

М.В.Винокуров, В.В.Рыжков

РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ
ОСРЕДНЕННЫХ И ПУЛЬСАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК
ЗАКРУЧЕННОГО ТЕЧЕНИЯ В МОДЕЛЬНОЙ КАМЕРЕ

Численно определены структуры течения рабочего тела, распределение осредненных газодинамических параметров и энергии пульсационного движения в объеме модельной камеры сгорания. Показано удовлетворительное соответствие расчетных и экспериментальных данных в основном поле течения за исключением пристенных и приосевой областей, где требуется совершенство как расчетных, так и экспериментальных методов.

Математическое моделирование стационарного осесимметричного закрученного течения рабочего тела в модельной камере выполнено на основе системы дифференциальных уравнений Навье-Стокса в частных производных [1]. Уравнения движения представлены соотношениями для переменных: напряженность вихря, функция тока ψ и окружная скорость. Уравнения переноса записаны для переменных: кинетическая энергия турбулентных пульсаций и скорость ее диссипации, которые используются для определения эффективных коэффициентов переноса, в частности, коэффициента динамической вязкости.

Вычисление давления в потоке производилось путем интегрирования дифференциальных уравнений сохранения импульса в осевом и радиальном направлениях. Для расчета осевой и радиальной составляющих скорости рабочего тела применялось дифференцирование функции тока.

Численное решение системы уравнений выполнено конечно-разностным итерационным методом последовательных смещений Гаусса-Зейделя. Для повышения устойчивости численной схемы использованы метод ниж-

Вихревой эффект
и его применение в технике.
Самара, 1992

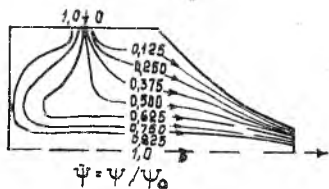
ней релаксации и несимметричная аппроксимация конвективных членов уравнений, ориентированная "против потока".

Для экспериментального исследования структуры и характеристик течения использовалась модельная камера с комплектом сменных форсуночных и сопловых элементов. В качестве рабочего тела применялся сжатый воздух.

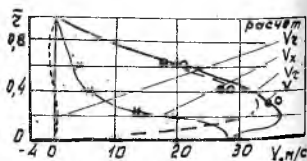
Измерение локальных значений скорости потока и ее составляющих осуществлялось с помощью термоанемометра Т7-М [2], работающего в режиме поддержания постоянной температуры нити датчика. Регистрация давления по радиусу камеры производилась путем зондирования.

В процессе расчетно-экспериментальных исследований характеристик течения рабочего тела в модельной камере варьировались параметр закрутки $\alpha_{от}$ (отношение момента импульса к произведению расхода, максимальной скорости истечения и радиуса выходного сечения) и относительная площадь камеры \bar{F}_K (аналог расхода напряженности при условии поддержания постоянного уровня среднего давления в камере).

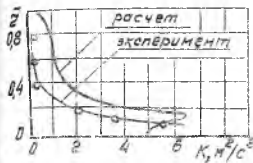
Характерная расчетная структура исследованного течения показана на рис. 1. Характерное распределение скорости V , ее осевой V_x , радиальной V_r и окружной V_θ составляющих и кинетической энергии турбулентного движения K по радиусу камеры приведено на рис. 2 и 3 соответственно. На рис. 4, 5 представлены результаты параметрического исследования влияния закрутки потока и относительной площади камеры на профили скорости и давления рабочего тела.



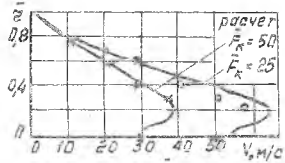
Р и с. 1. Структура течения в модельной камере



Р и с. 2. Профили скорости в модельной камере * - V_x , o - V (эксперимент)



Р и с. 3. Профили турбулентности энергии в модельной камере



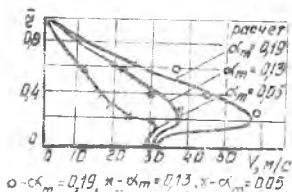
Р и с. 4. Влияние расхода на напряженности на профили скорости: $\circ - F_K = 25$. $\ast - F_K = 50$ (эксперимент)

Анализ расчетных и экспериментальных результатов, полученных в работе, позволяет сделать заключение о том, что изменение полного давления в камере в диапазоне $0,2 \dots 1,0$ МПа не оказывает существенного влияния на комплекс рассмотренных характеристик, и в дальнейшем имеет смысл вести рассуждения об их изменении применительно к какому-то одному значению P_K (здесь данные приведены для $P_K = 0,5$ МПа).

