

УДК 621.452.3+621.4+519.6

## ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ДОВОДКА МНОГОФОРСУНОЧНОЙ КАМЕРЫ СГОРАНИЯ ГТУ С МИНИМАЛЬНЫМ НАБОРОМ КОНСТРУКТИВНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ

Бакланов А.В., ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ», г. Казань, [ABaklanov@oao.kmpo.ru](mailto:ABaklanov@oao.kmpo.ru)  
Малюков А.В., КазНЦ РАН, г. Казань, [aleksei.maliukoff@yandex.ru](mailto:aleksei.maliukoff@yandex.ru)

В работе исследовался рабочий процесс камеры сгорания газотурбинного двигателя, конверсированного на природный газ. Целью работы являлось снижение выбросов токсичных веществ в атмосферу получение требуемой неравномерности температурного поля на выходе камеры сгорания. Требовалось усовершенствовать камеру сгорания с помощью минимальных изменений базовой конструкции.

Современное развитие вычислительной гидрогазодинамики позволяет успешно применять численное моделирование при отработке камер сгорания различных устройств [1-3].

В процессе работы использовалась система ANSYS Fluent, в которой была реализована математическая модель течения многокомпонентного гомогенного рабочего тела с учетом смешения и горения.

В качестве граничных условий на входе в соответствующих сечениях задавался массовый расход воздуха и метана. Все стенки моделируемой области обеспечивали условия прилипания и непротекания.

В зависимости от исследуемых модификаций КС объём расчетной сетки составлял 7,5-8,0 миллионов элементов. Для проверки сеточной зависимости были созданы модели, содержащие 10,5 и 3,5 миллионов сеточных элементов. По итогам тестовых расчетов было принято решение использовать оптимальную сетку с 7,5-8,0 миллионами элементов.

В качестве моделей турбулентности рассматривалась двухпараметрическая модель Realizable  $k-\varepsilon$ , с использованием стандартной пристеночной функции.

Горение моделировалось с позиции совокупности очагов пламени в турбулентном потоке (*flamlet*) для перемешанных компонентов. В данной модели горения доля компонента и температура смеси определяются на основании переменной смешения  $x$  и интенсивности деформации очага пламени  $s$ , представляющей собой скорость скалярной диссипации. В качестве набора химических реакций для окисления метана рассматривался механизм GRI-Mech 3.0.

Модернизация камеры сгорания заключалась в следующем:

1. Перераспределение отверстий по длине жаровой трубы;
2. Организация локального дозированного вдува;
3. Оптимизацию горелочного устройства.

Перераспределение отверстий по длине жаровой трубы позволяет достигнуть лучшего температурного состояния стенок тракта жаровой трубы [4]. Существенное влияние на процесс горения оказывает локальный дозированный вдув. Данное мероприятие способствует изменению гидравлических сопротивлений, перераспределению потоков воздуха, коэффициента избытка воздуха, формируемое горелочным устройством, что позволяет уменьшить температуру в области горения и фронтальной плиты. Мероприятия, связанные с оптимизацией горелочного устройства, позволяют повлиять на процессы горения. Так, при изменении горелочного устройства возможно усилить рециркуляционную зону между горелочным устройством и фронтальной плитой, а также изменить форму «факела» [5].

Полученные результаты позволяют выбрать оптимальное направление по доводке конструкции камеры сгорания.

### Список литературы

1. *Аксенов А.А., Похилко В.И., Тишин А.П.* Исследование двухступенчатого сжигания метана // Труды 2-й национальной конференции по теплообмену (РНКТ-2) Т. 3. М.: МЭИ, 1998. С. 161-164
2. Математическая модель и расчет характеристик рабочего процесса в камере сгорания ЖРД малой тяги на компонентах топлива метан-кислород / *А.В. Новиков, Д.А. Ягодников, В.А. Буркальцев, В.И. Лапицкий* // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Серия Машиностроение. 2004. С. 8-17
3. Моделирование эмиссионных характеристик камер сгорания ГТД / *А.Н. Сабирзянов, В.Б. Явкин, Ю.Б. Александров, А.Н. Маркушин, А.В. Бакланов* // Вестник КГТУ им. А.Н. Туполева. 2014. № 2. С. 62-70.
4. *Бакланов А.В.* Поэтапная доводка камеры сгорания газотурбинного двигателя, работающей в условиях форсирования скорости воздуха на выходе из компрессора // Вестник московского авиационного института. 2017. Т. 24. № 3 С. 13-22.
5. *Бакланов А.В.* Малоэмиссионная камера сгорания диффузионного типа с микропламенным горением для конвертированного авиационного газотурбинного двигателя // Вестник Московского авиационного института. 2017. Т. 24. № 2. С. 57-68.