

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА В КАМЕРЕ СГОРАНИЯ ГАЗОГЕНЕРАТОРА НА ТОПЛИВЕ МЕТАН-КИСЛОРОД

Винокуров М.В., Дружин А.Н., Рыжков В.В., Старцев В.В.
Самарский государственный аэрокосмический университет, г. Самара

Важной задачей при создании образцов новой техники является определение основных конструктивных параметров, оказывающих основное влияние на эксплуатационные характеристики изделий.

К числу наиболее доступных и эффективных методов оценки такого влияния относится математическое моделирование рабочего процесса в создаваемых устройствах.

В представленной работе рассмотрены результаты численного исследования особенностей внутрикамерных процессов, происходящих в газогенераторах на газообразных компонентах топлива, с использованием математической модели [1], основанной на решении системы дифференциальных уравнений Навье-Стокса в частных производных, в стационарной постановке, в осесимметричной системе координат. Уравнения движения записаны для следующих переменных: напряженность вихря, функция тока и окружная составляющая скорости. Уравнения переноса представлены переменными: концентрация компонентов топлива, кинетическая энергия турбулентных пульсаций и скорость ее диссипации.

Термодинамические свойства рабочего тела описаны уравнением состояния для смеси идеальных газов, используемым при расчете плотности. При этом распределение давления в потоке определяется интегрированием уравнений движения в направлении соответствующих координат, а распределение температуры и молекулярной массы продуктов сгорания топлива по значению концентрации его компонентов путем аппроксимации на основе данных термодинамического расчета, выполненного по методике [2].

Таким образом, реализована диффузионная модель горения топлива в предположении простой химической реакции между окислителем и горючим с образованием продуктов сгорания. Численное решение системы уравнений проводилось конечно-разностным итерационным методом последовательных смещений Гаусса-Зайделя. Для обеспечения устойчивости счета использовался прием нижней релаксации и односторонняя конечно-разностная аппроксимация конвективных членов уравнения, ориентированная «против потока».

Модель рабочего процесса применена при разработке малоразмерного газогенератора на газообразном топливе метан-кислород с форкамерным электроискровым зажиганием. В результате параметрического исследования определена структура течения рабочего тела в камере сгорания, показанная на рис.1 в виде линий равных значений функции тока $\bar{\psi}$.



Рис. 1. Структура течения в камере сгорания

Также оценено распределение в характерных сечениях камеры составляющих скорости, температуры продуктов сгорания и ряда других параметров. Численно установлено влияние приведенной длины камеры

$L_{пр}$ и параметра закрутки окислителя α в начальном сечении газодинамического тракта на эффективность рабочего процесса газогенератора. На рис. 2 представлена совокупность данных параметров, обеспечивающая достижение необходимого коэффициента полноты расходного комплекса камеры φ_{β} .

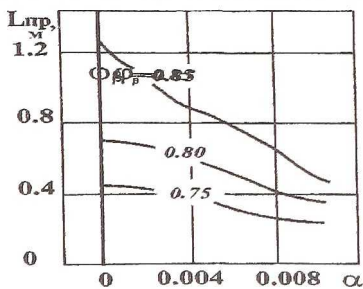


Рис. 2. Значения коэффициента полноты расходного комплекса φ_{β}

Экспериментальная проверка опытного образца показала удовлетворительное согласование экспериментальных и расчетных данных по величине φ_{β} в зависимости от соотношения компонентов топлива K_m , которое проиллюстрировано на рис. 3.

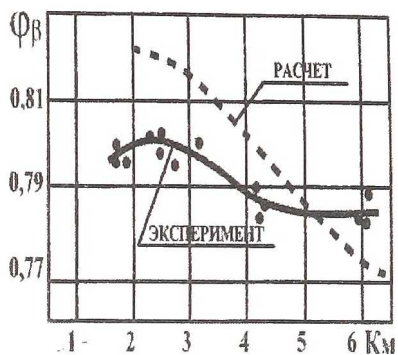
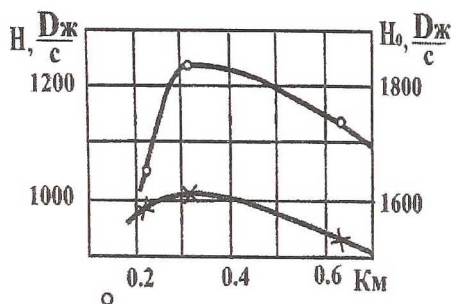


Рис. 3. Зависимость Φ_{β} от K_M



о - N_0 (располагаемая мощность)
x - N (реализованная мощность)

Рис. 4. Тепловая мощность факела форкамеры

На рис. 4 представлены результаты оценки тепловой мощности воспламеняющего факела форкамеры N в заданном диапазоне изменения соотношения компонентов топлива K_M . Получено достаточно стабильное значение реализованной тепловой мощности факела на всех режимах работы форкамеры.

Полученные расчетные данные позволяют сформировать облик камеры сгорания и осуществить выбор параметров потока, обеспечивающих удовлетворительное тепловое состояние стенок конструкции и минимальные потери эффективности рабочего процесса газогенератора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Госмен А.Д., Пан В.М., Ранчел А.К., Сполдинг Д.Б., Вольфштейн М., Численные методы исследования течений вязкой жидкости: Пер. с англ./ Под ред. Тирского Г.А., -М.: Мир, 1972.-328 с.
2. Алемасов В.Е. и др. Термодинамические и теплофизические свойства продуктов сгорания. Том 1. Методы расчета / Под ред. Глушко В.П. -М. -ВИНИТИ. -266 с.