

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
СОВРЕМЕННОЙ МЕХАНИКИ
СПЛОШНЫХ СРЕД**

**Всероссийская
молодёжная научная конференция**

Томск, 16–19 октября 2010 г.



ИЗДАТЕЛЬСТВО ТОМСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
2010

ЧИСЛЕННЫЙ РАСЧЕТ ДВИЖЕНИЯ ТОНКОДИСПЕРСНЫХ ЧАСТИЦ В ВОЗДУШНО-ЦЕНТРОБЕЖНОМ КЛАССИФИКАТОРЕ

Ш.Р. Садретдинов, А.В. Шваб

Проведено численное моделирование гетерогенного турбулентного закрученного потока в рабочей зоне воздушно-центробежного классификатора. Получены распределения поля скоростей, линии функции тока и траектории движения частиц. Исследованы режимные и геометрические параметры центробежного аппарата.

NUMERICAL STUDYING OF FINE DISPERSED PARTICLES MOTION IN CENTRIFUGAL AIR CLASSIFIER

SH.R. Sadretdinov, A.V. Shvab

A numerical model of a heterogeneous turbulent swirled flow in the separation zone of a centrifugal air classifier is presented. A distribution of velocity field, lines of stream function and particles trajectory motion is obtained. A regime of flow and geometrical parameters of centrifugal apparatus is researched.

В настоящее время получение высокопрочных и износостойких покрытий связано с использованием однородных и тонкодисперсных материалов. Для разделения порошков на фракции используют пневматические центробежные аппараты. Создание новых перспективных конструкций таких аппаратов невозможно без фундаментальных исследований в области двухфазных закрученных турбулентных потоков. В связи с большими сложностями и дороговизной опытных исследований численное моделирование является на сегодняшний день перспективным способом получения необходимой информации.

Рабочая камера воздушно-центробежного классификатора (ВЦК) представляет собой зазоры между тремя дисками, вращающимися вокруг одной оси. Основной поток газа подается через сечение z_1-z_2 , с некоторой начальной аксиальной и окружной компонентой скорости. Воздушный поток с твердыми частицами подается через сечение $0-r_1$ (рис.1). Все стенки классификатора могут вращаться с угловой скоростью Ω_d , вследствие этого поток газа во время движения внутри классификатора получает дополнительную закрутку.

Для математического описания закрученного турбулентного течения газа в сепарационной зоне (ВЦК) используется система уравнений Рейнольдса в цилиндрической системе координат, которая является незамкнутой. Для замыкания данной системы уравнений используется турбулентная модель Буссинеска и хорошо известная модель турбулентности « $k-\omega$ » Уилкокка, где k – кинетическая энергия пульсационного движения потока, а ω – удельная скорость диссипации кинетической энергии:

$$\frac{\partial rk}{\partial \tau} + \frac{\partial ru_r k}{\partial r} + \frac{\partial ru_z k}{\partial z} = \frac{1}{\text{Re}} \left\{ \frac{\partial}{\partial r} \left[r \left(1 + \nu_t \sigma^* \right) \frac{\partial k}{\partial r} \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[r \left(1 + \nu_t \sigma^* \right) \frac{\partial k}{\partial z} \right] \right\} + \text{Gen} - \beta^* rk \omega,$$

$$\frac{\partial r\omega}{\partial \tau} + \frac{\partial ru_r\omega}{\partial r} + \frac{\partial ru_z\omega}{\partial z} = \frac{1}{\text{Re}} \left\{ \frac{\partial}{\partial r} \left[r(1+v_t\sigma) \frac{\partial \omega}{\partial r} \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[r(1+v_t\sigma) \frac{\partial \omega}{\partial z} \right] \right\} + \gamma \text{Gen} \frac{\omega}{k} - \beta r\omega^2 -$$

$$-\beta\omega \sqrt{\text{rot}(u)_r^2 + \text{rot}(u)_z^2 + \text{rot}(u)_\varphi^2}, \quad v_t = \text{Re} \frac{k}{\omega}.$$

Здесь v_t – коэффициент турбулентной «кажущейся» вязкости; Gen – генерация скорости, константы модели имеют следующий вид: $\beta=3/40$, $\beta^*=9/100$, $\gamma=5/9$, $\sigma=1/2$, $\sigma^*=1/2$.

