

УДК 504.064.4+66.047.4/5

Пасенко А.В. (Україна, Кременчук)

**РЕСУРСОЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧА ТЕХНОЛОГІЯ ПЕРЕРОБКИ ШЛАМУ – ВІДХОДУ
ПЕРЕДОЧИЩЕННЯ ВОДИ НА ТЕС**

При сучасних темпах розвитку промислового виробництва створення й освоєння ресурсозаощаджуючих технологічних процесів комплексної переробки сировини стають вузловими питаннями економіки.

Важливим аспектом у вирішенні цієї проблеми для ТЕС є створення екологічно безпечних ТЕС, які на даний час істотно впливають на стан водного і повітряного середовищ, займаючи при цьому значні ділянки землі [1]. Якщо у попередні періоди розвитку теплоенергетики вибір способів отримання енергії проводився в першу чергу на основі мінімізації економічних витрат, то в даний час на перший план висувуються питання оцінки можливих наслідків дії і експлуатації об'єктів енергетики.

ТЕС є крупними споживачами природної води і джерелами утворення значної кількості стічних вод. Все більше застосування в світовій енергетиці одержують ТЕС, які забезпечують екологічно безпечний режим водокористування. При формуванні концепції екологічної безпеки об'єктів ТЕС слід розробляти і реалізовувати технології повторного використання стічних вод ТЕС шляхом видалення води і твердого залишку. Вода повторно використовується у технологічному процесі ТЕС, а видалений осад повинен піддаватися утилізації [2].

На сьогоднішній день шлам, що утворюється при експлуатації водопідготовчих установок (ВПУ) на електростанціях, теплоелектроцентралях (ТЕЦ), – це серйозна проблема: скидати шлам в каналізацію проблематично, у водойму – неприпустимо, широкого використання у господарстві він не знаходить, а при зберіганні у відвалах шлам створює проблему екологічного й економічного характеру. Шламові відходи заховуються у поверхневих сховищах, необладнаних засобами захисту навколишнього середовища від фільтраційних вод, випаровувань і пилових викидів, до того ж немає засобів вивезення пульпи або злежаного осаду. Таким чином, крім відчуждження під шламонакопичувачі значних земельних ділянок, є загроза засоленню ґрунтів, підвищенню мінералізації підземних вод прилеглих територій і погіршенню гідрохімічного режиму розташованих поблизу водойм.

Багатотоннажні шламові відходи процесу освітлення води водопідготовки об'єктів теплоенергетики достатньо складно вилучати з виробничого процесу, транспортувати й утилізувати. Для зменшення обсягів відходів та полегшення подальшої їх переробки доцільно передбачити ефективне зневоднення шламів на підприємствах-виробниках відходів.

При седиментаційному способі зневоднення шлам з відстійників періодичної дії прямує на шламовідвал. Висока вологість шламу збільшує об'єм шламовідвалу, тобто площу відчужених земельних ділянок, що приймається з розрахунку десятирічного заповнення для даної ТЕС, а також у подальшому створює технологічні й економічні перешкоди для ефективного процесу його утилізації. Вищевказаний спосіб зневоднення не вирішує проблему шламових відходів, а лише може бути одним з етапів попередньої обробки шламу щодо подальшої його переробки.

З точки зору підвищення ефективності видалення води з матеріалу, зменшення габаритів площ, зайнятих під установку нейтралізації й утилізації шламу, а також скорочення земельних ділянок, необхідних для організації шламовідвалу, найцікавішою є схема з поверненням продувальної води на ВПУ без її нейтралізації і з зневодненням шламу механічним способом (на фільтр-пресах або барабанно-вакуумних фільтрах, центрифугах, центри-пресах) після освітлення у відстійниках. При застосуванні механічних способів зневоднення шламової пульпи водопідготовки отримують продукт із значно меншим вмістом вологи, у порівнянні з седиментаційними способами видалення води; зменшуються обсяги накопичення шламових відходів; зменшуються площі шламосховищ; спрощуються транспортування та інші технологічні маніпуляції, але залишається проблема 40-50%-ного вологовмісту шламу, який є перешкодою для утилізації і передумовлює подальший процес висушування шламу до означеної у технології вологості.

