

COLLECTION OF RESEARCH PAPERS

of the 8th International Research and Practical Conference

**CHEMICAL TECHNOLOGY:
SCIENCE, ECONOMY AND PRODUCTION**

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

VIII Міжнародної науково-практичної конференції

**ХІМІЧНА ТЕХНОЛОГІЯ:
НАУКА, ЕКОНОМІКА ТА ВИРОБНИЦТВО**



МІНІСТЕРСТВО
ОСВІТИ І НАУКИ
УКРАЇНИ



Фармак



ISSN 2786-4898

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Шосткинський інститут Сумського державного університету
Центральний науково-дослідний інститут
озброєння та військової техніки збройних сил України
Публічне акціонерне товариство «Фармак»
Управління освіти Шосткинської міської ради
Виконавчий комітет Шосткинської міської ради

COLLECTION OF RESEARCH PAPERS

of the 8th International Research and Practical Conference

CHEMICAL TECHNOLOGY: SCIENCE, ECONOMY AND PRODUCTION



ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

VIII Міжнародної науково-практичної конференції
**ХІМІЧНА ТЕХНОЛОГІЯ:
НАУКА, ЕКОНОМІКА ТА ВИРОБНИЦТВО**

(м. Шостка, 27-29 листопада 2024 року)



Суми

Сумський Державний Університет

2024

УДК 66.01

Редакційна колегія:

Головний редактор Закусило Р.В., доцент кафедри хімічної технології високомолекулярних сполук, к.т.н., доцент.

Заступник головного редактора Павленко О.В., завідувач кафедри хімічної технології високомолекулярних сполук, к.т.н.

Відповідальний секретар Скуба Ю.Г. фахівець кафедри економіки та управління Шосткинського інституту Сумського державного університету.

Члени редакційної колегії:

Кравець В.Г. – професор кафедри хімічної технології високомолекулярних сполук, д.т.н., професор;

Худолей Г.М. – завідувач кафедри системотехніки і інформаційних технологій, к.т.н;

Тур О.М. – доцент кафедри економіки та управління, к.е.н.;

Тимофіїв С.В. – ст. викладач кафедри хімічної технології високомолекулярних сполук, к.х.н.;

Пригара І.О. – ст. викладач кафедри економіки та управління, к.е.н.

Збірник наукових праць VIII Міжнародної науково-практичної конференції «Хімічна технологія: наука, економіка та виробництво», м. Шостка, 27 - 29 листопада 2024 року. – Суми : Сумський державний університет, 2024. – 242 с.

ISSN 2786-4898.

Збірник містить наукові праці учасників VIII Міжнародної науково-практичної конференції «Хімічна технологія: наука, економіка та виробництво», що складаються з узагальнених матеріалів науково-дослідних робіт науковців різних галузей виробництв та наукових закладів України.

У збірнику висвітлюються актуальні питання спеціальної хімічної технології і виробництва боєприпасів, утилізації відходів виробництв різних галузей, енергозбереження, моделювання технологічних процесів, соціально-економічні аспекти виробництва та природокористування в умовах війни.

Збірник корисний робітникам хімічної промисловості, науковим співробітникам, аспірантам і студентам спеціальностей хіміко-технологічного та соціально-економічного профілів, фахівцям інформаційних технологій виробництва.

Наукові праці учасників конференції подаються в авторській редакції.

© Шосткинський інститут
Сумського державного університету, 2024
© Сумський державний університет, 2024

ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЙ ЗНЕВОДНЕННЯ: ПЕРЕВАГИ РОЛИКОВИХ ПРЕСІВ ДЛЯ ОСАДІВ ІЗ НЕОРГАНІЧНИМИ ДОМІШКАМИ

А.О Василенко, М.А. Лук'яненко, В.Ф. Моїсєєв

Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»

Anton.Vasylenko@mit.khpi.edu.ua

Зневоднення осадів, що утворюються на очисних спорудах, є важливим етапом технологічного процесу очищення стічних вод і має вирішальне значення як для екологічної стійкості, так і для економічної ефективності. Особливо актуальним це питання стає для осадів з високим вмістом неорганічних речовин, таких як пісок, скло та інші абразивні частинки. Такі осади спричиняють прискорене зношування обладнання, що використовується для їхньої обробки, зокрема фільтр-пресів та центрифуг. Це призводить до зростання витрат на технічне обслуговування та зменшення експлуатаційного ресурсу техніки.

