

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭМИССИОННОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ В ЗАКРУЧЕННОМ ПОТОКЕ

Нгуен Т. Д., Александров Ю.Б., Мингазов Б.Г.

Казанский национальный исследовательский технический университет
имени А. Н. Туполева-КАИ (КНИТУ-КАИ), Казань, Alexwischen@rambler.ru

Ключевые слова: закрученная струя, смешение, полнота и температура сгорания, эмиссионная характеристика NO_x .

Закрученные струи являются основой для организации горения в различных горелочных устройствах. Вследствие этого важным вопросом является влияние крутки струи на характеристики горения, в том числе на выбросы токсичных веществ. Образование вредных выбросов при сжигании топлива в камере сгорания и, прежде всего, оксидов азота, как наиболее опасных для окружающей среды. Ранее проведенные исследования позволили получить зависимости полноты и температуры сгорания от состава смеси в зоне обратных токов (ЗОТ), на основании которых можно получить закономерности выделения NO_x .

Для нахождения выбросов оксида азота в ЗОТ используется упрощенная зависимость, полученная на основе термического механизма Я.Б. Зельдовича [1]:

$$\text{NO}_x = 37 \cdot 10^{11} \cdot \sqrt{\text{O}_2} \cdot \text{N}_2 \cdot e^{-\frac{65000}{T_{Г,ЗОТ}}} \cdot \sqrt{\frac{P_K^*}{T_{Г,ЗОТ}}} \cdot t \quad \%, \quad (1)$$

где t – время пребывания газа в ЗОТ, и концентрации компонентов конечной газовой смеси, мгновенные концентрации O_2 и N_2 определяются по остаточным концентрациям состава.

В работах [2, 3] закономерности влияния геометрических параметров завихрителя (размеры, углы установки и формы лопаток) на полноту и температуру сгорания топлива. Эта связь учитывает интенсивность смешения в закрученной струе, которая увеличивается с ростом крутки.

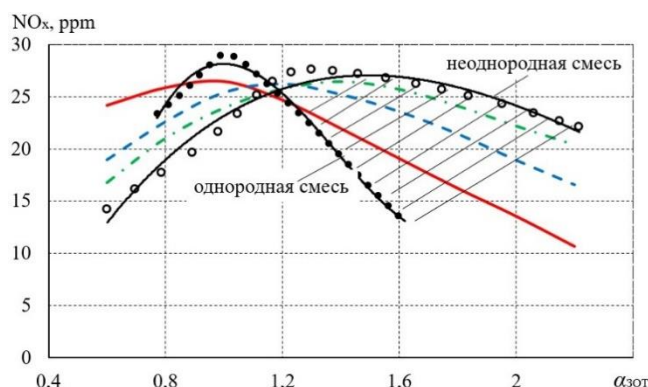


Рис. 1 – Зависимости концентрации оксидов азота от состава смеси в ЗОТ за завихрителем, где начальная температура смеси $T_{\text{ЗЗВ}} = 473$ К, давление $P_0 = 10^5$ Па, обобщенные экспериментальные данные [4]:

- – подготовленная смесь природного газа и воздуха; ○ – диффузионный факел природного газа; расчет:
- $\varphi = 60^\circ$; — $\varphi = 45^\circ$; — $\varphi = 30^\circ$

В связи с этим, можно предположить, что степень крутки, т.е. смешение также оказывает влияние на эмиссию NO_x . Расчеты, проведенные с помощью рассмотренных зависимостей для температуры и полноты горения, позволили получить закономерности выделения термических NO_x . На рис. 1 представлены результаты расчетов зависимости $\text{NO}_x = f(\alpha)$. Здесь же показаны предельные границы изменения кривых в диапазоне горения неоднородной и однородной смесей, согласно данным работы [4]. Проведенные расчеты показали, что выделение окиси азота в зоне горения с различной степенью крутки, происходит в пределах указанного диапазона с

определенной закономерностью, т.е. с увеличением крутки струи, протекание кривой $NO_x = f(\alpha)$ приближается к характеру, соответствующему горению однородных смесей при этом с увеличением крутки выделение NO_x в области $\alpha > 1,0$ падает, а в области $\alpha < 1,0$ возрастает. Следовательно, с увеличением крутки струи с обедненной смесью, концентрация оксидов азота уменьшается и приближается к линии горения однородной смеси, показанной на рис. 1 и наоборот если смешение, ухудшается, то характеристика приближается к зависимости для неоднородной смеси.

Полученные зависимости соответствуют данным приведенным в литературе, т.е. влияние смещения в зоне горения на выделение NO_x , что свидетельствует о правомерности разработанной методики расчета влияния смещения на характеристики горения в закрученной струе.

Список литературы

1 Мингазов Б.Г. Камеры сгорания газотурбинных двигателей. Конструкция, моделирование процессов и расчет: Учебное пособие. Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2004. 220 с.

2 Ильяшенко С.М., Талантов А.В. Теория и расчет прямоточных камер сгорания. М.: Машиностроение, 1964. 306 с.

3 Нгуен Т.Д., Александров Ю.Б., Сулаиман А.И., Мингазов Б.Г. Экспериментальное и численное определение коэффициента смещения за различными лопаточными завихрителями камеры сгорания ГТД // Известия высших учебных заведений Авиационная техника. Казань. 2020. № 4. С. 101 – 107.

4 Канило П.М., Подгорный А.Н., Христин В.А. Энергетические и экологические характеристики ГТД при использовании углеводородных топлив и водорода. Киев: Наукова думка. 1987. 224 с.

Сведения об авторах

Нгуен Тхэ Дат, аспирант кафедры «Реактивные двигатели и энергетические установки» КНИТУ–КАИ им. А.Н. Туполева. Область научных интересов: процессы смещения и горения в камерах сгорания ГТД, эмиссионные характеристики.

Александров Юрий Борисович, канд. хим. наук, доцент кафедры «Реактивные двигатели и энергетические установки» КНИТУ–КАИ им. А.Н. Туполева. Область научных интересов: численные расчеты, газодинамика, процессы смещения и горения в камерах сгорания ГТД.

Мингазов Биалал Галавтинович, д-р техн. наук, профессор кафедры «Реактивные двигатели и энергетические установки» КНИТУ–КАИ им. А.Н. Туполева. Область научных интересов: газодинамика, процессы смещения и горения в камерах сгорания ГТД, стабилизационные характеристики.

DETERMINATION OF THE EMISSION CHARACTERISTIC IN A SWIRLING FLOW

Nguyen T.D., Alehandrov Yu.B., Mingazov B.G.

Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev–KAI,
Kazan, Russia, Alexwischen@rambler.ru

Keywords: swirling jet, mixing, fullness and combustion temperature, emission characteristic NO_x .

In this work, the study has made it possible to obtain the dependences of the completeness and combustion temperature on the composition of the mixture in the zone of reverse flows, based on which it is possible to obtain the regularities of NO_x evolution.