

тельство является предпосылкой к замене фрезерования ударом с целью решения проблемы сезонности добычи торфа.

Таблица 1

№ п/п	Вид ударника	Высота падения, h, м	Энергия удара, $W_{уд}$, Дж	Удельные энергозатраты, $A_{уд}$, кДж/м ³
1	Клиновой	0,32	7,85	981
2	Цилиндрический	0,28	6,87	858
3	Сферический	0,26	6,37	797
4	Конический	0,21	5,15	643

Литература

1. Журавлев А.В. Исследование процесса послышной экскавации торфа винтовой фрезой. Автореф. дисс. канд. техн. наук. Калинин, 1967. – 21 с.
2. Барон Л.И. Хмельковский И.Е. Разрушаемость горных пород свободным ударом. – М.: Наука, 1971. - 203 с.
3. Чугунов А.А. Особенности энергоемкости процесса фрезерования торфяной залежи в криогенном состоянии // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2000. №2. – с. 41-42.

УДК 662.641.047:552.577:542.67

Влагопроводность торфяной залежи нарушенной структуры без учета испарения

Кремчев Э.А., Афанасьев А.Е.

Санкт-Петербургский государственный горный университет, РФ

В настоящее время многие исследователи, работающие в направлении совершенствования техники и технологий добычи торфяного сырья, все большее внимание уделяют различным вариантам круглогодичных способов добычи, а также мероприятиям, направленным на расширение сезона добычи торфа. В большинстве случаев предлагаемые решения предполагают экскавацию переувлажненной торфяной залежи с последующим обезвоживанием в полевых и (или) цеховых условиях [12, 13]. Поэтому, актуальной становится задача оптимизации энергетических затрат на обезвоживание торфяного сырья, что может быть достигнуто всесторонним изучением процесса обезвоживания переувлажненного торфяного сырья с влагой $W = (84\div 90) \%$ под действием гравитационных P_g и капиллярно-осмотических P_k сил. В данной работе модель упрощена и процессы сопутствующего испарения влаги из слоя торфа не учитывались.

Следующим этапом исследования изменения свойств торфяного сырья в процессе обезвоживания является учет испарения влаги и сравнение конечных результатов путем оценки критической толщины слоя $H_{кр}$ при уравнивании гравитационных и капиллярно-осмотических сил ($P_k = P_g$). Критической толщиной называется величина, при которой в круглогодовой технологической схеме последующее удаление влаги из слоя торфа нарушенной структуры возможно лишь применением механического отжатия с последующей досушкой сырья термическими методами в заводских условиях. Перечисленные этапы обезвоживания рассматриваются как один из технологических приемов изменения свойств торфяного сырья (влаги – W , плотности – γ , пористости – n , интенсивности влагопереноса – i_i , степени разложения – R_T , полной влагоемкости – $W_{не}$, прочности – R_i , и др.), определяющих качество разноплановой продукции на основе торфа. Вопросы физики процесса в значительной степени изучены В.М. Наумовичем, Л.С. Амаряном, В.И. Горячевым и др.

В настоящем исследовании проведено обоснование влагопереноса в слое торфа нарушенной структуры с позиции гравитационного и капиллярно-осмотического удаления влаги на основе применения модели, обеспечивающей определение коэффициентов влагопереноса через коэффициенты фильтрации и толщину слоя обезвоживания, подверженного осадке до критической толщины.

Вода, взаимодействуя с твердой фазой и воздухом, изменяет свои физико-технологические свойства, которые различны для свободной и связанной воды [1,6]. Так, вода в свободном состоянии подчиняется силам тяжести, передает гидростатическое давление, мало сжимается [7]. Плотность же связанной воды $\rho_{жс}$ в зависимости от температуры T проходит через максимум при $T \cong 310,5 \text{ K}$ для каждого периода структурообразования и отличается от $\rho_{жс} = 1 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ ($T = 277,14 \text{ K}$) тем больше, чем выше степень разложения торфа или его дисперсность [6].

При подготовке торфяного сырья происходит нарушение структуры торфяной залежи и ее переход в трехфазное состояние, в котором наряду с силами гравитации $P_g = \rho_{жс} g h_i$ действуют капиллярные $P_k = 2 \cdot \sigma \cdot \cos \theta / r$ так, что они направлены в противоположные стороны (рисунок 1).

