канал 4.

Способу вивантаження осаду відцентровими силами властиві всі переваги інших способів безперервного вивантаження (висока продуктивність, регулювання тривалості процесу і ін.) В той же час він позбавлений багатьох їх недоліків (забруднення осаду фугатом, подрібнення осаду, значна витрата енергії). Тому розробці нових конструкції центрифуг з інерційним вивантаженням приділяється багато уваги.

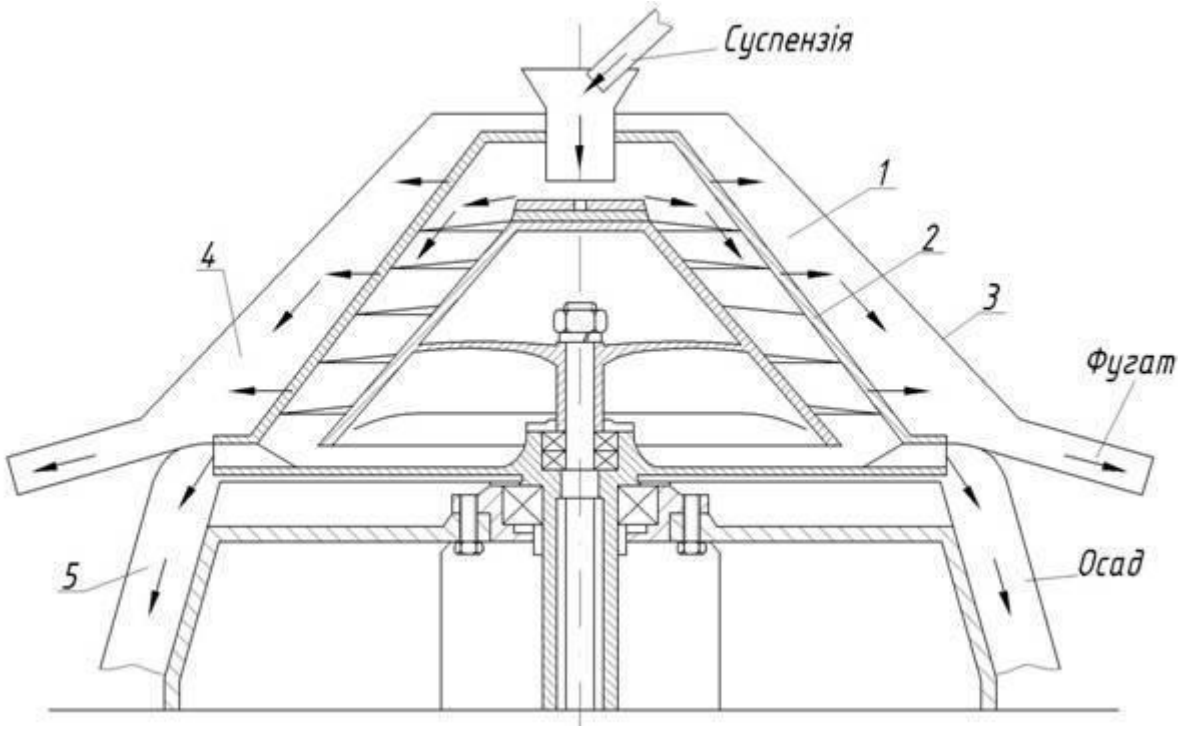


Рис. 5.8. Вертикальна центрифуга з інерційним вивантаженням:

+1 – барабан; 2 – гальмуючий шнек; 3 – кожух; 4 – канал для відведення фугату; 5 – канал для видалення осаду