

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИСКРОВЫХ РАЗРЯДОВ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ СМЕШЕНИЯ ПОТОКА ВОЗДУХА С ДОЗВУКОВОЙ И СВЕРХЗВУКОВОЙ ВТОРИЧНОЙ СТРУЕЙ^{*)}

Волков Л.С., Фирсов А.А.

ОИВТ РАН, г. Москва, Россия, volkov.ls@phystech.edu

В данной работе исследуется воздействие плазменных образований на особый тип течения газов, который формируется при инъекции вторичной поперечной струи газа в сверхзвуковой поток воздуха через отверстие на плоской поверхности. Это течение встречается, например, в некоторых типах авиационных двигателей при инъекции горючего топлива в сверхзвуковые камеры сгорания. В последние десятилетия предлагаются и исследуются разнообразные способы интенсификации смешения газов в данном течении, что необходимо для повышения эффективности двигателей [1].

Искровые разряды рассматриваются некоторыми исследователями [2] как источник возмущений, позволяющий стимулировать развитие неустойчивости в сдвиговом слое на границе поперечной струи, и, таким образом, способствовать смешению газов. Механизм воздействия разряда на течение обусловлен, в основном, импульсным нагревом, который приводит к формированию ударной волны и расширяющейся тепловой каверны. В работе [3] был обоснован выбор оптимальной частоты импульсного нагрева.

Целью данной работы было сравнение интегрального критерия эффективности смешения [3] при следующих способах инъекции и параметрах импульсного нагрева:

- а) инъекция: через инжектор в форме цилиндра или через сверхзвуковое сопло Лавала,
- б) местоположение разряда: на кромке отверстия инжектора или в канале инжектора,
- в) энергия тепловыделения: от 5 до 25 мДж за один импульс.

Для решения поставленной задачи было выполнено численное моделирование в российском ПО FlowVision. Путем решения нестационарных уравнений Навье-Стокса (УНС), осредненных по Рейнольдсу, была рассчитана эволюция характеристик течения. Использовалась модель турбулентности KEFV [4]. Электрический разряд моделировался с помощью объемного локального источника тепла, который был задан как дополнительный член в УНС. В качестве газа вторичной струи, моделирующего топливо, был использован CO₂. Базы данных с информацией о плотности, теплоемкости и транспортных коэффициентах равновесной плазмы в средах воздуха и CO₂ при высоких температурах (до 50000 К) были взяты из [5, 6]. Выбранные параметры течения позволяют воспроизвести исследуемое явление в эксперименте на оборудовании, доступном в ОИВТ РАН: число Маха в потоке воздуха – 2; коэффициент динамического напора ~1, диаметр отверстия инжектора – 3 мм, температура воздуха – 170 К, давление – 22 кПа.

Были получены локальные характеристики течения и рассчитан интегральный критерий эффективности смешения. Показано, что в отдельных случаях, благодаря воздействию электрических разрядов на течение, значение интегрального критерия эффективности смешения может повышаться более чем на 15%.

Исследование поддержано грантом РФФИ №21-79-10408.

Литература

- [1]. Q. Liu et al (2020) *Progress in Aerospace Sciences* **119** 100636
- [2]. W. Hongyu et al (2023) *Physics of Fluids* **35(9)** 96101
- [3]. L.S. Volkov and A.A. Firsov (2023) *Computer Research and Modeling* **15(4)** 845-860
- [4]. S.V. Zhlukto and A.A. Aksenov (2015) *Computer Research and Modeling* **7(6)** 1221-1239
- [5]. C. Catalfamo et al (2009) *European Phys. J. D.* **54(3)** 613–621
- [6]. M. Capitelli et al (2013) *Fundamental Aspects of Plasma Chemical Physics. Springer New York* **74** 273–347

^{*)} [DOI – тезисы на английском](#)