

Г.И. Горелов, В.В. Ленивкин, С.П. Аземаев

СИСТЕМА СЖИГАНИЯ С ПОСТАДИЙНЫМ ОКИСЛЕНИЕМ  
ЖИДКИХ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ТОПЛИВ  
НА ОСНОВЕ ВИХРЕВОЙ КАМЕРЫ СТОРАНИЯ

(Самарский государственный университет)

Проведено сравнение различных систем сжигания жидких углеводородных топлив, отмечены их достоинства и недостатки. С учетом перспективных направлений развития систем сжигания предложена принципиальная схема малотабаритной системы сжигания с плочечно-испарительной схемой смесеобразования, состоящей из линейной форкамеры и вихревой камеры дожигания. В вихревой камере дожигания для улучшения рабочих характеристик системы вокруг выходного сопла установлен кольцевой пленкосборник-стабилизатор горения, соединенный каналами рециркуляции с кольцевым соплом, выполненным в присоединительной зоне задней торцевой стенки. Проведены термодинамический, гидравлический и тепловой расчеты приведенной системы сжигания.

Основными проблемами при разработке систем сжигания, обеспечивающих получение высокотемпературных газовых сред с минимальным содержанием таких примесей, как  $CO$ ,  $NO_x$ ,  $CH_x$  и т.п. и минимальным уровнем "дымления" были и остаются: хорошие пусковые характеристики, широкий диапазон устойчивого горения, высокая полнота сгорания, минимальное сажеобразование. Так как некоторые из перечисленных требований противоречивы, то получаемые на практике рабочие характеристики реальных систем сжигания являются результатом того или иного технического компромисса [1, 4].

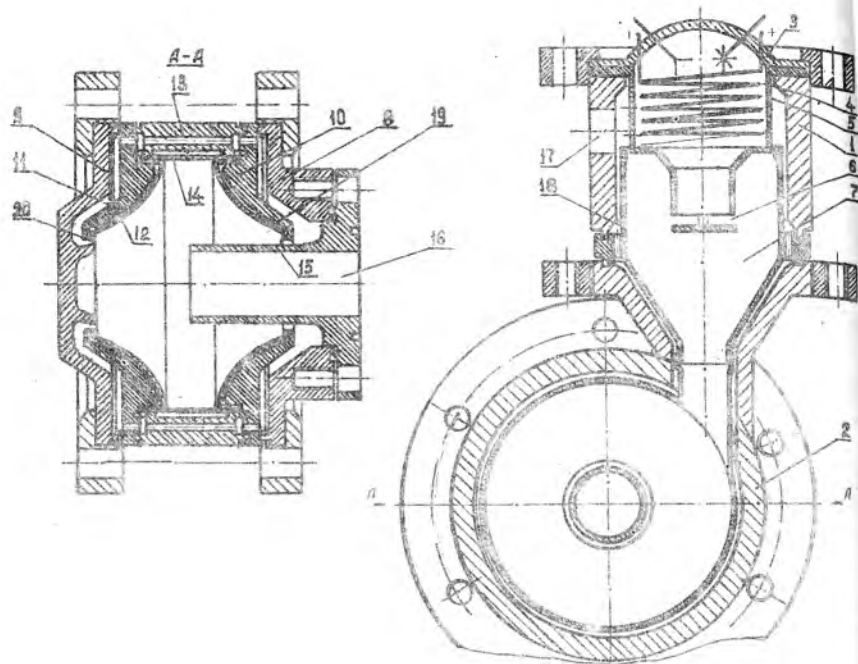
Вихревой эффект  
и его применение в технике.  
Самара, 1992

ISBN 5-230-16926-5

Обеспечить получение высокотемпературных газовых сред с низким уровнем токсичности возможно несколькими способами: путем создания камеры сгорания изменяемой геометрии, в которой в зависимости от режима работы перераспределяются расходы окислителя (воздуха) между элементами камеры; путем организации зонного горения, когда процесс горения организован в ряде дискретных зон, в каждую из которых обеспечен зонный подвод как топлива, так и окислителя; путем сжигания предварительно подготовленной смеси, когда предусматривается полное испарение топлива и его перемешивание с окислителем до начала горения и создание в первичной зоне горения однородной смеси [1, 2]. В соответствии с этим в качестве камеры сгорания системы сжигания выбрана камера сгорания типа "Ворбико", в которой использованы все вышеперечисленные перспективные направления: зонная подача топлива, испарение топлива в дежурной зоне горения, предварительное перемешивание топлива с воздухом, сжигание общей топливной смеси в основной зоне горения, осуществляемой в вихревой камере сгорания. Использование закрученного потока окислителя, например воздуха, в зоне горения увеличивает поперечное сечение струи, интенсивность захвата окружающего газа, улучшает перемешивание топливовоздушной смеси, а также положительно сказывается на форме и устойчивости пламени и интенсивности горения, оказывает крупномасштабное влияние на гидродинамику в зоне высокотемпературного окисления топлива [1-4].

