

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФЛОТАЦИИ УГОЛЬНЫХ ЧАСТИЦ НА МИКРОУРОВНЕ

Назимко Е.И., докт. техн. наук, проф.,
Друц И.Н., инж., Серафимова Л.И., соискат.
Донецкий национальный технический университет

Приведена методика и результаты моделирования минерализации воздушных пузырьков при флотации углей

The method and results of simulation of air bubbles mineralization during coal flotation are present

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.

В процессах обогащения разделение ценных минералов и сопутствующих пород основано на различии в их свойствах. При этом происходит механическое, физико-химическое и химическое взаимодействие участвующих фаз: твердой, жидкой и газообразной. Одним из сложных процессов является флотационное обогащение, показатели которого зависят в основном от поверхностных свойств фаз, участвующих в нем.

Многолетние исследования, проводившиеся ранее, способствовали широкому применению флотации для обогащения многих руд. В угольной практике роль этого процесса обогащения в последние годы снизилась в основном из-за необходимости глубокого обезвоживания продуктов разделения, особенно глинистых отходов, и повышения стоимости реагентов. Вместе с тем получение качественных угольных концентратов для целей коксования без обогащения тонких угольных частиц методом флотации на данном этапе развития техники и технологии не представляется возможным.

В соответствии со сказанным дальнейшие исследования процесса на микроуровне с целью его совершенствования является актуальной научно-практической задачей.

Анализ исследований и публикаций. Обзор публикаций по результатам теоретических исследований флотационного процесса позволил определить, что наибольшую трудность представляют явления, происходящие на микроуровне [1]. К таким явлениям можно отнести в первую очередь взаимодействия трех фаз при их столкновении и образовании флотационного комплекса в ходе

элементарного акта флотации. Особый интерес представляют изменения, происходящие с образовавшимся комплексом «твердая минеральная частица-пузырек воздуха» при его всплывании в пенный слой.

Постановка задачи. Целью данной работы является исследование флотации угольных частиц на микроуровне.

В ходе проведения имитационного эксперимента поставлена задача определения параметров взаимодействия частиц и воздушных пузырьков при образовании флотационного комплекса.

Изложение материала и результаты. Для решения поставленной задачи применен метод компьютерного моделирования с использованием дискретных элементов. Данный метод позволяет определять координаты центра тяжести взаимодействующих элементов, приращения этих координат, а также угол поворота их радиусов и его приращения в радианной мере. Более подробно методика исследования и исходные данные, принятые для моделирования, описаны в работе [2]. Исходное и текущее состояние модели показаны на рис. 1.

