

ПОИСКОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ СОЗДАНИЯ КАМЕР СГОРАНИЯ ВИХРЕВОГО ПРОТИВОТОЧНОГО ТИПА

© 2006 Н.Н. Новиков, И.Н. Новиков

Рыбинская государственная авиационная технологическая академия

Представлена схема обобщённой модели камеры сгорания вихревого противоточного типа. Получено параметрическое уравнение, связывающее термодинамические и газодинамические параметры основных горелочных узлов камеры сгорания, позволяющее получить интегральные характеристики исследуемого варианта камеры сгорания и оценить влияние каждого из основных элементов, составляющих камеру сгорания, на её выходные параметры и конструктивное выполнение.

Потребность создания конкурентно способных установок, использующих сжигание топлива, а также реализация новых технологических процессов, диктует необходимость выполнения поисковых работ, связанных с разработкой и исследованием перспективных устройств, используемых для сжигания топлива.

Дальнейший прогресс в области создания перспективных устройств, для сжигания топлива, по мнению автора данной работы, может базироваться на реализации рабочего процесса сжигания топлива, осуществляемого в устройствах вихревого противоточного типа.

Современное состояние исследований в области разработки и исследования горелочных устройств вихревого противоточного типа можно определить как недостаточно высокое. Хотя актуальность и новизна таких исследований и разработок не вызывает сомнений, этот вопрос ещё долго будет оставаться открытым.

В настоящее время исследование камеры сгорания вихревого противоточного типа, особенно двухступенчатой камеры сгорания, находится на начальной стадии. В современной научно-технической литературе полностью отсутствует информация о характеристиках процесса сжигания топлива в двухступенчатой камере сгорания вихревого противоточного типа. Мало информации об их конструктивном выполнении. Практически полностью отсутствует методология позволяющая проектировать промышленные образцы с заранее заданными характеристиками, что сдерживает промышленное применение данных устройств и создание новых устройств, использующих положительные качества полученных разработок.

В качестве модели для теоретического исследования осуществления рабочего процесса сжигания топлива взято устройство, выполненное в виде двухступенчатой двухзонной камеры сгорания вихревого противоточного типа.

Особенностью рассматриваемого варианта камеры сгорания является то, что она объединяет в себе основные особенности рабочего процесса и элементы конструкции одноступенчатой, двухступенчатой и двухзонной камер сгорания вихревого противоточного типа.

Целью данного этапа теоретического исследования является получение интегральных характеристик исследуемого образца камеры сгорания. Эти характеристики позволят оценить влияние каждого из основных элементов, составляющих камеру сгорания, на её выходные параметры и конструктивное выполнение.

На рис.1 представлена блок схема исследуемой модели камеры сгорания. Являясь геометрически упрощённым отображением конструктивной схемы исследуемого образца, блок схема показывает состав основных элементов, формирующих камеру сгорания и связи между ними.

В основе уравнений для расчёта интегральных характеристик положены уравнения, определяющие расходный и энергетический балансы рабочего процесса.

Система уравнений расходного топливовоздушного баланса строится, для каждого из основных элементов камеры сгорания, а именно, для форкамеры и жаровой трубы первой ступени, для дежурной и основной зон камеры сгорания.

Рабочий процесс в форкамере первой ступени предусматривает возможность реализации работы форкамеры при использова-

