

що виникло, не пов'язане із технологічною схемою прокатки, то на основі бази правил нечіткий логічний контролер змінює сигнали завдання швидкостей верхнього та нижнього двигунів відповідно до технологічної ситуації, що склалася.

Висновки та напрямки подальших досліджень. В даній статті наведено один із можливих підходів до керування обтисковою кліткою на блюмінгу в нестійких режимах прокатки, зокрема при виникненні буксувань в клітці, що базується на узгодженому формуванні керуючих впливів для кожної з індивідуальних приводних ліній верхнього та нижнього валків. Основу системи керування складає нечіткий регулятор, що формує керуючі впливи, використовуючи повний вектор стану об'єкта керування, що відновлюється стохастичним спостерігачем стану. Напрямком подальших досліджень є моделювання та дослідження динаміки запропонованої системи, а також адаптація спостерігаючого пристрою до зміни параметрів об'єкта керування, зокрема коефіцієнтів тертя між обтискними валками і зливком металу.

Список літератури

1. Хомяк А.В., Светличный А.В., Максаев А.П., Розкаряка П.И. Исследование нестационарных процессов работы главного электропривода блюминга // «Вісник СХУ». – 2001. – №3(37)
2. Иванченко Ф.К. Динамика и прочность прокатного оборудования / Ф.К. Иванченко, П.И. Полухин, М.А. Тылкин, В.П. Полухин. – М.: Металлургия, 1970. – 486с.
3. Кузнецов Б.И., Никитина Т.Б., Коломиец В.В., Кузнецова Л.Г. Цифровое нелинейное робастное управление главным электроприводом блюминга в режиме пробуксовки валков // Електромашинобудування та електрообладнання. – Одеса: 2006. – № 66. – С. 107-108.
4. Башарин А.В. Управление электроприводами: учебн. пос./ А.В. Башарин, В.А. Новиков, Г.Г. Соколовский. – Л.: Энергоиздат. Ленингр. отд-ние, 1982. – 392с.
5. Александров А.Г. Оптимальные и адаптивные системы. 2-е изд. – М.: «Высшая школа», 2003. – 279.
6. Рэй У. Методы управления технологическими процессами: Пер. с англ. М.: Мир, 1983. – 368с., ил.

Рукопис подано до редакції 21.03.13

УДК 681.542.35

В.О. КОНДРАТЕЦЬ, А.М. МАЦУЙ, кандидати техн. наук, доц.

Кіровоградський національний технічний університет

ПОШУК ОПТИМАЛЬНИХ УМОВ ІДЕНТИФІКАЦІЇ РОЗРІДЖЕННЯ ПУЛЬПИ У ЗАВИТКОВОМУ ЖИВИЛЬНИКУ ІНФОРМАЦІЙНИМИ ТЕХНОЛОГІЯМИ

Запропоновано підхід пошуку ділянок незмінного значення випадкового процесу зміни тиску основного перетворювача у прийнятному пристрої завиткового живильника інформаційними технологіями.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. В Україні більшість металургійної сировини отримують збагаченням бідних залізних руд, де самим енерговитратним є процес їх подрібнення. Міцні залізні руди, частка яких в Україні є значною, подрібнюють відповідно технологічній схемі - стержневий млин у розімкнутому циклі, а кульовий млин - у замкнутому циклі з двоспіральним класифікатором. Кульовий млин, який подрібнює піски двоспірального класифікатора і несе основне навантаження, працює не в оптимальному режимі, оскільки у ньому не підтримується необхідне значення розрідження пульпи. За таких умов не забезпечується найбільш ефективне використання куль, футерівки, електричної енергії, що призводить до значних економічних збитків. Такий стан роботи технологічного обладнання не відповідає вимогам законодавства України про ресурсозберігаючі технології в енергетиці, промисловості та, зокрема, у гірничій галузі. На реалізацію цих задач спрямована також Державна науково-технічна програма "Ресурсозберігаючі технології нового покоління в гірничо-металургійному комплексі", затверджена Законом України "Про основи державної політики у сфері науки і науково-технічної діяльності" і, зокрема, плани наукової тематики Кіровоградського національного технічного університету та тема "Система комп'ютерної ідентифікації співвідношення тверде/рідке при подрібненні пісків класифікатора" (0107U005470). Оскільки дана публікація спрямована на розв'язання поставленої задачі, її тема є актуальною.