Наиболее перспективные принципы, разрабатываемые применительно к малогабаритным системам сжигания с низким уровнем выброса токсичных продуктов сгорания, предусматривают предварительное испарение топлива и перемешивание его с воздухом. Исследования различных авторов показали, что камеры сгорания с традиционным объемным способом смесеобразования не могут обеспечить "чистого" выхлопа, так как это связано с особенностями диффузионного горения факела распыленного жидкого топлива. Применение пленочно-испарительной схемы смесеобразования позволяет создать малогабаритные малотоксичные камеры сгорания различной теплопроизводительности [5].

Принципиальная схема системы сжигания, состоящей из линейной форкамеры 1 и вихревой камеры 2, приведена на рисунке. Работа линейной форкамеры базируется на штатном воспламенителе топлива авиационного газотурбинного двигателя 3, который хорошо доведен и имеет



Р и с. Принципиальная схема системы зажигания

высокую степень надежности. В головной части воспламенителя установлены форсунка, свеча зажигания, клеммы подвода питающего напряжения к испарителю топлива 4. Воспламенитель топлива имеет стабилизатор горения 5, который через систему своих отверстий забирает из общего потока такое количество воздуха, которое необходимо для поддержания в области свечи зажигания топливозвоздушной смеси стехиометрического состава. Форсунка подачи горячего имеет два отверстия: центральное, которое собственно и работает как центробежная форсунка, и боковое, которое работает в режиме струйной форсунки. Центральное отверстие создает в объеме штатного воспламенителя мелкодисперсное облако из частиц горючего, которое и поджигается электрической искрой. Для

трудно воспламеняемых горючих в момент запуска включают электрический нагреватель-испаритель 4. Стабилизатор горения 5 воспламенителя является также и испарительным элементом для той части топлива, которая подается в воспламенитель через боковое отверстие форсунки. Таким образом, из выходного кольцевого канала 6 в объем 7 форкамеры через воспламенитель подается богатая смесь, состоящая из продуктов сгорания и паров испаряющегося топлива. Такая конструктивная схема системы иницирования позволяет камере сгорания быстро выходить на номинальный режим работы, сведя до минимума время запуска.

Вся система сжигания выполнена с жаровыми трубами для того, чтобы снизить тепловые потери и отделить топочные объемы форкамеры и вихревой камеры дожигания от стенок холодного силового корпуса. В форкамере установлена также жаровая труба 18, охлаждаемая с наружной стороны потоком сравнительно холодного воздуха.

В объеме 7 форкамеры богатая смесь, поступающая из воспламенителя, перемешивается с окислителем-воздухом, воспламеняется и дожигается в вихревой камере сгорания. Вихревая камера дожигания состоит из передней 8 и задней 9 наружных торцевых стенок, из передней 10 и задней 11 внутренних торцевых стенок, жаровой трубы 12, спиролированной по гиперболическому закону, силового кольца 13, цилиндрической жаровой трубы 14, кольцевого пленкосборника 15 и осевого выходного сопла 16. Весь воздух в систему сжигания подается через штуцер 17 и далее распространяется между штатным воспламенителем, форкамерой и рубашкой охлаждения системы сжигания пропорционально площадям проходных сечений подводящих каналов. Продукты сгорания необходимого химического состава с заданной температурой и давлением через сопло 16 подаются на нагрузку. Кольцевой пленкосборник, установленный вокруг выходного сопла вихревой камеры дожигания, соединен рециркуляционным каналом 19 с кольцевым соплом 20, выполненным в наружной задней торцевой стенке, чем достигается высокая эффективность режимов работы системы сжигания в момент запуска и остановки, так как все те частицы топлива, которые выносятся из форкамеры в объем вихревой камеры дожигания и имеют радиус равновесной орбиты больше начального радиуса вихревой камеры, выпадут на стенку и будут течь по поверхности жаровой трубы в виде пленки. Чтобы эта пленка не выносилась из вихревой камеры и установлен вокруг выходного сопла кольцевой пленкосборник,

который отбирает всю выпавшую на стенку жаровой трубы пленку вместе с частью газообразных продуктов сгорания. По каналам рециркуляции эта смесь подается в ядро горения со стороны задней торцевой стенки через кольцевое сопло.

