

факторов на радиальную неравномерность. Расчетные данные неравномерности полей температур верифицировались с экспериментальными данными и были получены удовлетворительные согласования результатов. Проведенные исследования позволили создать методику расчета неравномерности полей температур на выходе из камер сгорания ГТД.

Список литературы

1. *Лефевр А.* Процессы в камерах сгорания ГТД. М.: Мир, 1986. 566 с.
2. *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.

УДК 621.45.056:66

НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО ПЕРЕМЕШАНЫХ ГАЗОВОЗДУШНЫХ СМЕСЕЙ

Кныш Ю.А., Самарский университет, г. Самара, knysh194@mail.ru

Ключевые слова: микровихревые течения, каталитические покрытия, массовые силы, загрязняющие вещества, лазерное спекание, тепло – массоперенос.

В работе экспериментально обоснована новая технология организации процессов горения предварительно перемешанных газоздушных смесей. Горение организовано в системе взаимно пересекающихся микровихревых структур, ограниченных с трех сторон стенками из жаростойкого материала, а с четвертой стороны открытого промежутка, где осуществляется генерация вихревых структур благодаря интенсивному турбулентному взаимодействию взаимно пересекающихся струй. Дополнительная инициация горения обеспечивается покрытием стенок жаростойкого материала каталитически активными композициями. Высокий уровень тепло-массопереноса в микровихревых структурах обеспечивается действием массовых сил, развивающихся в сильно закрученных потоках.

В работах [1,2] дано теоретическое и экспериментальное обоснование принципа сжигания топлива в условиях «избыточной энтальпии» на примере горения газовой реагирующей смеси в твердом пористом каркасе. Ввиду высокой теплопроводности материала каркаса тепловые

потоки переносятся в зону прогрева свежей смеси, что приводит к увеличению скорости ее сгорания и расширению концентрационных пределов горения. В статье [1] показано, что «применение пористого каркаса позволяет сжигать смеси, которые в обычных условиях не горят, а так же смеси сильно обедненные или обогащенные горючим. Кроме теплового воздействия на предпламенную зону (авторы) предлагают использовать и химическое воздействие путем нанесения каталитического слоя на внутреннюю поверхность пор. Сжигание бедных смесей в каталитических и некаталитических пористых матрицах – один из перспективных методов снижения эмиссии вредных веществ (прежде всего окислов азота) в стационарных газотурбинных энергетических установках».

Аналогичные идеи получили развитие в практике современного газотурбинного двигателестроения. Наиболее интересные результаты по снижению эмиссии вредных веществ получены в Самарских двигателестроительных фирмах. В основу конструкции фронтального устройства малоэмиссионных камер сгорания заложена так называемая двухконтурная схема вихревой горелки, в которой внутренний контур «дежурного» пламени проектируется на богатую топливную смесь, а внешний контур – на переобедненную смесь. Экспериментально подбираются наилучшие соотношения составов смеси, обеспечивающие минимальные выбросы вредных веществ. Основной и труднопреодолимой проблемой данного направления остается обеспечение устойчивого горения обедненных смесей. При $\alpha > 1,8$ во внешнем контуре горелки вследствие снижения температуры в зоне горения и развития газодинамической неустойчивости происходит резкое усиление образования CO. Попытки повышения температуры сгорания в суммарном факеле путем обогащения смеси во внутреннем контуре приводят к адекватному росту концентрации оксидов азота. В приведенном примере так называемая «огневая поддержка» основной зоны горения осуществляется центрально расположенной дежурной зоной. В сложной схеме взаимодействия струйных факелов периферийной и центральной зон не удастся получить одновременного снижения эмиссии CO и NO_x, особенно при изменениях режима работы турбокомпрессора. Технические противоречия противоположного влияния термохимических факторов на образование монооксида углерода и оксидов азота оказались практически не преодолимыми. Первопричины неудач использования идеи струйного подогрева газозвушной смеси второго контура за счет генерации тепла в «дежурном пламени» первого контура еще предстоит понять. В то же время запланированное к 2020 году резкое снижение нормативов на эмиссию CO и NO_x энергетическими ГТУ оставляет все меньше времени на решение этой сложной проблемы.

