

УДК 622.794

*Е.Е. Гарковенко***МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВАКУУМНОГО
ФИЛЬТРОВАНИЯ УГОЛЬНЫХ ШЛАМОВ**

Семинар № 19

Исследование взаимодействия поверхности твердой фазы с водой при обезвоживании мелких продуктов представляет значительную трудность. Это связано с динамическим течением процессов и влиянием значительного количества факторов как физической, так и химической природы. Для исследования таких процессов могут быть применены методы численного моделирования [1]. Для численного моделирования сложных процессов, протекающих при вакуумном обезвоживании угля, разработана компьютерная модель, позволяющая исследовать кинетику взаимодействия фаз. Модель базируется на дискретных элементах. Используемая модель прошла апробацию для решения задач, связанных с прогнозированием поведения разрушающегося массива горных пород при проявлении горного давления [2].

В основу модели положено рассмотрение взаимодействия минеральных частиц при их контакте. Схема взаимодействия представлена на рис. 1.

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 . Движение частиц рассматривается 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.

Модель позволяет получать правдивое динамическое поведение частиц и исследовать влияние различных параметров при обогащении и обезвоживании. Компьютерные коды развиты в среде Дельфи. 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.

Для описания свойств частиц и параметров их взаимодействия вводятся следующие величины:

1. плотность материала частиц;
2. горизонтальное ускорение;
3. вертикальное ускорение;
4. угловое (крутящее) ускорение;
5. коэффициент трения;
6. коэффициент вязкостного сопротивления (внешнего);
7. коэффициент вязкостного сопротивления (внутреннего);
8. коэффициент крутящего сопротивления;

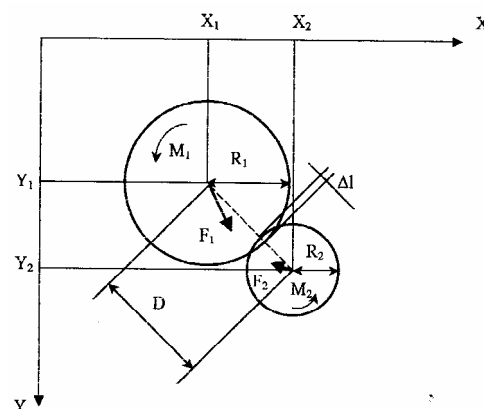


Рис. 1. Схема взаимодействия частиц

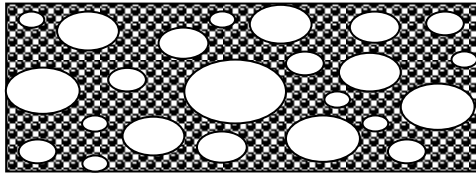


Рис. 2. Исходная модель суспензии флотоконцентрата

- ния (внешнего);
9. коэффициент крутящего сопротивления (внутреннего);
 10. коэффициент нормальной жесткости;
 11. коэффициент касательной жесткости;
 12. коэффициент изгибной жесткости;
 13. режим контактирования частиц;
 14. режим адгезии частиц;
 15. дистанция, при которой уже возможно адгезионное взаимодействие;

Классическая схема истечения жидкости (фильтрата) из осадка [3], имеет место лишь в первые мгновения процесса фильтрования, т.к. в осадке не существует сплошных сквозных каналов для истечения жидкости. Кроме того, у входа в капилляры фильтровальной ткани задерживаются крупные частицы, образуя скопления, [4] в сводчатой части которых накапливаются тонкие частицы. При уп-

лотнении осадка на фильтровальной ткани с течением времени снижается его проницаемость. Поры фильтровальной ткани также засоряются тонкими частицами твердого, солями жесткости и т.п. и их пропускная способность уменьшается, что способствует увеличения сопротивления ткани. При моделировании эти параметры также могут учитываться.

Первоначальное состояние суспензии флотоконцентрата, принятое как исходное состояние модели, показано на рис. 2.

Между крупными сферическими угольными зернами (незаполненные сферы) находятся кластеры молекул воды и наиболее тонкие частицы, попадающие в процессе фильтрования в фильтрат. В модели можно задавать необходимый гранулометрический состав твердой фазы и укладку зерен (кубическую или гексагональную), что позволяет моделировать различную проницаемость осадка.

В модели подобраны коэффициенты трения, вязкостного сопротивления и другие параметры с учетом свойств осадка угольного концентрата, образующегося на фильтровальной ткани.

