

## ВИКОРИСТАННЯ ВІБРАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ ВІД МЕХАНІЧНИХ ДОМШОК

Вінницький національний технічний університет

### Анотація

*Використання вібраційних систем очищення стає популярним методом очищення рідини завдяки своїй ефективності, екологічності та простоті використання. Розглянемо методи очищення, зокрема вібраційне очищення, їх різні типи та основні переваги в порівнянні з традиційними методами фільтрації.*

**Ключові слова:** вібраційні технології, очищення рідин, фільтрування.

### Abstract

*The use of vibrating cleaning systems is becoming a popular method of liquid cleaning due to its efficiency, environmental friendliness and ease of use. Let's look at cleaning methods, including vibration cleaning, their different types, and their main advantages over traditional filtration methods.*

**Keywords:** Vibration technologies, liquid purification, filtering.

Вода - це неоціненний дар природи, без якого неможливо уявити життя на Землі. Її значимість зростає з динамічним розвитком суспільства та зростанням чисельності населення. Це зумовлює необхідність вдосконалення технологій очищення рідин.

Забруднення водних ресурсів хімічними речовинами з промислових стоків стає гострою проблемою. Вимоги до якості очищення технологічних та стічних вод постійно зростають, що стимулює розробку різноманітних методів очищення рідких середовищ. Наразі активно ведуться роботи зі створення екологічно чистих хімічних виробництв, а також розробляються системи повторного використання стічних вод.

Методи очищення рідких середовищ можна умовно поділити на дві основні категорії: деструктивні та регенеративні. Деструктивні методи полягають у процесі руйнування забруднень у воді, шляхом їх окислення або відновлення. У цьому процесі утворюються продукти розпаду, які потім видаляються з води у вигляді осаду, газів або залишаються у ній у вигляді розчинних мінеральних солей. Регенеративні методи дозволяють відділяти та повторно використовувати окремі речовини, що містяться у воді.

Незалежно від типу методу очищення, першим етапом процесу є механічна очистка, яка спрямована на видалення з води зважених та колоїдних частинок. Наступним етапом є видалення з води розчинених у ній хімічних сполук за допомогою фізико-хімічних, хімічних, електрохімічних або біологічних методів.

Серед найбільш поширених методів очищення від грубодисперсних, дрібнодисперсних і колоїдних частинок використовуються: відстоювання, флотація, фільтрування, центрифугування, коагуляція, флокуляція, електричні методи осадження та їх комбінації.[1]

Для видалення забруднень з рідин можуть застосовуватися різноманітні методи, засновані на хімічних, фізико-хімічних та фізичних процесах. Хімічні методи використовуються для включення різних речовин у хімічні реакції, після чого утворені продукти розпаду видаляються з води. Фізико-хімічні методи базуються на процесах коагуляції, адсорбції або селективного розчинення забруднень. Фізичні методи включають в себе використання силових полів, фільтрування через пористі перегородки та їх комбінації.[2]

Вибір конкретного методу очищення залежить від вимог до чистоти рідини, фізико-хімічних властивостей забруднень, місця установки та умов експлуатації. Основними методами очищення рідин є гравітаційний та відцентровий.

Гравітаційне очищення шляхом відстоювання вважається найпростішим методом. Воно застосовується

для видалення пилу, механічних домішок, суспензій і емульсій. Проте цей метод має свої недоліки, такі як тривалість процесу очищення і неможливість його використання в рухомих пристроях.

Відцентрове очищення також потребує значної різниці у щільності робочої рідини і забруднень. Ефективність відцентрової очистки залежить від в'язкості рідини і зменшується при зниженні температури. Хоча відцентрова очистка має переваги, такі як стійкість пропускну здатності і гідравлічного опору, можливість безперервної експлуатації завдяки самоочищенню, вона також має свої недоліки, такі як складність виготовлення та необхідність в сторонніх джерелах енергії для приводних центрифуг або відбору частини рідини з гідравлічної системи для реактивних центрифуг[3].

Найбільш застосовуваним методом очищення рідини в даний час є її фільтрування. Цей процес полягає у розділенні неоднорідних систем за допомогою пористих перегородок, які затримують одне середовище, а пропускають інше під дією зовнішніх сил. Фільтри мають просту конструкцію і можуть експлуатуватися в широкому діапазоні робочих тисків. Однак, недоліком фільтрів є необхідність періодичного відключення для заміни або очищення фільтроелементів.