Полученная система уравнений решалась численно в физических переменных «скорость–давление» методом физического расщепления по времени полей давления и скорости. Полученная система уравнений Рейнольдса и модель турбулентности « k – ω » решались с помощью обобщенного неявного метода переменных направлений.

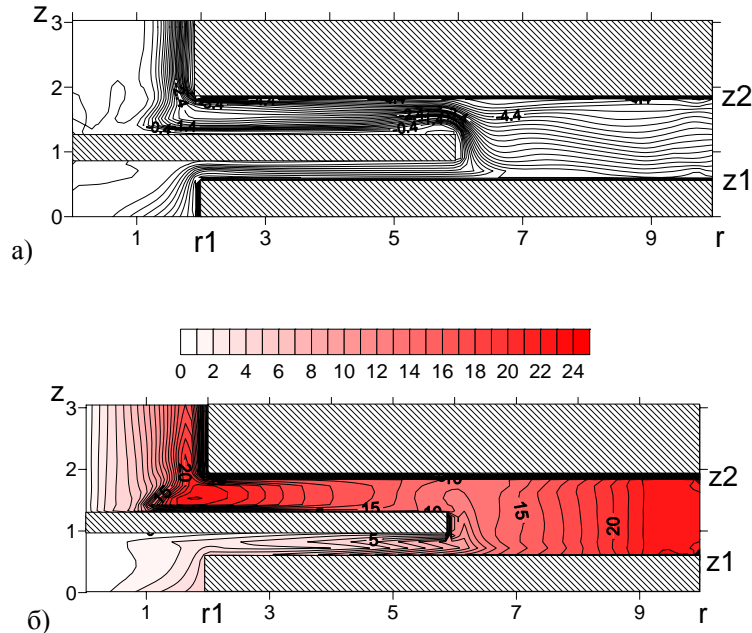


Рис. 1. Распределение: а – линий функции тока; б – поля окружной компоненты скорости (при параметрах течения $\text{Re}=5000$, $\text{Rf}=2.5$, $\text{Rd}=2.5$, $\text{Rp}=2.2$)

На рис. 1 показано распределение линий функции тока (а), изолиний окружной компоненты скорости (б).

Моделирование движения твердых частиц проводилось на основе траекторного подхода [1]. Суть данного подхода заключается в исследовании характера поведения частиц в уже рассчитанном поле скоростей несущей среды. При постановке задачи о движении частиц будем пренебрегать взаимодействием частиц между собой, а также их обратным влиянием на несущий поток. В таком случае на твердую частицу действуют только инерционная, аэродинамическая, центробежная и гравитационная силы.

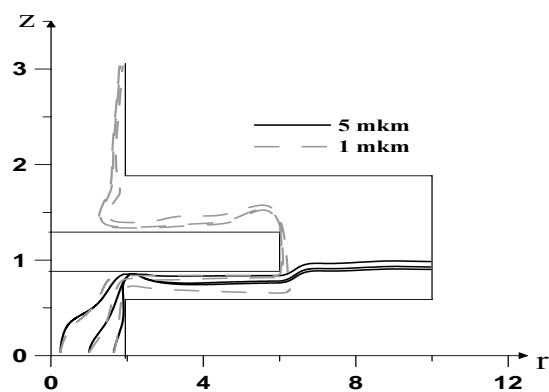


Рис. 2. Траектории движения частиц

На рис. 2 сплошными линиями показаны траектории частиц диаметром 5 мкм, а пунктирными – 1 мкм. Частицы диаметром 5 мкм под действием центробежной и инерционной сил попадают в зону сбора крупного продукта, а частицы диаметром 1 мкм попадают в мелкий продукт. Таким образом, граничный размер разделяемых частиц составляет 2–4 мкм. Подводя итог, можно заключить, что данная конструкция ВЦК может разделять достаточно тонкие порошки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шваб А.В., Зятиков П.Н., Садретдинов Ш.Р., Чепель А.Г. Моделирование процесса фракционного разделения частиц в воздушно-центробежном классификаторе // Теоретические основы химической технологии. 2010. Т. 44, № 5.