

УДК 621.454

Решение задачи сопряженного тепломассообмена в условиях камеры сгорания модельного ракетного двигателя малой тяги

Ворожеева Олеся Андреевна
Коптев Илья Иванович^(*)

oa-vorozheeva@bmstu.ru
koptevilya@bmstu.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. Рассмотрено решение задачи сопряженного тепломассообмена в условиях камеры сгорания ракетного двигателя малой тяги (РДМТ) на кислородно-метановом топливе с помощью численных методов моделирования в программном комплексе Ansys Fluent. Моделирование рабочего процесса в камере сгорания выполнено с помощью модели тонкого фронта пламени на основе кинетического механизма химических реакций GRI Mech 3.0.50. Проведено сравнение результатов моделирования и экспериментальных исследований.

Ключевые слова: Ракетный двигатель малой тяги, кислород, метан, математическое моделирование, сопряженный тепломассообмен

Введение. Ракетный двигатель малой тяги (РДМТ) является сложной технической системой, к которой предъявляются жесткие требования, обусловленные необходимостью повышения надежности, экономичности и энергетической эффективности, одновременное обеспечение которых представляет определенные трудности. Например, повышение экономичности РДМТ связано с увеличением действительного удельного импульса двигателя, что ведет к росту температур и теплонапряженности элементов конструкции и усложняет задачу проектирования из-за необходимости прогнозирования надежности элементов конструкции при повышенных энергетических характеристиках двигателя.

Решение сопряженной задачи с помощью численных методов вычислительной гидрогазодинамики и тепломассообмена позволяет на ранних этапах предсказать наиболее теплонагруженные зоны и учесть их при дальнейшем проектировании РДМТ, тем самым снизив затраты на экспериментальную отработку двигателя.

Целью работы является проведение математического моделирования задачи, сопряженного тепломассообмена в условиях камеры РДМТ и сравнение полученных результатов с расчетными данными при допущении адиабатной стенки и экспериментальными данными модельного РДМТ.

Материалы и методы; результаты. Исследования сопряженного тепломассообмена проведено на модельном РДМТ, работающем на газообразных кислороде и метане. Математическое моделирование проведено на стационарном режиме.

Математическая модель сопряженного тепломассообмена включала в себя систему уравнений сохранения массы, количества движения и энергии в трехмерной стационарной постановке, уравнение состояния идеального газа

и модель турбулентности SST k- ω . Рабочий процесс в камере РДМТ рассчитывался программным комплексом Ansys Fluent [1] с помощью модели тонкого фронта пламени, которая работает в паре с кинетическим механизмом горения GRI Mech 3.0.50 [2]. В качестве граничных условий задавались массовые расходы газообразных кислорода и метана на входе в коллекторы, а также давление на выходе из расчетной области 0,1 МПа, на границах соприкосновения газа с металлом задавалось условия сопряженной стенки.

В работы проведено математическое моделирование сопряженного теплообмена в условиях камеры модельного РМДТ и сравнение полученных результатов с расчетными данными при допущении адиабатной стенки и экспериментальными данными.

Заключение. Анализ и сравнение результатов расчета и экспериментальных показали удовлетворительное совпадение температурных полей на наружной стенке камеры РДМТ.

Список источников

- [1] *ANSYS Fluent User's Guide*. ANSYS Inc., 2021, 1070 p.
- [2] Ковалев К.Е., Федотова К.В., Ворожеева О.А. Расчетное исследование эффективности системы подачи компонентов в модельном ракетном двигателе малой тяги на кислород-метане. *Инженерный журнал: наука и инновации*, 2022, № 10. <https://doi.org/10.18698/2308-6033-2022-10-2217>