Для підвищення ефективності процесу видалення вологи зі шламових відходів освітлювачів ВПУ використовують термічні методи: упарювання у випарниках, сушку у розпилюючій сушарці шахтно-циклонного типу (конструкції НДІБМВ), сушку у печі шахтно-циклонного типу (конструкції

КПП), сушку у печі циклонного типу (конструкції КПП), сушку у циклонній печі з камерою кип'ячого шару. Кожний з варіантів має свої недоліки і переваги. Взагалі переважна більшість високотемпературних термічних методів є надто енерговитратними й потребують використання не відновлюваних природних енергоносіїв, або більш коштовного продукту їх переробки – електроенергії. Цей фактор стримує процес широкого впровадження у виробництво розроблених технологій і створює умови для пошуку більш економічно рентабельних шляхів утилізації шламових відходів. Крім того, важливим критерієм розробки технологічних схем утилізації є рівень екологічної безпеки експлуатації установок. Більшість розроблених способів зневоднення шламу з використанням природного газу, мазуту супроводжуються утворенням викидів, які вносять свою частку у загальний обсяг хімічного й теплового забруднення атмосферного повітря, ґрунтів, гідросфери промисловістю енергетичного комплексу країни.

Таким чином, на теперішній час не існує універсального методу обробки і утилізації шламу перед очищення води на електростанціях за наявності технологічних, екологічних та економічних недоліків. Загалом вирішується проблема переробки й утилізації шламів ВПУ ТЕС лише частково внаслідок застосування, у переважній більшості технологічних процесів, шламових відходів як другорядних сировинних ресурсів при виробництві різних матеріалів із залученням при цьому незначних об'ємів шламів, що не виключає часткового їх накопичення і, таким чином, неповністю вирішує екологічну проблему.

Відсутність в Україні екологічно безпечної та економічно прийнятної схеми поводження з промисловими відходами IV класу небезпеки об'єктів теплоенергетики є базисом для розробки науково обґрунтованої схеми утилізації шламових відходів хіміводопідготовки ТЕЦ з:

- 1) розробкою безвідходної технології утилізації шламу передочищення води ТЕЦ;
- 2) використанням шламу передочищення як сировини у виробництві;
- 3) збереженням й максимальним використанням ресурсоцінних складових вказаних відходів, а саме органічної речовини;
- 4) економією природних енергоресурсів паливних матеріалів за рахунок використання вторинних низькопотенційних енергоресурсів підприємств енергетики, а саме – теплоти відпрацьованих димових газів.

За технологією, що запропонована у роботі [3], витрати на переробку шламу, що буде здійснюватися у межах технологічного процесу на ТЕЦ, стануть складовою частиною вартості продукції станції – кВт-години електроенергії, що виробляють ТЕЦ; не будуть застосовуватися високотемпературні процеси з використанням палива, що дозволить уникнути утворення додаткових викидів електростанцій; максимально будуть використані усі ресурсоцінні складові відходи; буде відсутній кінцевий продукт-залишок процесу переробки за рахунок збереження й використання повного складу відходів, що повністю ліквідує проблему накопичення шламових відходів водопідготовки.

Передбачається отримання на базі шламу передочищення води ВПУ ТЕС матеріалів:

- для підвищення родючості ґрунтів, що сприятиме підвищенню продуктивності агроєкосистем, рішенню геоекологічних задач, а також проблеми пошуку нових альтернативних джерел сировини при виробництві добрив замість існуючих більш ресурсоємних;
- для застосування в якості флюсу у сталеливарному виробництві;
- для застосування у будівельній індустрії тощо.

