

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

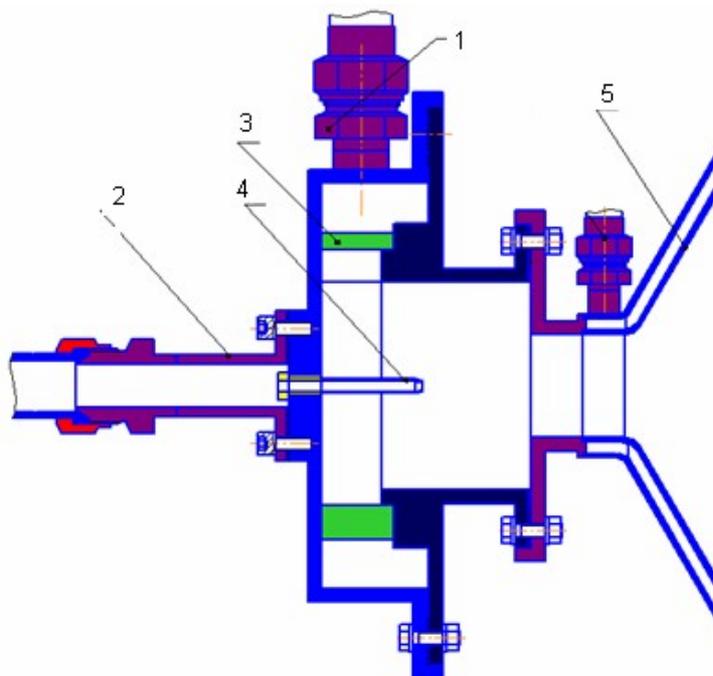


Рис.1. Вихревой эжектор:

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 прямооточного 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-

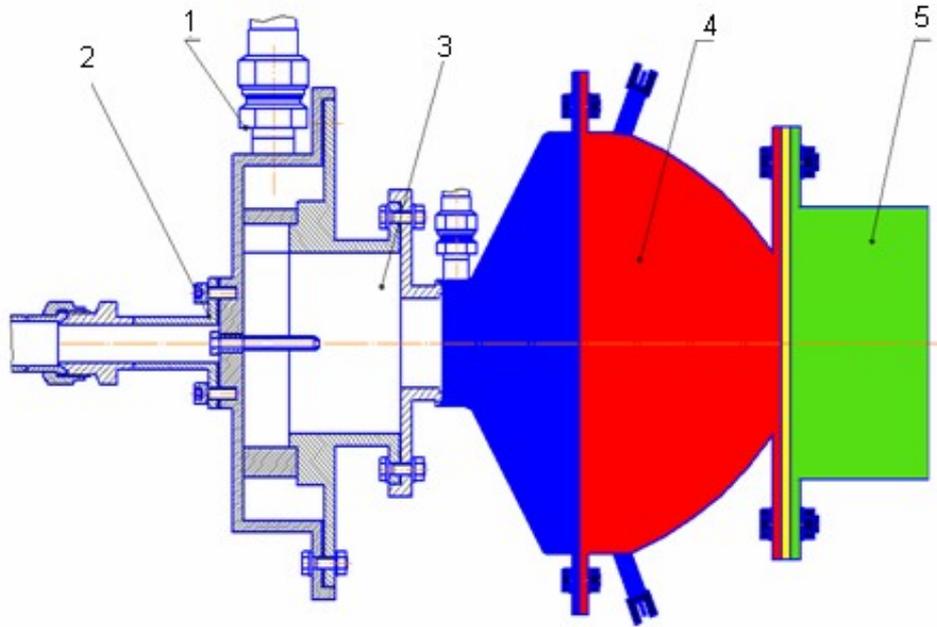


Рис. 2. Инфракрасное горелочное устройство:
 1 - патрубок подачи сжатого воздуха, 2 - патрубок подачи топлива, 3 - камера смешения,
 4 - камера сгорания, 5 - излучающие поверхности

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 двигателей. – М.: Мир, 1986. – 566 с.

INFRARED GAS BURNING DEVICE DEVELOPING BASED ON TWISTING EJECTOR

© 2007 Sh. A. Piralishvili, A. I. Gurianov, R. I. Ivanov

Rybinsk state aviation academy named by Solovieva P.A.

There exist a number of methods for heating of materials and machine elements. But radiation method is the most effective and economical one out of them i.e. transfer of heat energy from it is source (generator) to the object by means of radiation. With regards to this infrared radiation has got the greatest interest. The heat generated by the radiating surface is similar to the sun. The gas is burning in the combustor where, heated to the specific temperature, forms a heat flux (wave radiation of infrared spectrum), directed to the heat source or to the object directly. Infrared ray falling to the surface (floor, objects, equipment) heats the surface. The air in the hot zone is heated for the second time by the heated surfaces. Heat waves immediately form comfortable microclimate in the zone.