

9. Пат. 64397 Україна, МПК , B03B 4/00, B07B 13/00, C10F 7/00. Пристрій для вібросепарації подрібненого торфу [Текст] / Гнеушев В.О., Стадник О.С. (Україна); заявник і патентовласник Нац. ун-т водного госп-ва та природокористування; № u201103648; заявл. 28.03. 2011; опубл. 10.11. 2011, Бюл. № 21. – 2 с.

10. Пат. 78824 Україна, МПК, C10F 7/00, C10L 5/02. Спосіб виготовлення торфовмісного палива з низькокондиційної сировини [Текст] / Гнеушев В.О., Стадник О.С., Пахалюк Л.В. (Україна); заявник і патентовласник Нац. ун-т водного госп-ва та природокористування; № u201201103; заявл. 03.02.2012; опубл. 10.04.2013, Бюл. № 7. – 2 с.

УДК 622.331

## **ВЛИЯНИЕ ВЛАЖНОСТИ ВЫСОКОЗОЛЬНОГО ТОРФА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ СЕПАРАЦИИ**

**Стадник А.С., Гнеушев В.А., Рыбак И.И.**

*Национальный университет водного хозяйства и природопользования,  
г. Ровно, Украина*

*Исследована зависимость эффективности пневматической сепарации высокозольного торфа от влажности. Показано, что эффективность сепарации снижается при достижении некоторой критической влажности торфа, которая зависит от показателей его качества, параметров частиц и динамического режима сепарации.*

Геологические запасы торфа в Украине составляют 2,17 млрд. т условной влажности. Годовая добыча торфа достигает 0,7-0,8 млн. т. Использование торфа в качестве альтернативного топлива стимулируется рядом государственных документов и программ Украины. В то же время, более половины запасов этого полезного ископаемого в нашей стране имеют зольность, превышающую допустимое значение для топливного торфа. Одним из радикальных способов расширения ресурсной базы топливного торфа является обогащение высокозольных торфов, в частности – путем пневматической сепарации в технологической схеме производства торфяной продукции, главным образом – брикетов и пеллет посредством обогащения и кондиционирования торфа по зольности.

Исследования по пневматической сепарации выполнены и опубликованы в трудах советских ученых А.М. Зальцмана, Н.В. Кислова, Ф.С. Яцевича [1–3] и др. Большинство работ касается эффективности пневматической сепарации измельченного торфа и других показателей этого процесса. Влияние влажности на процессы сухой сепарации полезных ископаемых объяснены с помощью контактно-стыковой модели Верхотурова М.В. [4].

Качество пневматической сепарации торфа некоторого класса крупности начинает снижаться при достижении определенной влажности торфа, которая называется критической  $w_0$ . Значение критической влажности зависит от количества влаги связанной материалом и от динамического

режима сепарации. В указанных исследованиях не учтено влияние динамического режима на процесс пневматической сепарации.

Исходя из изложенного, основным заданием работы является исследование зависимости эффективности пневматической сепарации от влажности с учетом динамического режима. В частности, в работе рассмотрена зависимость критической влажности от скорости воздушного потока при пневматической сепарации.

Торф является дисперсно-пористым коллоидным материалом в котором имеется химически, физико-химически и физико-механически связана влага в соответствии с классификация П.А. Ребиндера. Поэтому поверхностная влага на частицах торфа появляется при достижении значения критической влажности  $w_0$ , при которой в торфе имеется химически и физико-химически связана влага и часть механически связанной влаги. В результате исследований, выполненных методом дифференциальной сканирующей калориметрии [5], обнаружено, что в торфе остается лишь химически и физико-химически связанная влага (в основном адсорбционно связанная) при его влажности 27,5 %. По исследованиям [6] содержание химически и физико-химически связанной влаги торфа низинного типа составляет 28–35 %. Следовательно, при влажности ниже этого значения ее влияние на эффективность сепарации должно отсутствовать. Также не влияет на эффективность пневматической сепарации часть малоподвижной капиллярной влаги, которая содержится во внутренних порах частиц торфа.

Минеральная часть торфа не способна удерживать влагу подобно органической. Поэтому, критическая влажность высокозольного торфа снижается в соответствии с содержанием минеральной части. Следовательно, значение критической влажности высокозольного торфа  $w_{0B}$  рассчитывается по формуле:

$$w_{0B} = \frac{w_0(100 - A)}{100}, \%, \quad (1)$$

где  $w_0$  – критическая влажность органической части торфа, %;  $A$  – зольность торфа, %.

