

Лекція 6. Прояснення в полі відцентрових сил

Мета лекції: ознайомлення з особливостями розділення суспензій в полі відцентрових сил, засвоєння принципів роботи гідроциклонів, засвоєння принципів роботи центрифуг.

План

- 6.1. Загальні відомості.
- 6.2. Відкриті гідроциклони.
- 6.3. Багатоярусні гідроциклони.
- 6.4. Напірні гідроциклони.
- 6.5. Центрифуги.

6.1. Загальні відомості. Принцип поділу суспензій і емульсій у поле відцентрових сил реалізований у гідроциклонах і центрифугах.

У гідроциклонах поле відцентрових сил виникає завдяки тангенціальному підведенню очищеної води до циліндричного корпусу апарата, а в центрифугі - воно забезпечується обертанням її корпусу (ротора). Гідроциклони й центрифуги застосовують для виділення зі стічних вод твердих механічних домішок. Для поділу емульсій використовуються відцентрові сепаратори.

Процес поділу фаз у полі відцентрових сил умовно можна вважати таким, що протікає по принципу відстоювання, причому дія сили гравітації замінюється дією відцентрової сили. Швидкість поділу часток у відцентровому полі перевищує швидкість осадження еквівалентних часток у гравітаційному полі в сотні й тисячі разів.

За гідравлічними умовами розрізняють два основних типи гідроциклонів:

- 1) відкриті (низьконапірні);
- 2) закриті (високонапірні).

Центрифуги спеціально для очищення стічних вод вітчизняної промисловості не виробляються. Із центрифуг, що випускаються серійно, для цих цілей використовуються:

- 1) осаджувальні горизонтальні шнекові безперервного дії;

2) центрифуги періодичної дії маятникові й трубчасті.

6.2. Відкриті гідроциклони. Відкриті гідроциклони застосовують для виділення зі стічних вод осідаючих, переважно важких, і грубодисперсних спливаючих домішок. Можуть застосовуватися відкриті гідроциклони в комплексі з іншими спорудами для механічного очищення виробничих стічних вод як перший ступінь. Перед подачею у відкриті гідроциклони стічні води при необхідності можна коагулювати. Достоїнством відкритих гідроциклонів є більша питома пропускна здатність ($2-20\text{м}^3/(\text{м}^2 \times \text{г})$) при невеликих втратах напорі (не більше 0,5 м).

Відкриті гідроциклони відносяться до споруд відстійного типу з обертовим рухом потоку в робочій зоні, що забезпечується тангенціальним підведенням освітлюваної води до циліндричного корпусу. Обертання потоку сприяє агломерації завислих часток і збільшенню їх гідравлічної крупності.

Для рівномірного розподілу потоку й більш повного використання об'єму гідроциклона кількість впускних патрубків повинна бути не менш двох. Швидкість впуску води в гідроциклон становить 0, 1-0,5 м/с.

Відкриті гідроциклони можуть бути наступних типів:

- 1) без внутрішніх пристроїв;
- 2) с діафрагмою;
- 3) с діафрагмою й циліндричною перегородкою;
- 4) багатоярусні.

Для всіх типів відкритих гідроциклонів осад з конічної частини видаляється насосами, гідроелеваторами або під гідростатичним тиском води. Для затримки й видалення спливаючих домішок і нафтопродуктів гідроциклони обладнуються напівзаглибним кільцевим щитом, установлюваним перед водозливом на відстані не більше 50 мм, і заглибленою лійкою.

Ефект очищення у відкритих гідроциклонах визначається в основному питомим гідравлічним навантаженням, що встановлюють залежно від характеристики стічних вод, необхідної ступеня очищення й від геометричних розмірів гідроциклона.

