

## РАЗРАБОТКА ИНФРАКРАСНОГО ГАЗОВОГО ГОРЕЛОЧНОГО УСТРОЙСТВА НА БАЗЕ ВИХРЕВОГО ЭЖЕКТОРА

© 2007 Ш. А. Пиралишвили, А. И. Гурьянов, Р. И. Иванов

Рыбинская государственная авиационная академия имени П. А. Соловьева

Существует много способов нагрева материалов и изделий. Однако наиболее эффективным и экономически выгодным из них является лучистый способ, т. е. передача тепловой энергии от ее источника (генератора) к объекту путем излучения. Большой интерес с этой точки зрения представляет инфракрасное излучение. Тепло, выделяемое излучающей поверхностью похоже на солнечное. Газ сгорает в камере сгорания, в которой, нагреваясь до определенной температуры, формирует тепловой поток (волновое излучение инфракрасного спектра), направляемый на теплоноситель, либо непосредственно на объект. Инфракрасный луч, падающий на поверхность (пол, предметы, оборудование), нагревает ее. Воздух в обогреваемой зоне нагревается вторично от нагретых поверхностей. Тепловые волны быстро создают комфортный микроклимат в зоне.

Повышение цен на энергоносители, а также ужесточение норм по выбросам загрязняющих веществ определяют задачу поиска экономически оправданных источников энергии, способов максимально экономичного ее потребления. Возможным решением является переход к автономным системам отопления на базе инфракрасных газовых излучателей.

Инфракрасный газовый излучатель представляет собой горелку, у которой основ-

ная доля тепла, выделяющегося при горении, передается излучением от специального излучающего насадка к обогреваемому объекту. Радиационные горелки работают обычно на газе с теплотой сгорания не ниже  $16,8 \text{ МДж/м}^3$ , так как необходимо, чтобы топливоздушная смесь надежно воспламенялась при низких температурах и устойчиво и быстро сгорала. При лучистом теплообмене необходимая поверхность для передачи того же количества тепла получается в десятки раз

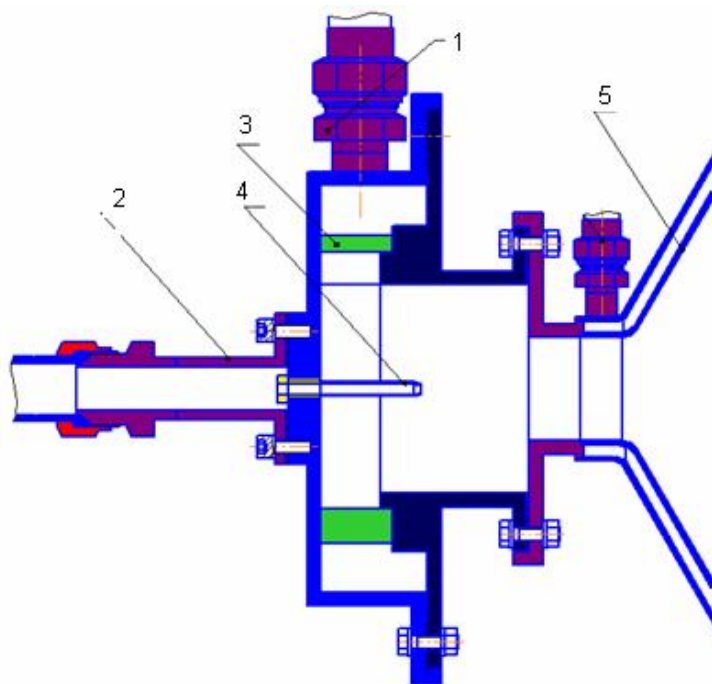


Рис. 1. Вихревой эжектор:

1 - патрубок подачи сжатого воздуха, 2 - патрубок подачи топлива, 3 - сопловой ввод, 4 - сменный насадок, 5 - диффузор

меньше, чем при конвективном теплообмене и, следовательно, размеры радиационной установки и ее стоимость будут меньше [1]. Воздух в обогреваемой зоне нагревается вторично от нагретых поверхностей. Это позволяет создать необходимый микроклимат в обогреваемой зоне.

