

М. А. Таймаров, М. Р. Шарипов

**КОТЁЛ ПУЛЬСИРУЮЩЕГО ГОРЕНИЯ ПРИРОДНЫХ И ПИРОЛИЗНЫХ ГАЗОВ***Ключевые слова: пульсирующее горение, камера сгорания.*

*Пульсирующее горение - периодический (колебательный) процесс химического взаимодействия компонентов топлива (горючего и окислителя), характеризующийся тем, что амплитуда изменения интенсивности горения соизмерима (имеет тот же порядок величины) со средним значением интенсивности, а период колебаний амплитуды не превосходит время пребывания компонентов топлива и продуктов сгорания в объеме устройства, где этот процесс осуществляется.*

*Keywords: pulsating combustion, the combustion chamber.*

*Pulsating combustion - periodic (oscillatory) the process of chemical interaction of components of the fuel and oxidant) are characterized by the fact that the amplitude of changes in the intensity of burning commensurable (has the same order of magnitude), with the average intensity, and the period of oscillations amplitude does not exceed stay components of the fuel and combustion products in the volume of the device, where the process is carried out.*

**Введение**

Котлы пульсирующего горения предназначены для отопления и горячего водоснабжения зданий и сооружений по закрытой схеме. По своей эффективности, безопасности и принципиально новой технологии выработки тепла котлы пульсирующего горения не имеют аналогов в России и СНГ, являются одним из наиболее технологичных образцов современной теплоэнергетики и представляют практический интерес для широкого круга потребителей. В России, с ее географическим положением и довольно холодным климатом, тепловодоснабжение представляет собой одну из наиболее затратных составляющих инженерного обеспечения помещений, зданий и сооружений различного назначения. В настоящее время решение этой задачи является непременным условием обеспечения требуемого уровня комфортности среды обитания человека. Но у всех устройств есть некоторые недостатки:

1. Невозможность регулирования частоты пульсаций горения, а следовательно и суммарной тепловой мощности в широком диапазоне, так как в акустическом резонаторе Гельмгольца, образованном камерой сгорания и резонансными трубами длина резонансных труб постоянна.

2. Невозможность надежного регулирования коэффициента избытка воздуха, подаваемого на горение, при изменении количества подаваемого топливного газа, так как длина основного патрубка аэродинамического клапана в процессе работы не изменяется. При больших или малых значениях коэффициента избытка воздуха происходит неэффективное сжигание топлива, связанное с нагревом балластного воздуха в первом случае или с недожогом топлива во втором случае.

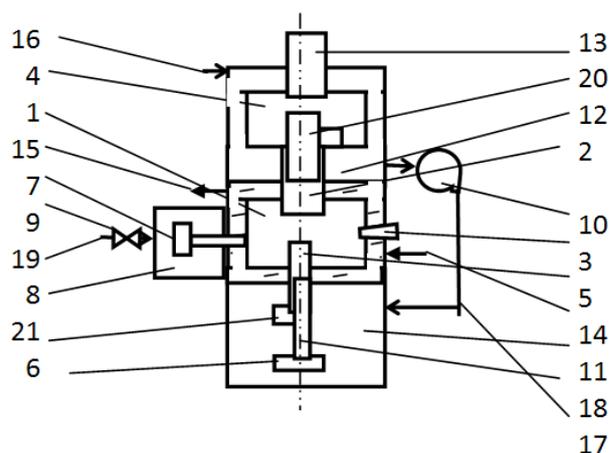
Указанные недостатки устранены в заявляемой статье, которая направлена на решение задачи расширения диапазона регулирования тепловой мощности и повышения эффективности сжигания топлива.

**Экспериментальная часть**

Поставленная задача в заявляемой статье решается путем обеспечения технической возмож-

ности изменения длины резонансной трубы за счет применения регулировочной трубы с электроприводным механизмом ее осевого перемещения и за счет применения дополнительного патрубка с электроприводным механизмом его осевого перемещения в аэродинамическом клапане.