Аналіз досліджень та публікацій. Розрідження пульпи у кульових млинах даного циклу подрібнення не підтримується на необхідному рівні. Запропонований пристрій [1] не може ефек-

тивно використовуватися в наслідок можливого забивання каналу скрапом або сторонніми включеннями в процесі експлуатації. Основним фактором, що стримує автоматизацію даного технологічного процесу є відсутність пристрою, що вимірює розрідження пульпи у кульовому млині. Авторами даної публікації запропоновано підхід реалізації такого інформаційного пристрою. При цьому передбачено вимірювання рівня пульпи у приймальному пристрої завиткового живильника та її тиск у донній частині [2]. Рівень пульпи і її тиск у донній частині приймального пристрою при роботі завиткового живильника є випадковими процесами, що може приводити до значних похибок знаходження співвідношення руда/вода. Позбавитись цих похибок можливо лише за найкращих умов ідентифікації розрідження пульпи, однак їх ніхто не визначав.

Постановка завдання. Метою даної роботи є теоретичне обґрунтування оптимальних умов ідентифікації розрідження пульпи у завитковому живильнику інформаційними технологіями та їх реалізація.

Викладення матеріалу та результати. Попередніми дослідженнями доведено, що регулювати співвідношення руда/вода необхідно у приймальному пристрої завиткового живильника [3]. Вимірювати рівень і тиск пульпи найкраще безінерційним гідростатичним перетворювачем, виконаним у вигляді відкритого знизу циліндричного патрубку висотою 600 мм і внутрішнім діаметром 98 мм та з'єднаним через штуцер і гнучку імпульсну трубку з вторинним перетворювачем наднормального тиску САПФІР-22М-ДИ2120, який тиск повітря перетворює в електричний сигнал. Конструктивно використано два таких первинних перетворювачі зміщених на 50 мм по вертикалі один відносно одного. Кожний канал основного і додаткового первинного перетворювача працює у діапазоні вимірювання 0-10 кПа. Він являє собою підсилювальну динамічну ланку, яка не вносить викривлень у результат вимірювання в наслідок впливу ємнісного та чистого запізнювання.

Аналіз показав, що відкриті знизу первинні перетворювачі тиску пульпи необхідно періодично з'єднувати на певний короткий проміжок часу з атмосферою, а потім на тривалий час, що може дорівнювати двом годинам, знову опускати у пульпу у вихідне положення, яке відповідає вимірюванню технологічних параметрів. Це фіксується кінцевим вимикачем нижнього положення перетворювачів.

При переміщенні постійного магніту на певній відстані від лічильної головки у перетворювачі Холла виникає напруга. Крива залежності напруги Холла при проходженні постійного магніту має вигляд додатньої та від'ємної півхвилі з великою крутизною при проходженні через нульове положення. Це дозволяє фіксувати положення постійного магніту з великою точністю. Наприклад, якщо двопозиційний елемент, що спрацьовує від напруги перетворювача Холла, налагодити на переключення при 15 мВ, то при відстані 2 см між постійним магнітом і сприймаючою головкою в умовах зміни відстані на ± 1 см задана точка фіксується з точністю ± 1 мм. Така точність зберігається при зміні температури навколишнього середовища в межах $-20 \dots +50$ С. Точність такого кінцевого перемикача можливо значно підвищити, оскільки крутизна зміни напруги Холла при малих відстанях значно підвищується. За умов значних коливань температури навколишнього середовища при відстані 0,5 мм похибка фіксування контрольованої точки може бути зниженою до 10 мкм. У кінцевому вимикачі відстань магніту від головки була встановлена на рівні 3 мм, що забезпечує високу точність встановлення первинних перетворювачів у вихідне положення, яке прямо впливає на абсолютну похибку визначення рівня пульпи. Як видно, ця похибка тут незначна і нею можна знехтувати.

