

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗДУШНОГО ПОТОКА В УДАРНО-ЦЕНТРОБЕЖНОЙ МЕЛЬНИЦЕ

Федарович Е.Г., Левданский А.Э., Чиркун Т.Я.
Белорусский государственный технологический университет
г. Минск, Беларусь

Модернизация и усовершенствование имеющегося в настоящее время оборудования невозможно без наличия качественной, и приемлемо точной математической модели. В частности, построение данных моделей позволяет оптимизировать конструкции агрегатов, применяемых для измельчения кусковых материалов за счет воздействия центробежных сил. Процесс измельчения в центробежных машинах во многом зависит от траектории движения потоков газа в агрегате, его распределения в сечении аппарата, а также турбулентности и образования вихрей в определенных областях. Целью настоящего исследования являлось построение трехмерной модели перемещения газового потока в ударно-центробежной мельнице.

Для этого необходимо было определить траектории движения потока воздуха в мельнице, скорость потока воздуха в различных зонах мельницы, определить величину осевой силы, действующей на рабочее колесо, а также установить влияние частоты вращения рабочего колеса мельницы на вышеуказанные параметры.

Моделирование осуществлялось для ударно-центробежной мельницы разработанной в УО «БГТУ», для измельчения не пластичных материалов средней и малой прочности, и может найти широкое применение на предприятиях производства строительных материалов, в горно-обогащительной, химической, пищевой и других отраслях промышленности [1].

Трехмерная модель создавалась в приложении SpaceClaim и рассчитывалась при помощи программы Ansys CFX. Частота вращения изменялась следующим образом, об/мин: 2900, 2000, 1450. Распределяющейся средой являлся идеальный газ с плотностью на входе $1,16 \text{ кг/м}^3$. Температура газа на входе составляла 288,15 К. Объемная производительность определялась в соответствии с работой [2], и составляла: 2900 об/мин – $0,28 \text{ м}^3/\text{с}$, 2000 об/мин – $0,18 \text{ м}^3/\text{с}$, 1450 об/мин – $0,15 \text{ м}^3/\text{с}$.

Для расчетов была применима стандартная модель турбулентности $k-\varepsilon$, предложенная Лаундером и Спалдингом [3]. В модели предполагается, что течение полностью турбулентное, а влияние молекулярной вязкости незначительно. Данная модель является наиболее популярной ввиду своей надежности, приемлемой точности для широкого диапазона турбулентных течений.

В таблице 1 представлены полученные результаты моделирования.

Таблица 1 – Результаты моделирования

Определяемые параметры	2900 об/мин	2000 об/мин	1450 об/мин
Максимальная скорость газового потока, м/с	50,55	35,69	26,23
Степень повышения давления	1,043	1,021	1,011
Осевая сила, действующая на рабочее колесо, Н	27,2	12,27	7,78
Момент на валу, Н·м	7,71	3,63	2,08

На рисунке 1 представлен пример моделирования движения воздушного потока в ударно-центробежной мельнице при частоте вращения рабочего колеса 2900 об/мин.

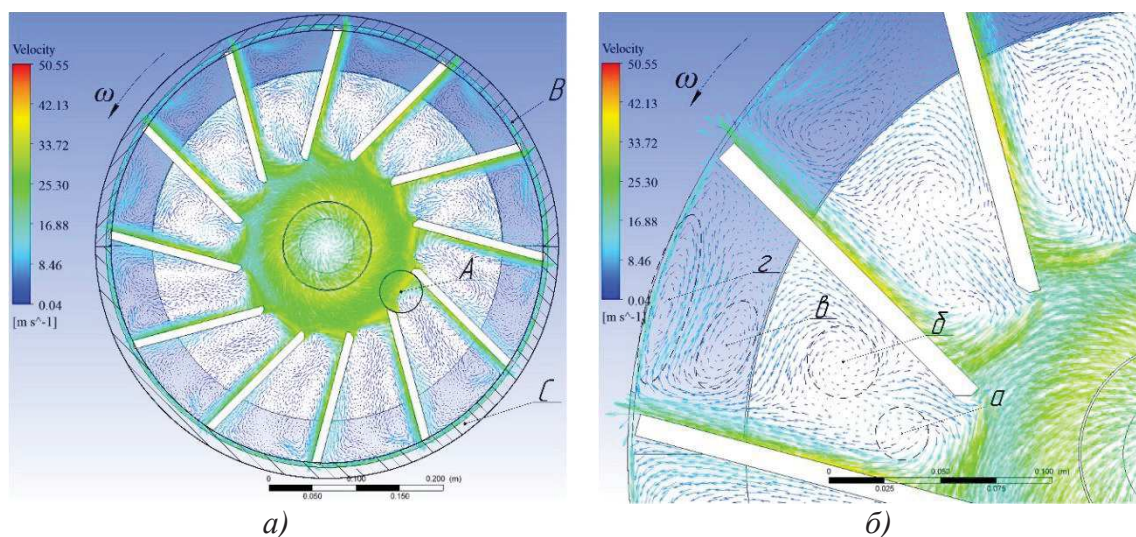


Рисунок 1 – Векторы скорости потока газа в мельнице

Как видно из рисунка 1а, максимальная скорость воздушного потока наблюдается при входе в межлопаточную область А. Далее, по мере продвижения газа по поверхности лопаток рабочего колеса, скорость несколько снижается. В зависимости от расположения разгрузочного патрубка, скорость потока на концах лопаток, для частоты вращения рабочего колеса 2900 об/мин, будет равна: вблизи разгрузочного патрубка (область В) – 25,10 м/с, в области С – 32,18 м/с (средняя скорость по высоте мельницы). Так же, на рисунке 1б можно заметить наличие повышенной турбулентности потока в межлопаточной области, с последующим образованием завихрений а, б, в, г.

В результате выполнения численных экспериментов, была получена модель движения воздушного потока в ударно-центробежной мельнице. При анализе результатов, полученных при моделировании, выявлено влияние частоты вращения рабочего колеса на скорость перемещения газового потока в различных областях мельницы. Были определены траектории газового потока и области повышенной турбулентности с образованием вихрей. Полученная модель позволяет определить возможную траекторию движения сыпучего материала в мельнице, а также области, в которых материал может задерживаться.

Список использованных источников

1. Пат. 34889 Республика Казахстан, МПК В 02 С 13/08. Вихревая мельница [Текст] / Левданский А.Э., Левданский Э.И., Федарович Е.Г., Голубев В.Г., Сарсенбекулы Д., Жумадуллаев Д.К.; заявитель и патентообладатель «Южно-Казахстанский гос. ун-т им. М.Ауэзова – № 2019/0690; заявл. 18.09.2019; опубл. 19.02.2021, Бюл. № 7. – 6 с.: ил.
2. Левданский А.Э. Научно-практические основы применения проточных течений для интенсификации процессов классификации и измельчения [Текст]: дис. ... док. техн. наук: 05.17.08: защищена 24.11.2004: утв. 06.07.2005 / Левданский Александр Эдуардович. – Минск, 2004. – 327 с.
3. B. E. Launder and D. B. Spalding. Lectures in Mathematical Models of Turbulence. Academic Press, London, England. 1972.