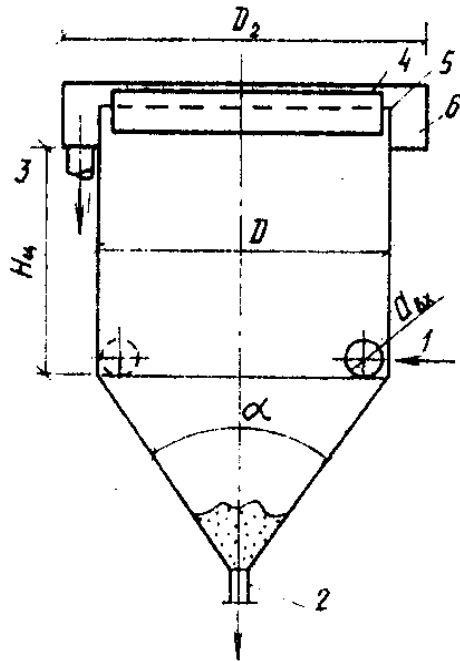
Для всіх видів відкритих гідроциклонів гідравлічне навантаження визначають по формулі:

$$q = 3,6 \times K \times U_o,$$

де U_o - гідравлічна крупність затримуваних часток, мм/с;

K - коефіцієнт, залежний від виду гідроциклона.

Відкритий гідроциклон без внутрішніх пристроїв являє собою конструкцію наведену на наступній схемі:



$$D = 2 - 10 \text{ м}$$

$$H_y = D$$

$$D_{ex} \approx 0,07D \text{ (при } 2^x \text{ впусках)}$$

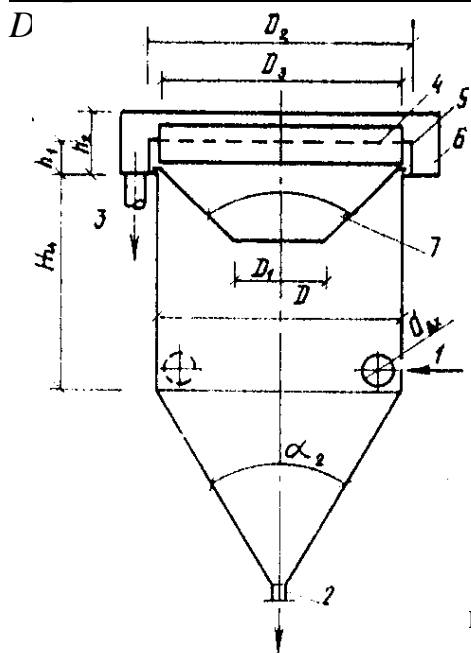
$$\alpha = 60^\circ$$

- 1 - водоподающа труба;
- 2 - шламівідводяща труба;
- 3 - водовідвідна труба;
- 4 - напівзаглибні кільцеві стінки;
- 5 - кільцевий водозлив;
- 6 - водозбірний кільцевий лоток.

Рисунок 6.1 - Схема відкритого гідроциклона без внутрішніх пристроїв

Такі апарати рекомендується застосовувати для затримки крупно- і дрібнодисперсних домішок гідравлічної крупністю 5 мм/с і більше.

Гідроциклон з конічною діафрагмою наведений на наступній схемі:



$$H_y = D$$

$$D_1 \approx 0,5D$$

$$\beta = 60^\circ$$

$$\alpha = 45^\circ$$

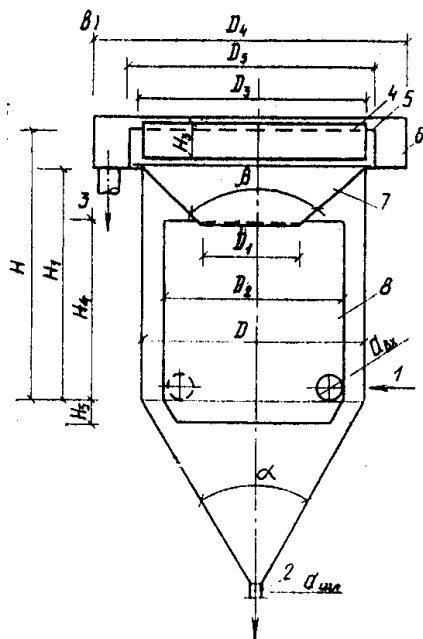
$$D_{en} \approx 0,05D$$

- 1 - водоподающа труба; 2 - шламівідводова труба; 3 - водовідвідна труба; 4 - напівзаглибні кільцеві стінки; 5 - кільцевий водозлив;
- 6 - водозбірний кільцевий лоток. 7 - конічні діафрагми.

