

УДК 536.37, 533.9.072

Взаимодействие частиц с высокотемпературным потоком газа

Кривошеев Ю.К.

Белорусский национальный технический университет

В общей постановке моделирование течения высокотемпературной струи газа с частицами требует совместного решения уравнений движения и теплообмена. Чаще всего поступают следующим образом: вначале задаются профилем распределения скорости и температуры газовой струи, затем на их основе рассчитывают движение и нагрев частицы. При таком подходе предполагается, что отсутствует влияние частиц на параметры струи, а это возможно лишь при малом количестве дисперсной фазы в потоке газа. Если же количество частиц относительно велико, может произойти снижение скорости и температуры потока. В общей постановке задача является трёхмерной, однако чаще всего невозмущённая струя газа (без частиц) обладает осевой симметрией и для её описания достаточно постановки задачи в цилиндрической системе координат. Частицы, движущиеся в потоке плазмы, подвергаются воздействию различных сил, учёт большинства из них практически неосуществим. Это силы гравитации, инерции, вязкого сопротивления, силы Сэфмана, Магнуса, Боссе, термофореза, кулоновские силы. Обтекание сферы установившимся потоком вязкой жидкости с постоянными свойствами достаточно хорошо изучено экспериментально и в некоторых случаях – теоретически. Характер течения определяется числом Рейнольдса. Если сфера не покоится в потоке, а движется со скоростью u_p , то число Рейнольдса вычисляется по параметрам относительного движения частицы. Аналитическое выражение для коэффициента сопротивления сферы, полученное для вязкого течения при $Re < 1$ имеет вид $C_d = 24/Re$. Для более широкого диапазона чисел Рейнольдса получено большое количество полуэмпирических выражений коэффициента C_d , которые между собой практически не отличаются в диапазоне $1 < Re < 100$, реализуемом в большинстве случаев. Использование зависимостей, полученных для низкотемпературных потоков, требует их модификации. В первую очередь это связано с эффектом переменных свойств газа, и в меньшей степени – с учётом его разреженности. Обычно температура поверхности частицы значительно ниже температуры натекающего потока. При этом существует тепловой пограничный слой газа, в котором его температура изменяется от температуры поверхности частицы до невозмущённой температуры потока вдалеке от частицы. Такой перепад температур может составлять значительную величину, при этом вязкость, теплопроводность, теплоёмкость газа могут изменяться на порядок и более.