Традиційно для зневоднення осадів використовуються такі технології, як стрічкові фільтр-преси, камерні фільтр-преси та центрифуги. Однак у випадках, коли осади містять значну кількість абразивних частинок, ці технології можуть бути менш ефективними через високе зношування робочих елементів. Це створює необхідність пошуку більш надійних і енергоефективних рішень для обробки таких осадів.

Одним із перспективних рішень є використання роликів пресів, які завдяки своїй конструкції дозволяють зменшити контакт осаду з робочими компонентами та знизити енергоспоживання. Ці преси, крім того, мають компактні розміри та здатність працювати з осадами різних типів, що робить їх привабливими для промислових підприємств.

Метою даного дослідження є оцінка ефективності роликів преса для зневоднення осадів із високим вмістом неорганічних речовин у порівнянні з іншими поширеними методами, зокрема центрифугами. В рамках цього дослідження будуть проаналізовані основні параметри продуктивності, енергоефективності та зносостійкості робочих компонентів преса під час обробки осадів. Також буде проведено порівняння техніко-економічних показників роликів преса з іншими існуючими технологіями для визначення їхніх переваг та недоліків.

Зневоднення осаду стічних вод є важливим етапом технологічного процесу очищення, який відіграє ключову роль у мінімізації відходів і забезпеченні екологічної стійкості підприємств. Ефективне зневоднення зменшує обсяг осаду для подальшої утилізації, а також знижує витрати на його транспортування та зберігання. Існує кілька основних технологій зневоднення осаду, з яких найбільш поширеними є фільтр-преси, центрифуги та валкові преси. Кожна з цих технологій має свої переваги та недоліки в залежності від складу осаду та умов експлуатації [1].

Фільтр-преси широко застосовуються для осадів із високим вмістом органічних речовин, оскільки забезпечують високий ступінь зневоднення, проте це обладнання потребує значних витрат енергії та частого обслуговування. Використання фільтр-пресів є особливо проблематичним при обробці осадів, що містять абразивні частинки, такі як пісок або скло, що знижує ефективність і збільшує знос фільтрувальних елементів [1 - 6]. Центрифуги ефективні для стічних вод, що містять хімічно активні або неорганічні речовини, але через високі швидкості обертання ротора вони піддаються значному зносу при обробці осаду з високим вмістом

неорганічних речовин. Це призводить до підвищення витрат на обслуговування і може зменшити довговічність обладнання [2, 4].

Останнім часом дискові дегідратори набули популярності завдяки своїй енергоефективності та компактності. Вони знижують споживання енергії порівняно з іншими методами і можуть використовуватися для різних видів осаду, включаючи осади з високим вмістом неорганічних речовин [9]. Валкові преси є перспективною альтернативою для зневоднення осадів з великою кількістю абразивних частинок. Ці преси мають високу стійкість до зносу, оскільки їх конструкція мінімізує контакт між абразивними частинками та робочими елементами обладнання. Це дозволяє збільшити довговічність та зменшити споживання енергії порівняно з центрифугами, що робить їх економічно вигідними для підприємств [1, 7, 8].

Також слід зазначити, що якість фільтрату після зневоднення може відрізнитися залежно від використовуваної технології. Центрифуги можуть утворювати фільтрат з високим вмістом завислих твердих частинок, що потребує додаткової обробки. Валкові преси, навпаки, забезпечують кращу якість фільтрату, що знижує навантаження на подальші стадії очищення [10 - 12].

Таким чином, використання валкових пресів є перспективним рішенням для підприємств, що працюють з осадом з високим вмістом неорганічних речовин. Ця технологія забезпечує ефективне зневоднення з меншими енерговитратами, довгим терміном служби обладнання та високою якістю фільтрату.