ма гідроциклона з конічною діафрагмою

Ці апарати призначені для виділення зі стічних вод дрібнодисперсні завислих речовин гідралічної крупністю більше 0, 2-0,3 мм/с. Їх доцільно застосовувати для обробки невеликих (до 200 м³/г) кількостей стоків. При коагулюванні стічних вод межі їх використання можуть бути розширені.

Для підвищення ефективності описаного гідроциклону його доповнюють **циліндричною перегородкою**. Впуск води здійснюється тангенціально в простір, обмежений внутрішнім циліндром. При цьому виникає замкнутий циркуляційний потік, що сприяє підвищенню якості очищення. Значення коефіцієнта $Д_0$ для таких гідроциклонів приймається рівним 1,98. Діаметр гідроциклонів з діафрагмою й циліндричною перегородкою приймається не більше 6 м.

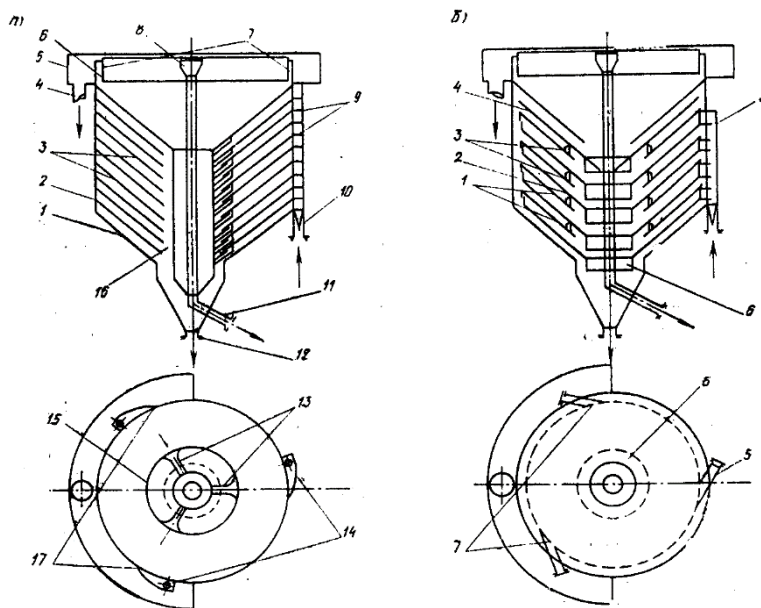


- 1 - водопідводова труба;
- 2 - шламівідводова труба;
- 3 - водовідвідна труба;
- 4 - напівзаглиблені кільцеві стінки;
- 5 - кільцевий водозлив;
- 6 - водозбірний кільцевий лоток.
- 7 - конічні діафрагми;
- 8 - циліндрична перегородка.

Рисунок 6.3 - Схема гідроциклону із циліндричною перегородкою

6.3. Багатоярусні гідроциклони. Багатоярусні гідроциклони є різновидом відкритих гідроциклонів. В основу конструкції багатоярусних гідроциклонів покладена та ж ідея, що й у конструкцію полочних відстійників: більш повне використання об'єму споруди й зменшення розрахункової тривалості перебування в ньому стічної води пр одному й тому ж ступені її очищення. У корпус багатоярусного гідроциклону вільно вставлені конічні діафрагми, які ділять його об'єм на окремі яруси, що працюють незалежно

