

МЕТОД ПОГРУЖЕННОЙ ГРАНИЦЫ В ЗАДАЧАХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ГЕТЕРОГЕННОГО ПОТОКА С ПРЕГРАДОЙ

Винников В. В., Ревизников Д. Л., Способин А. В.

Московский авиационный институт (государственный технический университет),
г. Москва, Россия

Одной из сложных прикладных проблем является задача обтекания тел гетерогенным потоком. Её актуальность обуславливается насущной необходимостью эффективного решения ряда практических задач, таких как проектирование паровых и газовых турбин, движение летательных аппаратов в запыленной атмосфере, абразивная обработка материалов. Работа посвящена вопросам численного моделирования задач теплоэрозионного разрушения тел в сверхзвуковом запыленном потоке. Представлены описание комплексной математической модели многофакторного воздействия гетерогенного дисперсного потока на преграду, а также алгоритмическая реализация с помощью метода погруженной границы. В рамках этого авторского подхода, использующего стационарные прямоугольные сетки, выполняется сопряжение модели динамики дисперсной фазы, модели газовой динамики ударного слоя и модели тепломассообмена в разрушающемся теле. Модель двухфазного ударного слоя сочетает описание газовой фазы в эйлеровых переменных и описание дисперсной фазы в лагранжевых переменных. Для уравнений газовой динамики аппроксимация криволинейных подвижных границ преграды осуществляется методом погруженной границы с фиктивными ячейками. Численное моделирование динамики примеси производится согласно полномасштабному варианту дискретно-элементного метода. Предложенный подход учитывает взаимное влияние различных факторов: воздействие дисперсной фазы на картину течения и на обтекаемую поверхность, теплоперенос, а также разрушение обтекаемого тела вследствие уноса массы.

На основе компьютерной реализации моделей и алгоритмов выполнено численное исследование теплообмена и эрозионного разрушения кругового цилиндра при поперечном обтекании запыленным потоком. Авторами показано, что учет столкновений между частицами ведет к уменьшению тепловых нагрузок на обтекаемую поверхность и снижению интенсивности уноса массы материала преграды, а учет обратного влияния изменения формы тела на параметры двухфазного ударного слоя отражается на геометрической форме образца. Проведено также моделирование газодинамического стенда в конфигурации для эксперимента по натеканию сверхзвуковой газодисперсной струи на плоский торец цилиндра. Использование в численных расчётах ранее полученных натуральных измерений позволило оценить коэффициент восстановления скорости частиц, соударяющихся с головной частью обтекаемого образца.

Данная работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант РФФИ № 09-08-00542), а также Совета по грантам Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых (грант МК-115.2009.8).