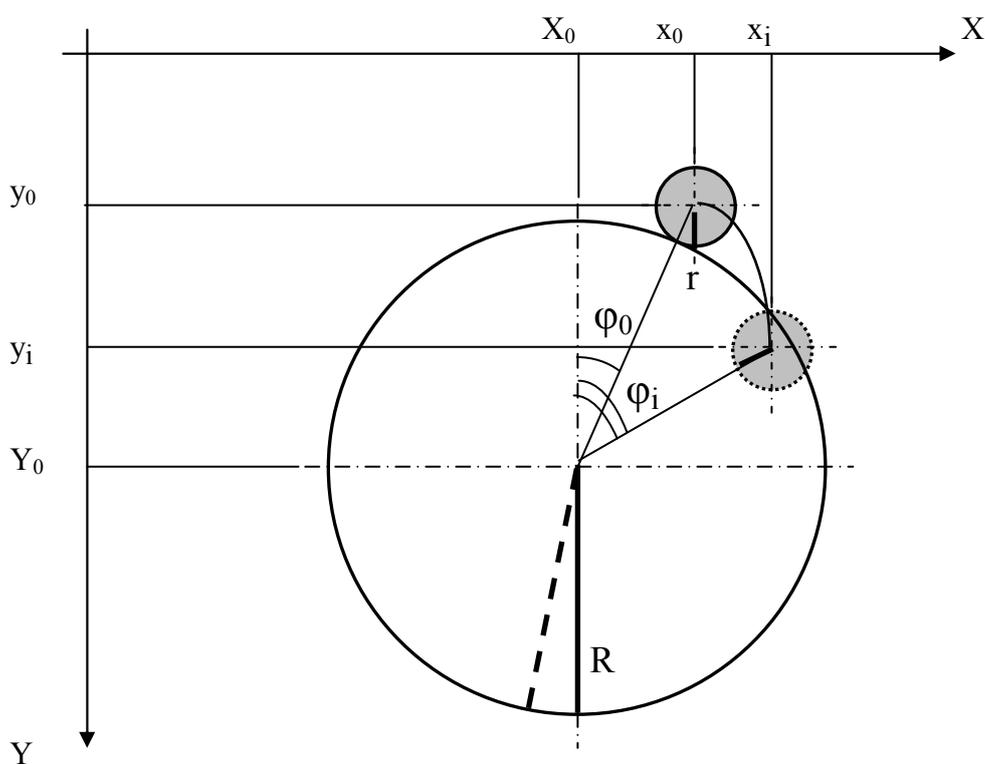


Рис. 1 – Исходная модель взаимодействия частицы и пузырька

Моделирование взаимодействия твердой минеральной частицы, падающей на поверхность всплывающего вверх пузырька, выполнялось в течение 80000 циклов счета. Один цикл соответствовал 10^{-6} с натурального времени. Координаты центров тяжести элементов и состояние комплекса накапливались в выходном файле каждые 200 циклов. Для расчетов принято взаимодействие воздушного пузырька диаметром 2.5 мм (2000 пикселей) и угольной частицы размером 0.36 мм (290 пикселей) правильной сферической формы. На рис. 1 показаны радиусы пузырька и частицы R и r , а также φ – угол, определяющий положение частицы на пузырьке.

Часть результатов моделирования уже была опубликована в ряде работ [3]. При рассмотрении данных было установлено, что после столкновения с пузырьком оба элемента не только изменяют свою траекторию, но и начинают вращаться друг относительно друга. В данной работе определялись параметры вращения взаимодействующих элементов после их столкновения. Результаты исследования представлены в графической форме на рис. 2 и 3.

