

УДК 629.7.036.3

В.И. БЛОХИН¹, В.К. МЕРКУШИН¹, Н.П. ВЕЛИКАНОВА², П.В. ИВАНОВ²¹ ОАО КПП «Авиамотор» Казань, Российская Федерация² Казанский национальный исследовательский технический университет (КАИ)
им. А.Н. Туполева, Казань, Российская Федерация

ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ ГОРЕЛКИ ДЛЯ РЕГУЛИРОВКИ ПАРАМЕТРОВ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ БЕЗ РАЗБОРКИ КАМЕРЫ СГОРАНИЯ И СЪЁМА ГОРЕЛОК

Приведена конструкция горелочного устройства кольцевой камеры сгорания наземной газотурбинной установки газоперекачивающего агрегата для регулировки параметров характеристик температурного поля без частичной разборки камеры сгорания и съёма горелок при доводке на испытательном стенде. Предложенная конструкция одноконтурной горелки позволяет уменьшить окружную неравномерность температурного поля кольцевой камеры сгорания наземной газотурбинной установки и регулировать температурное поле с помощью дросселирующих шайб без разборки с меньшими затратами на проведение работ.

Ключевые слова: горелка, кольцевая камера сгорания, температурное поле, регулировка параметров.

Введение

Развитие современных газотурбинных двигателей определяется требованиями надежности, экологии и экономичности их работы, которые во многом зависят от рациональности конструкции камеры сгорания и оптимальной организации рабочего процесса в ней, а также характеризуется процессом конвертирования авиационных двигателей для наземных установок. Камера сгорания газотурбинного двигателя является одним из основных его элементов, и в большой степени определяет в целом экологические характеристики и эффективность работы двигателя. В газотурбинных двигателях камеры сгорания отличаются тем, что, несмотря на относительную простоту конструкции, в них происходят сложные, многообразные процессы, трудно поддающиеся расчётам и прогнозированию. Одновременное протекание таких процессов, как смесеобразование, массотеплообмен и горение, существенно усложняет возможность получения достаточно простых расчётных зависимостей для практической деятельности.

Совершенствование камер сгорания газотурбинных двигателей неразрывно связано с дальнейшим изучением рабочего процесса, поиском новых оптимальных конструкций, обеспечивающих повышение эффективности сжигания топлива на всех режимах работы и его экологической чистоты.

В направлении по совершенствованию основных камер сгорания входит много задач, главными из которых являются: улучшение смесеобразования

и подготовки топливовоздушной смеси, повышение эффективности процесса горения, обеспечение равномерности полей температур на выходе из камеры, снижение эмиссии вредных веществ. К настоящему времени многими исследованиями установлено, что решение указанных задач возможно путём совершенствования рабочего процесса в первичной зоне камеры сгорания, в особенности при увеличении температуры перед турбиной и степени повышения давления в компрессоре, что характерно для двигателей нового поколения.

В связи с этим процессы подачи топлива и дальнейшего смесеобразования играют большую роль в обеспечении требуемых характеристик процесса горения. Поэтому в последнее время наметилась тенденция в пристальном изучении течения и смесеобразования за перспективными фронтными устройствами. Фронтные устройства перспективных камер сгорания служат не только для организации необходимой структуры течения, но и соответствующей подготовки смеси. Поэтому в составе фронтного устройства применяются различные топливopодающие устройства, обеспечивающие высокую тонкость распыливания топлива и его смешение с первичным воздухом. С целью улучшения процессов смешения применяются различные вихревые устройства, двухступенчатые системы подачи топлива и регулирующие устройства для поддержания оптимальных значений составов смеси при различных режимах работы камеры сгорания.

Улучшение экологических характеристик стало в последние годы одним из основных направлений

развития и совершенствования газотурбинных двигателей, наиболее широко используемых в качестве привода нагнетателей природного газа на магистральных газопроводах. В связи с возросшими требованиями к экологической чистоте окружающей среды становится актуальной проблема снижения выбросов загрязняющих веществ. Известно, что основными загрязняющими веществами в продуктах сгорания являются окись углерода CO , несгоревшие углеводороды C_nH_m , окислы азота NO_x , сажистые частицы в виде дыма. Уровни концентраций большей части загрязняющих веществ в выхлопе газотурбинных двигателей непосредственно связаны с распределениями температуры, составов смеси и скоростей потоков в первичной зоне. С ростом значений параметров на входе и необходимостью снижения выбросов возрастают и требования к организации рабочего процесса в первичной зоне. С точки зрения прогнозирования характеристик камеры сгорания необходимую информацию несёт газодинамическая структура течения и распределение топлива в топливовоздушном факеле за горелочным устройством [1].