Зависимость критической влажности высокозольного торфа от зольности показана на графике рис. 1.

При влажности высокозольного торфа больше критической, частицы образуют агрегаты, которые могут разрушаться при воздействии внешних сил (например, удар о стенку сепаратора при пневматической сепарации, падение с высоты подачи продукта на сепаратор и др.). Образованные агрегаты разрушаются, если внешняя сила превышает силу связи этих агрегатов.

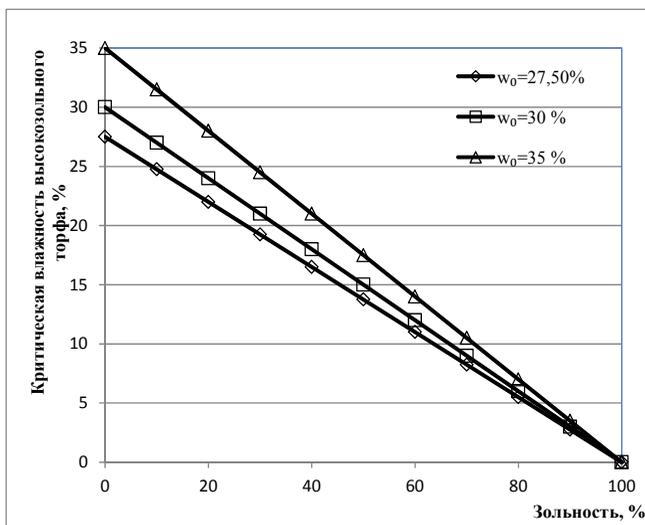


Рис. 1. Зависимость критической влажности высокозолевого торфа от зольности

Сила связи  $F_0$  между двумя частицами агрегата, образованного из влажного материала, в соответствии с капиллярно контактной моделью Н.В. Верхотурова [4], определяется по формуле:

$$F_0 = \pi \sigma d^3 \sqrt{\frac{10^{-3} \rho}{m} \cdot \frac{w}{1-w} \cdot \gamma_m}, \text{ Н}, \quad (2)$$

где  $\sigma$  – коэффициент поверхностного натяжения жидкости, Н/м;  $d$  – размер частицы, м;  $\rho$  – плотность частицы, кг/м<sup>3</sup>;  $m$  – количество контактов, которые относятся к одной частице;  $w$  – влажность материала, д.ед.;  $\gamma_m$  – часть влаги, которая принимает участие в контактных взаимодействиях, д.ед.

С учетом формулы (1), часть влаги, которая принимает участие в контактных взаимодействиях  $\gamma_m$  для высокозолевого торфа определяется по формуле

$$\gamma_m = 1 - \frac{w_0(100 - A)}{100w}, \text{ д.ед.}, \quad (3)$$

где  $w_0$  – критическая влажность торфа, д.ед.

Формула (3) используется только при влажности высокозолевого торфа  $w$  больше критической  $w_{0B}$ . В других случаях часть влаги, которая принимает участие в контактных взаимодействиях  $\gamma_m$  равна нулю.

Допустим, что сила удара агрегата, образованного из частиц влажного материала (высокозольного торфа)  $F_{y\partial}$  при пневматической сепарации, равна силе динамического давления потока воздуха. В этом случае силу удара можно определить по формуле

$$F_{y\partial} = \rho_n v^2 \pi d^2, \text{ Н}, \quad (4)$$

где  $\rho_n$  – плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>;  $v$  – скорость потока воздуха, м/с.

Приравняв формулы (2) и (4) с учетом (3), найдем критическую влажность высокозольного торфа в динамическом режиме (при пневматической сепарации).

$$w_{0ВЛ} = \frac{\rho w_0(100 - A) \cdot \left( \frac{\sigma}{\rho_n v^2 d} \right)^3 + 1}{\frac{\rho}{m} \cdot \left( \frac{\sigma}{\rho_n v^2 d} \right)^3 + 1}, \text{ д.ед.} \quad (5)$$

Зависимость критической влажности от крупности частиц торфа разных зольностей и рабочих скоростей воздушного потока отображена на графике (рис. 2).

С увеличением рабочей скорости критическая влажность высокозольного торфа  $w_{0ВЛ}$  увеличивается более стремительно. Но, также следует учитывать тот факт, что при повышении влажности прочность частиц торфа заметно снижается. Проведенные нами эксперименты показали, что проводить пневматическую сепарацию торфа с влажностью выше 55 % нецелесообразно.