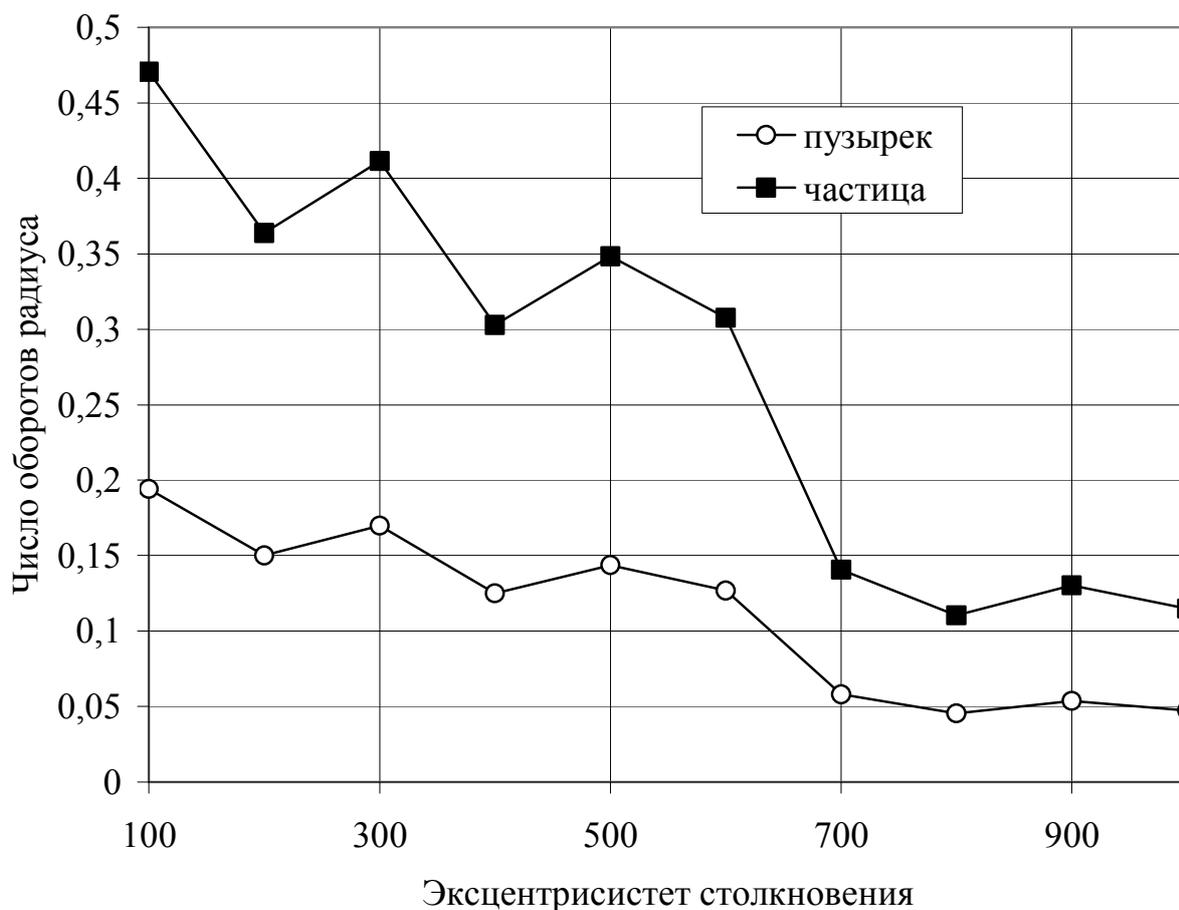


Рис. 2 – Параметры вращения в зависимости от условий столкновения элементов

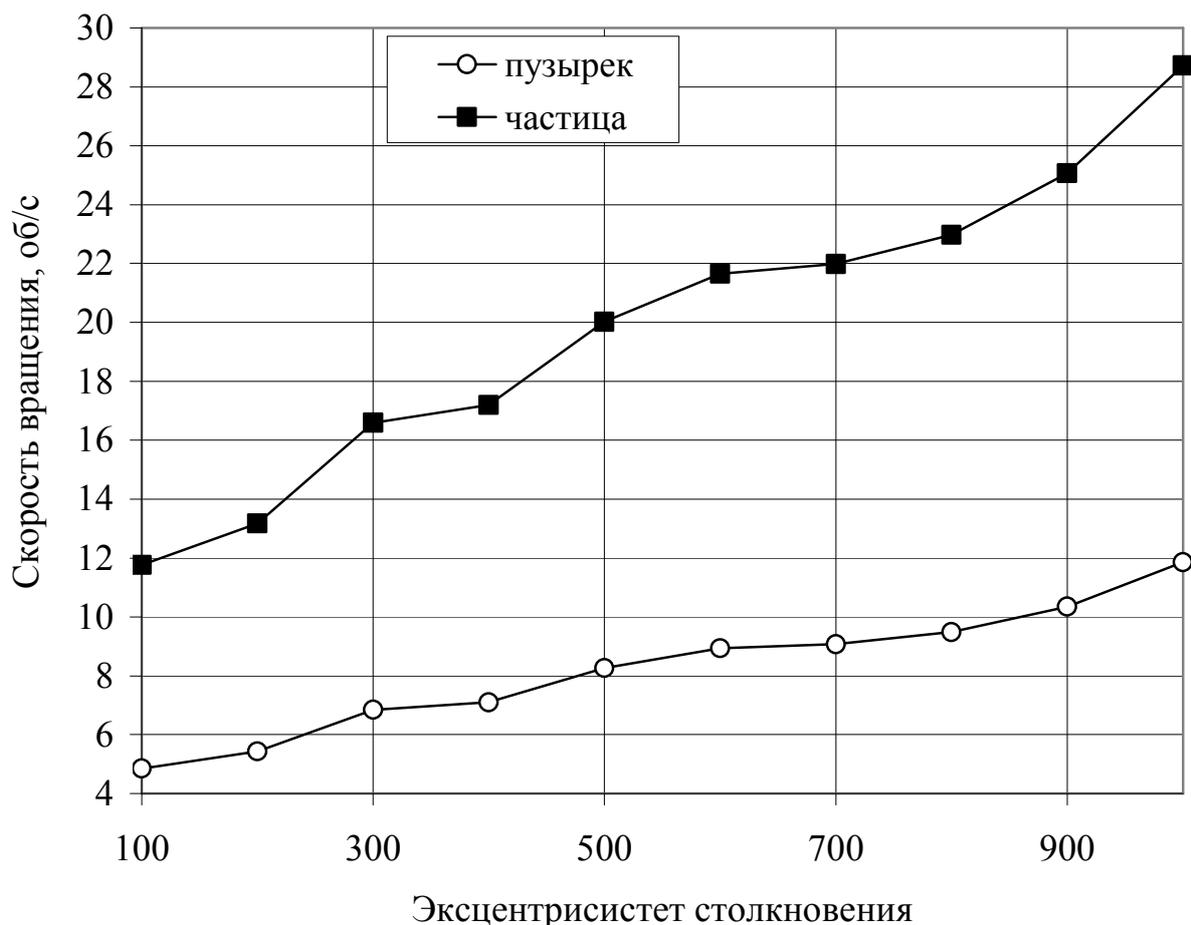


Рис. 3 – Скорость вращения элементов в зависимости от эксцентриситета столкновения

Число оборотов радиуса воздушного пузырька и угольной частицы определялось на момент разрушения образовавшегося флотационного комплекса через значения угла поворота радиусов, которые вычисляются компьютерной программой в ходе моделирования и записываются в отдельный файл.