Расчет горелочного устройства модернизированной камеры сгорания выполнен в работе [2]. В ней приведены результаты исследований камеры сгорания газотурбинной установки, работающей на природном газе, исследовано влияние конструктивных особенностей горелочных устройств с целью оптимизации рабочих характеристик камер сгорания, обеспечивающих допустимые уровни эмиссии вредных веществ в условиях богато-бедного сжигания и сжигания заранее перемешанной смеси. Проведённые исследования отражают характерное влияние закрутки потока в горелочном устройстве и установки шайбы на организацию рабочего процесса в камерах сгорания газотурбинных двигателей и эмиссионные характеристики. В данной работе моделирование процессов горения и эмиссии токсичных выбросов рассмотрено с позиции статических моделей турбулентности. Разработан ряд эффективных моделей, обеспечивающих возможность проведения расчетов процесса горения с приемлемыми затратами компьютерного времени и точности результатов [2].

При модернизации не должны ухудшаться эксплуатационные свойства агрегата, т.е. основные характеристики модернизированной камеры сгорания, такие как неравномерность температурного поля газа за камерой, полнота сгорания топлива, гидравлическое сопротивление, надежность зажигания топливо-воздушной смеси при запуске, границы "бедного" и "богатого" срывов факела, должны быть близки к характеристикам штатной камеры сгорания.

Для возможной регулировки параметров характеристик температурного поля при испытаниях на испытательном стенде без демонтажа форсунок и частичной разборки камеры сгорания рассматривается конструктивная схема горелки.

Описание конструкции

Конструкция форсунки (горелки) кольцевой камеры сгорания двигателя НК-16-18СТ [3], содержащая (рис. 1): завихритель 1 с цельными лопатками; сопло 2; пустотелый корпус 3, на внешней поверхности которого выполнены отверстия 4 для подвода газа к распылителю 5 с дросселирующей шайбой 6, размещенные внутри корпуса 3; шлицевую гайку 7 с уплотнительными кольцами 8 для крепления форсунки к газораспределительному устройству 9 (головка кольцевая камеры сгорания).

Недостатком указанного устройства является отсутствие возможности регулировки параметров характеристики температурного поля при испытаниях на испытательном стенде, без съема форсунок и частичной разборки камеры сгорания, что приводит к значительным материальным затратам и увеличению времени по доводке характеристики температурного поля.

Устранение указанного недостатка осуществляется регулировкой расхода газа через горелку и параметров характеристики температурного поля путем замены дросселирующей шайбы без съема горелки с газораспределительного устройства и частичной разборки камеры сгорания.

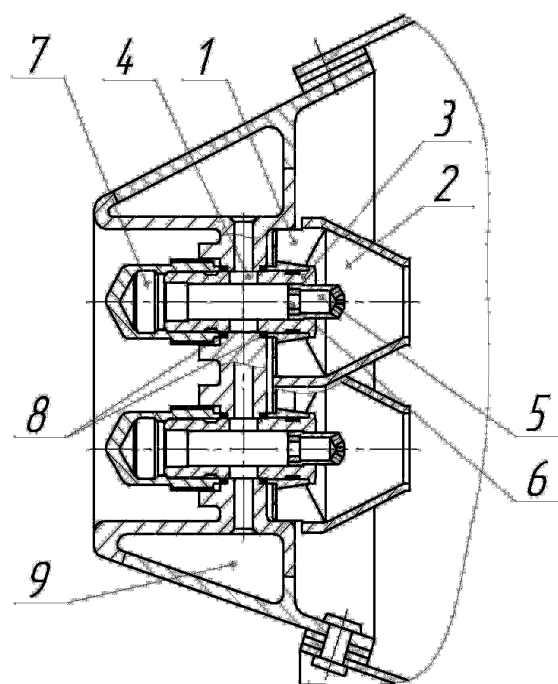


Рис. 1. Конструкция форсунки кольцевой камеры сгорания двигателя НК-16-18СТ

Техническое решение достигается тем, что в конструкцию горелки вводятся завихритель, в полых лопатках которого выполнены отверстия для подвода газа в межлопаточные полости завихрителя; сопло; пустотелый корпус с отверстиями на внешней цилиндрической поверхности для подвода газа к сменной дросселирующей шайбе, расположенной внутри корпуса и далее к пустотелым лопаткам завихрителя; шлицевая гайка и уплотнительные кольца для крепления горелки к газораспределительному устройству, в частности, к головке кольцевой камеры сгорания. Для регулировки расхода газа через горелку и параметров характеристики температурного поля без съема горелки с газораспределительного устройства шлицевая гайка выполнена в виде полого цилиндра с резьбой в передней части и цилиндрическим выступающим пояском для размещения в шлицевой гайке заглушки с уплотнительным кольцом.

