

ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫЕ КАМЕРЫ СГОРАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ГТУ С ИЗМЕНЯЕМЫМ СОСТАВОМ ТОПЛИВНОГО ГАЗА. ОПЫТ ВТИ И МИРОВЫЕ ТРЕНДЫ

Васильев В.Д., Булысова Л.А., Пугач К.С.
ОАО "ВТИ", г. Москва, kc-vti@bk.ru

Ключевые слова: камера сгорания, выбросы вредных веществ, газотурбинные установки, малоэмиссионное сжигание, топливовоздушная смесь, горелочное устройство, последовательное сжигание.

Перспективное направление развития отечественной теплоэнергетики на базе органического топлива связано с вводом генерирующих мощностей, основу которых составляют высокоэффективные газотурбинные установки. Сооружение новых тепловых электростанций, техническое перевооружение уже действующих с применением парогазовых технологий предопределяется сегодня Энергетической стратегией России, Концепцией технической политики РАО ЕЭС России и рядом других значимых документов.

Одним из путей развития промышленных и энергетических ГТУ является повышение температуры газов перед турбиной, приводящее к существенному росту КПД установки. На рис. 1 изображен график зависимости КПД ПГУ от температуры газов перед турбиной.

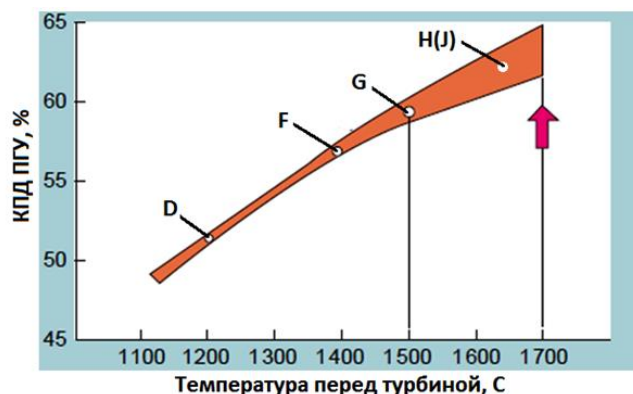


Рисунок 1 – Зависимость КПД ПГУ от температуры газов перед турбиной

Одним из лидирующих способов повышения температуры газов перед турбиной с сохранением требований к эмиссионным характеристикам в мировом газотурбостроении стал способ последовательного ступенчатого сжигания топлива в едином объеме жаровой трубы камеры сгорания. Данный подход используется, как для ГТУ малой мощности (~8-10 МВт, M7A-03), средней мощности (~18-30 МВт, L20A и L30A), а так же большой мощности (более 300 МВт, 9НА, GT36). Это свидетельствует об универсальности и эффективности такой схемы и о ее хорошей масштабируемости.

Приведем некоторые примеры высокотемпературных ГТУ, с камерами сгорания использующими принцип последовательного сжигания топлива и достигаемые при этом КПД установок. Так, ГТУ L30A имеет номинальную мощность 30,9 МВт и термический КПД 41,2% при этом уровень эмиссий NO_x 15 млн-1, производства Kawasaki Heavy Industries, Ltd; ГТУ 9НА (50 Гц) фирмы Дженерал Электрик, мощностью 446 мВт и КПД 43,1%; ГТУ GT36 мощностью 538 МВт (50 Гц) с КПД 42,8% [1-4]. Кроме того, использование данной схемы сжигания позволяет сжигать газообразное топливо в широком диапазоне чисел Воббе.

Специалистами ОАО "ВТИ" на базе, разработанной ими конструкции однозонной камеры сгорания, работающей по принципу сжигания предварительно перемешанной топливовоздушной смеси и испытанной как на стенде пониженных, так и полных параметров, рассмотрел вариант доработки ее до двузонной с последовательным сжиганием.

Схема многозонной малоэмиссионной камеры сгорания (МЭКС) для ГТУ показана на рис. 2а. В объеме жаровой трубы имеется 4-ри независимые зоны стабилизации пламени. Три

из них (I, II, III) формируются горелочным устройством, расположенным в торце жаровой трубы (ГУ1, поз.1 на рис. 2а) по ходу потока воздуха в МЭКС. Четвертая зона стабилизации пламени (IV) - это стабилизация на струях, поступающих в объем жаровой трубы ниже по потоку, ближе к газосборнику и выходу из камеры сгорания. Данные струи воздуха или ТВС формируются вторым горелочным устройством, расположенным ниже по потоку (ГУ2, поз. 4 рис. 2а).