При роботі завиткового живильника рівень і тиск пульпи є випадковими процесами, які формуються під впливом його захватних органів і потоку пульпи з піскового жолоба, нерівномірність якого визначається кількістю пісків і спіралями класифікатора. Забезпечення високої точності ідентифікації рівня пульпи і співвідношення руда/вода у приймальному пристрої визначається незмінністю вертикального положення первинних перетворювачів, встановленням їх у певному перерізі, фіксуванням параметрів тиску пульпи у одній точці і фазі коливання. Як було показано, вертикальне положення перетворювачів фіксується з великою точністю. Дослідженнями встановлено, що вимірювання повинні здійснюватись у середній точці приймального пристрою, яку з'єднує вертикаль з віссю обертання кульового млина. Невідповідність фази хвильового процесу при визначенні рівня і тиску пульпи як складових знаходження співвідношення руда/вода приводить до значних похибок, позбавитись яких можливо знаходженням оптимальних умов ідентифікації параметра. Тому критерієм оптимальності тут буде

незмінність фази хвильового процесу при знаходженні рівня і тиску пульпи.

Виконані теоретичні дослідження дозволяють скласти уяву про рух матеріалу у приймальному пристрої, однак остаточно висновки у даному випадку, коли процеси повністю математично не описуються, зробити не можливо. Зважаючи на це, проводилися експериментальні дослідження. За рядом причин такі дослідження у промислових умовах виконати не можливо, тому вони проводилися на фізичній моделі завиткового живильника. Фізична модель завиткового живильника була повною копією промислового агрегату. Вона мала базовий розмір $L=300$ мм, здійснювала 16,5 об/хв., а значення рівня рідини встановлювалося 25, 21, 17 мм. Передня стінка завиткового живильника виконана з прозорого матеріалу, на неї наносилася міліметрова шкала. У якості рідкого матеріалу використовувалася підфарбована вода. Цифрова відеокамера Panasonic NV-GS230 у кожен мить фіксувала значення рівня рідини по всій ширині приймального пристрою. Знімання хвильового процесу здійснювалося неперервно, а потім інформація переносилася у персональний комп'ютер з наступною обробкою матеріалу. У процесі обробки можливо було спостерігати хвильовий процес у динаміці, а також фіксувати у статистиці будь-яке його миттєве положення. При двох захватних органах повний цикл зміни стану рідини відбувається за півоберту, що відповідає часовому проміжку $0 \dots 1,56$ с. Реалізації випадкових процесів зміни рівня пульпи в середині приймального пристрою тривалістю 1,56 с при прийнятих усталених значеннях показника показані на рис. 1.

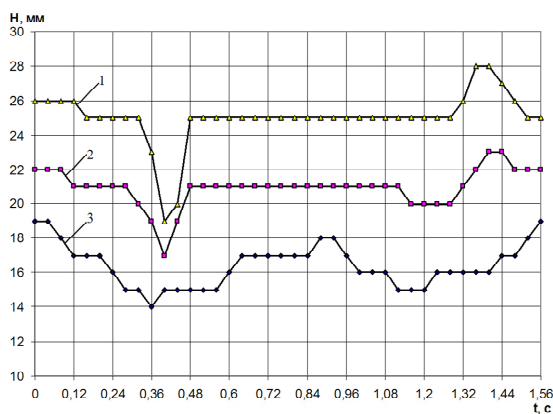


Рис. 1 Реалізації випадкових процесів зміни рівня рідини у приймальному пристрої за половину оберту при різних середніх значеннях показника, мм: 1 - 25; 2 - 21; 3 - 17

З рисунка видно, що інтенсивність зміни випадкових процесів залежить від усталених значень рівня пульпи. Інтенсивність тим вища, чим менше середнє значення рівня пульпи. Отримані випадкові процеси зміни рівня пульпи дають повну уяву про її поведінку при роботі завиткового живильника. При незмінному середньому значенні рівня пульпи ці випадкові процеси наближено повторюються. Вони можуть слугувати основою при знаходженні оптимальних умов

ідентифікації співвідношення руда/вода у приймальному пристрої завиткового живильника.