На рис. 2 изображен общий вид горелки.

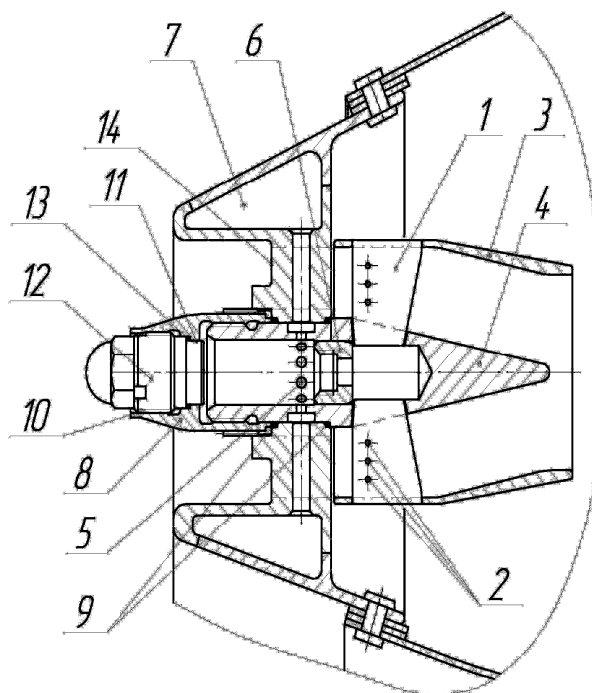


Рис. 2. Конструкция предлагаемой горелки

Горелка состоит из завихрителя 1 с полыми лопатками, в которых выполнены отверстия 2 для подвода газа в межлопаточные полости завихрителя, сопла 3, пустотелого корпуса 4 с отверстиями 5 на внешней цилиндрической поверхности для подвода газа к сменной дросселирующей шайбе 6 и далее к пустотелым лопаткам завихрителя. Для крепления горелки к газораспределительному устройству 7 горелка содержит шлицевую гайку 8 с уплотнительными кольцами 9. Для регулировки расхода газа через горелку без съема горелки с газораспреде-

тельного устройства шлицевая гайка выполнена в виде полого цилиндра с резьбой 10 и выступающим цилиндрическим пояском 11 для размещения в шлицевой гайке заглушки 12 с уплотнительным кольцом 13.

Для подвода воздуха к горелкам в газораспределительном устройстве 7 между ребрами с каналами для подвода газа к горелкам выполнены воздухоподводящие окна 14.

Устройство работает следующим образом: сжатый воздух через воздухоподводящие окна 14 в газораспределительном устройстве 7 поступает в горелки, где в завихрителях 1 смешивается с газом и далее газозвушная смесь поступает в зону горения, где и сгорает.

В связи с действующими допусками на изготовление воздухоподводящих окон 14, топливных каналов в газораспределительном устройстве 7 и отверстий 2 в полых лопатках, углах установки лопаток завихрителей, соотношение газ – воздух в отдельных горелках может значительно отличаться и приводит к изменению температуры горения отдельно за каждой горелкой, что отмечается на диаграмме характеристики температурного поля при испытаниях камеры сгорания на испытательном стенде.

При завышении или занижении местной температуры относительно средней регулировка температуры за каждой горелкой производится следующим образом.

Придерживая шлицевую гайку 8 ключом демонтируют из неё заглушку 12 с уплотнительным кольцом 13. Далее специальным съемником извлекают из корпуса 4 сменную дросселирующую шайбу 6 и устанавливают другую дросселирующую шайбу с меньшим или большим диаметром, затем устанавливают уплотнительное кольцо 13 с заглушкой 12. Изменение диаметров дросселирующих шайб приводит к уменьшению или увеличению расхода газа через горелки, а, следовательно, к уменьшению или увеличению температуры горения за отдельными горелками и приведению параметров характеристики температурного поля к нормам технических условий.