Конструкция устройства приведена на рис.1, на которой позициями обозначены следующие элементы и узлы: 1-камера сгорания, 2- водяная охлаждающая рубашка, 3-электрозапальная свеча, 4-резонансная труба, 5-выхлопной ресивер, 6 – основной патрубок аэродинамического клапана, 7- мембранный воздушный клапан, 8-мембранный газовый клапан, 9-газовый ресивер, 10-электромагнитный газовый отсечной клапан, 11 – вентилятор с электроприводом, 12-воздушный ресивер, 13-воздушная охлаждающая рубашка, 14-выхлопная труба, 15,16- вход и выход охлаждающей воды, 17,18- всасывание и нагнетание воздуха, 19-подача топливного газа, 20-дополнительный патрубок аэродинамического клапана, 21-электроприводной механизм осевого перемещения дополнительного патрубка.

**Рис. 1 – Конструкция устройства**

Назначение и взаимодействие элементов и узлов следующее.

Камера сгорания 1 предназначена для образования в ней топливно-воздушной смеси и обеспечения последующего сгорания этой смеси. Камера

сгорания 1 имеет водяную охлаждающую рубашку 2, с помощью которой отводится полезная теплота от сгорания топливного газа 19, используемая для целей отопления и горячего водоснабжения.

Электрозапальная свеча 3 служит для первичного воспламенения газозвушной смеси в камере сгорания 1. Электрозапальная свеча 3 соединена электрической связью с компьютеризированным пультом управления (на рис. пульт управления условно не показан). Пульт управления соединен электрическими связями с электромагнитным газовым отсечным клапаном 10, с электродвигателем привода вентилятора 11, с электроприводным механизмом 21 для осевых перемещений дополнительного патрубка 20, а также с электроприводными вентилями на входе 15 и выходе 16 охлаждающей воды в рубашке 2 (на рис.1 вентили на входе и выходе условно не показаны).

Резонансная труба 4 служит для генерации акустических волн при кратковременном повышении давления вследствие сгорания топливного газа в камере 1. Выхлопной ресивер 5 служит для создания противодавления, обеспечивающего условие возникновения акустической волны в резонансной трубе 4. Основной патрубков 6 аэродинамического клапана служит для подвода свежего воздуха 17 в камеру сгорания и обеспечения динамического давления. Аэродинамический клапан (на рис. условно в позицию не выделен) представляет собой конструктивный элемент в виде отрезка трубы конкретной длины и площади поперечного сечения, определяемых конкретной формой и объемом камеры сгорания. На рисунке этот отрезок трубы выполнен из двух элементов: основного патрубка 6 и дополнительного патрубка 20, которые в совокупности позволяют изменять акустические характеристики аэродинамического клапана в зависимости от требуемой тепловой мощности камеры сгорания 1.

Мембранный воздушный и газовый клапаны 7 и 8 служат для закрытия газоподающей и воздухоподающей труб при повышении давления в камере сгорания. Клапаны 7, 8 являются самодействующими и работают в пульсирующем режиме. Газовый ресивер 9 служит для создания противодавления топливного газа, которое способствует быстрому заполнению камеры топливным газом после продувки ее воздухом.

Топливный газ из газового ресивера 9 при открытом мембранном газовом клапане 8 поступает через выходные отверстия газоподающей трубы (на рис. газоподающая труба позицией не обозначена) в виде струй в камеру сгорания 1. Электромагнитный газовый отсечной клапан 10 соединен электрической связью с пультом управления (на фиг. электрическая связь и пульт управления условно не показаны) и служит для регулирования количества подаваемого газа 19 или для прекращения его подачи. В конечном итоге, клапан 10 регулирует единичную тепловую мощность факела пламени. Пульт управления имеет компьютеризированное программное обеспечение по количеству подаваемого топливного газа с помощью клапана 10 в зависимости от требуемой тепловой мощности камеры сгора-

ния. С пульта управления происходит программно-компьютерное включение и регулирование расхода воды через охлаждающую рубашку 2. Вентилятор 11 с электроприводом служит для всасывания наружного воздуха 17 через воздушную охлаждающую рубашку 13 и его нагнетания 18 через воздушный ресивер 12, мембранный воздушный клапан 7, дополнительный 20 и основной 6 патрубки в камеру сгорания 1. Воздушный ресивер 12 служит для обеспечения запаса воздуха и быстрого заполнения камеры 1 свежим воздухом при ее продувке.

С пульта управления включаются электроприводные вентили на входе 15 и выходе 16 охлаждающей воды через водяную охлаждающую рубашку 2 (на рис.1 вентили условно не показаны).