Пленкосборник одновременно выполняет роль стабилизатора горения. С этой целью он пропущен в объем вихревой камеры примерно до половины ее длины. Это конструктивное решение расширяет диапазон устойчивой работы камеры, хотя и вызывает незначительный рост гидравлических потерь по тракту системы сжигания.

Проведен термодинамический, гидравлический и тепловой расчеты приведенной системы сжигания тепловой мощностью около 100 кВт, работающей на жидком углеводородном топливе, использующей в качестве окислителя воздух с температурой  $+40^{\circ}\text{C}$ . Секундный расход горючего на номинальном режиме работы равен  $2.4 \cdot 10^{-3}$  кг/с, а воздуха  $50 \cdot 10^{-3}$  кг/с. Все горючее подается форсункой в форкамеру, а окислитель распределяется между элементами системы сжигания следующим образом: в испарительный элемент поступает  $25 \cdot 10^{-3}$  кг/с воздуха, чем обеспечивается коэффициент избытка окислителя в испарителе равным 0,7. Оставшийся воздух поступает в вихревую камеру дожигания через зарубашечное пространство, обеспечивая общий коэффициент избытка окислителя 1,4. Высокотемпературные продукты сгорания имеют среднюю температуру 1800 К и избыточное давление 2–2,5 МПа.

Экспериментальные исследования системы сжигания показали ее работоспособность, а по сравнению с вихревой камерой сгорания, описанной в работах [6, 7], и значительно лучшие эксплуатационные характеристики.

#### Библиографический список

1. Лефевр А. Процессы в камерах сгорания ГТД. М.: Мир, 1986. 556 с.
2. Гунта А., Лилли Д., Сайред Н. Закрученные потоки. М.: Мир, 1987. 588 с.
3. Гольдштик М.А. Вихревые потоки. Новосибирск: Наука, 1981. 368 с.
4. Пчелкин Ю.М. Камеры сгорания газотурбинных двигателей. М.: Машиностроение, 1984. 280 с.

5. А ф р о с и м о в а В.Н., К о з е л ь с к и й Е.И., В о -  
ш и н С.А. Малоразмерная пленочно-испарительная камера сго -  
рания ГТД малой мощности //Изв. вузов. Авиационная техника. 1986.  
№ 1, С. 82-85.

6. А.с. 589452. СССР. МКИ<sup>2</sup> F 02 С 7/22. Г 23 С 3/00. Вихре -  
вая камера сгорания /А.А.Ж и р н о в, Г.И.Г о р е л о в (СССР).  
№ 2367474/25-06; Заяв. 3.06.76; Опубл. 25.01.78. Бюл. № 3. 2 с.

7. Г о р е л о в Г.И., Ж и р н о в А.А. Вихревая камера  
сгорания с профилированными торцевыми стенками //Изв. СО АН СССР.  
Сер. техн. наук. 1981. Вып. 4. № 3. С. 29-32.

УДК 532.527

А.И.Мальшев, Ю.М.Абызгильдин, С.Л.Бабин,  
Т.И.Бондарева

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА И ИНЖЕНЕРНЫЕ РАСЧЕТЫ  
ДИФФУЗИОНОВАНИЯ ГАЗОВ ЧЕРЕЗ СЛОЙ ХЕМОСОРБЕНТА  
В ВИХРЕВОМ АГРЕГАТЕ

(ПО "Пермнефтеоргсинтез")

Приведен оценочный анализ с описанием вихре -  
вого агрегата для дегазации жидкостей и  
оценки характеристик течения в каналах вих -  
ревого устройства. Дано описание конструкции  
нового типа вихревого дегазатора. В аппара -  
тах используется энергия избыточного давле -  
ния исходной газожидкостной смеси для повы -  
шения эффекта дегазации. Приведены результа -  
ты промышленного внедрения трех вихревых уст -  
ройств высотой 0,6 метра с исключением из  
схемы отпарной колонны высотой 18 метров.

Несмотря на широкое распространение вихревых аппаратов в тех -  
нике их конструирование часто осуществляется без должной теорети -

ISBN 5-230-16926-5

Вихревой эффект  
и его применение в технике.  
Самара, 1992