

Е.И. НАЗИМКО, д-р. техн. наук, **В.Г. НАУМЕНКО**, **Н.А. КУРИЛЕНКО**, маг.
(Украина, Донецк, Донецкий Национальный Технический Университет),

ИСПЫТАНИЯ И ТАРИРОВАНИЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ ШЛАМОВ

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Из всех процессов технологии углеобогащения наиболее трудоемкими и затратными являются процессы обезвоживания тонких осадков. Обычно удаление влаги осуществляется в две стадии для концентратов – механическими и термическими методами, для отходов применяются только механические методы, к которым относится пресс-фильтрование. По данным работы [1] количество мелких и тонких частиц в рядовом угле постоянно увеличивается. В частности, содержание класса 0-1 мм увеличилось с 20 до 28% за последние годы при одновременном повышении его зольности.

Сушка является одним из дорогостоящих и экологически небезопасных процессов в технологии обогащения. Снижение влажности питания сушки на 1-2% позволит экономить топливо, затрачиваемое на термическое обезвоживание. Работы многих исследователей посвящены изучению и совершенствованию процессов фильтрования. Установлено [3-8], что структура осадков, особенно такая ее характеристика как проницаемость, оказывает значительное влияние на скорость обезвоживания. При исследовании поведения осадков и их пористой среды в различных условиях необходимо найти подходы к определению физико-механических свойств осадков, т.к. их формирование происходит на фоне многих физических процессов [5], основными из которых являются механические, гидродинамические и фильтрационные. При формировании осадков на рабочем органе фильтрующего оборудования важную роль играют именно механические процессы деформирования твердой фазы на фоне фильтрации жидкости. Эти процессы включают сжатие осадка нормальными усилиями, усадку твердой фазы под действием постоянной нагрузки, сдвиг скелета твердой фазы под действием касательных напряжений.

Определены зависимости скорости фильтрации от свойств поровой структуры осадка, которые являются основой современной теории фильтрации [3-6]. Однако, существует целый ряд проблем, связанных со свойствами этой сложной структуры, от которых зависят конечные результаты и скорость обезвоживания.

Отсюда вытекает актуальность исследований, направленных на поиск эффективных методов воздействия на осадок для повышения скорости удаления влаги.

Анализ исследований и публикаций. В процессе обезвоживания и формирования осадка возможны несколько основных режимов их деформирования. Первый – режим компрессионного сжатия, когда в осадке

развиваются (увеличиваются) только нормальные деформации сжатия, в результате чего жидкая фаза выдавливается из пор и ловушек в режиме фильтрации. Второй - режим чистого сдвига, когда возможны три проявления объемной деформации: сжатия в случае сдвига в недоконсолидированном осадке, разуплотнения в случае переконсолидированного осадка и сдвиг без изменения объема в пограничном случае. Третий режим смешанный, когда возможен сдвиг со сжатием. Перечисленные режимы характерны не только для ленточных пресс- или вакуум-фильтров, но и для осадительных центрифуг.

Любые режимы или подрежимы со сдвигом положительно влияют на процесс фильтрации, поскольку они разрушают тупиковые поры и активно перестраивают структуру осадка, способствуя увеличению скорости удаления жидкой фазы. [10].

Из механики грунтов известно, что испытания на сдвиг производят после предварительного уплотнения (консолидации) образца [11]. Кроме того, сам режим консолидации осадка представляет интерес с практической точки зрения, поскольку такие режимы повсеместно встречаются во многих аппаратах, применяемых в технологии обогащения и обезвоживания. В связи с этим необходимо испытать осадки обогащения в этих режимах.

Постановка задачи. Целью данной статьи является тарирование установки для исследования параметров фильтрации жидкости через поровое пространство напряженно-деформированного осадка, что позволит выявить направления совершенствования процесса.

Изложение материала и результаты. Для проведения исследований механических свойств образцов осадков и изменения их порового пространства на кафедре «Обогащение полезных ископаемых» ДонНТУ разработана экспериментальная установка, основу которой составляет испытательная ячейка (рис. 1). Установка представляет собой полностью металлическую конструкцию, состоящую из основания, рамы и крышки. На верхней крышке расположен конусообразный подвод для жидкости, на нижней закреплен отвод аналогичной формы. По торцам каждой из сторон вкручен болт. Установка опирается на четыре ножки (рис. 1, а). Испытательная ячейка в разрезе представлена на рисунке 1, б. На основании 1 расположена сборная рама 3, которая скручивается из шести отдельных элементов. В раме уложены поршни 5 прямоугольной формы в сечении. Соединение поршня №2 с поршнем №1 (номера поршней указаны на их поверхности курсивом на рис. 1, б) выполнено в виде ласточкиного хвоста. Торцевые стенки поршней образуют прямоугольное пространство, в которое помещается исследуемый образец осадка 4. В крышке 2 и основании установки на площади 50x50 мм проделаны мелкие отверстия. В этих местах с целью равномерной подачи и отвода воды к крышке и основанию прикручены патрубки 7 и 8. Каждый из поршней соприкасается с прижимным болтом 6.

