

АПРОБАЦИЯ КОМБИНИРОВАННОГО МЕТОДА РАСЧЕТА КОНЦЕНТРАЦИЙ МОНООКСИДА УГЛЕРОДА НА ВЫХОДЕ ИЗ КАМЕР СГОРАНИЯ ГТД

А. Р. Кутлумухамедов¹, Д. В. Скиба², Ф. Г. Бакиров³

¹ kutlum22@yandex.ru, ² d.skiba@teplophysics.ru, ³ fgbakirov@bk.ru

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет» (УГАТУ)

Аннотация. Приведены результаты расчетов выбросов монооксида углерода (СО) от камер сгорания ГТД с помощью комбинированного метода (трехмерное моделирование + реакторный метод). Результаты расчетов показали целесообразность дальнейшего развития комбинированного метода.

Ключевые слова: камера сгорания; вредные вещества; монооксид углерода (СО); трехмерное моделирование; реакторная модель камеры; комбинированный метод расчета выбросов СО; апробация комбинированного метода.

К камерам сгорания (КС) газотурбинных двигателей (ГТД) предъявляются требования по допустимым концентрациям монооксида углерода СО в продуктах выхлопа. В связи с этим актуальны разработка и развитие методов расчета выбросов СО от КС ГТД.

В работе приведены результаты апробации комбинированного метода расчета концентраций вредных веществ на выходе из КС. Комбинированный метод предполагает построение реакторной модели камеры на базе результатов трехмерного моделирования [1]. Такой подход позволяет производить быстрые вычисления с применением детальных механизмов химической кинетики с учетом особенностей течения газов в камере.

Для расчетов была выбрана малоэмиссионная малогабаритная камера сгорания с предварительной подготовкой топливовоздушной смеси, работающая на пропане [2].

Схема разработанной реакторной модели камеры приведена на рис. 1.

Проведено сравнение расчетных и экспериментальных данных на режиме $\alpha_{\Sigma}=2,0$, $T_{\text{вх}}=300$ К, для которого в работе [2] приведены результаты измерений концентраций вредных веществ. Различие измеренных и рассчитанных по комбинированному методу концентраций СО на выходе из КС не превышает 20 %, что является хорошим результатом, несмотря на относительную простоту разработанной реакторной модели.

На базе разработанной реакторной модели камеры произведены расчетные исследования влияния различных факторов (состав топливовоздушной смеси, температура воздуха на входе и т.д.) на уровень выбросов СО от КС. Некоторые результаты расчетных исследований приведены на рис. 2–5.

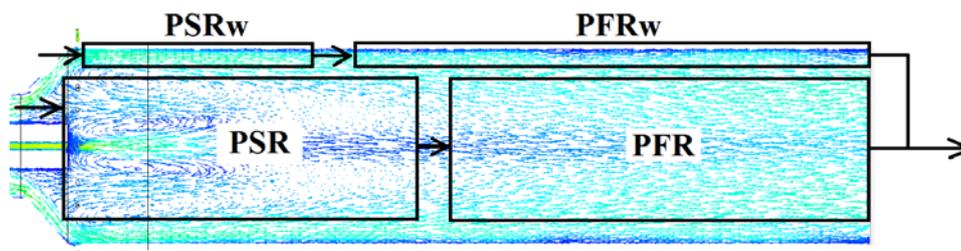


Рис. 1. Реакторная модель камеры сгорания, построенная на базе трехмерного моделирования: PSR – реактор идеального смешения (зона обратных токов); PFR – реактор идеального вытеснения (зона догорания); PSRw – пристеночный реактор идеального смешения; PFRw – пристеночный реактор идеального вытеснения

