

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. ГНСУШЕВ, 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 імовірного 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. Кондиціонування 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-

риметрії [4], виявлено, що у торфї низинного типу залишається лише зв'язана вола (переважно адсорбційно зв'язана) при його вологості 27,5 %. Для деяких торфів (переважно верхових) це значення може досягати 50 % [4]. Отже, при вологості нижчій критичної може бути відсутній її вплив на ефективність пневматичної сепарації.

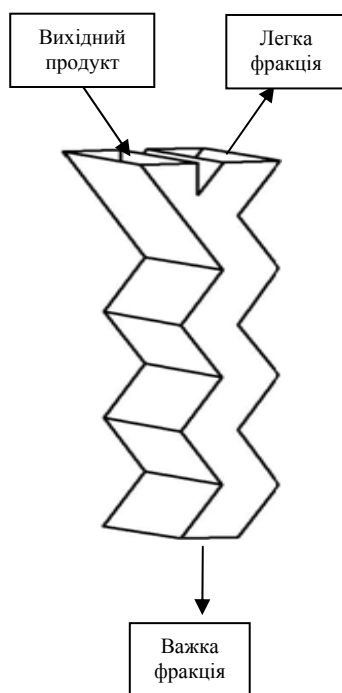
Попри наявність теоретичних уявлень про вплив вологості на ефективність пневматичної сепарації торфу експериментально цей процес не досліджений.

Постановка завдання. Основною задачею даної роботи є експериментальне дослідження впливу вологості високозольного торфу та крупності розділення на ефективність пневматичної сепарації.

Викладення матеріалу та результати. Для оцінки ефективності пневматичної сепарації у вертикальному потоці А.М. Зальцманом була застосована методика Тромпа [6]. Використаємо цю ж методику і для оцінки впливу вологості на ефективність пневматичної сепарації. За цією методикою ефективність сепарації визначається знанням середнього імовірнісного відхилення від крупності розділення E_{pm} , яке знаходиться за сепараційними характеристиками. Для визначення сепараційних характеристик процесу пневматичної сепарації потрібно знати два характерні параметри: середнє імовірнісне відхилення E_{pm} та значення крупності розділення d_p .

Експериментальне дослідження впливу вологості на процес сухої сепарації проводилися на прикладі пневматичної сепарації на лабораторному сепараторі типу «Зиг-заг» (рис. 1).

Рис. 1. Схема лабораторного сепаратора типу «зиг-заг»



Масова концентрація торфу в повітряному потоці у всіх дослідках становила 1,3-1,5 кг/кг. Для побудови сепараційних характеристик $E=f(d)$ розділові числа визначалися за формулою

$$E = \gamma_n \frac{\gamma_{in}}{\gamma_{ie}}, \quad (2)$$

де γ_n - масовий вихід легкої фракції, ч. од.; γ_{in} - вміст i -го класу крупності у легкій фракції після сепарації, %; γ_{ie} - вміст i -го класу крупності у вихідному продукті, %. Вміст i -го класу крупності у вихідному продукті знаходився з рівняння балансу продуктів збагачення, за вмістом i -го класу крупності у важкій фракції та масовими виходами важкої і легкої фракцій, відповідно.

Середнє імовірнісне відхилення визначалося за формулою

$$E_{pm} = \frac{d_{25} - d_{75}}{2}, \quad (3)$$

де d_{25} та d_{75} - крупності, при яких розділове число рівне 0,25 та 0,75 ч. од. Зі збільшенням вологості та крупності розділення значення E_{pm} буде збільшується. Цю зміну виразимо через коефіцієнт впливу вологості k_w

$$E_{pmw} = E_{pm0} / k_w, \quad (4)$$

де E_{pmw} - значення середнього імовірнісного відхилення при вологості w , ч.од; E_{pm0} - значення середнього імовірнісного відхилення отримане при вологості зразків нижчій критичної w_0 . Коефіцієнт впливу вологості k_w було представлено як функцію від вологості та крупності розділення, яку визначимо за експериментальними даними

$$k_w = f(w, d). \quad (5)$$

Оскільки вологість та крупність розділення є погано керованими факторами, виконувався пасивний експеримент із плановою зміною вологості від 5 до 50 % та крупності розділення від 0,5 до 1 мм. Повторність дослідів становила три рази. Фактичні значення вологості зразків торфу, які використовувалися в експерименті становили: 5,43 %, 16,33 %, 27,17 % та 48,95 %. Робочі швидкості повітряного потоку змінювалися у межах від 3,76 до 6,26 м/с.