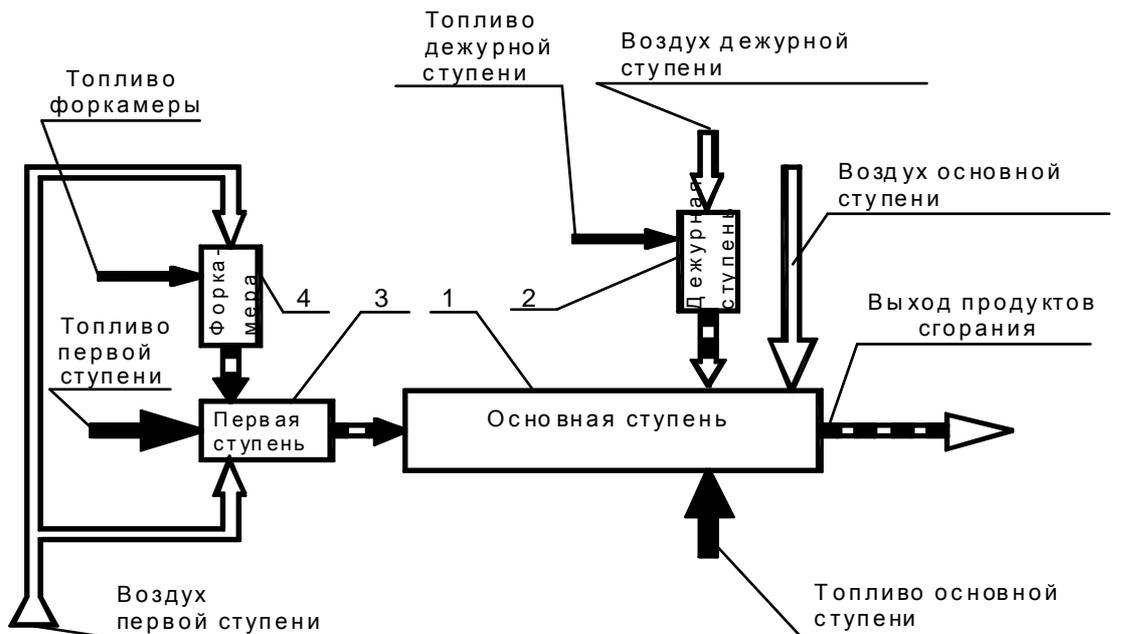


Рис. 1. Блок-схема исследуемой модели камеры сгорания

1- основная ступень; 2- дежурная зона (ступень); 3- первая ступень; 4- форкамера

нии топлива, отличающегося по своим характеристикам от топлива первой ступени камеры сгорания. В форкамере могут быть реализованы три основных режима работы по коэффициенту избытка воздуха – с «богатой», стехиометрической и с «бедной» топливоздушной смесью.

Исследуемое устройство предусматривает реализацию режима с распределением воздуха, поступающего в первую ступень камеры сгорания. Варьирование осуществляется между непосредственным вводом его в закручивающий сопловой аппарат и на образование высокотемпературных продуктов сгорания в форкамере, с последующим вводом его в закручивающий сопловой аппарат жаровой трубы первой ступени камеры сгорания.

Можно выделить три основных режима работы первой ступени: режим, с подачей всего первичного воздуха в закручивающий сопловой аппарат первой ступени сгорания; режим, с подачей всего первичного воздуха в форкамеру; промежуточный режим, с перераспределением первичного воздуха между закручивающим сопловым аппаратом и форкамерой.

В первом случае форкамера выполняет функцию воспламенителя факельного типа для первой ступени камеры сгорания. Во втором случае роль форкамеры зависит от

её расходных характеристик. Она служит как дежурной стабилизирующей горелкой, так и первичной зоной первой ступени камеры сгорания. В третьем случае форкамера полностью выполняет функции первой ступени, в качестве второй ступени служит жаровая труба первой ступени камеры сгорания.

В первой ступени камеры сгорания могут быть реализованы следующие режимы рабочего процесса: режим с избытком топлива; режим со стехиометрическим соотношением компонентов; режим с избытком воздуха.

При использовании первого режима первая ступень камеры сгорания выполняет подготовительные функции, связанные с качественной подготовкой топливоздушной смеси, для последующего его сжигания и дожигания в основной ступени камеры сгорания. Процесс горения перемещается в жаровую трубу основной ступени камеры сгорания.

На втором режиме роль первой ступени возрастает. В основной ступени камеры осуществляются лишь процессы дожигания и разбавления продуктов сгорания. При реализации третьего режима в первой ступени камеры процессы горения и дожигания завершаются. В основной камере сгорания

имеет место только процесс разбавления продуктов сгорания.

Третий режим позволяет рассмотреть режим с дополнительным подводом топлива непосредственно в жаровую трубу основной ступени камеры сгорания. Предусмотрен режим с использованием дежурной зоны камеры сгорания, создающей поток продуктов сгорания, направленный тангенциально к поверхности жаровой трубы, и формирующий структуру периферийного вихря в основной зоне камеры сгорания. Возможно перераспределение основного воздуха между завихрителем основной ступени и дежурной зоной.