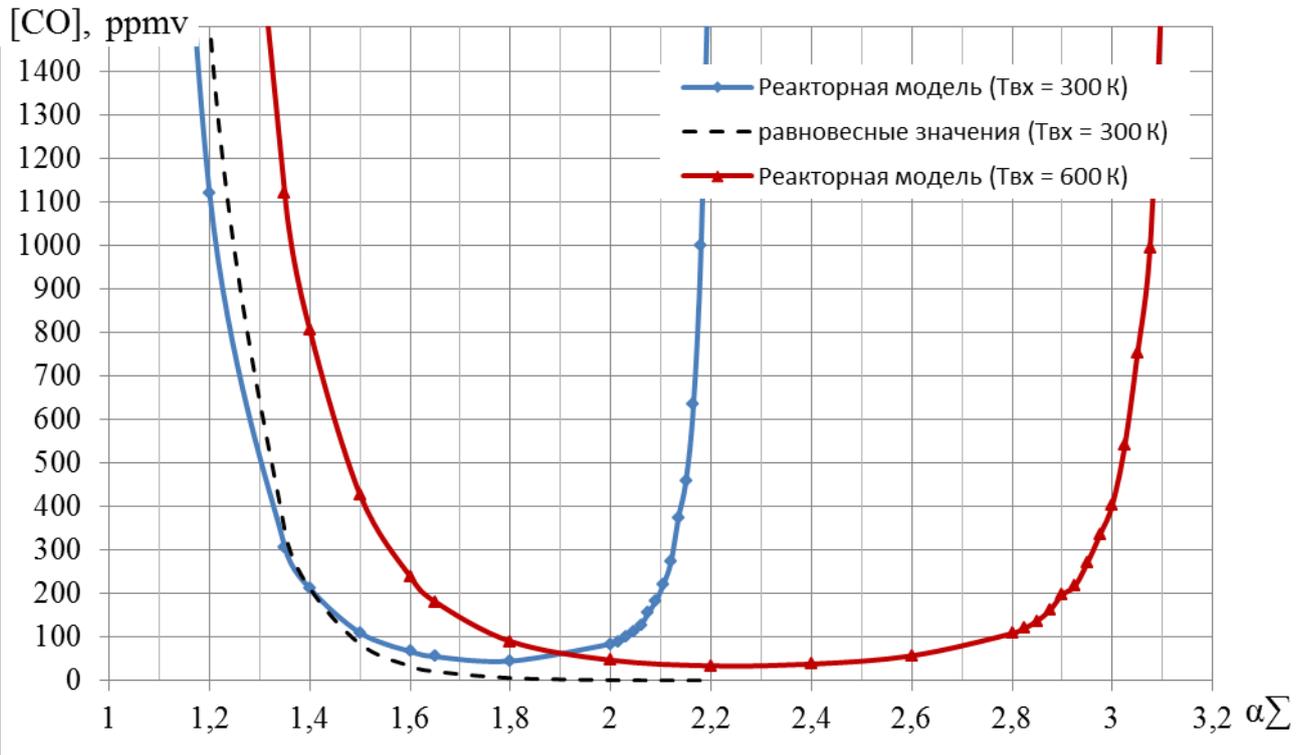


Рис. 2. Зависимость выбросов CO от суммарного коэффициента избытка воздуха и температуры воздуха на входе в камеру