В процессе численного моделирования вакуумного фильтрования угольного шлама определялось изменение координат центра тяжести каждого из 2000 элементов, представляющих жидкость, а также скорость его перемещения в различных направлениях. Полученные данные обрабатывались специальной программой Vectors, которая позволяет на условном графическом изображении модели выделить разными цветами участки, имеющие одинаковое направление перемещения. Также графически показывается направление и величина скорости перемещения. Результаты обработки данных в графической форме показаны на рис. 3.

Отдельные точки на рисунке представляют собой группы элементов, моделирующих жидкость. Отходящие от точек линии по-

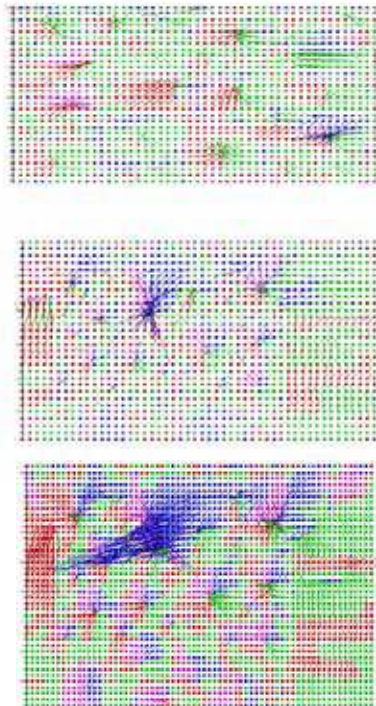


Рис. 3. Перемещение кластеров жидкости в различные моменты времени: а - 0,8, б - 2, в - 3,2 с

величине и направлению соответствуют перемещениям центров тяжести элементов. Цветом выделены следующие направления перемещения: зеленый – вверх влево, красный – вверх вправо, синий – вниз влево, фиолетовый – вниз вправо. Для обеспечения эффективного обезвоживания особое значение имеют последние два случая перемещения.

Анализ графических изображений модели в различные моменты времени свидетельствует о том, что в процессе истечения жидкости под действием разрежения в поровой среде осадка образуются каналы, являющиеся основными магистралями для удаления значительной части влаги. Это подтверждает сделанный ранее вывод об удельном весе этих каналов в поровой среде [5]. Около 95% всей удаляемой жидкости перемещается через эти каналы, при том, что их объем не превышает несколько процентов от общего объема фильтруемой среды.

Кроме того, из сравнения моментов *a*, *b* и *в* следует, что в жидкости формируются условно называемые кластерами участки с общим направлением перемещения элементов. При этом в различные моменты времени происходит переформирование или перестройка кластеров – одни кластеры исчезают, на их месте появляются другие с иным преимущественным направлением переме-

щения. В то же время на другом участке модели происходят аналогичные процессы. На некоторых этапах течения процесса обезвоживания возникает движение жидкости вбок или вверх, что в стесненных условиях поровой среды осадка вызывает «заклинивание» влаги и образование связанных жидкостных «пробок». При переформировании структуры осадка происходит изменение сети каналов в объеме осадка, тупиковые каналы становятся проводящими, и влага может удаляться более полно.

Из выполненного численного моделирования следует, что удаление жидкости из поровой среды осадка происходит как бы поочередно, с образованием кластеров – на одних участках влага удаляется относительно свободно, на других в этот же момент времени она задерживается в тупиковых каналах. Для повышения эффективности обезвоживания необходимо динамическое воздействие на осадок, ускоряющее процесс переформирования кластеров, например, путем наложения сдвиговых полей.

Моделирование и исследование сложных процессов взаимодействия фаз при обезвоживании углей при различных способах воздействия на них позволяет определить пути повышения эффективности использования шламов в промышленности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Cundall P.A., Strack O.D.L. A discrete numerical Model for granular assemblies, *Geotechnique*, 29, # 1, pp. 47-65 (1974).
2. Звягельский Е.Л. Изучение кинетики обрушения толщи над горизонтальными выработками мелкого заложения // Проблемы горного давления. – 1999. - № 2. – С. 17-29.
3. Жужиков В.А. Фильтрация. Теория и практика разделения суспензий. – М.: Химия. – 1980. – 398с.
4. Фридман С.Э., Щербаков О.К., Комлев А.М. Обезвоживание продуктов обогащения. – М.: Недра. – 1988. – 240 с.
5. Назимко Е.И., Гарковенко Е.Е. Микроструктура кека флотоконцентрата и ее роль в процессах обезвоживания // Збагачення корисних копалин. - 2000. - №9 (50). - С. 93-98.

Коротко об авторах

Гарковенко Евгений Евгеньевич – кандидат технических наук, Донецкий Национальный технический университет, Украина.