Для оценки адекватности теоретически полученной зависимости была получена экспериментальная зависимость эффективности пневматической сепарации от влажности с использованием методики Тромпа. Исследования были выполнены на образцах высокозольного торфа месторождения «Старники» Ровенской области. Опыты проводились на пневматическом сепараторе типа «Зиг-заг» Исследование выполнялись в следующей очередности:

1. Выполнены опыты по пневматической сепарации высокозольного торфа четырех влажностей от 5 до 47 % при трех рабочих скоростях воздушного потока 3,76 м/с, 5,01 м/с и 6,26 м/с.

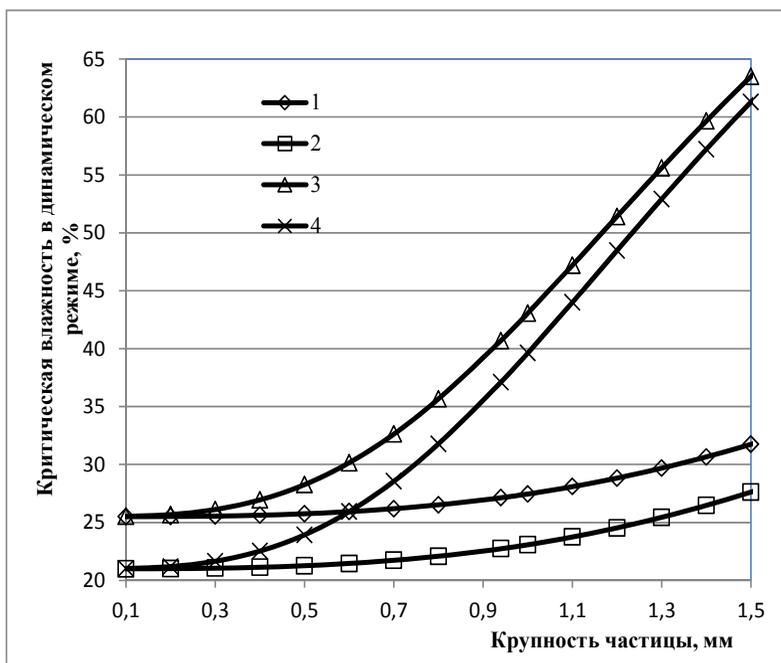


Рис. 2. Зависимость критической влажности в динамическом режиме от крупности частиц при  $w_0=30\%$ :

- 1 – зольность  $A = 15\%$ , рабочая скорость сепарации  $v = 4$  м/с;  
 2 –  $A = 30\%$ ,  $v = 4$  м/с; 3 –  $A = 15\%$ ,  $v = 6$  м/с; 4 –  $A = 30\%$ ,  $v = 6$  м/с

2. Для полученных легких и тяжелых фракций определялся гранулометрический состав и вычислялись разделительные числа  $E$  по формуле:

$$E(d) = \gamma_l \frac{\gamma_{il}}{\gamma_{ie}}, \quad (6)$$

где  $\gamma_l$  – массовый выход легкой фракции, д.ед.;  $\gamma_{il}$  – содержание  $i$ -го класса крупности в легкой фракции после сепарации, %;  $\gamma_{ie}$  – содержание  $i$ -го класса крупности в исходном продукте, %.

Среднее вероятностное отклонение от крупности разделения  $E_{pm}$  было рассчитано по формуле:

$$E_{pm} = \frac{d_{25} - d_{75}}{2}, \quad (7)$$

где  $d_{25}$  и  $d_{75}$  – крупности, при которых разделительные числа равны 0,25 и 0,75 д.ед. В методике Тромпа этот показатель является основным, отображающим качество сепарации.

Зависимость среднего вероятностного отклонения  $E_{pm}$  от влажности показано на графике рис. 3.