Одним з найбільш простих підходів вимірювання технологічного параметра є фіксування вихідних величин перетворювачів безпосередньо перед входженням захватного органу завиткового живильника у пульпу, оскільки час заспокоєння рідкої суміші при цьому є найбільш тривалим. Це можливо здійснити керуванням процесу у часі, зважаючи на те, що швидкість обертання захватного органу завиткового живильника є незмінною. За точку відліку доцільно прийняти горизонтальне положення захватного органу. Звідси розпочинається відлік часу до моменту початку зняття інформації з перетворювачів тиску і відлік тривалості зняття значень тиску. Як показав аналіз та експериментальна перевірка, хвильовий процес у завитковому живильнику у режимі вільних коливань після виходу захватного органу з пульпи не заспокоюється настільки, щоб можливо було визначити співвідношення руда/вода з необхідною точністю, особливо при порівняно невеликій і близькій до неї витраті пісків.

Характер створення і затухання хвильового процесу у приймальному пристрої завиткового живильника та надходження хвильового потоку з піскового жолоба дозволяють допустити існування періодичного процесу коливань, параметри якого можливо використати при отриманні надійної інформації про процес з перетворювачів тиску. Такий процес, якщо він існує, може виявити кореляційна функція за умови великих значень тимчасового інтервалу τ і відсутності затухання. Нормовані кореляційні функції випадкового процесу зміни рівня пульпи у центральній частині приймального пристрою завиткового живильника при різних його середніх значеннях, отримані за експериментальними реалізаціями значної протяжності відповідно програмі MATLAB, показані на рис. 2.

З рис. 2 видно, що графіки нормованих кореляційних функцій мають складні окреслення, які змінюються з середнім значенням рівня пульпи. Однак за різних умов характер зміни є затухаючим, що приходить до нуля. Отже, кореляційні функції випадкових процесів зміни рівня

пульпи у приймальному пристрої завиткового живильника в часі не мають періодичної складової. Тому конкретний випадковий процес її також не містить і дану його властивість використати для отримання інформації про параметри пульпи на основі показань перетворювачів тиску не можливо.

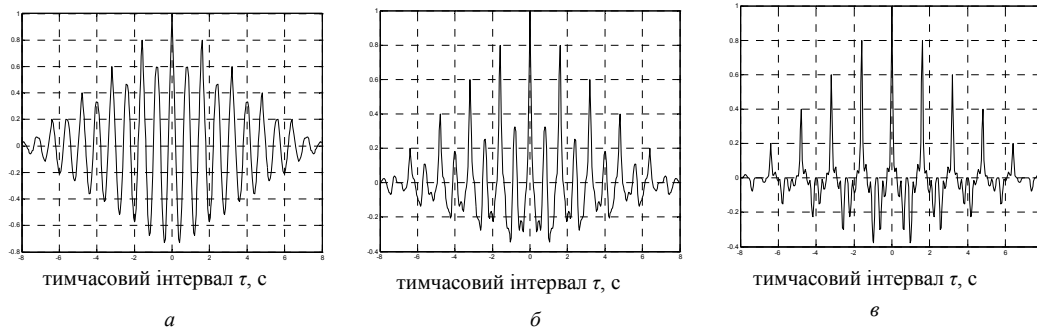


Рис. 2. Нормовані кореляційні функції випадкового процесу зміни рівня пульпи у центральній частині приймального пристрою завиткового живильника при різних середніх значеннях показника, мм: *a* – 17; *б* – 21; *е* – 25

Отримання середнього значення рівня пульпи у приймальному пристрої завиткового живильника та її розрідження здійснюється застосуванням інформаційних технологій. При цьому тиски первинних перетворювачів є випадковими функціями часу, густина руди – стала, що може приймати різні значення, атмосферний тиск – величина, що повільно змінюється. Реалізація математичних виразів для визначення рівня і тиску пульпи зумовлює нелінійність цих каналів. Враховуючи, що у цих каналах умова стаціонарності не виконується, описати їх з певним наближенням як нелінійні системи немає можливості. Проблемним тут є і забезпечення мінімуму середньої квадратичної похибки вихідного сигналу. Такі задачі відпрацьовані в теорії лінійних систем автоматичного регулювання, які знаходяться під впливом випадкових процесів, та в інформаційній техніці при кількох випадкових процесах на вході [4].