Усі фільтри мають властивість забруднюватись. Процес відбувається наступним чином. Процес розділення рідинних сумішей з твердими частинками, які знаходяться у тимчасово нерухомому стані (суспензія), із використанням фільтрувальної перегородки призводить до зростання гідравлічного опору у процесі її забруднення. Швидкість фільтрування зменшується, а вологість осаду збільшується. Це одна з основних причин механічного пошкодження та необхідності передчасної заміни фільтрувальних елементів. Для відновлення або покращення характеристик і подальшої ефективної роботи фільтрувальної перегородки зазвичай застосовують процес її регенерації. На сьогоднішній день найбільш поширеними є наступні способи очищення фільтрів: механічна регенерація, протиточна регенерація фільтрувальної перегородки, імпульсна протиточна регенерація, струменева регенерація, хімічна регенерація пористих перегородок, вібраційна регенерація, електрогідравлічна регенерація, ультразвукова кавітаційна регенерація.[1]

Окрему увагу слід приділити вібраційним технологіям, що використовуються для очищення рідини, оскільки вони можуть забезпечити ефективне видалення навіть дрібних часток і мікроорганізмів, покращуючи якість води для пиття, виробництва, а також для інших галузей, де чистота рідини є критичною. Такі технології можуть бути особливо корисними в умовах, де інші методи очищення неефективні.

Наприклад, для вирішення проблем регенерації та поліпшення якості очищення доцільно використовувати апарати комбінованої дії, що забезпечують високу ефективність сепараційних процесів. Серед них можна виділити вібраційні системи очищення, що дозволяють скоротити енерговитрати в порівнянні з традиційними системами фільтрування чи апаратами відцентрового фільтрування

Розрізняють такі способи вібраційного очищення:

- Вібраційні сіткові фільтри: Це один із найпоширеніших методів вібраційного фільтрування. Вода пропускається через сито, а потім сито піддається вібрації, яка допомагає відокремити тверді частинки та забруднення від чистої води.
- Ультразвукові фільтри: Ультразвукові хвилі можуть бути використані для створення вібрації, яка допомагає відокремити забруднення від води. Цей метод іноді використовується у сучасних системах очищення води.
- Електромагнітні фільтри: Цей метод використовує електромагнітні хвилі для створення вібрації у фільтрі, що допомагає видалити частинки та забруднення з води.
- П'єзоелектричні фільтри: Цей тип фільтрів використовує ефект п'єзоелектрики для створення вібрації в матеріалі фільтра, що дозволяє ефективно відокремлювати забруднення від води.
- Мембранні фільтри з вібрацією: Ці фільтри використовують мембрани, які піддаються вібрації для видалення забруднень. Вода проходить через мембрану, а потім вібрація допомагає відокремити частинки від чистої води.

Одним із варіантів застосування вібраційних технологій є, наприклад, використання пружних коливань з метою фільтрування суспензій, що дозволяє не лише здійснити вібраційну регенерацію перегородки, а також інтенсифікувати і сам процес фільтрування.[1] Якщо суспензії чи перегородці у процесі фільтрування надавати зворотно- поступальний рух, то можна здійснити безперервний процес поділу

суспензії, який протікатиме з найбільшою швидкістю, що визначається тільки початковим гідравлічним опором фільтрувальної перегородки. Під час повного коливання (вперед і назад), проведеного суспензією або перегородкою, відбуваються процеси фільтрування та регенерації. Під час фільтрування (вперед) тверді частинки забруднювача осідають на поверхні перегородки. Під час зворотного руху відбувається зворотна регенерація. Як результат, тверді частинки відокремлюються від перегородки, а потім переносяться потоком суспензії або осідають у нижній частині апарату, де їх періодично видаляють. Серед недоліків можна відокремити складність виготовлення, потреба в сторонніх джерелах енергії. На рис. 1 представлена типова схема фільтра з вібраційною регенерацією [3].

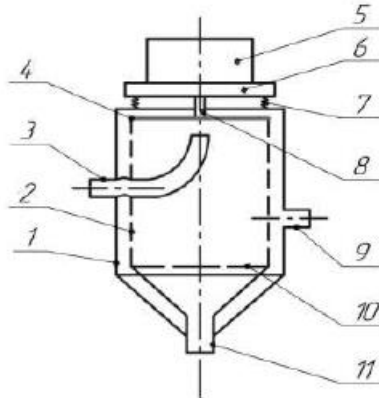


Рис. 1 - Схема фільтра з вібраційною регенерацією [3]

Вібраційний фільтр складається з таких компонентів: корпусу 1, в якому знаходиться циліндричний перфорований фільтруючий елемент 2, забірний патрубок 3, що проникає в фільтруючий елемент та спрямований до верхньої пластини 4, вібратора 5, розташованого на платформі 6. Для підтримки платформи використовуються амортизатори 7, а платформа 6 з'єднана з вібратором 5 за допомогою штока 8. У нижній частині корпусу фільтра 1 розташований патрубок для виведення фільтрату 9. Також у нижній частині фільтруючого елемента 2 розташована хвилевідбивна сітка 10 і патрубок для відведення шламу 11.