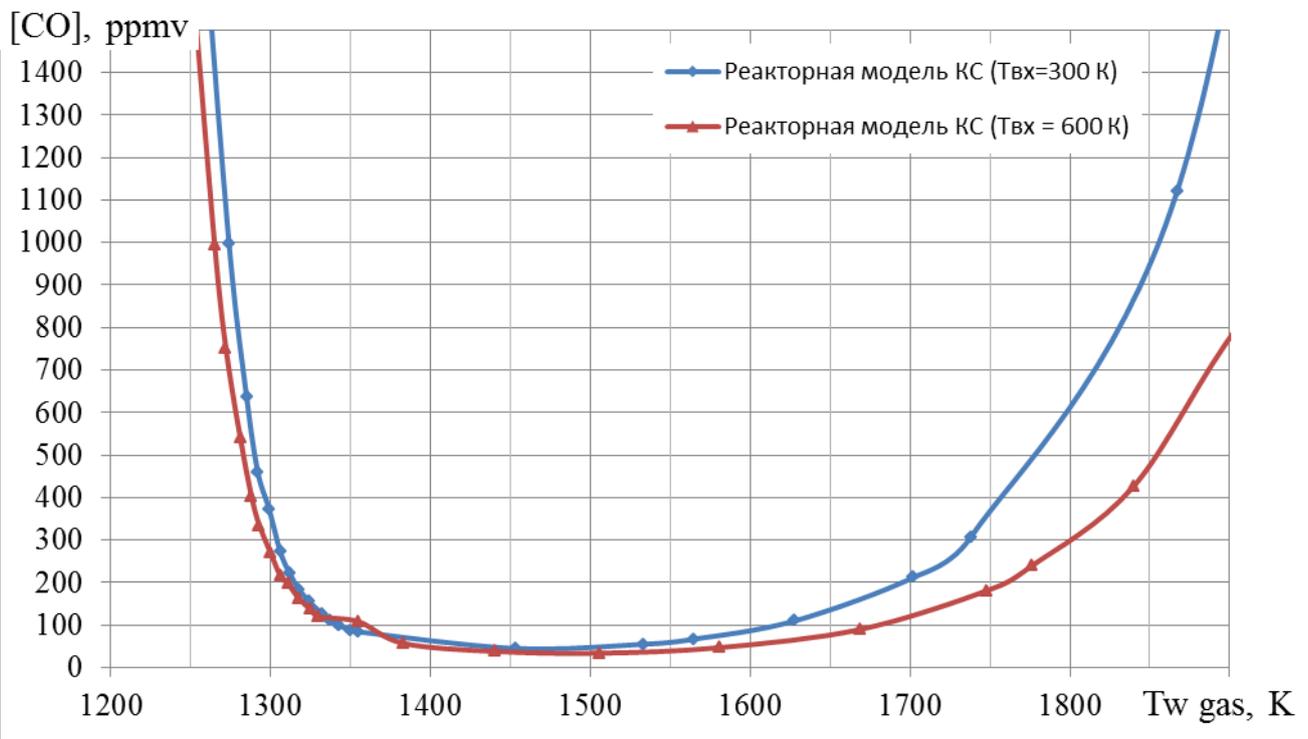


Рис. 3. Зависимость выбросов CO от температуры газов в пристеночной области

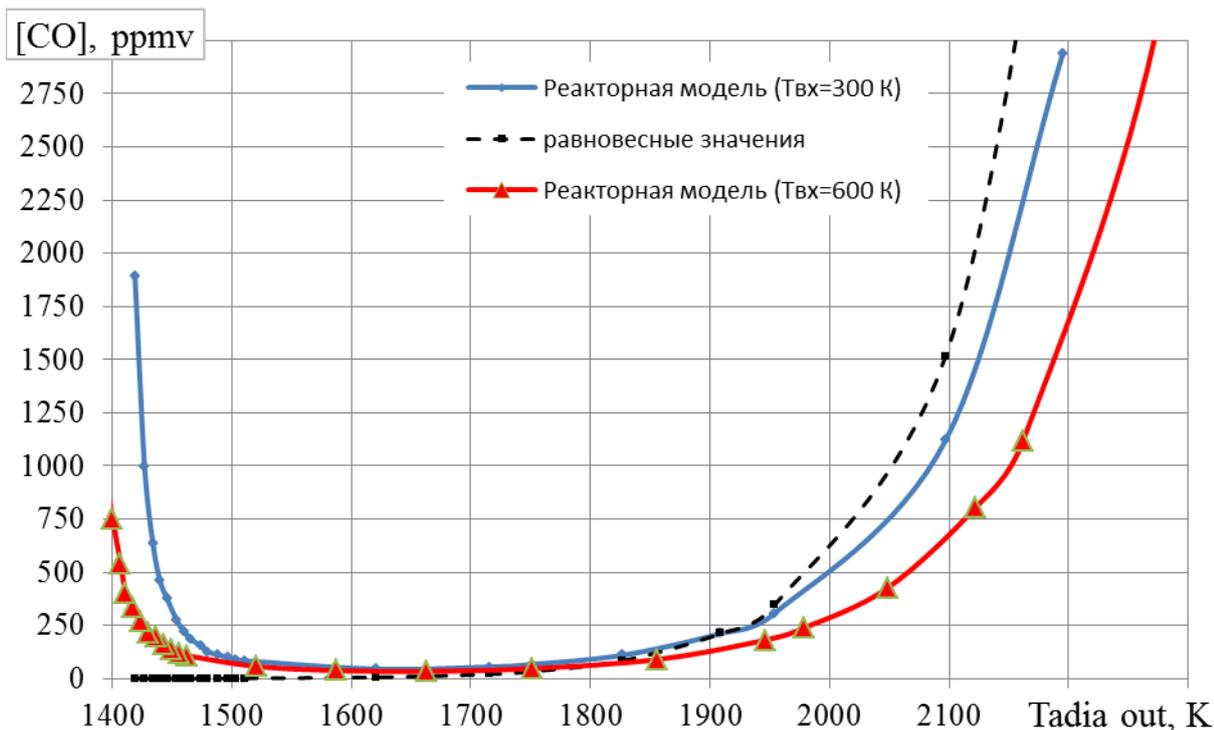


Рис. 4. Зависимость выбросов CO от адиабатической температуры газов на выходе из камеры сгорания