Анализ полученных данных (рис. 2) позволяет заключить, что при увеличении эксцентриситета столкновения частицы с воздушным пузырьком от 100 до 1000 пикселей уменьшается число оборотов их радиусов. Это снижение связано с уменьшением времени существования флотационного комплекса с 40 до 6-4 миллисек, которое определялось по разнице момента отрыва частицы от пузырька и момента ее первоначального контакта с ним и представлено на рис. 4. На рис. 2 и 4 можно отметить значительное снижение числа оборотов радиусов и времени существования флотационного комплекса при эксцентриситете столкновения $e = 700$ пикселей, что позволяет определить это значение как критическое.

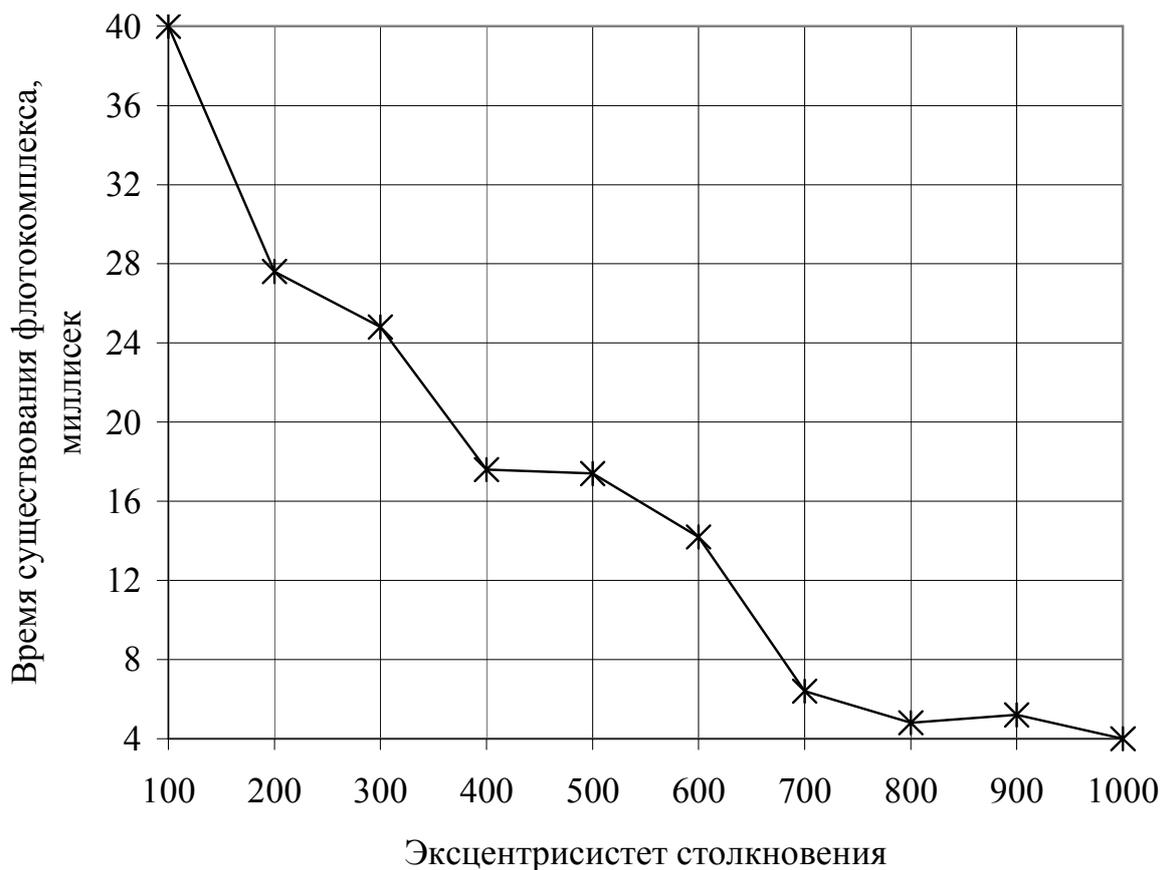


Рис. 4 – Время существования флотационного комплекса

Скорость вращения элементов (рис. 3) также увеличивается после достижения критического значения эксцентриситета столкновения ($e=700$ пкс). По данным моделирования определялись ускорения изменения скорости вращения элементов, и было отмечено, что значения имеют колебания. Это позволило сделать вывод о неравномерности не только линейного перемещения, но и вращения элементов с чередованием ускорения и торможения.