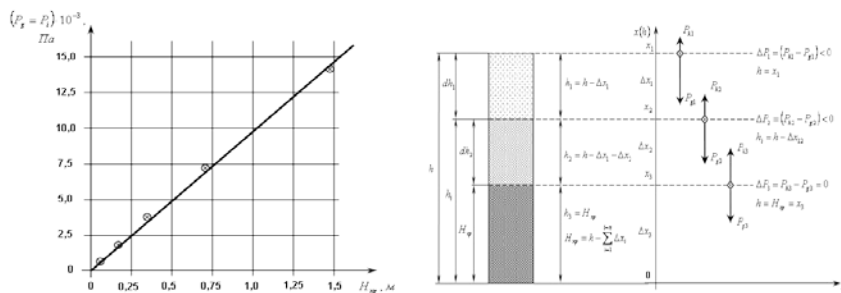


Рис. 1. Изменения перепада давления $\Delta P = P_{ki} - P_{gi}$ и высоты слоя при обезвоживании торфяного сырья до $h = H_{кр}$ при $T = 273$ К

Согласно законам термодинамики [8,9] прирост энтропии dS/dt во времени, вызванный внешними $dS_e/d\tau$ и внутренними $dS_i/d\tau$ условиями тепломассопереноса определяется как:

$$\frac{dS}{d\tau} = \sum_{i=1}^n J_i X_i, \quad (1)$$

где J_i – плотность потока i -той субстанции, X_i – термодинамическая движущая сила.

Экспериментально установлено, что J_i пропорциональна X_i :

$$J_i = L_i X_i, \quad (2)$$

где L_i – коэффициент пропорциональности. Для случая переноса влаги при $T = \text{const}$ зависимость (2) можно представить в виде уравнения Фика для случая испарения воды с обводненной поверхности:

$$i_u = -D \frac{\partial c}{\partial x}, \quad (3)$$

которое после преобразования [8], принимает вид:

$$\int i = -a_{жс} \gamma_c \frac{\partial W}{\partial x}, \quad (4)$$

где $\frac{\partial c}{\partial x}$, $\frac{\partial W}{\partial x}$ – соответственно градиенты концентрации паров воды и влаги в торфе;

D , $a_{ж}$ – коэффициенты диффузии пара через воздух и влаги в торфе. Использование уравнений (3) и (4) в нашем случае затруднительно, поскольку имеется неопределенность движущих сил X_i в связи с осадкой торфяного сырья в навале. В тоже время использование уравнения Дарси в различном виде не представляется возможным из-за невозможности учета капиллярных сил и вертикального напора h/l [2] при оценке влагопроводности торфяного сырья.

Поэтому использование уравнения (2) позволяет выбрать в качестве движущей силы при оценке влагопроводности торфа i_g перепад давлений $P_i = P_k - P_g$, отнесенный к разности Δx координат $\Delta x_i = x_i - x_{i+1}$ (рисунок 1). Без учета испарения влаги с поверхности или попутного внутреннего испарения, уравнение влагопроводности будет:

$$i_g = -k_g \frac{d}{dx} (P_k - P_g) = -k_g \frac{dP_i}{dx}, \quad (5)$$

где k_g – коэффициент влагопроводности, характеризующий поток влаги при $dP/dx \rightarrow 1$, выражается в секундах; i_g – интенсивность потока влаги, $кг(в)/м^2с$. После преобразований, при условии $dh/dx = 1$ (рисунок 1), формула (5) может быть записана в виде

$$i_g = -k_g \left(\frac{2\sigma \cos \Theta}{rh} - \rho g \right) \quad (6)$$

Откуда, зная k_g , r , h , при прочих равных условиях, можно определить интенсивность влагопроводности торфяного сырья нарушенной структуры.

С уменьшением степени переработки S_0 и ростом влагосодержания плотность жидкости уменьшается, а с ростом степени разложения, S_0 и уменьшением влажности W плотность растет по сравнению со свободной водой [1, 6, 10, 11].

При $h_i = H_{кр}$ поток влаги как бы зависит и в соответствии с исследованиями Л.И. Кутаиса [2] система переходит в фильтрационное равновесие. По С.С. Корчунову [3] это состояние определяется равенством полного потенциала $\Pi = 0$ за счет одинаковых значений капиллярного $\Phi_k = P_k / \rho_{жс}$ и гравитационного $\Phi_g = gH$ потенциалов,

$$\Phi = \frac{P_k}{\rho_g} - gH \rightarrow 0. \quad (7)$$

Из последних условий

$$P_g = P_k, i_g = 0, h_i = H_{кр}. \quad (8)$$

Найдем связь между эффективным радиусом пор r и высотой (толщиной слоя торфа нарушенной структуры). Из уравнения (6) следует, что

$$\frac{2 \cdot \sigma \cdot \cos \theta}{r \cdot h} = \rho_{жс} \cdot g. \quad (9)$$

Тогда

$$h = H_{кр} = \frac{2\sigma \cos \theta}{r \rho_{жс} g}. \quad (10)$$

Внешне уравнение (10) напоминает формулу Жюрена [7] по капиллярному подъему жидкости.

Пусть сушке подвергается верховой пушицево-сфагновый торф степенью разложения $R_T = (20 \div 25) \%$, угол смачивания $\theta = 0^\circ$, $T = 293 \text{ K}$, $\sigma = 73 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}$, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$. Плотность жидкости (воды) принимаем по [6,11] $\rho_{жс} = 1,075 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$. Значения r задаем в пределах $r = (0,01 \div 2000) \cdot 10^{-6} \text{ м}$.