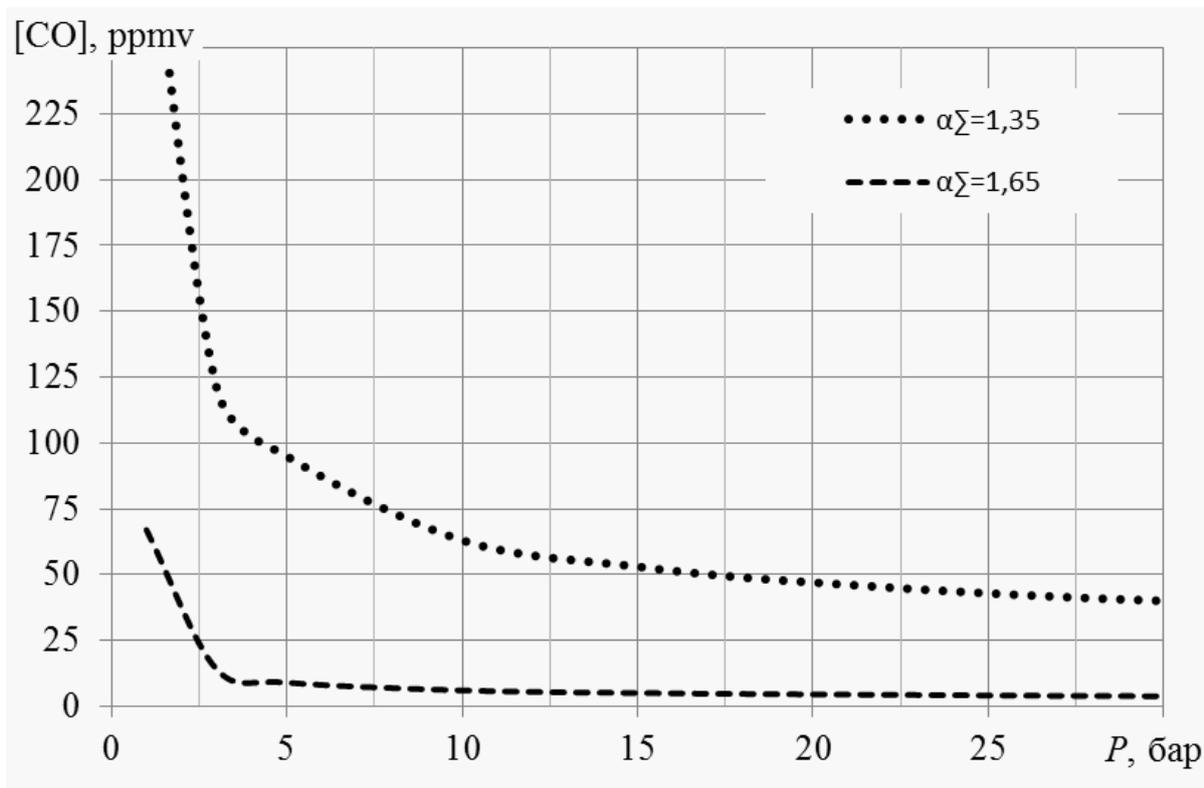


Рис. 5. Зависимость выбросов CO от давления в камере сгорания ($T_{вх}=300$ К)

Результаты расчетных исследований соответствуют физическому представлению о процессах образования и выгорания монооксида углерода [3] и позволили выявить некоторые количественные данные, которые бу-

дут полезны разработчикам камер сгорания. В частности, для малогабаритных камер сгорания при температуре газов в пристеночной области менее ~ 1400 К получено быстрое увеличение уровня выбросов CO.

Таким образом, результаты апробации комбинированного метода расчета концентраций монооксида углерода в продуктах выхлопа показали целесообразность дальнейшего развития метода и позволили получить некоторые количественные данные, полезные для разработчиков КС.

Примечание: α_{Σ} – суммарный коэффициент избытка воздуха; T_{ex} – температура воздуха на входе в камеру сгорания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Novosselov, I. V.** Chemical Reactor Network Application to Emissions Prediction for Industrial DLE Turbine [Текст] / I. V. Novosselov, P. C. Malte, S. Yuan, R. Srinivasan, J.C.Y. Lee // ASME Turbo Expo 2006. - 2006.
2. **Yuasa S.** Effects of Secondary Premixture-Injection on Combustion Characteristics of a Lean Premixed Propane Combustor for 200 W-Class Gas Turbines / S. Yuasa, R. Awano, T. Sakurai // GTSJ. – 2007.
3. **Lefebvre A. H.** Gas Turbine Combustion: Alternative Fuels and Emissions, third ed. /A. H. Lefebvre, D. R. Ballal. – CRC Press, 2010.

ОБ АВТОРАХ

КУТЛУМУХАМЕДОВ Артур Рамилевич, аспирант каф. АТиТ УГАТУ.

СКИБА Дмитрий Владимирович, канд. техн. наук, ст. науч. сотрудник каф. АТиТ УГАТУ.