У даному випадку забезпечити мінімум середньої квадратичної похибки вихідних сигналів не можливо як у наслідок нелінійності, так і зважаючи на неможливість змінювати структуру і параметри каналів, які реалізують конкретні аналітичні залежності визначення вихідних величин. Зважаючи на це, єдиним підходом забезпечення необхідної точності визначення інформації є вплив на характеристики випадкових процесів – фільтрація випадкових сигналів перед їх обробкою, тобто, перетворення з метою зміни співвідношення між їх компонентами. Більш обґрунтованими і розповсюдженими є методи лінійної фільтрації. Для оцінки якості фільтрації введено кілька критеріїв. Оскільки цифрові фільтри володіють рядом переваг і ефективно працюють до сотень кілогерц, доцільно обрати для фільтрації сигналів цифрові фільтри, а в якості алгоритму фільтрації – розрахунок поточного середнього значення параметра на певному відрізку часу [5]. Цифрові фільтри випадкові процеси на їх входах переводять у не випадкові функції часу, які можуть східчасто змінюватися. Реалізація прийнятого алгоритму фільтрації передбачає визначення оптимального часового інтервалу згладжування сигналів. У даному випадку оптимальне значення інтервалу згладжування витікає з фізичного змісту задачі. Цикл зміни рівня пульпи відбувається за половину оберту кульового млина, тобто за 1,56 с. Однак хвильові процеси можуть дещо відрізнитися між собою в наслідок різної форми козирків захватних органів, різних фаз стану пульпи в момент входження захватного органа. Тому час згладжування сигналу можливо прийняти і дещо більшим – 3,12 с; 4,68 с; 6,24 с і т.д.

Випадкові сигнали перетворювачів практично однакові. Вони незначно різняться амплітудою і, як показали дослідження, мають у своєму складі найбільш високочастотну складову частотою $f_B = 3,3$ Гц. У теорії статистичної динаміки лінійних систем автоматичного управління доведено, що інтервал Δt знімання значень з неперервного процесу визначається залежністю $\Delta t \leq 1/2f_B$, коли похибка не перевищує 2%. Для даного випадку $\Delta t \leq 0,152$ с. Прийmemo його у чотири рази меншим, тобто $\Delta t = 0,04$ с, підвищивши точність отримуваної інформації. Так можливо визначати середнє значення рівня пульпи у приймальному пристрої завиткового живильника.

Аналіз показав, що осереднені сигнали рівня і тиску пульпи не забезпечують необхідної точності визначення співвідношення руда/вода у приймальному пристрої завиткового живиль-

ника. У миттєвих значеннях сигналів рівня і тиску пульпи спостерігається неспівпадіння між рівнем і тиском середовища у приймальному пристрої у динамічних режимах, що приводить до значних похибок при ідентифікації. Тому, запобігаючи виникненню додаткової похибки, доцільно застосувати інший алгоритм цифрової фільтрації – пошук ділянок незмінного значення рівня пульпи у реалізаціях випадкового процесу. При цьому на даних ділянках фіксують показання перетворювачів і використовують їх при ідентифікації співвідношення руда/вода у приймальному пристрої. Це і будуть оптимальні умови ідентифікації технологічного параметра. Спрощена алгоритмічна схема знаходження ділянки випадкового процесу з незмінним рівнем сигналу основного перетворювача показана на рис. 3.