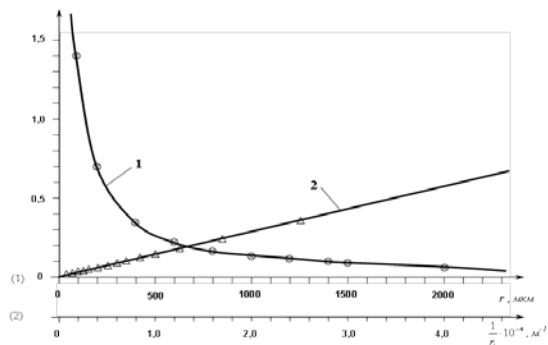


Рис. 2. Изменения перепада давления $\Delta P = P_{ki} - P_{gi}$ и высоты слоя при обезвоживании торфяного сырья до $h = H_{кр}$ при $T = 273$ К

С учетом предложенных данных расчетная формула принимает вид

$$H_{кр} = \frac{2 \cdot 73 \cdot 10^{-3} \cdot 1}{1,075 \cdot 10^3 \cdot 9,81} \cdot \frac{1}{r_i} = 13,84 \cdot 10^{-6} \frac{1}{r}, \text{ м.}$$

Анализ графиков (Рис.2) показывает, что зависимость $H_{кр} = f(r)$ имеет гиперболический вид и соответствует формуле (10). А в координатах $H_{кр} = f(1/r_i)$ выполняется линейная зависимость. Таким образом, с увеличением толщины слоя $H_{кр}$ уменьшается эффективный радиус пор, и это обстоятельство подтверждается в работах по фильтрации [3,4,5].

По известным величинам интенсивности влагопереноса i_g можно рассчитать коэффициенты влагопроводности по формуле (6) при $h_i > H_{кр}$, и сравнить их с коэффициентом фильтрации влагонасыщенных сред.

После достижения $h_i = H_{кр}$, дальнейшее обезвоживание возможно за счет сушки или механического отжатия с последующей досушкой в заводских условиях.

Литература

1. Афанасьев А.Е., Чураев Н.В. Оптимизация процессов сушки и структурообразования в технологии торфяного производства. М.: Недра, 1992. - 288 с.
2. Кутаис Л.И. Курс гидротехники в торфяном производстве. 4-е изд. Часть 1. М.-Л.: ГЭИ, 1955. - 400 с.

3. Корчунов С.С., Могилевский И.И., Абакумов О.Н. Изучение водного режима осушенных торфяных залежей. // Труды ВНИИТГП. Вып. 17, М.-Л.: ГЭИ, 1960.
4. Нерпин С.Н., Хлопотенков Е.М. Обобщение закона Дарси для случаев нелинейной фильтрации в ненасыщенных и насыщенных грунтах. // Доклады ВАСХНИЛ. М.: Урожай, 1970, №11, с. 3-17.
5. Кашенко Н.М., Ковалев В.П. Расчет влагопереноса в почве при расчете параметров дренажа полейдерных систем. // Инновационные технологии в мелиорации (Костяковские чтения). М.: Изд. ВНИИА, 2011, с. 80-86.
6. Афанасьев А.Е., Ефремов А.С. Взаимосвязь структурообразования с плотностью жидкости коллоидных капиллярно-пористых тел при сушке. // ГИАБ, №7, 2010. с. 307-314.
7. Горная энциклопедия / Гл. ред. Е.А. Козловский. Т.1. М.: Сов. Энциклопедия, 1984.
8. Антонов В.Я., Малков Л.М., Гамаюнов Н.И. Технология полевой сушки торфа. М.: Недра, 1981. - 239 с.
9. Гамаюнов Н.И. Процессы переноса энергии и вещества. Тверь: ТГТУ, 2004 -206 с.
10. Афанасьев А.Е., Ефремов А.С. Способ определения средней плотности связанной жидкости коллоидных и капиллярно-пористых тел. Патент, RU № 2380683. Опубликовано 27.01.2010 г.
11. Афанасьев А.Е., Ефремов А.С. Влияние структурообразования на плотность жидкости коллоидных капиллярно-пористых тел. // ТОХТ, 2011. Том 46. №1. с. 119-125.
12. Михайлов А.В., Кремчев Э.А., Нагорнов Д.О., Большунов А.В. Перспективы развития новых технологий добычи торфа. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). Москва: «Горная книга», 2010. № 9. стр. 189-194.
13. Кремчев Э.А., Нагорнов Д.О. Технологические аспекты обеспечения круглогодичной полевой сушки торфа для нужд малой энергетики. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). Москва: «Горная книга», 2010. № 12. стр. 260-265.

УДК 622.331

Перспективы использования отходов литейного производства (коксовой мелочи) в промышленности

Кислов Н.В., Цыбуленко П.В.

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

В настоящее время промышленность Республики Беларусь не располагает энергосберегающими технологиями переработки отходов литейного производства (отсев кокса, коксовая мелочь), которые можно вовлечь в промышленную переработку.

Стандарт предусматривает размер кусков кокса не менее 40 мм и содержание непригодной к использованию коксовой мелочи не более 5 %. Поставляемый в республику кокс не соответствует требова-