К.Э. Мурзина

Численное моделирование сверхзвукового течения с маховским отражением в сужающемся канале

Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф.Устинова, Санкт-Петербург, Россия
E-mail: karinkamurz@yandex.ru

В настоящее время изучение ударно-волновых процессов является актуальной тематикой. Связано это с тем, что летательные аппараты стремятся двигаться со сверхзвуковой скоростью без особых потерь на сжигание топлива. За последние несколько лет был достигнут пик эффективности реактивных двигателей, работающих на химическом топливе. Многие учёные пришли к выводу, что процесс детонационного сгорания может стать прорывом для будущего двигателестроения [1,2].

Идея прямоточного детонационного воздушно-реактивного двигателя обсуждается в научной литературе на протяжении десятилетий [3]. Несмотря на теоретическую простоту устройства, его практическое функционирование затруднено образованием сложных ударно-волновых структур с различными температурами топливно-воздушной смеси (ТВС) за их элементами. В результате детонирует только часть горючего за образующимися скачками уплотнения, имеющая наибольшую температуру [1, 2]. В частности, при маховском отражении температура потока за главным скачком заметно больше, чем за системой из падающего и отраженного скачков, в результате чего, как правило, детонирует только часть потока, расположенная за «маховской ножкой».

Как показывают исследования [4] сверхзвуковых входных диффузоров воздушно-реактивных двигателей (ВРД), потери полного давления в потоке за падающим и отраженным скачками много меньше, чем за «маховским» скачком. Эта часть потока предпочтительна для последующего поступления в камеру сгорания ВРД.

Целью данной работы является численно смоделировать сверхзвуковое течения с маховским отражением в сужающемся канале между клиньями, чтобы в дальнейшем разработать пути повышения эффективности.

Рассматриваемая задача помогает понять основы ударно-волновой теории [5,6,7]. Треугольный клин, размеры которого позволяют согласно расчётам получить маховское отражение, обтекается потоком с числом Маха $M = 5$. В качестве обтекаемой структуры используется идеальный газ. Давление газа при начальных условиях равно 1 атмосфере. Приведены результаты численного моделирования сверхзвукового обтекания клина, проведен анализ численных результатов.

Список используемой литературы:

1. Булат П.В., Денисенко П.В., Волков К.Н. Тенденции разработки детонационных двигателей для высокоскоростных воздушно-космических летательных аппаратов и проблема тройных конфигураций ударных волн. Часть I. Исследования детонационных двигателей // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2016. Т. 16. № 1. С. 1-21.
2. Булат П.В., Денисенко П.В. Тенденции разработки детонационных двигателей для высокоскоростных воздушно-космических летательных аппаратов и проблема тройных конфигураций ударных волн. Часть II. Исследования встречных ударных волн и тройных ударно-волновых конфигураций // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2016. Т. 16. № 2. С. 199-223.
3. Dunlap R., Brehm R.L., Nichols J.A. A Preliminary Study of the Application of Steady-State Detonative Combustion to a Reaction Engine // Journal of Jet Propulsion. 1958. Vol. 28. No. 7. Pp. 451-456.
4. Петров Г.И. Аэромеханика больших скоростей и космические исследования: избранные труды. М.: Наука, 1992. 306 с.

5. Усков В.Н., Чернышов М.В. Особые и экстремальные тройные конфигурации скачков уплотнения // Прикладная механика и техническая физика. 2006. Т. 47. № 4. С. 39-53.
6. Капралова А.С., Чернышов М.В. Тройные конфигурации догоняющих скачков уплотнения в условиях неоднозначности решения // Вестник Концерна ВКО «Алмаз – Антей». 2017. № 4. С. 46-52.
7. Усков В.Н., Чернышов М.В. Экстремальные ударно-волновые системы в задачах внешней аэродинамики // Теплофизика и аэромеханика. 2014. Т. 21. № 1. С. 15-31.