

МОДЕЛЬ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ФАЗ ПРИ ОБЕЗВОЖИВАНИИ ТОНКИХ
КЛАССОВ УГЛЕЙ

Е.И. Назимко, Е.Е. Гарковенко, А.А. Молодыка
ДНТУ

В роботі розглянута чисельна комп'ютерна модель для дослідження параметрів взаємодії фаз при зневодненні тонких класів вугілля, що має важливе значення для розробки напрямків підвищення ефективності використання мілкового та тонкого вугілля.

Уголь еще долгое время будет являться одной из основных составляющих частей топливно-энергетического комплекса Украины. С увеличением содержания тонких и глинистых фракций в добываемом угле определяющее значение приобретает обогащение и обезвоживание мелких и тонких его классов. Совершенствование технологии обезвоживания, снижающей влажность осадков, позволит экономить топливо, расходуемое на сушильных установках. Одним из процессов механического обезвоживания является вакуумное фильтрование, которое исследовалось достаточно широко в различные годы. В результате этих исследований разработаны основы гидродинамики и физики процесса. С увеличением содержания тонких классов в шламовых водах углеобогащительных фабрик возникает необходимость решения новых теоретических и практических вопросов, таких как применение при фильтровании специальных приемов, изменение соотношения между фазами процесса, применение химических средств обработки поверхности частиц, рациональное формирование осадка.

Скорость удаления влаги зависит от приложенного перепада давлений и сопротивления осадка и определяется капиллярными явлениями, параметрами взаимодействия фаз, а также микроструктурой порового пространства. Структура порового пространства осадка зависит в свою очередь от физических параметров осадка (формы и размера частиц, пористости и удельной поверхности). Ко второй группе параметров, приобретающих особое значение при высоком содержании тонких классов или при использовании поверхностно-активных веществ [1] и флокулянтов, следует отнести такой физико-химический процесс, как флокуляция суспензии [2], поверхностные явления на границе раздела твердой и

жидкой фаз [3] и др.

Для определения характеристик микроструктуры осадка изучались количественные характеристики топологии, плотности распределения и размеров пор на шлифах, проводились лабораторные эксперименты по фильтрованию угольных суспензий, а также осуществлялось моделирование поровой среды. Методы микроскопического исследования и полученные результаты более детально описаны в работе [4].

Процессы взаимодействия поверхности твердой фазы с водой при обезвоживании тонкого угля представляют большую трудность для исследования, т.к. они динамичны, находятся под влиянием большого массива физических и химических факторов и происходят в маленьком масштабе. Одним из вариантов разрешения этой проблемы является численное моделирование, которое сочетает в себе динамику, точность и рассмотрение широкого спектра деталей [5]. Разработана компьютерная модель для моделирования кинетики взаимодействия фаз, которая базируется на дискретных элементах [6].

Рассмотрим пару минеральных частиц, взаимодействие которых представлено на рис. 1.