один від одного. З'єднання діафрагм у центральній частині телескопічне, що полегшує монтаж і демонтаж апарата. Впуск очищеної води здійснюється тангенціально через три загальні для всіх ярусів щілини, розташовані через 120° . Підведення води до них і її розподіл по висоті здійснюється в прибудованих до циклона аванкамерах з розподільними лотками. Робочий потік рухається в ярусі по спіралі й виходить у центральну частину через три тангенціальних випуски, що перетинають шламовідводову щілину. Кут нахилу випусків, виконаних у вигляді розтрубів, збігається з кутом нахилу діафрагми. Осад, що виділився в ярусі, сповзає до центральної частини й через кільцеву шламовідводову щілину направляється в конічну частину апарата, звідки видаляється, зазвичай, під гідростатичним напором через насадку із засувкою. Застосовуються й інші відомі способи видалення осаду.



а - з похилими патрубками для відведення очищеної води: 1 - конічна частина; 2 - циліндрична частина; 3 - конічні діафрагми; 4 - патрубки для проясненої води; 5 - водозбірний кільцевий лоток; 6 - водозлив; 7 - маслзатримуюче кільце; 8 - маслзбірна лійка; 9 - розподільні лопатки; 10 - патрубок для подачі вихідної води; 12 - патрубок для розвантаження шламу; 13 - похилі випуски; 14 - аванкамери; 15 - шламовідсекаюча діафрагма; 16 - шламовідводяща щілина; 17 - тангенціальні впускні насадки; б - з периферійним відбором очищеної води: 1 - проміжні короткі діафрагми; 2 - нижні діафрагми прямого ярусу; 3 - пропускні трубчасті стояки; 4 - напрямна діафрагма; 5 - аванкамери; 6 - шламовідводяща шахта; 7 - тангенціальні випуски.

Рисунок 6.4 - Багатоярусний гідроциклон

Масла й інші легкі речовини через зазор між діафрагмами й корпусом гідроциклона спливають під верхню діафрагму й далі по спеціальних стояках

видаляються на поверхню, обмежену напівзаглибленим кільцевим щитом. Масло з гідроциклону можна видаляти будь-яким з відомих способів, у тому числі через напівзаглиблену лійку, до якої воно сгоняється скребковим механізмом.

Інтенсифікація процесу поділу в багатоярусному гідроциклоні досягається за рахунок зменшення висоти шару відстоювання. Обертний рух дозволяє повніше використовувати об'єм ярусу й створює умови, сприятливі для агломерації завислих речовин.

Зазвичай багатоярусні циклони розміщують на естакадах. При цьому спрощується вивантаження осаду й подача проясненої води на наступні споруди. Діаметр багатоярусних гідроциклонів приймається 2 - 6 м, висота ярусу 100 - 200 мм, число ярусів 4 - 20.

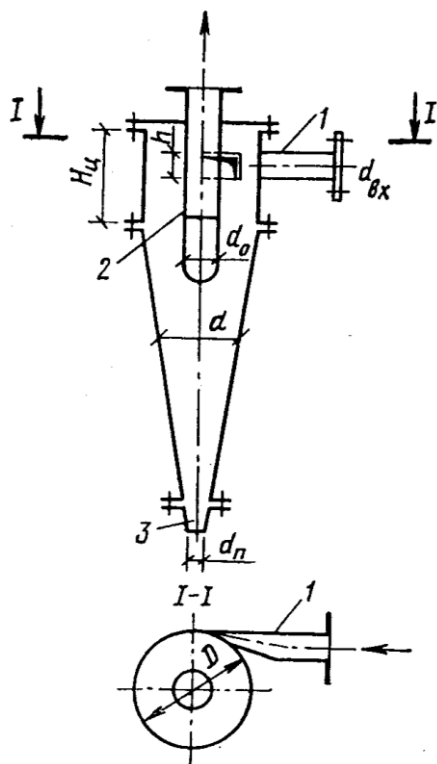
6.4. Напірні гідроциклони. Напірні гідроциклони застосовуються для механічного очищення стічних вод, а також для згущення, збагачення й класифікації осаду, виділюваного зі стічних вод.

