

Секция «Математика и механика»

Гравитационная конвекция суспензий в "больших" наклонных двумерных сосудах.

Невский Юрий Александрович

Кандидат наук

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,

Механико-математический факультет, Москва, Россия

E-mail: nevskii_u@mail.ru

Рассматривается замкнутый объем, заполненный вязкой несжимаемой жидкостью, содержащей сферические частицы одинакового радиуса, плотность которых отлична от плотности несущей фазы. Под действием силы тяжести дисперсная фаза приходит в движение, вызывая гравитационную конвекцию в несущей фазе. В качестве основы для математического описания используется приближение взаимопроникающих континуумов [1], при этом в межфазном взаимодействии учитываются силы нестационарной природы [2]. Реология двухфазной смеси предполагается ньютоновской с эффективной вязкостью, зависящей от локальной объемной доли частиц, смесь считается «сжимаемой» за счет перераспределения вещества фаз.

В работе рассмотрено типичное для технологических приложений приближение «больших» сосудов, когда характерный размер сосуда много больше характерной длины скоростной релаксации частиц. Рассмотрены три предельных случая: «медленной» и «быстрой» гравитационной конвекции суспензий (числа Рейнольдса возникающего конвективного течения малы или велики) и промежуточный случай (числа Рейнольдса конечны).

Для смесей с пренебрежимо малой объемной долей примеси проведены численные параметрические расчеты гравитационной конвекции суспензии в больших замкнутых двумерных областях. В случае стационарной «быстрой» гравитационной конвекции смеси найден первый интеграл уравнений движения, отличный от интеграла Бернулли, и найдены условия его существования.

Для смесей с конечной объемной долей примеси проведены численные параметрические расчеты «медленной» гравитационной конвекции суспензии в «больших» замкнутых двумерных областях. Получено качественное соответствие между результатами расчета и известными экспериментальными данными.

Исследовано возникновение крупномасштабных вихревых течений, а также эффект ускоренного осаждения частиц в сосуде с наклонными стенками (эффект Бойкотта). Эффект Бойкотта сильно зависит от величины аналога числа Грасгофа (коэффициента плавучести) и возрастает с увеличением этого параметра. Проведено моделирование процесса потери устойчивости и формирования «пальцев» на нижней границе оседающего конечного объема частиц.

Для уменьшения времени осаждения дисперсной фазы необходимо создавать неоднородную в горизонтальном направлении концентрацию засыпки частиц (например, наклоном сосуда) либо оставлять конечные зазоры между областью дисперсной фазы и боковыми стенками сосуда. Неоднородность засыпки позволяет формировать циркуляционные зоны, способные значительно менять скорость процесса осаждения дисперсной фазы. Получен диапазон углов наклона двумерных сосудов, в котором осаждение

примеси происходит наиболее быстро.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ 11-01-00483 и гранта Президента РФ МК – 3582.2011.1

Литература

1. Нигматулин Р.И. Основы механики гетерогенных сред // М.: Наука, 1978. 336 с.
2. Невский Ю.А., Осипцов А.Н. О роли нестационарных и наследственных сил в задачах гравитационной конвекции суспензий // Вестн. Моск. ун-та, Сер. 1, Мат., Мех. 2008, (4) с. 37-40.