

Лекція 9. Флотація

Мета лекції: ознайомлення з принципом дії метода флотації, засвоєння різних типів флотаційного очищення, усвідомлення принципів диспергування повітря у флотаторах різних типів.

План

1. Загальні відомості.
2. Флотація із виділенням повітря з розчину.
3. Флотація із механічним диспергуванням повітря.
4. Флотація із подачею повітря через пористі матеріали.
5. Електрофлотація.

1. Загальні відомості. Для очистки виробничих стічних вод від грубодисперсних, а також дрібнодисперсних часток широко застосовується метод флотації. Він полягає в утворенні комплексів « частка-пухирець газу», спливанні цих комплексів і видаленні пінного шару, що утворився, з поверхні води. Флотація застосовують для видалення з виробничих стічних вод мінеральних суспензій, ПАА, нафти, нафтопродуктів, масел, волокнистих матеріалів, а також для поділу мулових сумішей.

У практиці очищення виробничих стічних вод використовуються різні конструктивні схеми, прийоми й методи флотації.

Найбільш істотні принципові відмінності способів флотації пов'язані з насиченням рідини пухирцями повітря. За цією ознакою можна виділити наступні способи флотації:

1) *флотація з виділенням повітря з розчину.* Сутність його полягає в створенні пересиченого розчину повітря в стічній рідині. Выделяющийся из такого раствора воздух образует микропузырьки, которые и флотируют содержащиеся в сточной воде загрязнения. Этот способ позволяет получать самые мелкие (по сравнению с другими способами диспергирования воздуха) пузырьки, поэтому применяется для удаления очень мелких частиц

загрязнений. Количество воздуха, которое должно выделиться из пересыщенного раствора и обеспечить необходимую эффективность флотации, обычно составляет 1-5% объема обрабатываемой сточной воды;

2) *флотація з механічним диспергуванням повітря*, заснована на розпаді повітряного струменя на окремі пухирці при інтенсивному вихровому русі у воді, що може створюватися імпелером, робочим колесом відцентрового насоса або подачею повітря через сопла;

3) *флотація з подачею повітря через пористі матеріали*;

4) *електрофлотація*, здійснювана пухирцями газу, що утворюються при електролізі стічної води.

2. Флотація з виділенням повітря з розчину. Флотація з виділення повітря з розчину здійснюється у вакуумних, напірних і ерліфтних установках.

Сутність **вакуумного** методу полягає в тому, що стічна рідина, що надходить на флотацію, попередньо насичується повітрям протягом 1-2 мін в аераційній камері, звідки вони надходять у деаератор для видалення повітря, що не розчинилося. Далі під дією розрідження (0,02-0,03 МПа) стічні води надходять у флотаційну камеру, у якій повітря, що розчинилося при атмосферному тиску, виділяється у вигляді мікропухирців і виносить частки забруднень у пінний шар. Тривалість перебування стічної води у флотаційній камері 20 хв, а навантаження на 1 м² площі поверхні до 200 м³/доб. піна, що зкоплюється, обертовими шкребками віддаляється в пінозбірник. Для відводу очищеної стічної води забезпечується необхідна різниця оцінок рівнів у флотаційній камері й прийомному резервуару або встановлюються насоси. Достоїнством вакуумної флотації є те, що виділення пухирців газу, їхнє злипання із частками забруднень і спливання комплексів, що утворилися, «пухирець-частка» відбувається в спокійному середовищі й імовірність ізруйнування зводиться до мінімуму, мінімальні також енерговитрати й на насичення рідини повітрям, утворення й здрибнювання пухирців. Недостатки вакуумной флотации состоят в необходимости сооружения герметически

закритих резервуаров, сложности эксплуатационных установок и ограниченном диапазоне концентраций загрязнений - не более 250 мг/л.