У напірному гідроциклоні струмінь, рухаючись по гвинтовій спіралі уздовж зовнішньої стінки апарата, направляється в його конічну частину. Тут основний потік змінює напрямок руху й переміщується до центральної частини апарата. Осад, що виділяється в пристінній зоні, і найбільш насичена завислими речовинами частина води видаляється з апарата через насадку для шламу. Потік проясненої води в центральній зоні апарата рухається по циліндричній спіралі нагору до зливальної насадки.

Залежно від діаметрів зазначених насадок, а також розмірів інших конструктивних елементів гідроциклонів відбувається відповідний поділ води й шламу. Гідроциклони можуть працювати у вертикальному, нахиленому або горизонтальному положенні

Діаметри напірних гідроциклонів 15-1000 мм. У результаті впливу абразивних часток механічних домішок гідроциклони швидко зношуються, тому їхню внутрішню поверхню футерують кам'яним литтям або гумою, покривають знімними зносостійкими вставками. Гідроциклони невеликого

діаметра (15-20 мм) відливають із абразивостійких матеріалів - гуми, кераміки, пластмаси.



- 1 - водопідводова труба;
- 2 - патрубок для відводу проясненої води;
- 3 - шламований патрубок.

Рисунок 6.5 - Напірний гідроциклон

Залежно від витрати стічних вод і типу гідроциклонів можна встановлювати один або кілька паралельно працюючих апаратів, об'єднаних у блоки (мультігідроциклони).

При необхідності глибокого очищення стічних вод доцільна послідовна робота гідроциклонів різних типорозмірів. При цьому апарати першого ступеня призначені для видалення з води грубих домішок, а апарати останнього ступеня - для виділення найбільш дрібних зважених часток, гідравлічна крупність яких визначається відповідно до необхідного ефекта очищення. При багатоступінчастій схемі роботи гідроциклонів очищувану воду можна подавати під загальним напором в усі послідовно працюючі ступені й під певним напором у кожний ступінь. У першому випадку передбачають одну загальну насосну установку, у другому - насосну установку для кожного ступеня.

Щоб уникнути засмічення гідроциклонів, рекомендується встановлювати захисні сітки на усмоктувальних трубах насосів, що живлять гідроциклони.

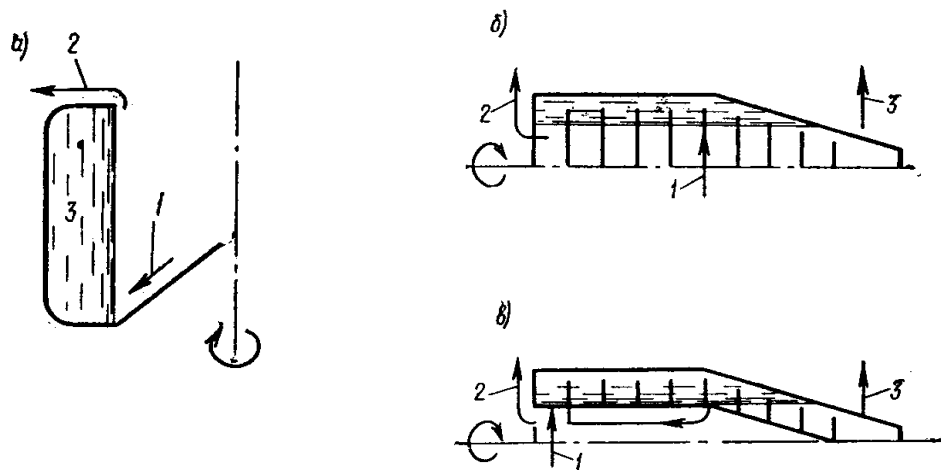
Параметри оптимального режиму експлуатації гідроциклонів уточнюються при пуску й налагодженні установок, варіюючи напір перед апаратами й розміри площ живого перетину зливного й шламового патрубків.