Важливою ланкою технологічного ланцюга утилізації шламу передочищення води ВПУ є процес сушки відходу. Головними показниками процесу сушки є продуктивність (швидкість видалення вологи), що залежить від типу сушарки, і витрата теплової енергії У запропонованій технологічній схемі обраний конвективний нагрів сушильного агенту (повітря) теплом відпрацьованих газів теплоелектростанції. Робота сушарки повинна відповідати наступним вимогам:

- кількість нагрітого повітря при температурі, що незначно перевищує критичну температуру, при якій ще можливо сушити частинки шламу, має бути достатньою;
- час знаходження частинок шламу в сушарці має бути мінімальним, але забезпечувати належне видалення вологи;
- гази, що відходять, повинні мати температуру достатньо високу, щоб попередити конденсацію до того, як вони покинуть сушарку;
- у сушарці має бути забезпечений тісний контакт гарячого повітря і висушуваного шламу;
- сушарка має бути нескладною за устроєм і легко регулюватися.

Для розрахунку технологічних параметрів сушильного агрегату необхідно знати кількість випаровуваної вологи, температуру повітря при вході в сушарку і теплофізичні параметри висушеного шламу, які необхідно встановити експериментальним шляхом.

При розробці методики проведення експерименту враховували:

- фізико-хімічні властивості, хімічний та гранулометричний склад шламу як вихідного матеріалу для утилізації;
- стан та властивості шламу після попередніх стадій технологічної обробки у схемі утилізації шламу, який підлягає процесу сушки;
- спосіб сушки шламу, а саме – конвективний;
- температуру повітря-теплоносія процесу сушки (після розрахунків, виходячи з вихідної потенційної теплової енергії відпрацьованих виробничих газів ТЕЦ, що застосовані для підігріву повітря у запропонованій технології).

Для забезпечення зручності подальшої переробки (шлам з вмістом вологи >45 % набуває властивості щодо «текучості») й енергозощадження у процесі сушки матеріалу, діапазон показників вмісту вологи у шламі, який буде поступати на технологічну лінію сушки після попереднього зневоднення, визначений у межах від 30 % до 45 %. Враховуючи температуру теплоносія, а також особливості кінетики процесу випаровування води при різних температурах визначений діапазон оптимальних (з урахуванням технологічних вимог виробництва) температурних режимів проведення експериментальних досліджень з сушки шламу – 60-100 °С.

Автоматизація процесу вимірювання основного параметру експерименту – маси, фіксації й передачі даних забезпечувалися роботою електронних терез у режимі реального часу й підключенням їх до персонального комп'ютеру. Для автоматичної математичної обробки результатів експерименту та отримання графічних залежностей характеристик процесу сушки у програмі Excel був розроблений алгоритм обробки результатів експерименту, що фіксуються у безперервному режимі. У результаті, за допомогою комп'ютерної програми отримують діаграми змін маси, швидкості й прискорення випаровування води у дослідних пробах, зміни вологості шламу у процентах протягом часу проведення експерименту.

Із отриманих графічних залежностей (у координатах W (%) – вологість шламу і τ (хв) – час сушки) на початку сушки протягом незначного часу лінія сушки має вид кривої – це період розігріву шламу (рисунок 1). Потім починається період (перший період) постійної швидкості сушки. У цей період лінія сушки має вид прямої. У точці K_1 , відповідній певній вологості матеріалу, характер лінії сушки змінюється. Вона стає кривою, такою, що асимптотично наближається до величини W_p – рівноважної вологості шламу за заданих умов сушки. У другому періоді швидкість сушки шламу безперервно зменшується. Точка K_1 , що розділяє два періоди сушки, називається критичною точкою, а вологість шламу, яка їй відповідає, – критичною вологістю W_k .

У перший період часу сушки відбувається видалення вільної вологи. У цей період швидкість сушки, віднесена до одиниці висушеної поверхні, залежить від щільності шламу та різниці парціального тиску. Отже, у перший період сушки визначальними чинниками є параметри висушеного шламу. Швидкість дифузії вологи усередині шламу не визначає інтенсивності випаровування вологи. Величина $tg\phi$ буде дорівнювати похідній dW/dt , тобто швидкості процесу сушки.

