

УПРАВЛЕНИЕ РЕЖИМОМ ОБТЕКАНИЯ КАВЕРНЫ ПОСРЕДСТВОМ ТЕПЛОВОГО ВОЗМУЩЕНИЯ

А. А. Аксенов¹, М. М. Симоненко², А.С. Шишаева^{1,2}

¹ ООО «ТЕСИС», Москва

² НИИ механики МГУ, Москва,

Сверхзвуковые турбулентные течения около кольцевых каверн представляют большой практический интерес, так как реализуются в областях между выступами и около всевозможных выемок и полостей на корпусах различных летательных аппаратов. В зависимости от отношения длины каверны к ее глубине течение может быть двух видов: открытым или замкнутым. Когда отношение длины каверны к глубине велико, реализуется замкнутое течение. В этом случае внешний сверхзвуковой поток заходит в каверну и присоединяется к поверхности дна каверны. При этом около переднего и заднего уступов каверны формируются две изолированные области отрыва потока. Когда соотношение между длиной и глубиной каверны мало, реализуется открытое течение, при котором всю каверну от передней до задней стенки занимает дозвуковое отрывное течение, отделенное от внешнего потока турбулентным слоем смешения. На определенном интервале соотношений между длиной и глубиной каверны в зависимости от предыстории течения может реализовываться как открытый, так и замкнутый режим обтекания каверны. Эта область называется областью гистерезиса. В области гистерезиса сопротивление обтекаемого тела с замкнутым режимом течения в каверне может существенно превышать сопротивление аналогичного тела с открытым режимом течения в каверне. Если в этой области внести в течение однократное возмущение, соответствующее определенным требованиям, можно вызвать перестройку течения в открытый режим с сопутствующим снижением общего сопротивления.

Целью настоящего исследования является определение условий, при которых происходит перестройка от замкнутой схемы течения в каверне к открытой под воздействием теплового возмущения. С использованием программного комплекса FlowVision численно исследуется осесимметричное сверхзвуковое обтекание цилиндрического тела с коническим наконечником и кольцевой каверной прямоугольного осевого сечения. В качестве начального состояния течения в каверне берется решение, соответствующее замкнутому режиму. Возмущение вносится посредством теплового источника, расположенного на дне каверны. Источник представляет собой кольцевую область пространства, в которой включается тепловыделение различной мощности.

В ходе исследования рассматривалось влияние расположения, мощности и времени воздействия теплового возмущения на течение в каверне. Для различных конфигураций течения определено значение пороговой мощности теплового возмущения, необходимой для перестройки течения из замкнутого режима в открытый. Установлены зависимости пороговой мощности от расположения источника при различных длинах каверны. Исследование показало, что в области гистерезиса внесение однократного возмущения, равного пороговому, приводит к необратимой перестройке замкнутого течения к открытому. Вне области гистерезиса внесение теплового возмущения может приводить к перестройке замкнутого течения в открытое, однако, после отключения теплового возмущения схема течения обратно возвращается к замкнутой.

Работа выполнена при частичной поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 19-01-00242).