

**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.