Напірна флотація має більш широкий діапазон застосування, тому що дозволяє регулювати ступінь перенасичування відповідно до необхідної ефективності очищення стічних вод при початковій концентрації забруднень до 5 г/л (іноді й більше). При напірній флотації стічні води насосом подаються в напірний бак-сатуратор. Сюди ж компресором подається повітря. Об'єм сатуратора розраховується на необхідну тривалість насичення повітрям (звичайно 1-3 мін) при надлишковому тиску 0,3-0,5 Мпа. Кількість повітря, що розчиняється при цьому в сатураторі, повинне становити 3-5% об'єму оброблюваної стічної води. Насичена повітрям вода із сатуратора подається у флотаційну камеру, що де виділяються зі стічної води пухирці повітря спливають разом із частками суспензії. Спливаюча маса безупинно віддаляється механізмами для згрібання піни в пінозбірник. Схема процесу наступна:

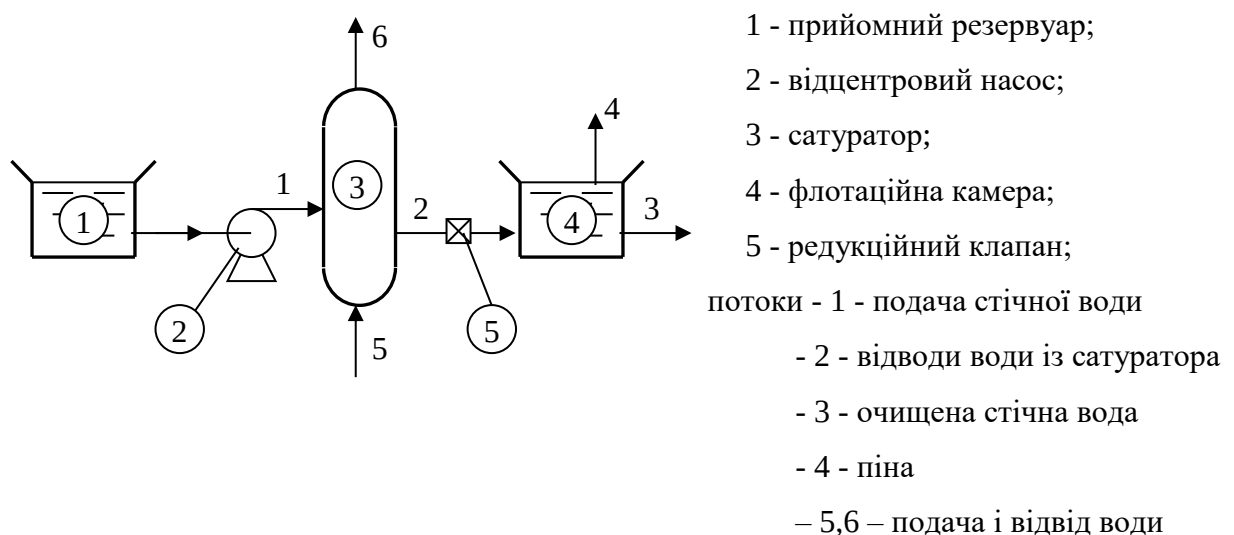


Рисунок 1 - Схема установки напірної флотації

При невеликій висоті усмоктування (до 2 м) і незначних коливань рівня води в приймальному резервуарі (не більше 1 м) повітря подають через ежектор в усмоктувальний патрубок насоса. Схема процесу наступна:

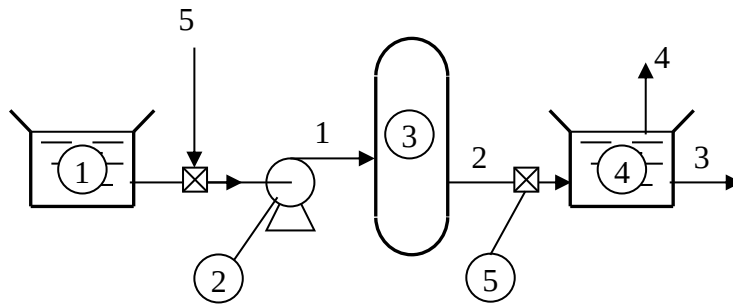


Рисунок.2 - Схема установки напірної флотації з ежектором

У сполученні із процесами коагуляції й флотації напірна флотація забезпечує високоефективне очищення стічних вод - звичайно 80-95 %, а іноді й більше, забезпечуючи залишковий зміст зважених речовин 10-30мг/л, а нафтопродуктів - 10-20 мг/л. Слід зазначити, що залишковий зміст зважених речовин і нафтопродуктів в очищеній воді мало залежить від їхнього змісту у вихідній воді. Основні параметри процесу залежать від властивостей домішок і їхньої попередньої обробки (коагуляція, флокуляція).

Поряд з очищенням від названих суспендованих і емульгированих речовин у процесі флотації, внаслідок протікання процесів окислювання й отдувки, відбувається зниження ХПК і БПК стічної води, змісту сульфідів, фенолів і деяких інших домішок.

При **ерліфтній флотації** стічна вода перекачується із прийомного резервуара за допомогою ерліфта (повітряного водопідйомника) одночасно насичуючись повітрям. При цьому витрати енергії в 2-4 рази менше, ніж при напірної, але конструкція установки вимагає значного перепаду оцінок по висоті між прийомним резервуаром і аератором, а також між аератором і флотаційною камерою (порядку 20-35 м), а це значно звужує область застосування цього методу.

3. Флотація з механічним диспергуванням повітря. Флотація з механічним диспергуванням повітря здійснюється в імPELLЕРНИХ, безнапірних і пневматичних установках.

В *імPELLЕРНЫХ флотаторах* енергійне перемішування стічної води мішалкою (імPELLЕРом) створює в ній велика кількість дрібних вихрових потоків, що дозволяє одержати пухирці певної величини.

