

**Моделирование процесса охлаждения продуктов сгорания в
газодинамическом тракте экспериментального наземного стенда посредством
впрыска воды**

А.Ю. Яковчук, М.А. Абрамов, К.В. Федотова, С.В. Заикин

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

В работе исследуются физические процессы в экспериментальных стендовых системах для испытания высокоэнтальпийных систем. Рассматривается процесс охлаждения продуктов сгорания посредством впрыска воды в газодинамический контур выхлопной системы [3,4]. При проектировании экспериментальных стендовых систем предъявляются требования к составу и температуре выходного потока, обусловленные технологическими системами и экологическими нормами

Рассматривается следующая постановка задачи. В поток продуктов сгорания температурой до 3500К при давлении 0,5...2 бар и скорости, соответствующей числам Маха 0,2...0,4 производится впрыск воды с целью охлаждения потока до температур меньше 1000К [3,4]. Проводится расчет параметров инжектируемой струи воды, процессов тепломассообмена водяных капель с газовым потоком, а также дробления и испарения капель [1,2].

Представлена аналитическая и численная методика расчета. С помощью программного комплекса Ansys Fluent выполнено моделирование и определены характерные параметры выходного потока. Для описания движения капель в сплошной среде используется модель дискретной фазы DPM (Discrete Phase Model). Для описания дробления капель задействуется модель, основанная на развитии гидродинамических неустойчивостей Кельвина-Гельмгольца и Рэлея-Тейлора на поверхности капли [1,2].

Процесс моделирования проводился в несколько этапов по мере усложнения задачи.

На первом этапе решается задача в плоской двухмерной постановке при равномерном распределении потока и капель воды. Варьировались исходные данные задачи в следующем диапазоне:

- число Маха 0,2...0,4;
- давление 0,5...2бар;
- температура 500...3500К;
- удельный расход воды 2...120 кг/(с*м²);

- начальный диаметр капель 1мм;

Проведена оценка необходимого расхода воды на основании уравнения баланса энергии. По результатам данного этапа определяется характер дробления капель и их движения в скоростным газовом потоке.

На втором этапе решается задача в трехмерной постановке при физических условиях, близких к реализуемым в экспериментальных стендах. В газодинамическом тракте диаметром 200мм на некотором расстоянии располагаются два контура подачи воды, состоящие из нескольких равномерно распределенных по пространству центробежных форсунок. Проводится расчет для различных расходов воды через форсунки.

Полученные на данном этапе результаты дают представление о физическом процессе [1,2] и позволяют определить следующие данные:

- необходимая длина участка охлаждения в калибрах;
- требуемый расход воды;
- температура газового потока на выходе;
- средний диаметр капель воды в контрольном сечении.

Представленная методика моделирования позволяет проводить проектирование газодинамических трактов экспериментальных стендовых систем. Методика позволяет рассчитать течение на выходе из газодинамического контура при известных параметрах потока либо спроектировать газодинамический контур с нуля.

Литература

1. *Дитякин Ю.Ф., Клячко Л.А. [и др.]*. Распыливание жидкостей. – Москва: Машиностроение, 1977. – 209с.
2. *Пажу Д.Г., Галустов В.С.* Основы техники распыливания жидкостей. – Москва: Химия, 1984. – 249с.
3. *Giordan P., Fleury P., Guidon L.* Simulation of water injection into a rocket motor plume. – AIAA-99-2517.
4. *Donald C. Kenzakowski, Kevin W. Brinckman* CFD simulations of NASA B-2 spray chamber during rocket fire. – AIAA-2008-790.