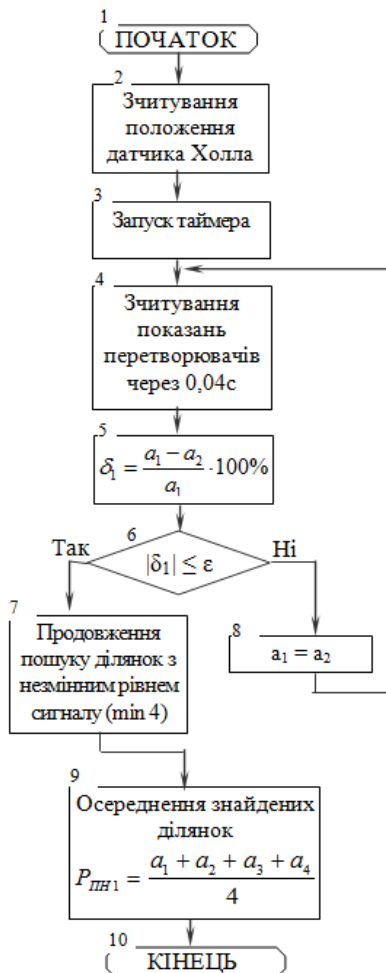


Рис. 3. Спрощена алгоритмічна схема знаходження ділянки випадкового процесу з незмінним рівнем сигналу основного перетворювача

На початку роботи алгоритму перевіряється положення первинних перетворювачів. Якщо вони знаходяться в нижньому положенні, то після проходження 10 с, починається пошук ділянки з незмінним рівнем сигналу. Спочатку запам'ятовується перше показання перетворювача, після проходження 0,04 с зчитується друге показання, вони між собою порівнюються. Якщо відносне відхилення між показаннями менше встановлених 3%, то запам'ятовуються обидва значення і порівнюються з наступними. Якщо відхилення більше 3%, перше значення видаляється, а друге запам'ятовується і порівнюється з наступним. Така процедура відбувається до тих пір, поки не буде знайдено не менше чотирьох показань. Після їх знаходження чотири значення перетворювачів осереднюються і запам'ятовуються, на цьому процедура пошуку ділянки випадкового процесу з незмінним рівнем сигналу закінчується. Пошук наступних ділянок відбувається за таким же алгоритмом, поки первинні перетворювачі знаходяться в нижньому положенні.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Отже, для організації автоматичного керування розрідженням пульпи у кульовому млині, що подрібнює піски двоспірального класифікатора, необхідно ідентифікувати технологічний параметр у приймальному пристрої завиткового живильника. Для розв'язання цієї задачі слід знайти оптимальні умови ідентифікації, оскільки технологічна точка виявилася достатньо складною і не дозволяє забезпечити необхідну точність. Розглянуто можливі підходи забезпечення

покращених умов ідентифікації параметра, однак вони не забезпечують достатньої точності. Показано, що оптимальним умовам ідентифікації розрідження пульпи відповідає ділянка випадкового процесу з незмінним рівнем сигналу основного перетворювача. Запропоновано алгоритм знаходження такої ділянки у процесі цифрової фільтрації.

Дані дослідження відкривають перспективу створення засобу ідентифікації співвідношення руда/вода у приймальному пристрої завиткового живильника, що забезпечує похибку, яка не перевищує рівня, встановленого для даних технологічних процесів.

Список літератури

1. А.с. 388790 СССР, МКИ В03В 11/00. Устройство для автоматического контроля загрузки и стабилизации разжижения пульпы в мельнице / Ф.Н. Дегтярев, А.А. Мерзляков, В.А. Кондратец, В.И. Новохатько, Н.И. Кучма, Т.И. Гуленко (СССР). – 1420849/29-33; заявл. 30.03.70; опубл. 05.07.73, Бюл. № 29.
2. Декларативний пат. 7741 Україна, МКВ 7 В 03 В 11/00. Спосіб автоматичного контролю розрідження пульпи в млинах, що подрібнюють піски механічних класифікаторів / Кондратець В.О., Мацуї А.М.; заявник та патентовласник Кіровоградський національний технічний університет. – №20041007979; заявл. 01.10.2004; опубл. 15.07.2005, Бюл. №7.
3. Кондратець В.О. Дослідження кульового млина, що подрібнює піски класифікатора, по каналу розрідження пульпи / В.О. Кондратець, А.М. Мацуї // Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація: зб. наук. праць Кіровоградського національного технічного університету. – 2008. – Вип. 20. – С.

86-93.