В ячейке располагают предварительно подготовленный образец шлама, помещенный в мешочек из фильтровальной ткани, после чего, надежно обеспечив герметичность, подают воду. По времени протекания определенного

объема жидкости через поровое пространство осадка определяется скорость фильтрации.

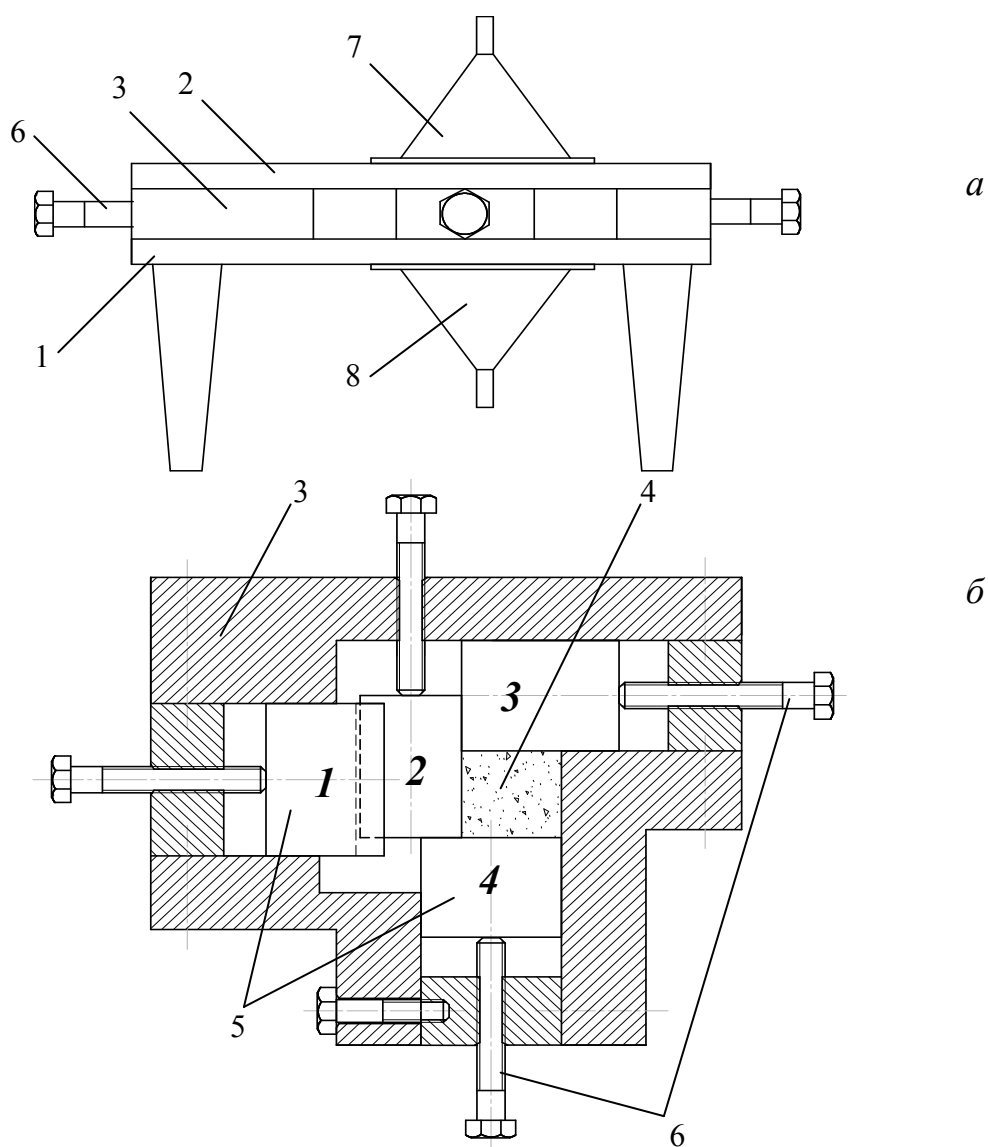


Рис. 1. Испытательная установка: *а* – общий вид; *б* – вид ячейки сверху в разрезе

Передача внешней нагрузки к образцу осуществляется путем закручивания прижимных болтов соответствующих поршней. Данные болты закручиваются при помощи динамометрического ключа с фиксированным значением момента затяжки. Момент затяжки на протяжении опыта изменяется с небольшим шагом и варьируется в пределах от 0,05 кг·м до 0,8 кг·м.