Конструктивні розміри напірних гідроциклонів підбирають залежно від витрати стічних вод, концентрації й властивостей завислих речовин, що затримуються в них.

6.5. Центрифуги. Для поділу неоднорідних систем - суспензій і емульсій - використовується метод центрифугування. Для очищення виробничих стічних вод застосовують осаджувальні центрифуги типу ОГШ, ОТР, ОМ.

Умови застосування центрифуг наступні:

- локальне очищення виробничих стічних вод, коли осад представляє собою цінний продукт;
- дрібнодисперсний склад забруднень, коли для їх виділення не можуть бути застосовані реагенти.



а) маятникова; б) шнекова противоточна; в) шнекова прямоточна.
1 - стічна вода; 2 - фугат; 3 - осад.

Рисунок 6.6 - Осаджувані центрифуги

Центрифуги безперервної дії застосовуються при очищенні стічних вод з витратою до 50-100 м³/год. Причому в тих випадках, коли потрібно виділити

частки гідравлічної крупністю 0,2 мм/с - протivotочні, а 0,05 мм/с - прямоточні.

Центрифуги періодичної дії застосовуються для очищення стічних вод, витрата яких не перевищує 20 м³/год при концентрації суспензії до 2-3 г/л і гідравлічної крупності 0,05-0,01 мм/с.

Питання для самоконтролю

1. В яких випадках застосовують відкриті гідро циклони?
2. Як працюють гідро циклони з конічною діафрагмою?
3. Які конструктивні особливості мають багатоярусні гідро циклони?
4. Як відбувається очистка стічних вод у напірному гідро циклоні?
5. Як працюють осаджувальні центрифуги?

ЛІТЕРАТУРНІ ДЖЕРЕЛА

1. Айрапетян Т. С. Технологія очистки промислових стічних вод : конспект лекцій Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. 73 с.
https://eprints.kname.edu.ua/45126/1/2016%2064%D0%9B%20%D0%A2%D0%9E%D0%9F%D0%A1%D0%92_%D0%BF%D0%B5%D1%87%D0%B0%D1%82%D1%8C.pdf.
2. Боброва Т.Б., Високос С.М., Глушко Ю.Ю., Сашко В.О., Терещенко Т.М., Черниш В.В. Водовідведення : навчальний посібник. Київ : Гурт, 2019 148 с.
URL:
<https://mon.gov.ua/storage/app/media/news/%D0%9D%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%BD%D0%B8/2020/04/28/1vodovidvedennya.pdf>.
3. Душкін С.С., Коваленко О.М., Благодарна Г.І. Експлуатація і ремонт водопровідно-каналізаційних систем : конспект лекцій. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. 165 с.
URL :
<https://eprints.kname.edu.ua/40512/1/2013%20%D0%BF%D0%B5%D1%87%20172%D0%9B%20%D0%94%D0%B5%D0%B3%D1%82%D1%8F%D1%80%20%D0%9C.%20%D0%BD%D0%B0%D0%B4%D1%96%D0%B9%D0%BD%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8C.pdf>.
4. Прутцьков Д. В. Водопостачання та водовідведення промислових підприємств : навчальний посібник. Запоріжжя : ЗДІА, 2018. 200 с.
URL : <https://moodle.znu.edu.ua/course/view.php?id=8378¬ifyeditingon=1>.
5. Фельбер Г., М. Фішер М. ПОСІБНИК ОПЕРАТОРА КАНАЛІЗАЦІЙНИХ ОЧИСНИХ СПОРУД : переклад з німецької. Львів : ПАІС, 2020. 520 с.
URL :
file:///D:/%D0%9E%D0%BA%D1%81%D0%B0%D0%BD%D0%B0/%D0%A2%D0%9E%D0%A1%D0%92/%D0%9B%D1%96%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B0/TB_Klaerwaerter_Ukr_Vor.pdf.
6. Шадура В.О., Кравченко Н. В. Водопостачання та водовідведення : навчальний посібник. Рівне : НУВПГ, 2018. 344 с.

