

УДК 524.81

DOI: 10.17223/00213411/64/7/65

А.Н. ХАРХАРДИН, И.Ю. МАРКОВА

УРАВНЕНИЕ ДЛЯ ФАЗОВЫХ ПЕРЕХОДОВ КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕД *

Приводится вывод объединенного уравнения для перепада давления в аппарате с неподвижным и с псевдоожженным зернистым слоем, а вытекающее из него рекуррентное уравнение предназначено для расчета фазовых переходов от атомного уровня вещества до зернистых (дисперсных) материалов.

Ключевые слова: неподвижный и псевдоожженный зернистый слой, перепад давления, общее уравнение, уравнение фазового перехода.

Введение

В физической и в смежных с ней науках отсутствуют уравнения для фазовых переходов с использованием геометрических параметров структуры и состояния вещества. Переход дискретной системы неподвижного (стационарного) зернистого слоя при псевдоожжении к его кипящему состоянию формально определяет фазовый переход первого рода. Известные уравнения динамики зернистого слоя не отражают изменения в структуре вещества при фазовых переходах. Одно из известных и ряд модифицированных уравнений Ван-дер-Ваальса описывают равновесное состояние системы жидкость – пар в термодинамических параметрах. Наиболее распространенным практическим уравнением перепада давления в аппарате с зернистым материалом является двучленная формула Эргана. Коэффициенты 150 и 1.75 подобраны в ней на основании обработки большого числа экспериментальных данных многих авторов, но с завышенным значением коэффициента проницаемости зернистого слоя. Недостатком упрощенных эмпирических уравнений и формул по перепаду давления в зернистом слое являются потери точности с погрешностью от 5 до 40% и дополнительной информации об исследуемом объекте.

Течение жидкости через зернистый слой считается смешанной динамической задачей противоположных типов чисто вязкого и чисто инерционного характера. Существующие уравнения для перепада давления в аппарате с зернистым слоем описывают отдельно каждый тип течения газа или жидкости через зернистый слой в процессе его псевдоожжения. Поэтому пока еще отсутствует объединенное теоретическое уравнение для расчета перепада давления в неподвижном (стационарном) и в псевдоожженном состояниях зернистого слоя. Следовательно, псевдоожженный зернистый слой является основным состоянием дискретной системы, которая при определенных скоростях ожижающего потока жидкости или газа переходит в свои крайние противоположные состояния: неподвижного слоя и псевдоожжения – витания зерен до уноса их из аппарата. В связи с этим возникает необходимость объединить известные уравнения перепада давления в аппаратах с зернистым слоем для различных режимов течения восходящего потока ожижающего агента через зернистый слой с целью получения ценной информации в виде уравнения для инерционной составляющей и уравнения фазовых переходов вещества в точке его полного псевдоожжения. Поэтому, общее уравнение перепада давления в аппарате с зернистым слоем должно соответствовать непрерывному характеру изменения его состояний.

1. Вывод уравнения для фазовых переходов дискретных систем

Для объединения уравнений гидравлического сопротивления зернистого слоя, установленных ранее для различных режимов потока ожижающего агента, воспользуемся одночленным уравнением М.Э. Аэрова, О.М. Тодеса и Д.А. Наринского [1]. Это уравнение получено методом теории подобия и размерностей для ограниченных интервалов изменения критерия Рейнольдса и имеет вид

$$\frac{\Delta P}{H} = \frac{C_n}{Re^{2-n}} \frac{(1-\varepsilon)^{3-n}}{\varepsilon^3} \frac{\rho u^2}{d},$$

* Работа выполнена при финансовой поддержке Гранта Президента для научных школ НШ-2584.2020.8 с использованием оборудования Центра высоких технологий БГТУ им. В.Г. Шухова.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>