Технологія валкових пресів досягла значного прогресу в плані конструкції, продуктивності та довговічності. Розвиток моделювання та симуляції дозволив покращити оптимізацію цих машин, а модульні принципи конструкції підвищили гнучкість та ефективність. Ці вдосконалення розширили застосування валкових пресів, забезпечуючи кращу продуктивність та довший термін служби.

Для проведення дослідження було відібрано осад стічних вод промислового підприємства, що спеціалізується на переробці ПЕТ-пляшок. Осад складався переважно з неорганічних речовин, таких як пісок, скло та інше дрібне сміття. Вміст загальних твердих часток (TSS) становив у середньому 70 000 мг/л, а концентрація сухої речовини в осаді після первинної обробки – близько 7,2% (визначено за допомогою галогенного аналізатора вологості). рН осаду становив 8.5 (виміряно електрометром).

Перед зневодненням осад накопичувався в спеціальній ємності, де постійно перемішувався для уникнення осідання твердих часток. Осад подавався до роликів преса за допомогою насоса після додавання флокулянта PRAESTOL 859BS у концентрації 0,2% (за попередньо визначеною оптимальною дозою на основі JAR-тестів). Флокулянт вводився через окрему станцію приготування полімеру, оснащену насосом для його подачі.

Технологічна схема процесу зневоднення включала кілька ключових етапів: накопичення осаду, дозування флокулянта, механічне зневоднення за допомогою роликів преса та відведення зневодненого осаду для подальшої утилізації.

Ефективність зневоднення оцінювалась за кількома параметрами. Вміст сухих речовин у кеку (визначався шляхом висушування проби осаду при температурі 105°C). Енергоспоживання роликів преса (вимірювалося за допомогою лічильника енергії). Зношування робочих елементів преса (вимірювалося візуальним оглядом і за допомогою вимірювальних інструментів).

Роликовий прес складається з двох основних частин, розташованих одна біля одної і з'єднаних живильним каналом. Одна частина преса встановлена на рамі, інша

– на ємності для збору фільтрату. Резервуар, встановлений на рамі, розділений на дві секції, резервуар для дозування, а інша – баком для флокуляції. У перегородці між секціями є V-подібний перелив. У флокуляційній ємності знаходиться змішувач з моторним приводом для змішування осаду з реагентом для утворення флокул, потім осад подається в зневоднювальну установку, розташовану над ємністю для збору фільтрату.

Піддон для прийому та зливу фільтрату розташований під зневоднювальним блоком. Осад подається на вхід дозувальної камери за допомогою насоса. Після хімічної обробки осад надходить у зневоднювальний блок.

Кожен фільтруючий валик складається з товстих дисків із смоли, маленьких тонких дисків із нержавіючої сталі та великих тонких дисків із нержавіючої сталі. Між сусідніми дисками утворюються щілини, через які стікає тільки вода. Більші диски фільтруючого валика зачіпаються з меншими дисками сусіднього фільтруючого валика, завдяки чому щілини залишаються чистими.

Фільтрувальні ролики розташовані таким чином, що відстань між верхнім і нижнім ярусами поступово звужується від боку подачі осаду до вивантаження кеку, що призводить до стиснення осаду. Крім того, фільтрувальні ролики в зоні зневоднення обертаються повільніше, ніж в зоні фільтрації, і разом з регульованою заслінкою, встановленою на виході кеку, здійснюють зневоднення. Зневоднений осад вивантажується через жолоб для осаду, який оснащений перегородкою, яка створює додатковий зворотний тиск на осад. Ця функція дозволяє регулювати вміст сухих речовин у кеку.

В ході дослідження порівнювалось існуюча центрифуга на очисних спорудах, марки SHS 310 215 продуктивністю 4...5 м³/г, та роликовий прес марки ESMIL CORP. JD500 продуктивністю 2...2,5 м³/г. При зневодненні осадів був застосований флокулянт марки PRAESTOL 859BS, який показав себе найбільш ефективним при попередніх JAR-тестах. Для порівняння продуктивності роликового преса було проведено аналогічні тести на центрифугі. Результати порівняльного аналізу представлені в таблиці 1.