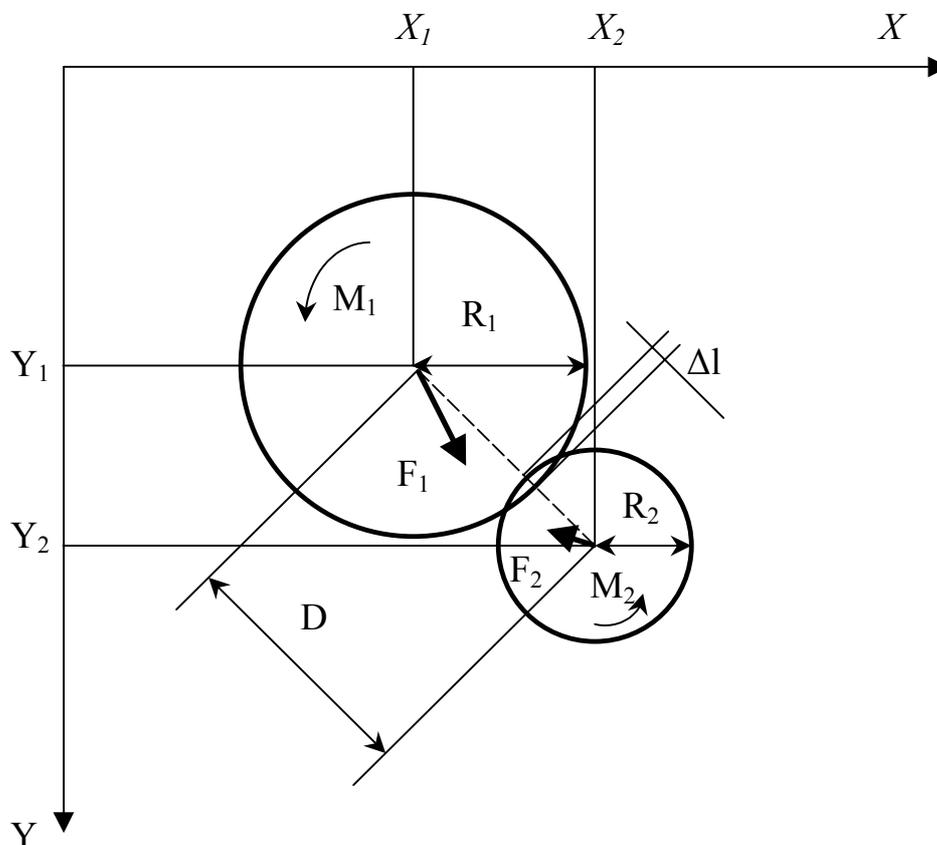


Рисунок 1 – Схема взаимодействия частиц

Частицы имеют шарообразную форму с радиусами R_1 и R_2 . Любая частица движется под действием силы (F_1 или F_2) и вращается в соответствии с законом Ньютона в прямоугольной системе координат X - Y , если она ускоряется моментами M_1 и M_2 . Движения разделяемых частиц рассматриваются в дискретные периоды времени. В компьютерной реализации эти периоды моделируются как циклы. Координаты центров тяжести X_1, Y_1 и X_2, Y_2 , скорости V_1 и V_2 , и силы являются постоянными и рассчитываются на каждом цикле.

Все частицы движутся под действием результирующего ускорения G , которое возникает от действия сил тяжести, Архимедовой (расположения) силы, демпфирующей силы или силы сопротивления среды и от влияния смежных соседей. В результате рассчитывается приращение скорости на каждом цикле в соответствии с формулой:

$$\Delta V = G \cdot \Delta t - k_v \cdot V_y, \quad (1)$$

где ΔV - приращение скорости, м/с;

G - ускорение, м/с²;

Δt – время приращения на цикле, с,

k_v – сопротивление среды (коэффициент демпфирования).

Затем частицы движутся к следующей позиции, соответственно приращению компонентов скорости и времени:

$$X = X + \Delta V_x \cdot \Delta t, \quad (2)$$

$$Y = Y + \Delta V_y \cdot \Delta t. \quad (3)$$

Здесь X и Y - новые горизонтальные и вертикальные координаты частицы, м;

ΔV_x и ΔV_y – приращения горизонтальной и вертикальной скорости, м/с;

После перемещения частицы в новое положение за один цикл расстояние D между смежными частицами должно быть изменено и нахлестка Δl рассчитывается. Затем приращение силы рассчитывается как:

$$\Delta F = k \cdot \Delta l - k_F \cdot V - k_T \cdot F, \quad (4)$$

где ΔF – приращение силы, н;

- k – коэффициент жесткости, н/м;
 k_T и k_F - коэффициент трения и коэффициент необратимости
(потери энергии в течение взаимодействия);
 F – результирующая сила, н.

В течение каждого цикла смежные частицы проверяются на условия когезии и адгезии. Если частицы имеют приближение одна к другой на критическое расстояние, они слипаются между собой (две или несколько), образуя комплекс. Одновременно проверяются силы адгезии (когезии). Если они достигают определенных пределов, слипшиеся комплексы разрушаются. Введено три предела для сил. А именно, слипшиеся частицы должны разъединиться, если они были сжаты в нормальном направлении на величину большую, чем предел сжатия L_t , или были срезаны в тангенциальном направлении относительно друг друга больше, чем предел сдвига L_s , или изогнуты относительно соединения более, чем предел коробления L_b .

Чтобы моделировать процессы истечения жидкости (фильтрации), содержащей наиболее тонкие частицы, были введены специальные блоки частиц. Блок может быть создан как ансамбль минеральных частиц, например угля и аргиллита. Адгезионные характеристики взяты из данных для механики пород, чтобы моделировать действительную прочность рассматриваемых блоков и комплексов.

Данная модель позволяет получать правдивое динамическое поведение минералов и частиц и исследовать влияние различных параметров при их обогащении и обезвоживании. Компьютерные коды развиты в среде Дельфи-3. Моделирование поведения двумерного комплекса, содержащего сотни взаимодействующих между собой и с жидкой фазой частиц, в течение сотен тысяч циклов может быть закончено за приемлемый период времени благодаря средствам объектного программирования.

Моделирование и исследование сложных процессов взаимодействия фаз при обезвоживании тонких классов углей при различных способах воздействия на них позволяет определить пути повышения эффективности использования шламов в топливно-энергетическом комплексе Украины.

Литература

1. Бейлин М.И. Теоретические основы процессов обезвоживания углей. – М.: Недра, 1969. – 240 с.
2. F. Bourgeois and G. Lyman, Morphological Analysis and Modelling of Fine Coal

- Filter Cake Microstructure, *Chemical Engineering Science*, 52/7, pp. 1151-1162 (1997) .
3. Жужиков В.А. Фильтрование. Теория и практика разделения суспензий. М.: Химия. – 1980. – 398с.
 4. Е.И. Назимко, Исследование микроструктуры кека методами фрактальной геометрии // Наукові праці ДонДТУ. Вип. 27, серія гірничо-електромеханічна. - 2001. - С. 283-288.
 5. Cundall P.A., Strack O.D.L. A discrete numerical Model for granular assemblies, *Geotechnique*, 29, # 1, pp. 47-65 (1974).
 6. Звягильский Е.Л. Изучение кинетики обрушения толщи над горизонтальными выработками мелкого заложения // Проблемы горного давления. – 1999. - № 2. – С. 17-29.