Вывод

Таким образом, в предлагаемой конструкции одноконтурной горелки, достигается следующий технический результат: низкая окружная неравномерность температурного поля и регулировка параметров характеристики температурного поля без частичной разборки кольцевой камеры сгорания и съема горелок с газораспределительного устройства на испытательном стенде.

Литература

1. Мингазов, Б.Г. Камеры сгорания газотурбинных двигателей. Конструкция, моделирование процессов и расчет: учеб. пособие [Текст] / Б.Г. Мингазов; Мин-во образования и науки Рос. Федерации, Казан. гос. техн. ун-т. – Казань: изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2006. – 220 с.
2. Численное исследование влияния конструктивных особенностей горелочного устройства на эмиссионные характеристики камеры сгорания ГТД на газообразном топливе [Текст] / А.Н. Сабирзянов,

Ю.Б. Александров, В.Б. Явкин, В.И. Блохин, Е.И. Жильцов, В.К. Меркушин // Проблемы и перспективы развития авиации, наземного транспорта и энергетики АНТЭ – 2011: матер. VI Междунар. науч.-техн. конф. 12 – 14 октября 2011 г. – Казань, 2011. – С. 402 – 412.

3. Конструкция и проектирование авиационных газотурбинных двигателей: учеб. для вузов [Текст] / С.А. Вьюнов, Ю.Н. Гусев, А.В. Карпов и др.; под общ. ред. Д.В. Хромина. – М.: Машиностроение, 1989. – 368 с.

Поступила в редакцию 1.06.2012

Рецензент: д-р техн. наук, проф., проф. кафедры авиационных двигателей и энергетических установок Б.Г. Мингазов, Казанский национальный исследовательский технический университет (КАИ) им. А.Н. Туполева, Казань.

ОПТИМІЗАЦІЯ КОНСТРУКЦІЇ ПАЛЬНИКА ДЛЯ РЕГУЛЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ БЕЗ РОЗБИРАННЯ КАМЕРИ ЗГОРЯННЯ І ЗНІМАННЯ ПАЛЬНИКІВ

В.І. Блохін, В.К. Меркушін, Н.П. Великанова, П.В. Іванов

Наведено конструкція пальникового пристрою кільцевої камери згоряння наземної газотурбінної установки газоперекачувального агрегату для регулювання параметрів характеристик температурного поля без часткового розбирання камери згоряння і знімання пальників при доведенні на випробувальному стенді. Запропонована конструкція одноконтурного пальника дозволяє зменшити окружну нерівномірність температурного поля кільцевої камери згоряння наземної газотурбінної установки і регулювати температурне поле за допомогою дроселюючих шайб без розбирання з меншими витратами на проведення робіт.

Ключові слова: пальник, кільцева камера згоряння, температурне поле, регулювання параметрів.

OPTIMIZING THE DESIGN PARAMETERS OF THE BUMER TO ADJUST THE CHARACTERISTICS OF THE TEMPERATURE FIELD WITHOUT DISMANTLING AND REMOVAL OF THE COMBUSTION CHAMBER BURNERS

V.I. Blokhin, V.K. Merkushin, N.P. Velikanova, P.V. Ivanov

Shows the design of the burner ring combustor gas turbine ground pumping unit to adjust the parameters of the characteristics of the temperature field without partial disassembly and removal of the combustion chamber burners for fine-tuning on the test bench. The proposed construction of single-burner to reduce the circumferential non-uniformity of the temperature field of an annular combustion chamber of terrestrial gas turbine and to regulate the temperature field with throttling washers without disassembly with less to carry out works.

Key words: burner, annular combustion chamber, temperature field, adjustment of parameters.

Блохин Виктор Иванович – начальник бригады камер сгорания ОАО КПП «Авиамотор», Казань, Россия.

Меркушин Валентин Константинович – ведущий инженер-конструктор бригады камер сгорания ОАО КПП «Авиамотор», Казань, Российская Федерация.

Великанова Нина Петровна – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры авиационных двигателей и энергетических установок Казанского национального исследовательского технического университета (КАИ) им. А.Н. Туполева, Казань, Российская Федерация, e-mail: adeu@adeu.kstu-kai.ru.

Иванов Петр Васильевич – аспирант кафедры авиационных двигателей и энергетических установок Казанского национального исследовательского технического университета (КАИ) им. А.Н. Туполева, Казань, Российская Федерация, e-mail: ivanovpetrvas@mail.ru.