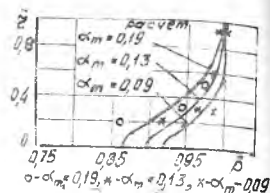
Как следует из рассмотрения структур закрученного течения в модельной камере (см. рис. 1), в рамках исследуемой конфигурации газодинамического тракта, при различных параметрах закрутки рабочего тела в камере реализуется достаточно простое для закрученных потоков течение (без развитых обратных токов), что является следствием пережатия потока звуковым соплом. В связи с этим течение характеризуется лишь высокими (в зависимости от параметра α_m) градиентами полной V и составляющих V_x и V_r скорости (см. рис. 2). Последнее является основной причиной генерации энергии турбулентного движения в объеме модельной камеры. Как показано на рис. 3, эпюра энергии турбулентности имеет характерный максимум в районе проекции минимального диаметра сопла на сечение камеры. Причем, величина K в области максимума в несколько раз выше, чем в центральной зоне.

В работе исследовано также влияние параметра закрутки и относительной площади камеры на распределение газодинамических параметров в поперечном сечении. Установлено, что с увеличением α_m и уменьшением F_K возрастает неравномерность полной и составля-

юших скорости, статического давления в пределах, о которых свидетельствуют данные рис. 4-6.



Р и с. 5. Влияние закрутки потока на профили скорости: o - $\alpha_m = 0,19$; * - $\alpha_m = 0,13$; x - $\alpha_m = 0,05$



Р и с. 6. Влияние закрутки потока на профили давления: o - $\alpha_m = 0,19$; * - $\alpha_m = 0,13$; x - $\alpha_m = 0,09$

Полученные данные показывают удовлетворительное согласование результатов термоанемометрических измерений полной и составляющих скорости с результатами расчета в основном поле течения, за исключением пристенной и осевой областей. В этих "особых" зонах имеет место расхождение результатов расчетов и эксперимента. И если в пристенных слоях требуется, вероятно, корректировка граничных условий расчетной модели с учетом специфики закрученного потока, то для зоны в районе геометрической оси камеры, где реализуются максимальные градиенты газодинамических параметров, сам процесс получения достоверных экспериментальных данных с помощью термоанемометра, датчик которого имеет конечные размеры, представляется проблематичным. По результатам работы установить соответствие расчетных и экспериментальных параметров в этих областях в настоящее время не представляется возможным. Для детального исследования течения в указанных зонах необходим более тонкий инструментарий.

Таким образом, в результате проведенного расчетно-экспериментального исследования течения в модельной камере получены закономерности, оценивающие влияние некоторых режимных и конструктивных факторов, а также подтверждена, в основном, правильность выбора исходных положений математической модели и принятых допущений.

Библиографический список

1. Г о с м е н А.Д. и др. Численные методы исследования течений вязкой жидкости: Пер. с англ.; Под ред. Г.А.Т и р с к о г о. М.: Мир, 1972, 323 с.
2. Система "Турбулентность" /Донецк. гос. у-т. Донецк, 1975. Вып. I.

УДК 532.527

М.В.Винокуров, В.В.Рыжков

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЗАКРУЧЕННОГО ПОТОКА
В ТРАКТЕ ВОСПЛАМЕНИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ГАЗОГЕНЕРАТОРА

На основе численного решения системы дифференциальных уравнений Навье-Стокса в тракте воспламенительного устройства газогенератора определены структуры течения продуктов сгорания, распределение газодинамических параметров в исследуемом объеме, а также оценено значение критического параметра закрутки, обеспечивающего нормальное функционирование, и приемлемое тепловое состояние конструкции устройства.

Модель рабочего процесса в тракте воспламенительного устройства технологического газогенератора основана на решении системы дифференциальных уравнений Навье-Стокса в частных производных для стационарной постановки задачи в осесимметричной системе координат $[I]$. Уравнения движения записаны для переменных напряженности вихря, функции тока ψ и окружной составляющей скорости, а уравнения переноса представлены переменной концентрации компонентов топлива. Для определения переносных свойств рабочего тела использована

ISBN 5-230-16926-5

Вихревой эффект
и его применение в технике.
Самара, 1992