За результатами дослідів отримані значення крупностей розділення менші від розрахункової крупності частинок середньої густини зразка, які повинні витати при цій швидкості. Це відхилення показано у вигляді коефіцієнту k , ч.од.

$$k = d_p / d_{розр.} \quad (6)$$

де d_p та $d_{розр.}$ - фактична крупність розділення та розрахункова крупність витання частинок із заданими параметрами, розрахована за виразом одержаним із формули Смишляєва Г.К. для перехідного режиму повітряного потоку, м

$$d_{розр.} = \frac{v}{40,6 \cdot \sqrt[3]{\rho_c^2}}, \quad (7)$$

де v - швидкість витання частинки, яка рівна вертикальній складовій робочій швидкості повітряного потоку у пневматичному сепараторі, м/с; ρ_c - середня уявна густина частинок високозольного торфу класу крупності, який відповідає крупності розділення, кг/м³.

Залежність коефіцієнта k від крупності розділення рис. 2.

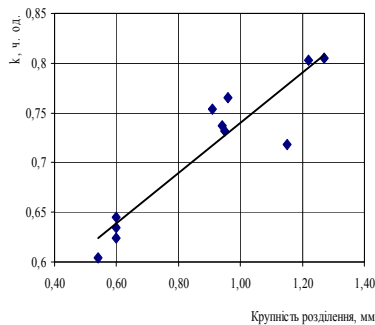


Рис. 2. Графік залежності коефіцієнта k від крупності розділення

Для цієї залежності отримане лінійне рівняння регресії

$$k = 0,25d_p + 0,49. \quad (8)$$

Коефіцієнт детермінації для отриманого рівняння регресії рівний 0,86, а максимальна відносна похибка визначення коефіцієнта k становить 7,1 %. Отже, отже при зменшенні робочої швидкості повітряного потоку у пневматичному сепараторі відношення фактичної крупності розділення та відповідної розрахункової крупності зменшується.

Середнє імовірнісне відхилення при пневматичній сепарації залежить від вологості сировини та робочої швидкості розділення (або крупності розділення). Вплив цих факторів запропоновано враховувати коефіцієнтом k_w .

Графіки залежностей середнього імовірнісного відхилення E_{pm} та коефіцієнту впливу вологості k_w від вологості вихідного торфу при пневматичній сепарації зображено на рис. 3 та 4.

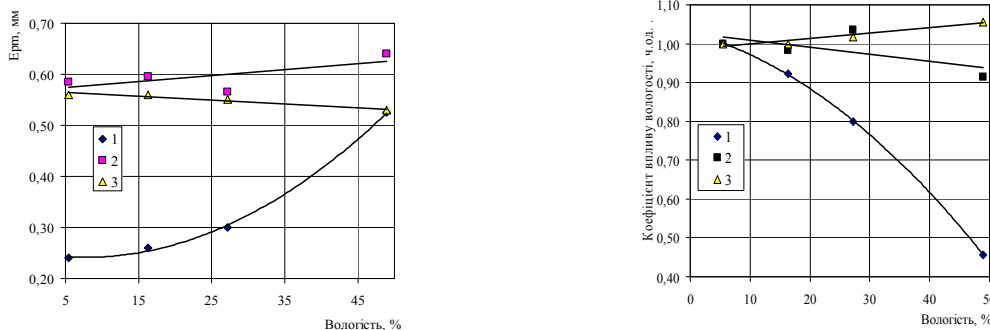


Рис. 3. Графік залежності середнього імовірнісного відхилення E_{pm} від вологості торфу

(1 - $d_{p. ср.} = 0,59$ мм; 2 - $d_{p. ср.} = 0,94$ мм; 3 - $d_{p. ср.} = 1,21$ мм)

Для розрахунку значень коефіцієнта впливу вологості отримано рівняння регресії, ч.од

$$k_w = (1,2 - 2,3) \frac{w}{100} - (0,17d + 2,1) \frac{wd}{100}, \quad (9)$$

де w - вологість високозольного торфу, %; d - крупність розділення, мм.

Коефіцієнт детермінації для отриманого рівняння регресії становить 0,92, а максимальна відносна похибка 11,49 %.

Значення середнього імовірнісного відхилення при вологостях торфу нижчих критичної за даними [5] лінійно залежить від крупності розділення. Аналогічну залежність для отриманих експериментальних даних зображено на рис. 5.

