

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ В КАМЕРЕ СГОРАНИЯ В УСЛОВИЯХ СТЕНДОВЫХ ИСПЫТАНИЙ

Тихонов О.А., Сабирзянов А.Н., Бакланов А.В.

КНИТУ им. А.Н. Туполева – КАИ, г.Казань, OLATikhonov@kai.ru

Ключевые слова: камера сгорания, стендовые испытания, температурное поле, моделирование.

Моделирование процессов горения в камере сгорания (КС) в условиях стендовых испытаний являются актуальными для отработки моделей горения и турбулентности, наиболее адекватно описывающих процессы, происходящие в КС конкретной конструкции [1]. Профили температуры на выходе КС в условиях стендовых испытаний, как правило, соответствуют номинальным режимам работы. Сопоставление результатов моделирования с экспериментальными данными в условиях стендовых испытаний позволяют не только верифицировать принятую модель для инженерных расчетов, но свидетельствуют об обеспечении необходимого профиля температуры на выходе КС на номинальном режиме работы.

В данной работе рассматривается КС газотурбинного двигателя НК-38СТ [2]. Геометрической моделью КС является сектор размером 1/23 части ее объема. Сеточная модель представляет неструктурированную тетрагональную сетку из 15 млн. ячеек. Она построена на основе глобального автоматического метода Patch Conforming.

Численные исследования проводились в стационарной постановке в адиабатном приближении. Для моделирования газодинамической структуры потока использовались RANS модели турбулентности. Для моделирования процессов горения использовались ряд следующих моделей:

- модель ламинарных микропламен (FlameLet) с набором механизмов химических реакций grimesch30 (53 индивидуальных вещества и 320 химических реакций) и kee58 (18 индивидуальных вещества и 58 химических реакций);

- модели горения FiniteRate (FR) и EddyDissipation (ED), основанные на обобщенных химических механизмах (2 химических реакции).

На основе имеющихся экспериментальных данных по продувкам серийной КС НК38-СТ проведена оценка газодинамических параметров на различных RANS моделях турбулентности. По результатам, представленным в таблице №2, показано, что минимальную погрешность дает модель турбулентности $k-\omega$ SST.

Таблица 1 - Результаты расчета продувки серийной КС НК-38СТ

Модели турбулентности	Полное давление, p^* , Па		Абсолютная скорость, u_a , м/с	Коэффициент восстановления полного давления	Коэффициент гидравлических потерь	Приведенная скорость
	Входное сечение	Выходное сечение	Входное сечение			
$k-\varepsilon$ RNG (SW)	106331	101956,3	94,181	0,9589	1,1871	0,2473
$k-\varepsilon$ RNG (EW)	106441	101923,6	94,079	0,9576	1,2271	0,247
$k-\varepsilon$ Realizable (SW)	106114	101770,9	94,385	0,9591	1,1759	0,248
$k-\omega$ SST	107045	101920,9	94,2	0,952	1,3915	0,2474
Эксперимент	106861	101578,5	95,744	0,9506	1,3887	0,251

Выполнены расчеты основных параметров КС с различными комбинациями моделей горения и турбулентности. Сравнение полученных данных с экспериментальными по профилю температуры позволяют выделить модель турбулентности $k-\omega$ SST и модель горения FlameLet (рис. 1). Следует отметить, что при данном подходе моделирования расчетная эмиссия CO на выходе из КС хорошо верифицируется с экспериментальными данными.

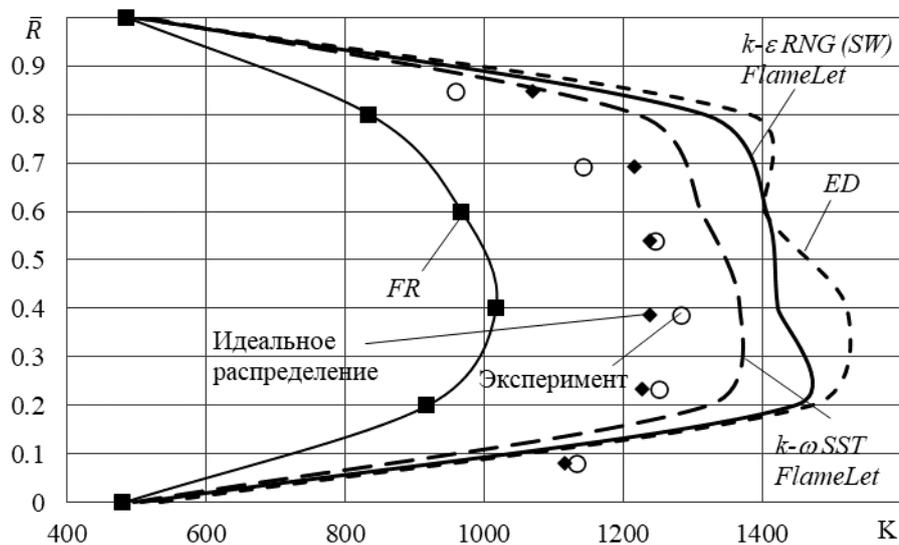


Рисунок 1 - Среденные радиальные распределения полной температуры на выходе из КС

Список литературы

1. Бакланов А.В. Обеспечение эффективности сжигания топлива в малоэмиссионной камере сгорания газотурбинной установки при различных климатических условиях. Вестник Московского авиационного института. 2022. Т.29. №1. с.144-155.
2. Бакланов А.В. Применение многоуровневого моделирования в процессе проектирования малоэмиссионных камер сгорания газотурбинных двигателей. Вестник Московского авиационного института. 2020. Т.27. №4. с.159-172.

Сведения об авторах

Тихонов Олег Александрович, ст. преподаватель кафедры РДиЭУ, КНИТУ им. А.Н. Туполева – КАИ. Область научных интересов: рабочие процессы в тепловых двигателях, вычислительная гидродинамика.

Сабирзянов Андрей Наилевич, к.т.н., доцент кафедры РДиЭУ, КНИТУ им. А.Н. Туполева – КАИ. Область научных интересов: рабочие процессы в тепловых двигателях, вычислительная гидродинамика.

Бакланов Андрей Владимирович, к.т.н., доцент, доцент кафедры РДиЭУ, КНИТУ им. А.Н. Туполева – КАИ. Область научных интересов: рабочие процессы в тепловых двигателях, вычислительная гидродинамика.

SIMULATION OF COMBUSTION PROCESSES IN THE COMBUSTION CHAMBER UNDER THE TESTS CONDITIONS

Tikhonov O.A., Sabirzyanov A.N., Baklanov A.V.

Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev, Kazan, Russia,
OLATikhonov@kai.ru

Keywords: combustion chamber, tests at the stand, temperature field, modeling.

Numerical testing of burning and gas dynamics models for test conditions was carried out. When compared with experimental data, optimal combinations for engineering calculations are chosen.