БАКИРОВ Фёдор Гайфуллович, д-р техн. наук, профессор, зав. каф. АТиТ УГАТУ.

METADATA

Title: Testing of the combined method of estimating carbon monoxide concentration at the outlet of the gas turbine combustor

Authors: A. R. Kutlumukhamedov¹, D. V. Skiba², F. G. Bakirov³

Affiliation:

Ufa State Aviation Technical University (UGATU), Russia.

Email: ¹kutlum22@yandex.ru, ²d.skiba@teplophysics.ru, ³fgbakirov@bk.ru

Language: Russian.

Source: Molodezhnyj Vestnik UGATU (scientific journal of Ufa State Aviation Technical University), no. 2 (21), pp. 72-75, 2019. ISSN 2225-9309 (Print).

Abstract: The report contains results of estimation carbon monoxide (CO) emissions from gas turbine combustor chambers using combined method (3D modeling + Reactor Network Method). The results of calculations have showed the reasonability of further development of the combined method.

Key words: combustion chamber, pollutants, carbon monoxide, 3D modeling, chemical reactor network model, the combined method of estimating CO emission, testing of the combined method

About authors:

KUTLUMUKHAMEDOV, Artur Ramilevich., postgraduate student, Ufa state aviation technical University

SKIBA, Dmitriy Vladimirovich., candidate of technical Sciences, Senior Researcher in the Department of aviation of the thermal engineering and heat power engineering, Ufa state aviation technical University

BAKIROV, Fedor Gayfullovich., doctor of technical Sciences, Professor, Head of the Department of aviation of the thermal engineering and heat power engineering, Ufa state aviation technical University