

ИССЛЕДОВАНИЕ МАЛОЭМИССИОННОГО ДИАПАЗОНА МОДЕЛЬНОЙ КАМЕРЫ СГОРАНИЯ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ТЕМПЕРАТУРЫ В ЗОНЕ ГОРЕНИЯ

Цибуцинина А.Д.¹, Якушкин Д.В.¹, Зубрилин И.А.¹,
Искворин Д.С.¹Миронов Н.С.², Старостин Д.А.²

¹Самарский университет, г. Самара, cibucinina.ad@ssau.ru

²ПАО "ОДК-Кузнецов", г. Самара

Ключевые слова: камера сгорания, газотурбинный двигатель, перспективные виды топлива, эмиссия вредных веществ.

Актуальность данной работы заключается в обеспечении экологических норм и эффективности энергоустановок. Проектирование камеры сгорания (КС) заключается в поиске компромиссного решения по температуре первичной зоны камеры сгорания: увеличение температуры свыше 1800 К приводит к увеличению скорости образования NOx, тогда как снижение температуры – к снижению полноты сгорания и повышенным выбросам CO. При этом точное значение диапазона малоэмиссионной работы камеры сгорания будет определяться её конструктивными особенностями. Таким образом, целью данной работы было определение численными методами диапазона малоэмиссионной работы камеры сгорания по температуре первичной зоны. Исследование проводилось на модельной камере сгорания, прототипом для которой служила малоэмиссионная КС НК-14СТ. В ходе работы температура на входе в КС находилась в диапазоне $T_{к}=450-650$ К, коэффициент избытка воздуха горелочного устройства в диапазоне от $\alpha_{к}=1,43...2,53$, что позволяет изменять температуру в первичной зоне в диапазоне 1500...2100 К. Дополнительно исследовалось влияние количества пилотного топлива и содержание водорода в топливе диапазон в плоть до массовой доли водорода 90%. Результаты представлены на рис. 1 в относительных величинах и рис. 2.

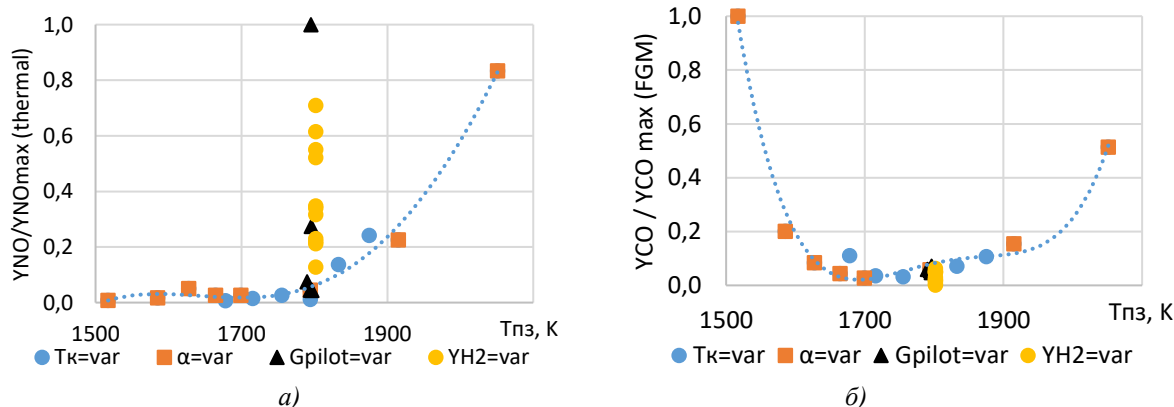


Рисунок 1 – Эмиссионные характеристики КС а) выбросы NO; б) выбросы CO

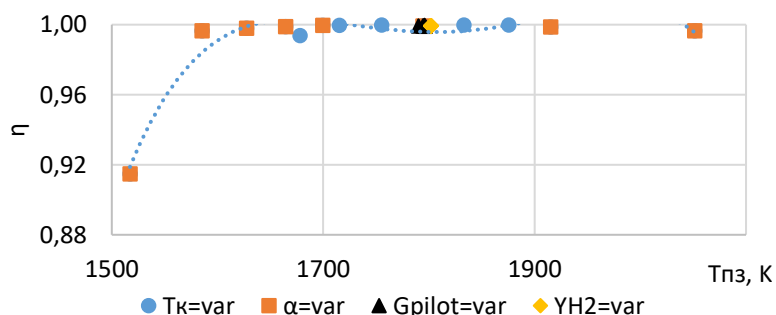


Рисунок 2 – Полнота сгорания КС

В результате проведенного исследования получено, что наибольшие значения выбросов CO достигаются на границах исследуемого диапазона по $T_{пз}$. Такими режимами являются:

$\alpha = 1,43$ и $\alpha = 2,53$ (при $T_k = 600$ К. Это обусловлено тем, что при температуре свыше 1900 К происходит диссоциация CO_2 , а при температуре ниже 1650 К не догорание топлива.

Наименьшие выбросы CO достигаются на режиме $\alpha = 2,04$ и $T_k = 600$ К. Дальнейшее повышение $T_{пз}$ приводит к более существенному изменению выбросов NO_x (при $T_{пз} = 2051$ К, при $\alpha = 1,43$ и $T_k = 600$ К). Низкоэмиссионным является диапазон $T_{пз}$ от 1700 до 1850 К, при G_{pilot} менее 1%. Он достигается при следующих условиях: $\alpha \in (1,8;2)$ и $T_k^* = 600$ К; или $\alpha = 1,84$ и $T_k^* \in (500;600)$ К.

Важным фактором, влияющим на выбросы NO_x , является количество топлива в пилотном контуре, что увеличивает стехиометрические поверхности с высокой температурой. Таким образом в дальнейшем исследовании планируется рассмотреть данное влияние и на пониженном режиме в диапазоне $T_{пз}=1500...1700$ К.

Исходя из приведенных выше выводов следует, что увеличение NO_x при использовании водорода может быть скомпенсировано с помощью уменьшения относительного расхода в пилотный контур, так как G_{pilot} является наиболее важным параметром, определяющим выбросы NO . Компенсация повышения содержания CO в продуктах сгорания, вызванного уменьшением относительного расхода в пилотный контур может быть проведена за счет изменения $T_{пз}$, в совокупности с влиянием добавок водорода в топливе.

Сведения об авторах

Цибуцинина А.Д., студент группы 2313-240305D, Область научных интересов: численное моделирование процессов горения в КС ГТД.

Якушкин Д.В., инженер-конструктор. Область научных интересов: Турбулентное горение в КС ГТД, CFD моделирование.

Зубрилин И.А., к.т.н., доцент кафедры теплотехники и тепловых двигателей. Область научных интересов: вибрационное горение, численное моделирование эмиссионных характеристик КС ГТД.

Искворин Д.С., студент группы 3102-240405D. Область научных интересов: численное моделирование процессов горения в КС ГТД.

Миронов Н.С., начальник бригады горения КО-5. Область научных интересов: эмиссия вредных веществ при горении углеводородных топлив, термическое состояние элементов конструкции при воздействии пламени, методы расчётной доводки ГТД.

Старостин Д. А., инженер-конструктор третьей категории. Область научных интересов: численное моделирование рабочих процессов в КС ГТУ, тепловое состояние конструктивных элементов КС, эмиссионные характеристики ГТУ.

STUDY OF THE LOW-EMISSION RANGE OF A MODEL COMBUSTION CHAMBER WITH CHANGING TEMPERATURES IN THE COMBUSTION ZONE

Tsibutsinina A.D.¹, Yakushkin D.V.¹, Zubrilin I.A.¹, Iskvorin D.S.¹, Mironov N.S.², Starostin D.A.²

¹Samara University, Samara, cibucinina.ad@ssau.ru

²PJSC "UEC-Kuznetsov", Samara

Keywords: combustion chamber, gas turbine engine, promising fuels, emission of harmful substances.

In this paper, pollutant emissions and the fuel combustion efficiency are studied depending on the temperature of the primary zone. As a result of CFD calculations, the ranges of optimal Teq values for reducing emissions and increasing combustion efficiency were identified.