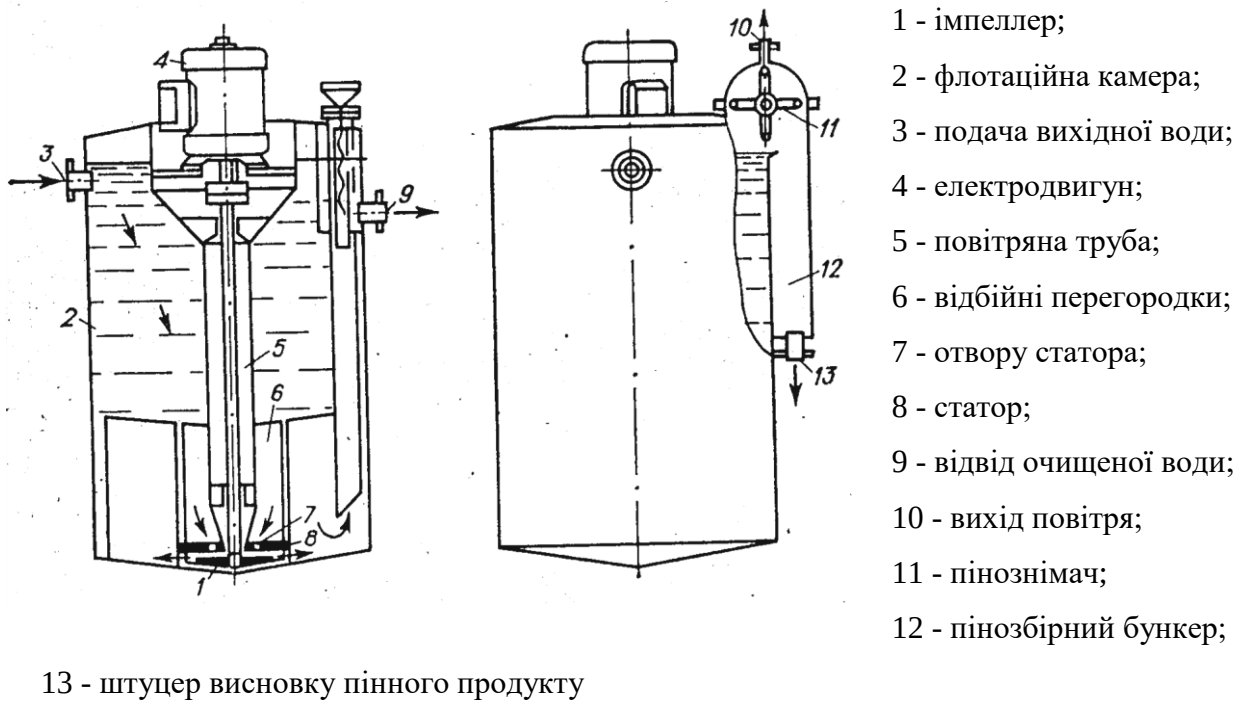


Рисунок.3 - Схема імпеллерного флотатора

Стічна вода надходить у флотаційну камеру, у центрі якої встановлений імпеллер, що приводиться в обертання електродвигуном. Імпеллер закритий статором. При обертанні імпеллера довкола нього утвориться зона зниженого тиску, куди через центральну трубу подсасується повітря. Одночасно через отвори статора на лопаті імпеллера надходить невелика кількість води, що переміщується з повітрям і викидається через бічні отвори у флотаційну камеру. Відбійні перегородки призначені для гасіння енергії турбулентного потоку, що виходить із отворів статора.

У флотаційній камері повітряні пухирці прилипають до часток забруднень і флотують на поверхню води. Пінний шар віддаляється за допомогою пінозбірника в пінозбірний бункер.

Для посвітління стічних вод застосовуються також багатокамерні флотаційні машини подібного типу.

Ступінь диспергування повітря залежить від окружної швидкості обертання імпеллера, що приймають рівної 10-15 м/с. Діаметр імпеллера повинен бути 200-750 мм. Зона, що обслуговується імпеллером не повинна перевищувати розмірів квадрата зі стороною $6d_{\text{и}}$ ($d_{\text{и}}$ - діаметр імпеллера).

Висота флотаційної камери приймається рівної 1, 5-3 м, тривалість флотації 20-30 мін.

Застосування імпеллерних установок доцільно при очищенні стічних вод з високою концентрацією нерозчинених забруднень (більше 3г/л) і утримуючу нафту, нафтопродукти, жири.

Недоліки імпеллерних установок складаються в їхньої низької ефективності, високої турбулентності потоків у флотаційній камері, що приводить до руйнування пластівчастих часток, необхідності застосування флотореагентів (вспінувателів) і щодо високої обводності піни.

У безнапірних установках диспергування повітря відбувається за рахунок вихрових потоків, створюваних робочим колесом відцентрового насоса. Схема безнапірної флотації аналогічна напірної, але в ній відсутній сатуратор, що і є перевагою безнапірної флотації. Що утворюються в камері безнапірної установки пухирцями мають більшу крупність, а отже, ефект флотації дрібних часток знижується.

Установки безнапірного типу застосовують для очищення стічних вод від жиру й вовни.

Пневматичні флотаційні установки застосовують при очищенні стічних вод, що містять, крім суспендированих і емульгированих забруднень, розчинені домішки, агресивні до механізмів (насосам, імпеллерам і т.д.). У них диспергування в повітря досягається шляхом впуску повітря у флотаційну камеру через сопла, розташовані на повітророзподільних трубках, покладених на дні флотаційної камери на відстані 25-30 см друг від друга. Діаметр отворів сопла 1, 0-1,2 мм; робочий тиск перед ними 0, 3-0,5 Мпа; швидкість виходу струменя із сопла 100-200 м/з, інтенсивність аерації 15-20 м³/(м²×ч). Тривалість флотації 20-30 мін. Глибина флотатора 1, 5-4,0 м.