Принцип роботи фільтра наступний: рідина через забірний патрубок 3 під напором потрапляє в фільтруючий елемент 2, де потім натрапляє на верхню пластину 4. Потік рідини змиває бруд, який знаходиться під цією пластиною, і направляє його в нижню частину фільтруючого елемента. Після цього вмикається вібратор 5, який передає вібрацію на фільтруючий елемент 2. Внаслідок взаємодії верхньої пластини 4 з рідиною виникає стійка хвиля, яка відбивається від хвилевідбивної сітки 10 і утворює зворотню хвилю. Це дозволяє частині твердих включень суспензії уникнути потрапляння на стінки та накопичуватись у нижній частині фільтруючого елемента. Очищена рідина потім подається в напірний трубопровід машини через патрубок виведення фільтрату 9, тоді як залишки бруду осідають у нижній частині фільтруючого елемента і виводяться з фільтра через патрубок виведення шламу 11.

В даний час одним із перспективних напрямків у галузі розробки апаратів очищення сильно забруднених рідин від механічних домішок є комбінація фільтрування з силовим впливом на потік, яке створює додаткове поле масових сил і дозволяє збільшити інтервал між регенераціями, а також відновлювати пропускну здатність фільтрів шляхом самоочищення фільтрувальної перегородки від накопиченого осаду. До таких пристроїв відносяться вібраційні фільтри.

Аналіз різних методів очищення рідин від забруднень, таких як відстоювання, центрифугування, фільтрування та їх комбінації показав необхідність проведення подальших досліджень із вдосконалення технологій очистки. При цьому, в контексті пошуку ефективних способів очищення, варто звернути увагу на потенціал використання вібраційних технологій. Фільтрування в умовах дії вібрації на фільтрувальну перегородку дозволяє збільшити час безперебійної роботи фільтрувального обладнання за рахунок використання контрольованих пружних коливань. Відтак, використання вібрації може стати важливим

аспектом удосконалення процесів очищення води, забезпечуючи ефективне видалення забруднень та підвищуючи продуктивність систем очищення. Кожен метод має свої переваги та недоліки і вибір залежить від конкретних умов. Отже, актуальною в сучасних наукових дослідженнях є завдання розробки технічних рішень для вібраційних установок з ефектом самоочищення. Ці рішення мають забезпечити високий рівень фільтрації, підвищену продуктивність та здатність до регенерації фільтруючих елементів. Це, у свою чергу, дозволить підвищити ефективність технологічних процесів, пов'язаних із використанням рідинних середовищ.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ультразвукові кавітаційні технології. Знезараження та фільтрування: монографія / О. Ф. Луговський, І. А. Гришко, А. І. Зілінський, А. В. Шульга, А. В. Мовчанюк, І. М. Берник. Вінниця : ФОП Кушнір Ю.В., 2022. 268 с.
2. Gupta V. K. Chemical treatment technologies for waste-water recycling / V. K. Gupta, I. Ali, T. A. Saleh, A. Nayak, and S. Agarwal // Anoverview,” RSC Advances. 2012. – PP. 6380-6388
3. Сиротинський О. А. Вібраційний фільтр / О. А. Сиротинський, С. О. Білоконь, І. І. Науменко, А. І. Щурок, С. Л. Форсюк// 43993, 2002.
4. Н. Anlauf, “Recent developments in centrifuge technology / Н. Anlauf // Sep. Purif. Technol., 2007. Volume 58, Issue 2, 2007. – pp. 242-246.
5. Š. Schlosser Membrane filtration / Š. Schlosser // Engineering Aspects of Food Biotechnology, 2013.

**Свящук Юрій Анатолійович** – аспірант, факультет машинобудування та транспорту, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: y.sviashchuk@gmail.com

Науковий керівник: **Поліщук Олександр Васильович**, к. т. н., доц., доцент кафедри педагогіки безпеки та безпеки життєдіяльності, Вінницький національний технічний університет, e-mail: polischuk@vntu.edu.ua.

**Sviashchuk Yurii A.** – Department of Mechanical Engineering and Transport, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: y.sviashchuk@gmail.com

Supervisor: **Polishchuk Oleksandr V.**, Ph.D., Associate Professor, Associate Professor of the Department of Safety Pedagogy and Life Safety, Vinnytsia National Technical University, e-mail: polischuk@vntu.edu.ua