Таблиця 1. Порівняльний аналіз роликового преса та центрифуги

Тип обладнання	Роликовий прес JD	Центрифуга
Модель	JD-500	SHS-310-215
Тип осаду	Осад після ламельних відстійників	
Вміст сухих речовин у осаді, %	1,5...7	
Вміст сухих речовин у кеку, %	28...50	
Вміст летких загальних твердих речовин (ЛЗР) у осаді, %	56	
Зниження об'єму осаду (вага)	7...15	
Продуктивність по осаді, м ³ /год	2...2,5	4...5
Продуктивність по сухих речовинах, кг СХ/год	30...175	60...350
Доза флокулянту, кг/т СХ	1,94...2,2	
Ефект енергозбереження, кВт·год/кг СХ	0,05	0,5
Коефіцієнт збору твердих речовин, %	85...90	90...95
Вміст завислих речовин (ЗР) у фільтраті, мг/л	100...200	2000...3000

Дослідження показали, що роликівий прес JD (ESMIL) продемонстрував рівень ефективності зневоднення, подібний до показників центрифуги, яка використовувалась на очисних спорудах для осади́в. Обидва типи обладнання досягли схожого рівня зменшення вологості осаду, знижуючи її з початкових значень 98,48–92,59% до 72,2–49,9%. Це дозволило зменшити масу осаду, що підлягає утилізації, у 7–15 разів. Найнижча досягнута вологість складала 49,9% при зневодненні суміші осади́в.

Під час тримісячної експлуатації центрифуги було виявлено значний знос барабана, спричинений абразивною дією неорганічних матеріалів, зокрема піску та інших твердих частинок. Це призвело до пошкодження поверхні барабану та потребувало додаткових ремонтних робіт і збільшення витрат на технічне обслуговування.

З точки зору енергоспоживання, центрифуга мала значно вищі показники. Витрати енергії роликівого преса були в 10 разів меншими порівняно з центрифугою, становлячи приблизно 50 Вт·год на кілограм сухої речовини, тоді як центрифуга споживала понад 500 Вт·год на той самий обсяг.

Кількість сухої речовини в кінцевому продукті була майже однаковою для обох типів обладнання, різниця складала лише 1–2%. Однак, співвідношення між витратами енергії та ступенем зменшення об'єму осаду виявилось нелінійним. Наприклад, при вихідному вмісті 2% сухої речовини, гвинтовий прес зменшив обсяг осаду на 88%, досягаючи вмісту сухої речовини 18%. Після центрифуги вміст сухої речовини збільшився до 20%, зменшуючи обсяг осаду на 90%, але з суттєво вищими витратами енергії для цього незначного покращення.

Якість фільтрату після центрифуги була набагато нижчою, із концентрацією завислих речовин у діапазоні 2000–2500 мг/л. У порівнянні з цим, роликівий прес забезпечив кращу якість фільтрату, з концентрацією завислих речовин на рівні 100–200 мг/л, що свідчить про вищу ефективність технології рухомих дисків у цьому контексті, а також зменшує витрати на додаткове очищення фільтрату, дозволяючи напряду зливати фільтрат в каналізацію чи використовувати його в технологічному процесі виробництва.

Отримані результати свідчать про те, що роликівий прес JD500 є більш ефективним рішенням для зневоднення осади́в із високим вмістом неорганічних речовин порівняно з центрифугою. Основні переваги роликівого преса включають нижче енергоспоживання та кращу якість фільтрату, а також значно менший рівень зношування робочих елементів обладнання. Це робить роликівий прес економічно вигідним варіантом для підприємств із великими обсягами абразивних осади́в.

Зниження маси осаду в 7–15 разів свідчить про високий рівень ефективності зневоднення, що дозволяє зменшити витрати на утилізацію осади́в. Також слід зазначити, що якість фільтрату після роликівого преса є вищою, що знижує навантаження на подальші етапи очищення стічних вод.

