

Математическое моделирование течений многокомпонентных сред в кольцевых соплах с применением высокопроизводительных вычислений

А.Л. Карташев, М.А. Карташева

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Южно-Уральский государственный университет»
(национальный исследовательский университет)

Рассмотрена задача определения зависимости тяговых характеристик кольцевых сопел от параметров конденсированной фазы. При этом полагалось, что все частицы конденсированной фазы состоят из одного вещества, а химические реакции в смеси и фазовые переходы между газом и конденсированной фазой отсутствуют [1].

Течение в кольцевом сопле является «смешанным» течением. Наличие в поле течения до-, транс-, сверхзвуковых областей характерно для большинства геометрических конфигураций кольцевых сопел, причем дозвуковые области могут возникать даже вблизи выходного сечения сопла. Таким образом, в различных подобластях решения задачи уравнения газовой фазы могут принадлежать к эллиптическому или гиперболическому типу, что приводит к необходимости применять различные методы для решения задачи в каждой из этих областей, при этом границы указанных подобластей заранее неизвестны. Поэтому для расчета параметров «смешанного» течения целесообразно также применить метод установления, как и при моделировании течений чистого газа.

Вследствие громоздкости уравнений двухфазного течения с учетом процессов коагуляции и дробления частиц и сложной геометрической конфигурации области решения численное интегрирование этих уравнений представляет собой довольно сложную алгоритмическую задачу. Поэтому, в рамках предлагаемого подхода, для математического моделирования использовались уравнения непрерывной модели, записанные для дискретной функции распределения [2].

В ряде возможных случаев течения для решения рассматриваемой задачи целесообразно применять метод псевдоустановления, заключающийся в разделении системы уравнений на две подсистемы: для газа и для частиц, первая из которых решается методом установления, а для решения второй подсистемы – расчета параметров частиц – используются стационарные уравнения, интегрирование которых возможно различными способами, например, с помощью неявных разностных схем.

С помощью описанных выше методов и алгоритмов проведено математическое моделирование параметров многофазной полидисперсной смеси для типичной конфигурации кольцевого сопла. В ходе проведения численных исследований получены значения импульса осаждения частиц конденсированной фазы J_{gr} на центральное тело и внешнюю обечайку сопла. Исследованы траектории движения частиц полидисперсной конденсированной фазы в условиях сложной геометрической конфигурации и значительных градиентов газодинамических параметров.

Результаты математического моделирования получены с применением высокопроизводительных вычислений на суперкомпьютере «СКИФ-Аврора ЮУрГУ» ФГБОУ ВПО «ЮУрГУ» (НИУ) с производительностью до 117 TFlops.

Литература

1. Карташев, А.Л. Математическое моделирование течений в кольцевых соплах: монография/А.Л. Карташев, М.А. Карташева. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2011. – 158 с.
2. Газовая динамика двухфазных течений в соплах/ И.М. Васенин, В.А. Архипов, В.Г. Бутов и др. – Томск: Изд-во Томского университета, 1986. – 262 с.