В ячейке использован принцип испытания прочности материала на двухосное сжатие - образец подвергается воздействию нормальных деформаций в двух плоскостях, перпендикулярно направленным друг относительно друга. За величину нормальной нагрузки по оси абсцисс отвечает прижимной болт поршня 1, по оси ординат - прижимной болт поршня 4. Величина давления, оказываемого поршнями на образец, рассчитывается через момент затяжки соответствующего прижимного болта.

Полный момент затяжки равен сумме момента, затрачиваемого на создание силы сжимающей (растягивающей) болт M , момента на преодоление трения между поршнем и торцом болта M' , момента на преодоление трения в резьбе M'' и может быть определен как [12]:

$$M_{зам} = M + M' + M'', \text{ Н}\cdot\text{м}. \quad (1)$$

Момент, затрачиваемый на создание силы, сжимающей болт, равен:

$$M = 0,5 F s / \pi, \quad (2)$$

где F – сила, направленная на сжатие болта, Н; s – шаг резьбы болта, мм.

Поскольку динамометрический ключ не фиксирует усилия при свободном раскручивании и закручивании болта и в какой-то степени компенсирует все моменты на преодоление сил трения, то можно считать, что:

$$M_{зам} = M = 0,5 F s / \pi. \quad (3)$$

Откуда

$$F = 2 M_{зам} \pi / s, \text{ Н}. \quad (4)$$

Давление стенки поршня площадью S на осадок, будет равно:

$$P = F / S, \text{ Н/м}^2, \quad (5)$$

где S – площадь поршня, м².

При расчете площади необходимо учесть, что по мере закручивания прижимных болтов соседние поршни перемещаются и площадь их контакта с образцом материала уменьшается примерно от 803 мм² до 750 мм². Таким образом, по результатам полученных давлений можно оценивать величину максимальных или критических деформаций, определять степень консолидированности или переконсолидированности осадка.

Тарирование установки выполнено с помощью динамометрического ключа, которым закручивались прижимные болты 1 и 4. При этом момент затяжки болта не должен превышать 0,1 кгс·м. В ходе эксперимента фиксируется время, за которое протекает и вытекает из пор осадка определенный объем воды, а также расстояния от головки прижимного болта до корпуса установки l_1 и l_4 (см. рис. 2).

По результатам изменения длин болтов поршней №1 и №4, выступающих за пределы корпуса, определено давление на образец. После подстановки выражения (4) в соотношение (5) и с учетом того, что 1 кгс·м = 9,81 Н·м, получено:

$$P = 2 M_{зам} \pi / s S, \text{ Н/м}^2 \text{ (Па)}.$$

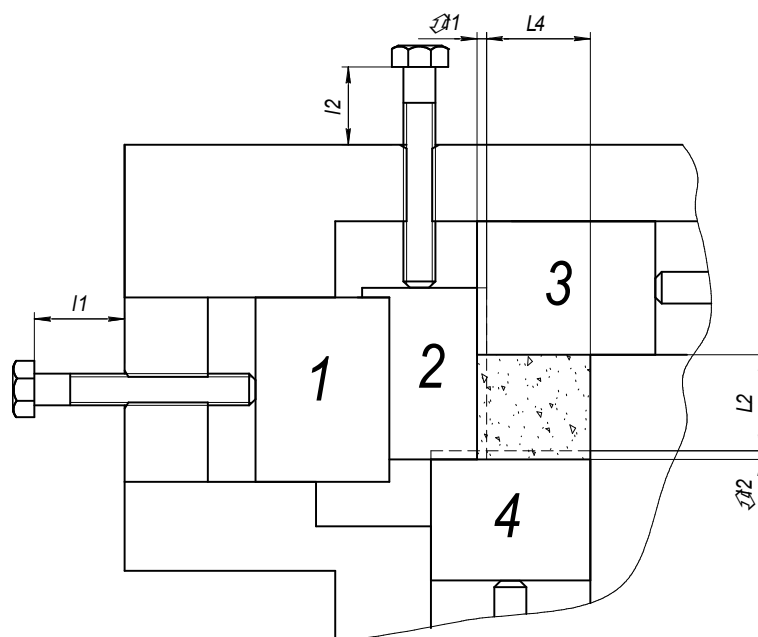


Рис. 2. Схема для пояснения измерений положения болтов

Скорость фильтрации определялась непосредственно по результатам измерений времени, за которое отфильтрован через слой осадка постоянный объем воды. Результаты расчетов показаны на рис. 3.