У ході дослідження було оцінено ефективність роликівого преса для зневоднення осади́в із високим вмістом неорганічних речовин у порівнянні з традиційними методами, такими як центрифуги. Результати експериментів підтвердили, що роликіві преси демонструють суттєві переваги в умовах обробки абразивних осади́в, забезпечуючи більш високу ефективність зневоднення та знижене енергоспоживання.

Показники зниження вологості осадів у роликовому пресі досягали з 83% до 50%, що свідчить про його здатність значно зменшувати обсяги відходів, що підлягають утилізації.

Крім того, роликовий прес виявився більш енергоефективним, споживаючи в 10 разів менше енергії порівняно з центрифугою.

Якість фільтрату, отриманого після обробки в роликовому пресі, була набагато вищою, з нижчою концентрацією завислих часток у порівнянні з центрифугою. Це зменшує навантаження на наступні етапи очищення стічних вод та покращує загальну екологічну ефективність процесу. Виявлений знос робочих елементів центрифуги підтверджує необхідність ретельного підбору обладнання для роботи з осадами, багатими на абразивні частинки.

З урахуванням отриманих результатів, можна стверджувати, що роликові преси є перспективним рішенням для підприємств, які мають справу з осадом з високим вмістом неорганічних речовин. Їх використання не лише знижує витрати на енергоспоживання та технічне обслуговування, але й забезпечує високу якість зневоднення, що є важливим аспектом у сучасному менеджменті водних ресурсів. Рекомендується подальше дослідження та оптимізація процесів, пов'язаних із використанням роликових пресів для покращення їхньої продуктивності та зносостійкості в умовах промислових стічних вод.

Список літературних джерел

1. Gutierrez, J., Smith, A., & Li, H. Wear Resistance in Industrial Dewatering Technologies. *Journal of Environmental Engineering*, 146(2), 04019108. (2020).
2. Wang, T., Zhang, L., & Liu, M. Centrifuge Performance in Wastewater Sludge Dewatering. *Water Research*, 215, 118223. (2022).
3. Smith, J. Efficiency and Energy Consumption of Disc Dehydrators. *Water and Wastewater Management*, 32(1), 55-68. (2021).
4. Novak, J. Dewatering of Sewage Sludge. *Drying Technology*, 24, 1257-1262. (2006). DOI: 10.1080/07373930600840419
5. Stickland, A., Skinner, S., Cavalida, R., Scales, P. Optimisation of filter design and operation for wastewater treatment sludge. *Separation and Purification Technology*. 198. 31-37. (2018). DOI: 10.1016/J.SEPPUR.2017.01.070
6. Mamais, D., Tzimas, A., Andreadakis, A. Evaluation of Different Sludge Mechanical Dewatering Technologies. *Journal of Residuals Science & Technology*, 6. (2009).
7. Wakeman, R. Separation technologies for sludge dewatering. *Journal of hazardous materials*, 144 (3). 614-9. (2007). DOI: 10.1016/J.JHAZMAT.2007.01.084.
8. Mahmoud, A., Hoadley, A., Citeau, M., Sorbet, J., Olivier, G., Vaxelaire, J., Olivier, J. A comparative study of electro-dewatering process performance for activated and digested wastewater sludge. *Water research*, 129, 66-82. (2018). DOI: 10.1016/j.watres.2017.10.063
9. Wu, B., Dai, X., Chai, X. Critical review on dewatering of sewage sludge: Influential mechanism, conditioning technologies and implications to sludge re-utilizations. *Water research*, 180, 115912. (2020). DOI: 10.1016/j.watres.2020.115912
11. Cao, B., Zhang, T., Zhang, W., Wang, D. Enhanced technology based for sewage sludge deep dewatering: A critical review. *Water research*, 189, 116650. (2020). DOI: 10.1016/j.watres.2020.116650
12. Bajpai, P. Pretreatment of Sludge. In: *Management of Pulp and Paper Mill Waste*. Springer, Cham. (2015). DOI: 10.1007/978-3-319-11788-1_4