С пульта управления по компьютерной программе в зависимости от требуемой тепловой мощности открывается электромагнитный газовый отсечной клапан 10 и топливный газ 19 через газовый ресивер 9 при открытом мембранном клапане 8 через выходные отверстия газоподающей трубы (на рис.1 газоподающая труба позицией не обозначена) в виде струй подается в камеру сгорания 1.

С помощью электрозапальной свечи 3 с пульта управления по компьютерной программе осуществляется первичное воспламенение газозвушной смеси в камере сгорания 1. Возникает кратковременное повышение давления в камере сгорания 1, приводящее к генерации акустической волны в резонансной трубе 4. При давлении в камере 1, превышающем давление в ресивере 5 и в ресивере 12, мембранные клапаны 7 и 8 закрыты и поступление топливного газа и воздуха в камеру сгорания 1 кратковременно прекращается.

Под избыточным давлением в камере сгорания 1 продукты сгорания из камеры 1 выходят через резонансную трубу 4 и регулировочную трубу в выхлопной ресивер 5 и далее через выхлопную трубу 14 в окружающую среду во вне помещения.

При понижении давления в камере сгорания 1 клапаны 7 и 8 открываются и в камеру сгорания 1 поступает очередные количества топливного газа и воздуха. Воспламенение образующейся газозвушной смеси производится не с помощью запальной свечи 3, а за счет остаточного пламени, постоянно присутствующего в зоне свечного пространства из-за завихрения пламени.

Далее процесс пульсирующего горения повторяется с частотой сотых долей секунды за счет всасывания воздуха и газа вследствие возникновения периодических полуволн разрежения в трубах 4.

## Вывод

От других систем отопления или горячего водоснабжения котлы пульсирующего горения выгодно отличаются:

1. Предельная простота конструкции, отсутствие горелочного устройства и неподконтрольность котлов Госгортехнадзору.

2. Отсутствие необходимости применения дымовой трубы для обеспечения самотяги. Давление и скорость движения дымовых газов на выходе из камеры сгорания достаточны, чтобы отказаться от

установки громоздких и дорогих дымовых труб. Выхлопной патрубком представляет собой небольшую (диаметром не более 200 мм) трубу длиной максимум 6 м (для самых мощных котлов из предлагаемой серии - 800 кВт) и является по существу выхлопной трубой двигателя внутреннего сгорания. По сравнению с традиционными решениями, экономия средств при сооружении устройств дымоудаления в котельной с котлами пульсирующего горения, по крайней мере, двукратная.

3. Малые габариты (не более 2,2 дм<sup>3</sup> на 1 кВт) и масса (1,2 т на МВт) на единицу теплопроизводительности вследствие интенсификации (в 3-4 раза выше, чем в традиционных котлах) процессов теплообмена в камере сгорания.

4. Минимальное электропотребление (не более 110 Вт) и высокий КПД (93-95%) независимо от тепловой производительности котла.

5. Возможность работы при сверхнизком давлении газового топлива (менее 70 мм вод. ст.). Котел сохраняет работоспособность даже при нулевом давлении в питающем газопроводе, так как работает по принципу самовсасывающего реактивного двигателя (газ и воздух всасываются «симметрично»).

6. Низкий уровень эмиссии (выброса) вредных веществ (СО, NO, NO<sub>2</sub>) при работе котла. На единицу выработанного тепла эмиссия оксидов азота в 1,5-2 раза ниже, чем в традиционных котлах.

7. Высокая надежность, безопасность и низкая трудоемкость обслуживания (не более 1 нормосмены на 1 котлоагрегат в год). Предельно простая конструкция, автоматизация работы котлов в сочетании с самодиагностирующимся блоком управления обеспечивают их обслуживание даже без постоянного присутствия дежурного персонала.

## Литература

1. Таймаров М.А. Повышение эффективности работы энерготехнологических печей. Монография. *Научное издание. Казань, КГЭУ, 2010. 108 с.*
2. Таймаров М.А., Сафин Р.Г. Форсунка для сжигания обводнённого мазута. Вестник Казанского Технологического Университета Herald of Kazan Technological University, 2012, Т. 15, №16, с.144-145
3. Тимербаев Н.Ф., Сафин Р.Г., Садртдинов А.Р. Моделирование процесса очистки дымовых газов, образованных при сжигании органических отходов. Вестник КТУ, 2010, №11, с.243-246
4. Тимербаев Н.Ф., Сафин Р. Г., Хисамеев А.Р. Газификация органических топлив. Вестник КТУ, 2011, №1, с.326-329