Средние значения ускорений за весь период существования флотационного комплекса, которые показаны на рис. 5, имеют положительные значения. Это свидетельствует о преобладании ускоренного вращения и является одной из причин разрушения образовавшегося в ходе элементарного акта флотации комплекса «пузырек-частица».

Анализ данных, представленных на рис. 5, подтверждает сделанный ранее вывод о наличии критического значения эксцентриситета столкновения, равного 700 пкс. Если перейти на соотношение радиусов пузырька и частицы, то критическим будет являться столкновение при положении центра тяжести частицы на

расстоянии 0,7 радиуса пузырька от его центра, что соответствует углу встречи $39^{\circ}39'$.

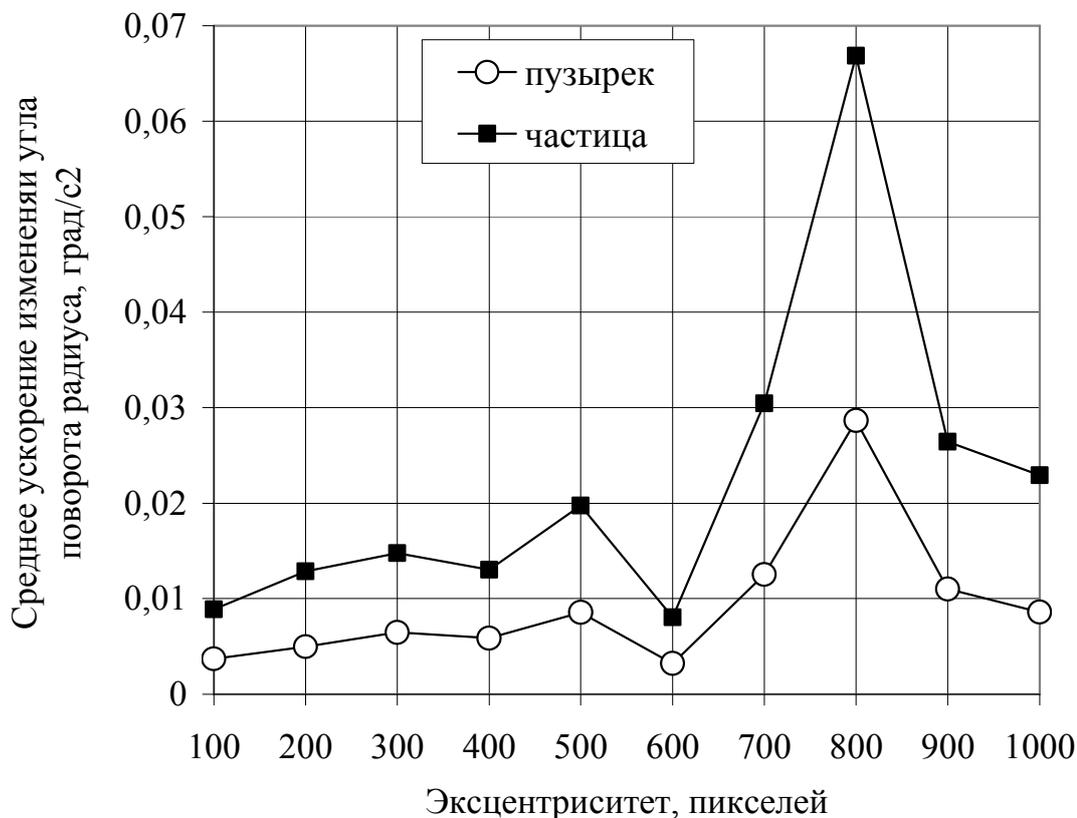


Рис.5 - Средние значения ускорений вращения за весь период существования флотационного комплекса

Выводы и направления дальнейших исследований. Таким образом, результаты исследования и компьютерного моделирования взаимодействия частиц и пузырьков при флотации на микроуровне свидетельствуют о наличии критического значения угла встречи равного $39^{\circ}39'$ и неравномерности движения с чередованием ускорения и торможения. Дальнейшие исследования могут быть направлены на поиски реагентов и их сочетаний, способных погасить ускоренное движение частицы по поверхности пузырька.

Список источников

1. Теория и технология флотации руд. О.С. Богданов, И.И. Максимов, А.К. Поднек, Н.А. Янис. Под общей ред. О.С. Богданова. – М.: Недра. – 1990. – 364 с.
2. Гарковенко Е.Е., Назимко Е.И., Самойлов А.И., Папушин Ю.Л. Особенности флотации и обезвоживания тонкодисперсных углесодержащих материалов. Донецк: Норд-Пресс. – 2002. – 266 с.
3. 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.