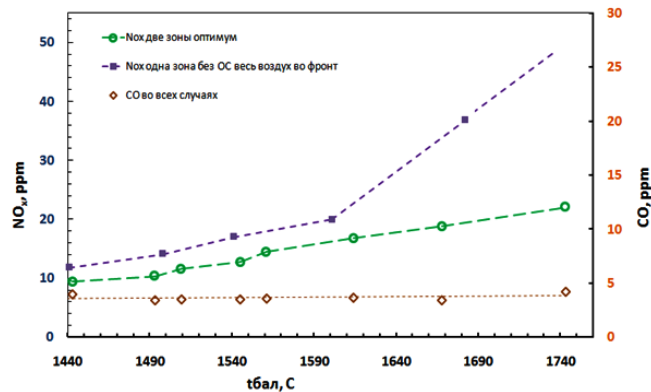
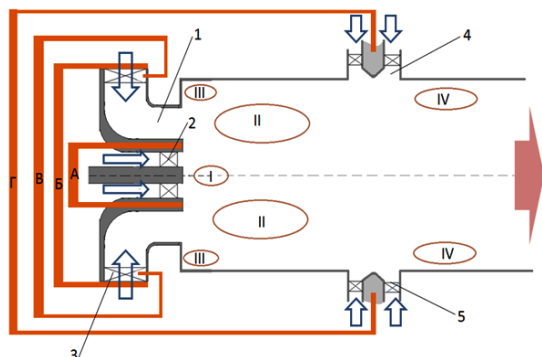


Рисунок 2: а - схема многозонной высокотемпературной МЭКС: 1 - ГУ1; 2 - завихритель ПГ ГУ1; 3 - завихритель ОГ ГУ1; 4 - ГУ2; 5 - завихритель ГУ2; топливные подводы: А - к ПГ; Б - к Осн1 ГУ1; Г - к ГУ2; зоны стабилизации пламени: I; II; III; IV
б - зависимости эмиссий NOx и CO от выходной температуры для двух вариантов МЭКС: I - однозонная; 2 - двухзонная

Представленная конструкция МЭКС позволяет сжигать топливо по зонам, которые можно подключать и отключать за счет подачи топлива в тот или иной топливный коллектор в зависимости от режима работы ГТУ. ГУ1 обеспечивает практически независимые зоны стабилизации с минимальным взаимодействием потоков между собой, что позволяет создавать в каждой из них индивидуальные условия горения с заданной температурой. При подаче топлива в ГУ2 происходит его перемешивание с воздухом разбавления и сжигание получаемой ТВС в потоке горячих газов от ГУ1. Это сокращает время пребывания реагентов в зоне высоких температур и обеспечивает устойчивое сжигание при работе ГТУ на богатых ТВС (вблизи номинальной нагрузки).

На рис. 2 б показаны результаты экспериментальных исследований однозонного и двухзонного вариантов МЭКС в диапазоне температур горячих газов 1440 - 1740 С. При превышении температуры 1600С, при однозонном сжигании топлива наблюдается резкий рост эмиссий NOx, а при двухзонном сжигании темп прироста NOx в зависимости от температуры не изменяется. Это приводит к тому, что при достижении температуры горячих газов на выходе из МЭКС 1700С снижение уровня концентрации NOx достигает 46% относительно одной зоны горения. При этом уровень CO остается неизменным.

Список литературы

1. Toshiaki Sakurazawa, Takeo Oda, Satoshi Takami, Atsushi Okuto, Yasuhiro Kinoshita "Development of the DLE combustor for L30A gas turbine", Proceedings of ASME Turbo Expo 2015: Turbine Technical Conference and Exposition, GT2015, June 15 – 19, 2015, Montréal, Canada, GT2015-42904.
2. Myers, Geoff et. al. "Field Test Validation of the DLN2.5H Combustion System on the 9H Gas Turbine at Baglan Bay Power Station", ASME Turbo Expo 2005, GT2005-68843, June 2005, Reno, Nevada.
3. Peter Stuttaford, Hany Rizkalla, Khalid Oumejjoud, Nicolas Demougeot, Justin Bosnoian, Fred Hernandez, Matthew Yaquinto, Afzal Pasha Mohammad, Dwain Terrell, Ryan Weller "FlameSheet™ Combustor Engine and Rig Validation for Operational and Fuel Flexibility with Low Emissions" Proceedings of ASME Turbo Expo 2016: Turbomachinery Technical Conference and Exposition GT2016 June 13 – 17, 2016, Seoul, South Korea GT2016-56696.

4. L.A. Bulysova, A.L. Berne, V.D. Vasil'ev, M.N. Gutnik , and M.M. Gutnik. Study of Sequential Two-Stage Combustion in a Low-Emission Gas Turbine Combustion Chamber Thermal Engineering, 2018, Vol. 65, No. 11, pp. 806–817.

Сведения об авторах

Васильев В.Д., заведующий лабораторией газотурбинных установок, энергетика, камеры сгорания, теплообмен.

Булсыова Л.А., к.т.н., с.н.с., энергетика, камеры сгорания, теплообмен.

Пугач К.С., м.н.с., энергетика, камеры сгорания, теплообмен.

**HIGH-TEMPERATURE COMBUSTION FOR LOW EMISSION GAS TURBINE AND
WITH VARIABLE FUEL GAS COMPOSITION.
JSC "VTI" EXPERIENCE AND GLOBAL TRENDS.**

Vasiliev V.D., Bulysova L.A., Pugach K.S.

JSC "VTI", Moscow, kc-vti@bk.ru

Keywords: Gas Turbine, Low Emission combustion.

Introduced The advanced manufacturers' experience in development of Low Emission Gas Turbine combustors (LEC) by means of the sequential staged combustion concept. This concept shows wide range of stable low emission operation modes and good possibilities for up and down scaling.

Demonstration of experience of JSC "VTI" in the field of creating low-emission combustion chambers with sequential two-stage combustion.