4. Флотація з подачею повітря через пористі матеріали. Флотація за допомогою пористих матеріалів відрізняється простотою апаратурного оформлення процесу й відносно малими витратами енергії. Повітря у флотаційну камеру подається через мілкопористі фільтросні пластини, труби,

насадки, покладені на дні камери. Величина отворів у пористому матеріалі повинна бути 4-20 мкм, тиск повітря 0, 1-0,2 Мпа, тривалість флотації 20-30 мін. Витрата повітря визначається експериментально. Робочий рівень оброблюваної стічної води до флотації 1, 2-2,0 м. Недоліками методу є можливість заростання пор і складність підбора дрібно пористих матеріалів, що забезпечують вихід дрібних, близьких по розмірах пухирців повітря.

5. Електрофлотація. Сутність електрофлотаційного способу очищення стічних вод полягає в переносі забруднюючих часток з рідини на її поверхню за допомогою пухирців газу, що утворюються при електролізі води. У процесі електролізу води на катоді виділяється водень, а на аноді - кисень. Основну роль у процесі флотації часток грають пухирці, що виділяються на катоді. Розмір пухирців, що відриваються від поверхні електрода, залежить від величини крайового кута змочування, кривизни поверхні електрода, а також його конструкції. Заміна пластинчастого катода на дровий приводить до зменшення крупності пухирців і, отже, до підвищення ефективності роботи електрофлотатора.

При застосуванні розчинних електродів (звичайно залізних або алюмінієвих) на аноді відбувається анодне розчинення металу, у результаті чого у воду переходять катіони заліза або алюмінію, що приводять до утворення пластівців гідроокисів. Одночасне утворення пластівців коагулянту й пухирців газу в стиснутих умовах міжелектродного простору створює передумови для надійного закріплення газових пухирців на пластівцях і інтенсивній коагуляції забруднень, що забезпечує ефективність флотаційного процесу. Такі установки називаються електрокоагуляційно-флотаційними. При пропускній здатності до 10 – 15 м³/год установки можуть бути однокамерними, а при більшій – двокамерними горизонтального або вертикального типу.

Розрахунок установок для електрофлотації або електрофлотокоагуляції зводиться до визначення загального об'єму W_y установки, об'ємів електродного відділення W_z й камери флотації W_ϕ . Загальний робочий об'єм установки, м³,

$$W_y = W_{\varepsilon} + W_{\phi}.$$

Об'єм електродного відділення визначається з можливості розміщення в ньому необхідної електродної системи. Так, при розрахунку горизонтальної установки (мал.7.4) ширина секції A приймається залежно від продуктивності Q : якщо $Q < 90 \text{ м}^3/\text{год}$, то $A = 2 \text{ м}$, а якщо $Q = 90 \div 180 \text{ м}^3/\text{год}$, то $A = 2,5 \div 3 \text{ м}$.

Питання для самоконтролю

1. Які види флотації існують?
2. В чому полягає особливість проведення флотації з виділенням повітря із розчину?
3. В чому полягає особливість проведення флотації з механічним диспергуванням повітря?
4. Як працює імпульсний флотатор?
5. В яких випадках застосовують електрофлотацію?

ЛІТЕРАТУРА

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. Благодарна Г. І. Водовідвідні мережі і споруди. Споруди і обладнання водовідведення : конспект лекцій. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. 145 с.
URL:
https://eprints.kname.edu.ua/50031/1/%D1%80%D0%B5%D0%BF%D0%BE%D0%B7%2082%D0%9B_2017_VSS_Konsp_lekciy_RVVR_VVb.pdf.
4. 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.

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.

URL :

http://ep3.nuwm.edu.ua/11369/1/%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%87%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F%20%D1%82%D0%B0%20%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D1%96%D0%B4%D0%B2%D0%B5%D0%B4%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F.pdf.