Традиционная конвективная система отопления работает менее эффективно - нагревает воздух, за счет естественной конвекции поднимается вверх, где остывает, при этом большая часть топлива, затраченная на нагрев воздуха, расходуется неэффективно.

В случае применения автономной системы отопления топливо сгорает на месте обогрева и энергия химических связей полностью переходит в тепло, при этом практически отсутствуют потери тепла в окружающую среду (потери на теплотрассе).

Обогрев локально направленным лучистым потоком энергии обладает рядом преимуществ по сравнению с конвективной схемой отопления, т. к. в этом случае отсутствует движение воздушных масс в помещении, сквозняки и перенос пыли.

### **Конструкция и принцип действия**

Инфракрасное газовое горелочное устройство состоит из трех основных узлов: устройства для подготовки топливоздушной смеси и ее подачи, камеры сгорания, излучающих поверхностей.

Устройство для подготовки топливоздушной смеси и ее подачи в камеру сгорания сконструировано по принципу прямоточного вихревого эжектора. Выбрана такая конструкция модуля смешения, поскольку горелочное устройство работает на малых перепадах давления с целью уменьшения гидравлических потерь, эжектор позволяет сформировать приосевую область пониженного давления и повысить действительный перепад давления. Кроме того, аэродинамика течения в камере энергоразделения вихревого эжектора характеризуется комплексом специфических свойств, наиболее полно удовлетворяющих требованиям качественной смеси-подготовки: большая объемная плотность кинетической энергии, акустические колебания, высокая интенсивность турбулентности, ориентированная в радиальном направлении,

рециркуляционные зоны. Имеются и другие преимущества: конструктивная простота изготовления, высокая надежность работы. В данной конструкции предусмотрена возможность установки сменных насадок для подачи топлива различной длины и диаметра с целью нахождения оптимального режима.

Горелочное устройство включает в себя следующие конструктивные элементы: 1-патрубок подачи сжатого воздуха, 2 - патрубок подачи топлива, 3 - камера смешения, 4 - камера сгорания, 5 - излучающие поверхности. Сжатый (эжектирующий) газ через сопловой ввод поступает в камеру, где образуется вращающийся поток с приосевой областью пониженного давления. В камере смешения 3 образуется топливоздушная смесь, которая через диффузор поступает в камеру сгорания 4, где тормозится с повышением давления. Воспламенение топливоздушной смеси осуществляется свечой зажигания. Для предотвращения перегрева стенок камеры она снабжена кожухом охлаждения. Поток продуктов сгорания поступает в излучающее устройство 5, представляющее собой многослойный цилиндр, центральное тело которого выполнено в виде керамической трубы. На некотором расстоянии от керамической трубы располагаются цилиндрические излучающие поверхности, выполненные в виде сетки. Керамическая труба играет роль высокотемпературного источника энергии, необходимого для обеспечения требуемой степени завершенности реакции окисления монооксида углерода  $CO$ .

Геометрия камеры сгорания и угол раскрытия диффузора позволяет сформировать необходимую для стабилизации фронта пламени зону обратных токов. Продукты сгорания смешиваются с охлаждающим воздухом, поступающим из кольцевого канала через отверстия в камере горения, формируя требуемое поле температуры на выходе. Керамическая труба также играет роль первичной излучающей поверхности. Вторичные излучатели – коаксиальные цилиндры, выполненные из стальной сетки.

По ходу изучения принципа действия, достоинств и недостатков вихревых эжекторов и инфракрасных излучателей разработа-