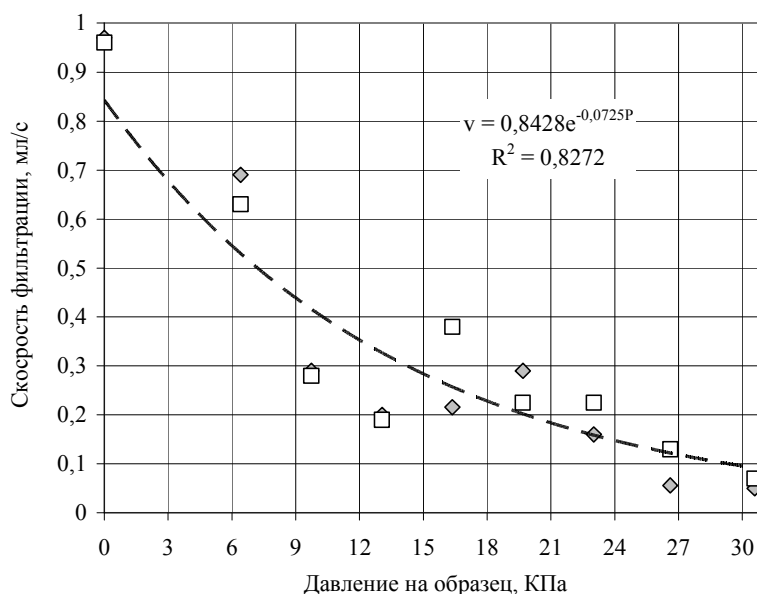


Рис. 3. Зависимость скорости фильтрации жидкости от давления, приложенного к осадку

Анализ данных позволили установить экспоненциальную зависимость скорости фильтрации от давления, приложенного к образцу осадка (при достоверности аппроксимации $R^2 = 0.83$):

$$v = 0.84 e^{-0.0725P}$$

Выводы и направления дальнейших исследований. Таким образом, проведенные испытания и тарирование установки для исследования параметров фильтрации жидкости через поровое пространство напряженно-деформированного осадка позволили определить экспоненциальную зависимость скорости фильтрации от приложенного давления.

Направление дальнейших исследований может быть связано с определением влияния гранулометрического и вещественного состава осадка на скорость удаления жидкости.

Список литературы

1. **Полулях А.Д.** Особенности современных технологий углеобогащения // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2003. - вып. 17(58) - С. 3-6.
2. **Полулях А.Д., Ищенко О.В.** Состояние подготовки и обогащение машинных классов рядового угля в Украине // Збагачення корисних копалин. Дніпропетровськ. – 2005. - вип. 23 (64) - С. 21-26.
3. **М.И. Бейлин.** Теоретические основы процессов обезвоживания углей. – М.: Недра, 1969. – 240 с.
4. **Г.Л. Майдуков.** Технология фильтрования продуктов обогащения углей. М.: Недра. – 1975. – 142с.
5. **Пейчев И.Д.** Исследование теоретических закономерностей течения жидкости через пористую среду // Обогащение полезных ископаемых. Днепропетровск. – 2004. – Вып. 20 (61). – С. 99-104.
6. **Назимко Е.И., Гарковенко Е.Е.** Микроструктура кека флотоконцентрата и ее роль в процессах обезвоживания // Збагачення корисних копалин. - 2000. - №9 (50). - С. 93-98.
7. **Гарковенко Е.Е.** Моделирование процесса вакуумного фильтрования угольных шламов // Горный информационно-аналитический бюллетень. Москва. – 2004. - №1. – С. 317-319.
8. **Гарковенко Е.Е.** Исследование поведения осадков при наложении сдвиговых полей // Збагачення корисних копалин. – Дніпропетровськ. – 2006. – вип. 25(66)-26(67). – С. 160-166.
9. **Науменко В.Г.** Методика исследования и экспериментальная установка для определения параметров тонкодисперсных осадков // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Вип. 15(131), серія гірничо-електромеханічна. – Донецьк: ДонНТУ. – 2008. – С. 127-133.
10. **L.I. Nazimko, A.N. Corchevsky, I.N. Druts.** Kinetics of Phases Interaction during Mineral Processing Simulation // Proceedings of XV International Congress of Coal Preparation. China. 2006. pp. 775-781.
11. **Цытович Н.А.** Механика грунтов. М.: Выща школа. – 1979. – 272 с.
12. **П.И. Орлов** Основы конструирования. Спр-метод. пособие в 2-х кн. Кн. 2. Под ред. П.Н. Учаева. М: Машиностроение. – 1988. – 544 с.

*Рукопись поступила в редакцию 30.03.10
Рекомендована к опубликованию д.т.н. Полуляхом А.Д.*