Рабочий процесс в дежурной зоне предусматривает возможность реализации её работы при использовании топлива, отличающегося по своим характеристикам от топлива основной ступени камеры сгорания. При использовании в основной и в первой ступени камеры сгорания низкопотенциального топлива желательнее в дежурной зоне применять топливо с высокой теплотой сгорания.

В дежурной зоне могут быть реализованы три режима работы по коэффициенту избытка воздуха – режим с «богатой», стехиометрической и «бедной» топливовоздушной смесью.

На первом этапе необходимо учесть влияние режимов работы дежурной зоны по коэффициенту избытка воздуха, на режим работы основной зоны камеры сгорания. Можно выделить три основных режима совместной работы дежурной и основной зон камеры сгорания. Такими режимами являются: режим, с подачей большей части воздуха через закручивающий сопловой аппарат основной зоны; режим, с подачей всего воздуха через дежурную зону; промежуточный режим, с перераспределением воздуха между закручивающим сопловым аппаратом основной зоны и дежурной зоной.

В первом случае дежурная зона выполняет функцию стабилизирующей зоны. Во втором случае дежурная зона формирует скоростной высокотемпературный поток продуктов сгорания, индуцирующий в основной зоне камеры сгорания периферийный вихрь, в который сможет впрыскиваться основное топливо. В третьем случае

дежурная зона выполняет часть функций основной зоны камеры сгорания.

Полученные выражения, связывающие термодинамические и газодинамические параметры основных горелочных узлов камеры сгорания, могут быть представлены в виде системы из шести параметрических уравнений вида

$$A_{ij} \cdot F_{ij} \cdot B_{ij} \cdot C_{ij} \cdot G_{ji} = 1.$$

Индексы i, j обозначают рассматриваемую зону истечения рабочего тела («п», «о», «д», «ф» – истечение осуществляется соответственно из соплового закручивающего аппарата первой или основной ступени, из выходных сопел дежурной горелки или форкамеры).

$A_{ij}, F_{ij}, B_{ij}, C_{ij}, G_{ji}$ – интегральные параметры определяют режим работы, геометрические размеры проточной части, формирующие структуру потока в рабочей зоне камеры сгорания.

В зависимости от включения в состав камеры сгорания тех или иных горелочных устройств возможно выполнение восьми вариантов её конструктивной схемы, которые могут быть описаны системой из соответствующего числа уравнений представленных выше.

Интегральные параметры имеют следующую структуру.

Параметр G_{ji} является расходной характеристикой, определяющей соотношение расходов воздуха, подаваемого в рабочие зоны каждой из ступеней камеры сгорания и между ступенями

Параметр A_{ij} является режимной характеристикой, определяющей режим работы по соотношениям: коэффициентов избытка воздуха; состава топлива; температур рабочего тела, подаваемых в первую и в основную ступени камеры сгорания.

Параметр $F_{i,j}$ характеризует влияние геометрических размеров проточной части камеры сгорания на структуру потока в рабочих зонах и, тем самым, на рабочий процесс камеры сгорания.

Параметр $B_{i,j}$ характеризует влияние безразмерных скоростей и режима истечения рабочего тела из соответствующих сопловых закручивающих аппаратов, сопел горелки и форкамеры на рабочий процесс камеры сгорания.

Параметр C_{ij} характеризует влияние статических давлений в зоне формирования периферийного вихря соответствующей

ступени, на режимы течения в рабочих зонах камеры сгорания.

PREDISCOVERY IN THE FIELD OF THE WHIRLWIND REVERSE-FLOW TYPE COMBUSTION CHAMBERS MAKING

© 2006 N.N. Novikov, I.N. Novikov

Rybinsk State Aviation Technological Academy

The scheme of the whirlwind reverse-flow type combustion chamber generalized model is submitted. The parametric equation connecting thermodynamic and gasdynamic properties of main combustion chamber burners units, permitting to receive integral characteristics of combustion chamber probed version and to evaluate effect of each basic elements making a combustion chamber, on its output parameters fulfillment is received.