

0.1. Скибина Н.П., Фарапонов В.В. Численное исследование обтекания пары тел сверхзвуковым потоком газа

Изучение аэродинамических процессов, протекающих при групповом движении объектов, является комплексной задачей, для решения которой необходимо совместное использование экспериментальных, аналитических и численных подходов. В сверхзвуковой аэродинамике процесс обтекания нескольких тел встречается достаточно часто – при функционировании многоствольных артиллерийских систем, разделении объектов ракетно – космической техники на траектории полета, разрушении тел при движении на высоких скоростях. В то время как динамика полета одиночного тела хорошо изучена, случаи группового полета рассматриваются значительно реже и отличаются разнообразием картин течения в зависимости от условий движения [1–3].

Исследования сверхзвуковых течений при движении группы тел на удалении друг от друга относятся к актуальным задачам газодинамики, ввиду того, что детальный анализ их структур важен для объяснения явления аэродинамической интерференции, оценки тепловых эффектов и прогнозирования величин возникающих сил и моментов.

В данной работе представлено численное решение задачи обтекания пары тел вращения одинаковой формы сверхзвуковым потоком газа с числами Маха $= 2$ и $= 5$. Экспериментальные исследования, результаты которых используются для проверки адекватности выбранной математической модели процесса, проведены на импульсной аэродинамической установке ТГУ. Граничные условия для расчета идентичны условиям в зоне стационарного течения в рабочей части установки, где располагается сборка, состоящая из исследуемых тел, державок и устройства для крепежа.

Описание процесса обтекания тела вращения потоком вязкого теплопроводного газа производится путем решения системы осредненных по Рейнольдсу уравнений Навье – Стокса методом конечных объемов. В качестве модели турбулентности выбрана полуэмпирическая модифицированная SST модель Ментера. Расчетная сетка состоит преимущественно из элементов в форме гексаэдров. Пограничный слой разрешается, выполняется закон стенки.

Решение задачи проведено в два этапа: на первом рассмотрено обтекание двух сфер радиусом 6 мм, на втором – два цилиндрических тела со сферической головной частью. Результаты математического моделирования согласуются с данными проведенных экспериментальных исследований и информацией из литературных источников.

В ходе работы получено детальное описание формирующихся при групповом полете тел ударно-волновых структур и выявлены некоторые особенности влияния граничных условий на качественную

составляющую результатов математического моделирования [4, 5].

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ в рамках государственного задания № 0721-2020-0036.

Научный руководитель – к.ф.-м.н. Фарапонов В. В.

Список литературы

- [1] Звезгинцев В. И. Газодинамические установки кратковременного действия. Часть I. Установки для научных исследований / Новосибирск: Параллель, 2014. 551 с.
- [2] Скибина Н. П., Савкина Н. В., Фарапонов В. В. и др. Комплексный подход к решению задачи высокоскоростного обтекания тела в импульсной аэродинамической установке и проверка согласованности полученных результатов // Вестник Томского государственного университета. Математика и механика. №. 59. С. 118–129.
- [3] Скибина Н. П. Математическое моделирование газодинамических процессов в импульсной аэродинамической установке и расчет некоторых параметров потока в рабочей части // Вычислительные технологии. 2019. Т. 24. № 5. С. 8–48.
- [4] Ковалев П. И., Менде Н. П., Альбом сверхзвуковых течений / СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2011. 251 с.
- [5] Златин Н. А., Мишин Г. И. Баллистические установки и их применение в экспериментальных исследованиях / Изд-во Наука, 1974. 344 с.