В качестве альтернативного решения может быть предложена разработанная в Самарском национальном исследовательском университете идея создания низкоэмиссионной микровихревой горелки на основе матрицы с компланарно перекрестными каналами. В ранее выполненных исследованиях [3] была показана возможность генерации устойчивых микровихревых течений в компланарно перекрестных винтовых каналах матрицы. Изготовление матриц из жаропрочного материала методом лазерного спекания позволило выполнить ряд экспериментов по сжиганию газозвушных смесей в микровихревых потоках. Эксперименты проводились на лабораторной установке. Горелка состоит из двух основных элементов: форкамеры, предназначенной для запуска устройства и предварительного прогрева моноблока микровихревой матрицы. Форкамера и блок матрицы установлены соосно в корпусе. При необходимости визуального наблюдения, а так же фото- и видеосъемки процессов горения в винтовых каналах матрицы, корпус заменяется цилиндром из кварцевого стекла.

Особенности организации горения в микровихревых потоках сводятся к следующему:

а) процесс горения начинается в непосредственной близости к металлическим стенкам винтовых каналов матрицы, имеющим высокую температуру вследствие предварительного подогрева;

б) под влиянием интенсивной закрутки потока горючей смеси продукты пристеночного сгорания как менее плотные под воздействием массовых сил, вызванных центростремительными ускорениями, быстро перемещаются от стенок к ядру вихря, т. е. к оси вихревого жгута;

в) освободившееся место занимают более холодные плотные массы свежей смеси, которые приближаются вплотную к горячим стенкам под влиянием действия центробежных сил и сгорают на поверхности металла;

г) описанный тепло - массоперенос осуществляется в условиях интенсивной турбулентности, генерируемой взаимно пересекающимися винтовыми потоками газозвушной смеси.

В процессе выполнения экспериментов выявлена интересная особенность горения богатой смеси в винтовых каналах матрицы. В режиме факельного горения (без матрицы) образуется достаточно много углерода, который окрашивает факел в ярко желтые цвета. Внесение в поток металлической матрицы снижает дымообразование вплоть до его полного визуального исчезновения в момент максимального приближения матрицы к форкамере. Таким образом, при наличии матрицы видимого дымообразования не происходит и в продуктах сгорания между выходным торцом матрицы и выходным сечением кварцевого цилиндра наблюдается так называемая «темная зона». За выходным сечением кварцевой трубы происходит бездымное догорание обогащенной смеси при контакте с кис-

лородом атмосферного воздуха. В целом микровихревая матрица позволяет существенно сократить длину факела горения.

Список литературы

1. Расширение пределов горения в пористой горелке с помощью внешнего подогрева / Ал.Ал. Берлин, А.С. Штейнберг, С.М. Фролов, А. А. Беляев, В.С. Полянский, В.Я. Басевич // Доклады академии наук. 2006. Том 406. № 6. С. 1-6.
2. Шмелев В.М. Инфракрасная горелка с объемной матрицей. Газовая промышленность. 2008. № 5. С. 74-79.
3. Формирование в каналах блочного катализатора микровихревых потоков газа с интенсивной закруткой / Ю.А. Кныш, Ю.И. Цыбизов, Д.Н. Дмитриев, А.А. Горшкалев // Вестник СГАУ. 2012. № 3(34). Часть 3. С. 121-126.

УДК 621.45.056:66

АКУСТИЧЕСКАЯ ЭМИССИЯ МИКРОВИХРЕВОЙ МАТРИЦЫ

Кныш Ю.А., Самарский университет, г. Самара, knysh194@mail.ru
Горшкалев А.А., Самарский университет, г. Самара, agorsh@bk.ru
Половинщикова М.В., Самарский университет, г. Самара, pomashi@mail.ru

Микровихревые матрицы рассматриваются в последнее время как перспективные технологии организации процессов горения в малоэмиссионных камерах сгорания. Бесспорным преимуществом микровихревых матриц является широкий интервал устойчивого горения в области бедных топливных смесей. Горелки на основе микровихревых матриц имеют пределы срыва пламени для предварительно перемешанной смеси до значений коэффициента избытка воздуха $\alpha \geq 3$. Для малоэмиссионных камер сгорания вполне достаточно иметь $\alpha \geq 1,9$. Как известно, переобедненные смеси горят неустойчиво и склонны к образованию избыточных концентраций СО. В этой связи акустическая неустойчивость течения в винтовых каналах матрицы рассматривается как важная характеристика, от которой зависят эмиссионные показатели камеры сгорания.

На первом этапе исследования пульсации давления определялись расчетным путем на плоской модели компланарной матрицы. На рис. 1 представлены результаты расчета при скорости газа на входе 60 м/с. Турбулентное взаимодействие взаимно пересекающихся потоков вызывает с одной стороны интенсивное вихреобразование в поперечно расположенных каналах и периодическое пережатие продольно расположенного вих-