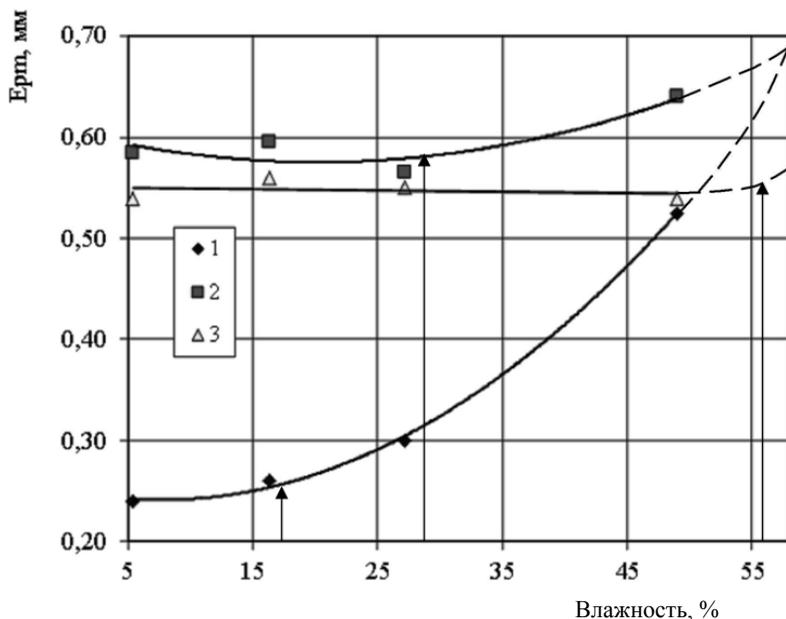


Рис. 3. Зависимость среднего вероятностного отклонения  $E_{pm}$  от влажности торфа: 1 –  $v = 3,76$  м/с,  $d_{p. cp.} = 0,59$  мм; 2 –  $v = 5,01$  м/с,  $d_{p. cp.} = 0,94$  мм; 3 –  $v = 6,26$  м/с,  $d_{p. cp.} = 1,21$  мм (расчетные значения критических влажностей в динамическом режиме для частиц, соответствующих крупности разделения, показаны стрелкой)

С учетом крупности разделения, по формуле (5) выполнен расчет критической влажности торфа в динамическом режиме пневматической сепарации. Рассчитанные значения отображены стрелками на графике зависимости среднего вероятностного отклонения  $E_{pm}$  от влажности (рис. 3). Как видно из графика, значение среднего вероятностного отклонения  $E_{pm}$  увеличивается после достижения критической влажности, что соответствует ухудшению эффективности сепарации.

В работе исследована зависимость эффективности пневматической сепарации высокозольного торфа от влажности. Показано, что эффективность сепарации снижается при достижении некоторой критической влаж-

ности торфа, которая зависит от показателей его качества (зольности и содержания связанной влаги органического вещества), параметров частиц (плотности и крупности) и динамического режима сепарации (скорости потока газа при пневматической сепарации). Критическая влажность элементарного класса крупности высокзольного торфа при пневматической сепарации пропорциональна содержанию связанной влаги, зольности и обратно пропорциональна плотности частицы, кубу ее диаметра и скорости потока газа в шестом степени.

Литература:

1. Зальцман А.М. Пневматическая сепарация торфа. Характер разделения торфяных частиц при пневматической сепарации / А.М. Зальцман // Комплексное использование торфа. – Вып. 2. – АН БССР. – М.: Энергия, 1968. – С. 181-194.
2. Кислов Н.В. Аэродинамика измельченного торфа / Н.В. Кислов; под ред. И.И. Лиштвана. - Минск: Наука и техника, 1987. – 175 с.
3. Яцевич Ф.С. Торф сырье для химической переработки / Ф.С. Яцевич. – Минск: АН БССР, 1981. – 136 с.
4. Верхотуров М.В. Сепарация влажных материалов / М.В. Верхотуров. – Красноярск: Издательство Красноярского университета, 1987. – 136 с.
5. 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.
6. Лиштван, И.И. Физика и химия торфа: Учеб. пособие для вузов / И.И. Лиштван, Е.Т. Базин, Н.И. Гамаюнов, А.А.Терентьев. – М.: Недра, 1989.– 304с.

УДК 624.131

## **РАСЧЕТ НДС ОСНОВАНИЙ С УЧЕТОМ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГРУНТОВ**

**Миронов В.А., Софьин О.Е.**

*Тверской государственный технический университет*

*Напряженно-деформированное состояние грунта описывается модифицированной моделью Кем-клей, объединенной с моделями фильтрационной консолидации и вязкопластичности. Составлены алгоритм и программа метода конечных элементов для расчета процессов вязкопластического деформирования оснований в трехмерной постановке. Выполнено численное моделирование поведения системы «основание-фундамент».*

В настоящее время известны многочисленные примеры эффективного проектирования оснований на основе методов нелинейной механики. Разработок для грунтов, обладающих реологическими свойствами, значительно меньше, что обуславливает актуальность выбранной темы исследования.