

УДК 621.438; 621.45.034; 662.612.22; 678.044:662.767

М.В. КУЗНЕЦОВ, д.х.н., г.н.с. (ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ) МЧС России)
г. Москва

ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ, ПРОТЕКАЮЩИХ В КАМЕРАХ СГОРАНИЯ ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК В РЕЖИМЕ ГЕТЕРОГЕННО-КАТАЛИТИЧЕСКОГО ГОРЕНИЯ

Газотурбинные установки относятся к числу исключительно важных и широко распространенных систем, которые применяются в различных областях техники, энергетики, авиастроения. Следует отметить, что результаты данной работы касаются энергетических газотурбинных установок относительно небольшой мощности, предназначенных для обеспечения локальных потребностей в электроэнергии ограниченных по площади территорий, т.е. таких установок, которые ориентированы на удешевление применяемых при их изготовлении конструкционных материалов, а также на упрощение эксплуатационных схем управления при определенном уровне КПД системы.

Камера сгорания газотурбинной установки (ГТУ) является одним из ключевых звеньев в исследованных системах. При конструировании камеры сгорания ГТУ до настоящего времени все исследователи и конструкторы ориентируются на факельное гомогенное сжигание газового топлива при генерации рабочего тела ГТУ. Такой режим работы камеры сгорания характеризуется существенными техническими недостатками:

1 - появление в выхлопах экологически вредных компонентов из-за неполноты сгорания топлива и образования оксидов азота;

2 - необходимость охлаждения продуктов горения на 1000⁰С и более перед подачей их на лопатки турбины из-за ограничений по термостойкости материалов лопаток, что, естественно, усложняет аппаратное оформление ГТУ и схему ее управления;

3 - существенное ограничение интервала управления мощностью ГТУ из-за существования в гомогенном пламени нижнего и верхнего предела горения по концентрации топлива в газо-воздушной смеси.

В связи с вышеизложенным, представляется очевидным, что перевод камеры сгорания ГТУ с традиционного режима гомогенного горения на режим гетерогенно-каталитического сжигания газового топлива может обеспечить существенные технические преимущества по целому ряду технических показателей в пользу ГТУ с каталитической камерой сгорания:

1 - обеспечение полноты сгорания топлива, а также исключение в отходящих газах оксидов азота и других экологически вредных компонентов;

2 - обеспечение любой заданной рабочей температуры на выходе из камеры сгорания перед подачей на лопатки турбины путем варьирования концентрации топлива в газо-воздушной смеси;

3 - возможность плавного управления мощностью ГТУ, от практически нулевого значения до максимального.

Однако, к сожалению, каталитические камеры сгорания всё еще не нашли в ГТУ заметного технического применения. До настоящего времени предпринимались лишь попытки использования каталитических элементов в камерах сгорания ГТУ в качестве воспламенителей факельного горения. Одной из главных причин отсутствия реального прогресса в разработке каталитических камер сгорания в схемах ГТУ является непригодность для использования в рассматриваемых системах традиционных для промышленного катализа насыпных гранулированных катализаторов. Вопрос об эффективности дизайна катализаторного узла камеры сгорания ГТУ может быть решен путем разработки кассетной структуры катализатора, собранной из листовых каталитических элементов, изготовленных в форме тканых (или нетканых) волокнистых изделий. Нами предпринята попытка рассмотреть основные технические, конструкционные и режимные аспекты проблемы каталитической камеры сгорания ГТУ такого типа с использованием демонстрационного макета каталитической камеры сгорания в лабораторных условиях модельного эксперимента. Для изготовления каталитических кассет были применены кремнеземные стекловолокнистые тканые катализаторы (СВТК) в форме сеточного плетения различной геометрии, активированные платиной или палладием до содержания 0.1-0.2% масс. Этот тип катализаторов разработан и предназначен для широкого круга процессов, в том числе и для реакций каталитического горения.

На первом этапе работы в качестве горючего компонента было использовано штатное газовое автомобильное топливо на основе пропановой фракции, заправленное для проведения экспериментов в баллоны непосредственно на автозаправочных станциях. Задачи исследования состояли в определении режимных характеристик процесса каталитического горения пропанового газового топлива на СВТК материалах. В перечень режимных характеристик должны быть включены следующие сведения об акте «зажигания» реакции в сборке катализатора и об установившемся стационарном режиме процесса каталитического горения: влияние типа активного компонента в стекловолокнистой тканой матрице; влияние плотности и геометрии структуры тканой матрицы; влияние количества каталитических слоев в кассетной сборке катализатора; влияние гидродинамических факторов (скорости фильтрации газо-воздушной смеси через каталитическую кассету); влияние концентрации

топлива в газо-воздушной смеси на тепловой режим работы каталитической кассеты.

Таким образом, на основе результатов исследований динамических особенностей каталитического горения пропанового топлива на кассетном стеклотканом катализаторе в условиях малых времен контакта развивается концепция об экономических, технологических и эксплуатационных перспективах перевода камер сгорания в газотурбинных установках с гомогенно-факельного сжигания топлива на режим гетерогенно-каталитического горения. Таким образом, представляется возможным осуществить упрощение системы управления и расширение диапазона варьирования мощностью установки, обеспечить регулирование ее функционирования в широких пределах температуры рабочего тела, а также исключить потери тепла в узлах охлаждения рабочего потока перед подачей на лопатки турбины при повышении уровня экологичности процесса.

Информация об авторе:

Кузнецов Максим Валерьевич, д.х.н., с.н.с., г.н.с. ФГБУ Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций (федеральный центр науки и высоких технологий) (ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 121352 г.Москва, ул.Давыдовская, д.7 (maxim1968@mail.ru)