4. Свешников А. А. Прикладные методы теории случайных функций / Свешников А. А. – М.: Наука, 1968. – 464 с.
5. Алиев Т.М. Измерительная техника / Т. М. Алиев, А. А. Тер-Хачатуров. – М.: Высшая шк., 1991. – 384с.

Рукопис подано до редакції 21.03.13

УДК 622.331

В.О. ГНЕСУШЕВ, канд. техн. наук, доц., О.С. СТАДНИК, мол. наук. співроб.,

С.Р. БОБЛЯХ, канд. техн. наук, доц.

Національний університет водного господарства та природокористування

ВПЛИВ ВОЛОГОСТІ ВИСОКОЗОЛЬНОГО ТОРФУ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПНЕВМАТИЧНОЇ СЕПАРАЦІЇ

Проаналізовано можливий вплив різних форм вологи торфу на ефективність процесу пневматичної сепарації. Експериментально встановлено залежність середнього імовірнісного відхилення (за крупністю) при пневматичній сепарації торфу від вологості сировини та крупності розділення.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними задачами. В Україні торф використовується як місцеве комунально-побутове паливо на котельнях малої та середньої потужності у сільській місцевості та малих містах. Це дає змогу знизити залежність населення від дорогого імпортного природного газу. Поряд із позитивом від зниження енергетичної залежності існує проблема якості торфової сировини. Більше половини балансових запасів є непридатними для використання у якості палива через некондиційну зольність. Кондиціювання високозольного торфу можливе за рахунок шихтування із кондиційним торфом та біомасою чи збагачення. Шихтування обмежується наявністю достатньої кількості кондиційної сировини необхідної для цього процесу. Збагачення високозольного торфу найбільш доцільне у процесі виробництва торфових паливних гранул та брикетів. Суть збагачення у процесі виробництва палив полягає у виділенні високозольної фракції класу крупності 0–1 мм чи 0–0,5 мм за допомогою пневматичної сепарації та використання її для підготовки сушильного агенту. Ефективність сепарації високозольного торфу суттєво залежить від вологості сировини. При виготовленні торфових палив можлива сепарація торфу із вологістю від 15 до 50 %.

Аналіз досліджень і публікацій. Торф є продуктом, який містить вологу усіх форм зв'язку з матеріалом за П.А. Ребіндером (хімічно зв'язану, фізико-хімічно зв'язану та фізико-механічно зв'язану). У процесі сушіння видаляється лише фізико-механічно зв'язана вода і частково – фізико-хімічно зв'язана. Вміст вологи у торфі визначає його густину, сипкість та міцність частинок, які, безпосередньо, впливають на процес пневматичної сепарації.

Поведінку частинок торфу у повітряному потоці визначає їх уявна густина. Залежність уявної густини частинок подрібненого торфу від вологості (досліджена М.В. Кісловим [1]) визначається значенням коефіцієнта a

$$a = \left(1 - (1 - k_1) \frac{w}{100} \right)^{\delta}, \quad (1)$$

де k_1 - коефіцієнт, що залежить від виду торфу та ступеня його переробки (для низинного фрезерного торфу $k_1=0,69-0,80$); δ - емпіричний коефіцієнт (для низинного фрезерного торфу $\delta=1$) [1].

Підставивши значення вказаних коефіцієнтів у формулу (1), отримаємо межі зміни коефіцієнта a , становить 1-1,143 при зміні вологості від 0 до 50 %. Тобто густина органічної частини торфу може зрости на 14,3 %. При такій зміні уявної густини частинок торфу параметри пневматичної сепарації зміняться не суттєво. Отже, на ефективність сепарації торфу вологість впливатиме не за рахунок зміни густини, а за рахунок наявності поверхневої вологи на частинках торфу та їх недостатньої міцності.

Відомо, що негативний вплив вологості на суху сепарацію більш суттєвий у дрібних класах крупності, що пов'язано з їх великою питомою поверхнею [2,3] де зосереджується капілярна волога (фізико-механічно зв'язану). Для торфу існує критична вологість w_0 , при якій поверхнева вологість частинок торфу наближається до нуля, тобто вплив вологості на процес сепарації стає несуттєвим. За дослідженнями, що виконувались методом диференційної скануючої кало-