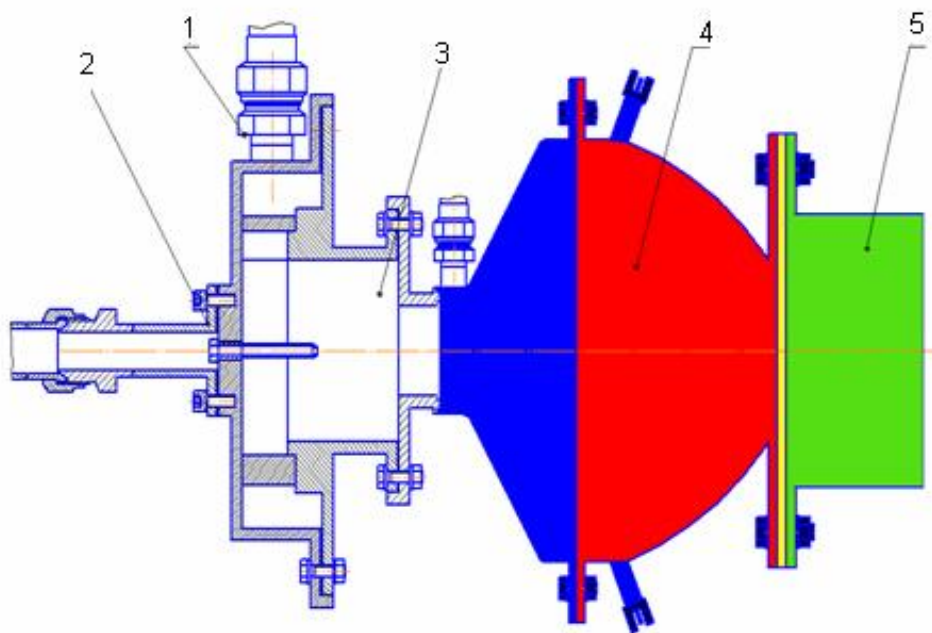


Рис. 2. Инфракрасное горелочное устройство:  
 1 - патрубок подачи сжатого воздуха, 2 - патрубок подачи топлива, 3 - камера смешения,  
 4 - камера сгорания, 5 - излучающие поверхности

на методика расчета подобных конструкций [2-6]. Исходными данными для расчета горелочного являются: мощность и коэффициент избытка воздуха. Задаемся мощностью 50 кВт,  $\alpha = 2$ , получаем  $G_r = 1,07 \cdot 10^{-3}$ , кг/с,  $G_B = 44,94 \cdot 10^{-3}$ , кг/с.

Площадь проходного сечения сопла при докритическом истечении определяли по значению газодинамической функции – приведенному расходу  $q(I)$ .

При расчете камеры сгорания определили температуру в зоне горения, температуру стенки с на наружной и внутренней поверхностях, температуру продуктов сгорания на выходе из камеры сгорания, температуру смеси продуктов сгорания с охлаждающим воздухом, для этого были использованы уравнения теплового баланса, кондуктивного и конвективного теплообмена, закон Стефана-Больцмана.

Целью расчета излучающей части инфракрасного горелочного устройства являлось определение суммарного лучисто-конвективного теплового потока передаваемого теплоносителю от металлических сеток, а

также процентное соотношение доли лучистого и конвективного тепловых потоков. Расчет выполнен с использованием уравнения теплового баланса, закона Стефана-Больцмана, уравнения конвективного и кондуктивного теплообмена. Процентное соотношение лучистого и конвективного тепловых потоков 80/20 % соответственно.

Разработано вихревое инфракрасное газовое горелочное устройство с высоким выходом энергии в форме тепла. Из конструкции исключены подвижные элементы, возможна быстрая замены неисправной детали. Простота конструкции, отсутствие подвижных деталей, сложных уплотняющих элементов определяют высокую надежность работы в условиях эксплуатации. Немаловажными преимуществами являются: короткий пусковой период, низкая стоимость изготовления и простота обслуживания, что в конечном итоге обеспечивает экономичность установки.

#### Список литературы

1. Ициксон Б. С. Инфракрасные газовые излучатели. – М.: Недра, 1969. – 280 с.
2. Сулов А. Д. Вихревые аппараты. –

М.: Машиностроение, 1985. – 256 с.

3. Меркулов А. П. Вихревой эффект и его применение в технике.– Самара: Оптима, 1997. – 347 с.

4. Пиралишвили Ш. А. Вихревой эффект. Эксперимент, теория, технические решения. - М.: Энергомаш, 2000. - 412 с.

5. Воронин Г. И. Конструирование машин и агрегатов систем кондиционирования: учебник для вузов. – М.: Машиностроение, 1978. – 544с.

6. Лефевр А. Процессы в камерах сгорания газотурбинных двигателях. – М.: Мир, 1986. – 566 с.