Коефіцієнт детермінації для отриманого рівняння регресії рівний 0,85, а максимальна відносна похибка визначення середнього імовірнісного відхилення при вологості нижчій критичної становить 16,7 %.

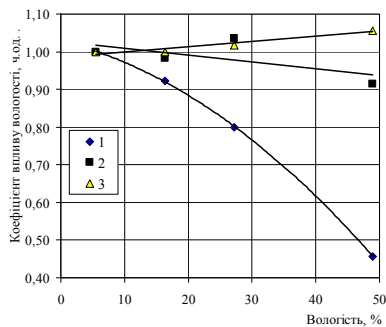


Рис. 4. Графік залежності коефіцієнта впливу вологості від вологості торфу, мм ($1 - d_{p, cp} = 0,59$; $2 - d_{p, cp} = 0,94$; $3 - d_{p, cp} = 1,21$)

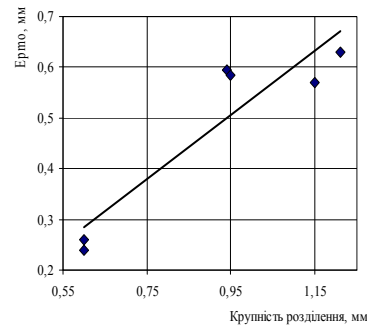


Рис. 5. Графік залежності середнього імовірного відхилення отриманого при пневматичній сепарації сухого торфу від крупності розділення

Отримане рівняння регресії має вигляд, мм

$$E_{pTo} = 0,63d_p + 0,10. \quad (10)$$

Отримані рівняння регресії дають можливість визначити сепараційні характеристики процесу пневматичної сепарації (сепаратором типу «Зиг-заг») при вологостях високозольного торфу від 5,43 до 48,95 % та крупностях розділення від 0,59 до 1,21 мм

Суттєвий вплив вологості на ефективність пневматичної сепарації спостерігається при крупностях розділення менших 0,94 мм. При вологості високозольного торфу до 30 %, її вплив на ефективність пневматичної сепарації не значний. При пневматичній сепарації торфу з вологістю більшою 40 % його частинки руйнуються при ударах об стінки сепаратора та налипають на їх поверхні. Це ускладнює процес сепарації торфу. Тому у виробничих умовах краще направляти на сепарацію високозольний торф із вологістю меншою 30 %, що відповідає вологості сировини після сушіння.

Висновок та напрямок подальших досліджень. Отже, вплив вологості високозольного торфу при пневматичній сепарації значно знижується при її значеннях менших 30 % та крупностях розділення більших 0,94 мм.

Список літератури

1. Кислов Н.В. Аэродинамика измельченного торфа [Текст] / Н.В. Кислов; под ред. И.И. Лиштвана. – Минск: Наука и техника, 1987. – 175 с.
2. Анахин В.Д. Вибрационные сепараторы [Текст] / В.Д. Анахин, Д.А. Плисс, В.Н. Монахов. – М.: Недра, 1991. – 157 с.
3. Верхотуров М.В. Сепарация влажных материалов [Текст] / М.В. Верхотуров. – Красноярск: Издательство Красноярского университета, 1987. – 136 с.
4. Корінчук Д.М. Розробка композиційного палива на основі торфу і рослинної біомаси для використання в теплоенергетичних установках. Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. – К.: Інститут технічної теплофізики НАН України. – 2010. – 20 с.
5. Лиштван. И.И. Физика и химия торфа: Учеб. пособие для вузов [Текст] / И.И. Лиштван, Е.Т. Базин, Н.И. Гамаюнов, А.А. Терентьев. – М.: Недра, 1989. – 304 с.
6. Зальцман А.М. Пневматическая сепарация торфа / А.М. Зальцман // Комплексное использование торфа. – Вып. 2. – АН БССР. – М.: Энергия, 1968. – С. 181-189.

Рукопис подано до редакції 21.03.13

УДК 622.7

Г.В. ГУБИН, В.И. МУЛЯВКО, доктора техн. наук, проф.,

Г.Г. ГУБИН, канд. техн. наук, доц., ГВУЗ «Криворожский национальный университет»

ИННОВАЦИИ ЖДУТ ПРИМЕНЕНИЯ

Предлагаются инновационные процессы и аппараты для измельчения, сухой магнитной сепарации и обезвоживания, которые позволяют повышать эффективность измельчения, организовывать сухое складирование хвостов и интенсифицировать обезвоживание соответственно.