Коли вільна волога повністю видалена, настає другий період сушки – видалення зв'язаної вологи. У цей період форма кривої сушки залежить від характеру зв'язку вологи з матеріалом шламу, від структури матеріалу шламу, що характеризує механізм переміщення вологи. Для другого періоду сушки початковий вологовміст матеріалу шламу відповідає критичній вологості, тобто залишковій вологості, яку можна отримати після закінчення процесу сушки, залежно від технологічних параметрів. Припустили, що у другий період сушки рушійною силою процесу висушування є різниця між початковим вологовмістом шламу W і рівноважним вологовмістом W_p матеріалу. Тоді вираз для визначення швидкості сушки у другому періоді матиме наступний вигляд: $-dW/dt=K(W-W_p)$, де K – коефіцієнт сушки, що характеризує інтенсивність процесу вологообміну.

Статистичний аналіз отриманих експериментальних даних проводили із застосуванням програмного продукту – статистичного графічного пакету STATGRAPHICS Plus for Windows 2.1, розробленого американською корпорацією Manugistics. Предметом множинного регресійного аналізу було встановлення статистичної залежності значення величини рівноважного вологовмісту W_p шламу від початкової вологості висушеного шламу W , температури сушки T , часу сушки шламу τ та маси

висушеного матеріалу m ($W_p = f(W, T, \tau, m)$). При складанні матриці експерименту були пронормовані усі незалежні змінні і сформована повна квадратична модель.

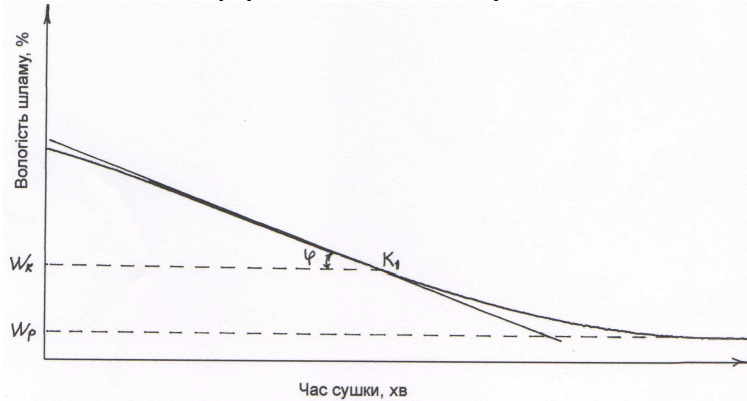


Рисунок 1 - Кінетика процесу сушки шламу.

За результатами аналізу встановлено, що модель другого порядку має кращі статистичні властивості, ніж модель першого порядку. Про це свідчать значення коефіцієнту детермінації (98 % проти 92 %), середньої абсолютної помилки (0,01 проти 0,03) та інші статистичні показники. Відмічено, що взаємодія майже усіх змінних, зафіксованих у моделі, є статистично значущими на 98 % довірчому рівні. Таким чином, за результатами статобробки експериментальних даних отримана адекватна модель, яка може бути використана для подальших технологічних розрахунків.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Воробьев И.Е., Пасеченко В.И. Комплексная оценка влияния ТЭС на окружающую среду // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 1999. – № 4. – С. 58-62.
2. Пасенко А.В. Проблема накопичення шламових відходів водопідготовки об'єктів теплоенергетики // Нові технології. Науковий вісник КУЕІТУ. – 2007. – № 4 (18) – С. 175-180.
3. Пасенко А.В., Коробочка А.Н. Обезвреживание шламовых отходов систем водоподготовки электростанций // Збірник наукових праць Дніпродзержинського державного технічного університету: (технічні науки) / Дніпродзержинськ: ДДТУ. – 2008. – Випуск 1(9). – С. 240-243.