

Численные исследования течения газа в смесительной камере стендового генератора высокоэнтальпийных потоков синтетического воздуха

А.Ю. Яковчук

Центральный Институт Авиационного Моторостроения им. П.И. Баранова, Москва

Исследуется смесительная камера генератора высокоэнтальпийного потока синтетического воздуха [1], предназначенного для наземного экспериментального стенда.

При проектировании экспериментальных стендовых систем предъявляются высокие требования к следующим характеристикам потока, получаемым на выходе из генератора:

- величина удельной энтальпии потока;
- равномерность состава рабочего газа;
- равномерность температуры рабочего газа;
- величина пульсаций температуры и давления;
- количество загрязняющих примесей – оксидов азота;

В работе рассмотрено проектирование смесительной камеры, в которой поступающий горячий газ с удельной энтальпией 10...20 МДж/кг смешивается с холодным газом для уменьшения величины удельной энтальпии до 3...5 МДж/кг [1].

В работе исследуются способы подачи газа в смесительной камере, конструктивно выполненной в виде двух патрубков Ø100мм для подачи горячего газа, с общим выходным соплом. Рассмотрены различные схемы подачи холодного газа [1]:

- прямая подача холодной струи в затылочную область;
- подвод холодного потока с закруткой при различной конфигурации закручивающих устройств;
- подача холодного газа посредством поперечного впрыска через множество каналов;

Качество смешения потока на выходе оценивалась по коэффициенту неравномерности:

$$K = \frac{T_{max} - T_{min}}{T_{av}} \cdot 100\%$$

где T_{max} , T_{min} – максимальная и минимальная температура, в области на выходе из смесительной камеры в зафиксированный момент времени, T_{av} – средняя температура на выходе из смесительной камеры.

Проведено моделирование течения в программном комплексе Ansys Fluent. Использована модель турбулентности – метод крупных вихрей (LES). В расчетах учитываются явления тепломассообмена в газе, а также молекулярная диффузия компонент (кислород, азот).

Выявлены эффективные конфигурации на основании полученного коэффициента неравномерности. Получены следующие качественные результаты:

- при прямой подаче холодного газа без закрутки и решетки выявлено отсутствие упорядоченной структуры потока, возникновение крупномасштабной турбулентности, вызывающей высокую неравномерность выходного потока.
- при подаче газа с закруткой выявлено влияние геометрических форм закручивающего устройства на структуру выходного потока. Крупномасштабная турбулентная структура потока не позволяет добиться удовлетворительного перемешивания.
- при подаче холодного газа методом поперечного впрыска [2] получен наиболее равномерный поток в выходном сопле.

Приводится методика аналитической оценки режимов подачи [2], результаты сравниваются с данными численного моделирования. Рассчитываются коэффициенты неравномерности по температуре и компонентам при подаче методом поперечного впрыска для различных режимов работы установки.

Проведенная работа позволяет выбирать эффективные способы подачи газа в смесительной камере и проводить оценку качества выходного потока генератора.

Литература

1. *Коротеев А.С., Миронов В.М., Свирчук Ю.С.* Плазмотроны. Конструкции, характеристики, расчет. – Москва: Машиностроение, 1993. – 296с.
2. *Antonio Del Vecchio, Federico De Filippis* SCIROCCO plasma wind tunnel: low enthalpy by use of cold air transverse injection. – AIAA-2003-6959.