

УДК 544.452.42

**ВЫГОРАНИЕ ТОПЛИВА В СИСТЕМАХ ДИФФУЗИОННЫХ
МИКРОФАКЕЛЬНЫХ СТРУЙ**

© Калинина К.Л., Евдокимов О.А., Гурьянов А.И.

e-mail: cris.kalinina2012@yandex.ru

*Рыбинский государственный авиационный технический университет
имени П. А. Соловьёва, г. Рыбинск, Российская Федерация*

Развитие газотурбинных двигателей связано с ростом температуры газа перед турбиной и степени повышения давления, что влияет на управление реакцией горения в камере сгорания. Традиционные камеры сгорания работали по схеме диффузионного горения, при которой пламя устойчиво и имеет высокую температуру [1]. Недостатком таких камер сгорания является высокая скорость образования оксидов азота из-за высокой температуры в зоне реакции. Этому недостатка лишены камеры сгорания с предварительным перемешиванием топлива с воздухом и организацией кинетического горения. Реализация кинетической схемы решает проблему высокой эмиссии, но сопровождается неустойчивостью горения и высокой вероятностью проскока пламени в зону смешения.

Проскок обусловлен соотношением между скоростью турбулентного горения u_t , которая зависит от степени повышения полного давления π_k^* , и скоростью истечения топливовоздушной смеси из сопла горелочного модуля v , которая определяется величиной предельного перепада давления (2,5-3%). Увеличение π_k^* до значений выше 45 приводит к проскоку пламени [2]. Задача повышения КПД и снижения массогабаритных параметров требует разработки двигателей с $\pi_k^* > 45$. Но кинетическая схема горения не позволяет организовать горение при таких степенях повышения давления.

Проблему можно решить применением диффузионного горения с разделением зоны реакции на множество микрофакелов. Это сократит объемы камеры сгорания и время пребывания газов в зоне реакции, что приведет к снижению концентрации оксидов азота при той же скорости их образования. Такая схема позволяет избежать проблем неустойчивости горения и организовать низкоэмиссионное диффузионное горение. Экспериментальное решение задачи требует больших финансовых вложений, поэтому перед экспериментом необходимо использовать численное моделирование.

В микрофакельных системах возникают коллективные эффекты, оказывающие влияние на амплитуду и период колебаний факелов, устойчивость горения, площадь реакции и полноту сгорания топлива. Эти эффекты мало изучены и требуется их качественная оценка, а также создание полуэмпирических методов расчета параметров горелочных модулей с учетом тенденций развития газотурбинных двигателей [3, 4].

Одним из доступных способов изучения турбулентной структуры течения в системах диффузионных микрофакелов является трехмерное численное моделирование.

В рамках поставленных задач исследованы 4 варианта расположения топливных форсунок: одиночная реагирующая струя, комбинации линейных (2 и 3 струи) массивов и двумерный массив (2x2).

Моделирование области горения (часть атмосферы, прилегающей к генератору струй) выполнено в виде цилиндра диаметром 0,25 м и высотой 0,6 м. Для расчетной модели была построена блочная структурированная сетка с количеством узлов, равным

1,7 млн. (возможно следует переформулировать). В областях сетки, соответствующих топливным соплам и зоне истечения струй, задавалось локальное сгущение с относительным коэффициентом не более 1,2. Численные расчеты выполнены в стационарной и нестационарной постановке с варьированием шага по времени, в условиях естественной конвекции, путем включения гравитации, и с описанием детальной кинетической схемы выгорания топлива

Результаты численного моделирования линейных и двумерных массивов показывают, что разделение зоны горения на несколько взаимодействующих диффузионных факелов приводит к значительному уменьшению длины факела и сокращению общего объема зоны протекания реакции горения.

Увеличение числа факелов так же уменьшает максимальную температуру, но приводит к неравномерности её распределения в массивах, связанной с формированием стесненных условий распространения струй. Разделение зоны горения на диффузионные факела провоцирует рост несгоревших углеводородов во фронте пламени. Возможной причиной этого является увеличение наружной площади факела и, как следствие, суммарной площади поверхности, на которой протекают химические реакции.

Библиографический список

1. Evdokimov O.A., Gur'yanov A.I., Veretennikov S.V., Gur'yana M.M. Dynamics of diffusion jet combustion in an ejection burner // MATEC Web Conferences, 2018. – Volume 245 (09019), pp 1 – 8.
2. Guryanov A.I., Evdokimov O.A., Veretennikov S.V., Guryanova M.M. Experimental investigation of premixed air–fuel mixtures and of the combustion specifics of diffusion fuel jets // International Journal of Energy for a Clean Environment, 2017. – Vol. 18(4) – P. 335 – 348.
3. Kononova V.V., Guryanov A.I., Experimental investigation of the burning of mixed and synthetic fuel counterflow burner module // Journal of Physics: Conference Series, 2017. – Vol. 891 – P. 1 – 6.
4. Носков, Д. А. Исследование коллективных эффектов взаимодействия реагирующих диффузионных микрофакельных струй [Текст] / Д. А. Носков // Гагаринские чтения – 2017: XLIII Международная молодежная научная конференция: Сборник тезисов докладов: М.; МАИ. – 2017.