

ИСКРОВОЙ РАЗРЯД ПЕРЕД ИНЖЕКТОРОМ ПОПЕРЕЧНОЙ СТРУИ В СВЕРХЗВУКОВОМ ПОТОКЕ: МОДЕЛИРОВАНИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТ ^{*)}

^{1,2}Волков Л.С., ¹Трошкин Р.С., ¹Мирошников Я.В., ¹Фирсов А.А.

¹ОИВТ РАН, г. Москва, Россия, volkov.ls@phystech.su,

²МФТИ, г. Москва, Россия

Применение искровых разрядов в сверхзвуковом потоке рассматривается как один из способов интенсификации смешения газов, например, топлива и окислителя в камерах сгорания [1]. В настоящей работе исследовано влияние искровых разрядов на смешение сверхзвукового потока воздуха с поперечной околосонной струей углекислого газа, имитирующего горючее топливо. Искровые разряды локализованы на стенке с наветренной стороны от отверстия инжектора на расстоянии порядка диаметра инжектора.

Исследование производилось двумя способами: с помощью компьютерного моделирования и в эксперименте на стенде ИАДТ-50 в ОИВТ РАН. Параметры течения: число Маха в потоке ≈ 2 , температура воздуха 170 К, давление 22 кПа, диаметр инжектора 3 мм, коэффициент динамического напора $J = 0,6$ и $1,3$, характерная энергия разряда 20 мДж. Частота разрядов задавалась от 7 до 10 кГц.

Моделирование выполнялось в российском ПО FlowVision методом нестационарных уравнений Навье-Стокса (УНС), осредненных по Рейнольдсу, с моделью турбулентности KEFV [2]. Электрический разряд моделировался объемным локальным источником тепла, как в [3]. Были учтены температурные зависимости транспортных коэффициентов в газе и равновесной плазме [4, 5]. Получены локальные характеристики течения и рассчитан интегральный критерий эффективности смешения, прирост которого для случая $J = 0,6$ составил до $\sim 15\%$ при наличии разрядов. Показано, что искровые разряды, в зависимости от J , способны инициировать формирование крупных возмущений в сдвиговом слое на передней границе струи (при $J = 0,6$) или подстраивать их характерную частоту (при $J = 1,3$).

В эксперименте были сделаны высокоскоростные теневые видеозаписи течения. Наблюдалось формирование крупных возмущений на передней границе струи, в полном соответствии с моделированием. В результате Фурье-анализа было обнаружено смещение характерных частот пульсаций в различных точках исследуемого течения при наличии разрядов, по сравнению со случаем отсутствия разрядов.

Было получено хорошее согласие экспериментальных данных с численным моделированием. На основании анализа данных предложено возможное объяснение механизма отклика течения на воздействие искровым разрядом в рассмотренной конфигурации. Показано, что с помощью искровых разрядов можно в некоторых пределах управлять частотой крупных возмущений, возникающих на передней границе струи, и влияющих на эффективность смешения. Результаты моделирования частично опубликованы в [6].

Литература

- [1]. J. Tan et al (2018) *Acta Astronaut* **152** 310–324,
- [2]. S.V. Zhluktov and A.A. Aksenov (2015) *Computer Research and Modeling* **7(6)** 1221-1239,
- [3]. Z. Cai et al (2022) *Energies* **15** 8264,
- [4]. C. Catalfamo et al (2009) *European Phys. J. D.* **54(3)** 613–621,
- [5]. M. Capitelli et al (2013) *Springer Series on Atomic, Optical, and Plasma Physics* **74** 273–347,
- [6]. L.S. Volkov and A.A. Firsov (2023) *Computer Research and Modeling* **15(4)** 845-860.

^{*)} DOI – тезисы на английском