

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ ДИСПЕРСНЫХ ЧАСТИЦ В БОГАТО-БЕДНОЙ КАМЕРЕ СГОРАНИЯ АВИАЦИОННОГО ГТД

Абрамчук Т.В.

АО «ОДК-Авиадвигатель», г. Пермь, t-avia83@yandex.ru

Ключевые слова: дисперсные частицы, камера сгорания, эмиссия.

В начале 2020 г. ИКАО принят новый стандарт, вводящий ограничения на выбросы нелетучих твёрдых частиц (НЛТЧ) [1] для всех двигателей с тягой больше 26,7 кН [2]. Под действие стандарта попадают как все разрабатываемые вновь ТРДД, так и уже серийно изготавливаемые двигатели, произведенные начиная с 01.01.2020 г. Таким образом, уже сейчас ТРДД гражданской авиации должны обеспечивать соответствие нормам ИКАО на эмиссию газообразных веществ и дисперсных частиц (на данный момент - дым и НЛТЧ) (рис. 1).



Рисунок 1 - Вредные вещества, ограниченные стандартом ИКАО

Несмотря на то, что ГТД, обеспечивающий нормы по эмиссии дыма, должен автоматически находиться в границах соответствия эмиссии нелетучих частиц, для двигателей, запас по эмиссии дыма которых незначителен или находится вблизи границы соответствия, существует риск необеспечения новых требований. Для двигателей с КС богато-бедного типа задача снижения эмиссии дисперсных частиц актуальна, т.к. в данном случае организации процесса горения происходит более интенсивное формирование дисперсных частиц, чем в КС бедного типа.

Исследования по снижению эмиссии дисперсных частиц ведутся по нескольким направлениям, например, добавление в топливо различных присадок [3], или использование альтернативных видов топлива [4], но основным способом достижения низкой эмиссии является разработка новых технологий сжигания топлива в КС и совершенствование рабочего процесса для реализованных «в железе» конструкций камер сгорания.

В работе представлены результаты численного исследования процесса образования и выгорания дисперсных частиц в конструктивных вариантах богато-бедной камеры сгорания авиационного ГТД с мероприятиями по снижению эмиссии дисперсных частиц. Мероприятия разрабатывались по двум направлениям:

- уменьшение интенсивности формирования частиц внутри богатой зоны горения КС;
- увеличение интенсивности выгорания частиц в струях подачи воздуха через отверстия разбавления (основные отверстия);

При разработке мероприятий по снижению эмиссии дисперсных частиц для богато-бедных камер сгорания необходимо учитывать риск размена между эмиссией дисперсных частиц и окислами азота, поэтому в предлагаемых конструктивных модификациях КС желательно сохранять распределение воздуха по длине жаровой трубы.

В работе с использованием численного моделирования исследовалось влияние изменения окружного расположения основных отверстий и сопла осерадиального завихрителя жаровой трубы КС на эмиссию дисперсных частиц. Расчеты выполнены в коммерческом ПО с использованием феноменологической модели образования сажи [5] с заданием в качестве граничных условий параметров, соответствующих режимным параметрам испытаний сектора камеры сгорания в составе одногорелочного отсека на автономном стенде

АО «ОДК-Авиадвигатель». Для моделирования турбулентного течения использована k-ε RNG модель. Турбулентное горение моделировалось с использованием флеймлет-модели. Параметры распыла капель задавались из результатов расчета центробежной форсунки.

По результатам работы определен конструктивный вариант, демонстрирующий снижение эмиссии дисперсных частиц при сохранении эмиссии оксидов азота на прежнем уровне.

Список литературы

1. Theo Rindlisbacher, New particulate matter standard for aircraft gas turbine engines, ICAO environmental report, 2016.

2. Приложение 16 к Конвенции о международной гражданской авиации "Охрана окружающей среды", том II «Эмиссия авиационных двигателей».

3. N. Palazzo, L. Zigan, F.T. Huber, S. Will. Impact of Oxygenated Additives on Soot Properties during Diesel Combustion. *Energies* 2021, 14, 147.

4. L.Durdina, M.Elser, J.G.Anet Reduction of non-volatile particulate matter emissions of a commercial turbofan engine at ground level from use of a sustainable aviation fuel blend. *Environmental Science and technology*, 2021

5. Т.В. Абрамчук, А.М. Сипатов, М.И. Сухорук. Численное моделирование эмиссии дисперсных частиц с использованием феноменологической модели сажеобразования. *Вестник ПНИПУ. Аэрокосмическая техника*. 2023. №72, с. 125-136.

Сведения об авторах

Абрамчук Т.В. Заместитель начальника отдела по расчетным работам по камерам сгорания. Область научных интересов: численное моделирование физико-химических процессов в камерах сгорания ГТД.

NUMERICAL STUDY OF THE PARTICULAR MATTER EMISSION IN THE AVIATION ENGINE COMBUSTOR

Abramchuk T.V.

JSC «UEC-Aviadvigatel», Perm, Russia, t-avia83@yandex.ru

Keywords: particular matter, combustion chamber, emission.

CFD modelling results of soot formation and oxidation in aviation engine combustor presented. Influence of local air redistribution investigated. Case with the most significant soot emission reduction and without NOx growth was determined.