

УДК 536.46;544.452.42

Вепольная интенсификация горения топлива в топке теплового аппарата

Д-р техн. наук Громцев С.А. grom_doctor@mail.ru

Громцев А.С. aleex_g@mail.ru

Университет ИТМО

Институт холода и биотехнологий

921002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9

Пурмал М.Я.

LV- 1010. Рижский технический университет. г. Рига. Латвия

Обращено внимание на эффект существенного повышения КПД теплового аппарата в зависимости от частоты воздействующего на факел пламени переменного электрического поля. Причём частота электрического поля должна максимально совпадать с частотой основного тона пламени, что влечёт выделение дополнительной тепловой энергии в топках малого объёма, в т.ч. в тепловых агрегатах технических средств пищевой промышленности, торговли и общественного питания.

Ключевые слова: горение, топливо, газ, электрод.

Vepolny intensification of burning of fuel in the furnace thermal apparatus.

D.Sc. Gromtsev S.A., grom_doctor@mail.ru

Gromtsev A.S. aleex_g@mail.ru

University ITMO

Institute of Refrigeration and Biotechnologies

191002, Russia, St. Petersburg, Lomonosov str., 9

Purmals M.

LV – 1010. Riga technical University. Riga. Latviy.

Attention is drawn to the effect of a significant increase in efficiency of the heat of the device depending on the frequency of exposure to the flame alternating electric field. Moreover, the frequency of the electric fields should coincide with the frequency of the main tone of the flame, which implies allocation of additional thermal energy in heating of small volume, including in thermal units of technical means of food industry, trade and public catering.

Keywords: burning, fuel, gas, electrode.

Известны традиционные способы сжигания топлива [1], в том числе способ сжигания топлива факелом в топке котла при постоянном режиме горения, когда колебания горячих газов в топке происходят на основном колебательном тоне [2].

При известном способе сжигания топлива КПД котла составляет 60-76%. В настоящее время, когда ресурсы углеводородсодержащих топлив, катастрофически быстро сокращаются, а стоимость их возрастает, значение технических, научно обоснованных решений является важной задачей.

Способ вепольной интенсификации горения топлива в топках тепловых аппаратов, преимущественно малой и средней производительности [3, 4,] может быть использован для сжигания жидкого и газообразного топлива в т.ч. в топках кухонных плит, жарочных

и пекарских шкафов, водогрейных и паровых котлов пищевых предприятий, предприятий торговли и общественного питания.

Целью настоящей работы является повышение КПД топки теплового аппарата малой и средней производительности.

Поставленная цель достигается тем, что в известном способе сжигания топлива факелом, при постоянном режиме горения, когда колебание горячих дымовых газов происходит на основном тоне, на факел накладывают переменное электрическое поле высокого напряжения путём пропускания через факел переменного тока [5] с определённой частотой ν , которая вызывает эффект резонанса при условии, когда она равна частоте f основного тона колебаний горячих газов, т.е., когда $\nu=f$. Основной тон, например для цилиндрической топки (жаровой трубы), можно определить по известной формуле (1):

$$f = \frac{v_1}{2(L+0,8D)}, \quad (1)$$

где: v_1 – скорость звука в горячих газах, м/с;

L – длина жаровой трубы, м;

D – диаметр жаровой трубы, м.

Предлагаемый способ может быть осуществлён на вертикальном цилиндрическом тепловом аппарате (рис.1).

Лабораторная установка была смонтирована таким образом, что имеет возможность проводить весь комплекс исследований по определению влияния электрического поля на теплотехнические процессы. В качестве топлива использовался жидкий бутановый газ [6] составом: изобутан – 72%, бутан – 22%, пропан – 6%.

Установка представляет собой модель топочной камеры газовой плиты. Над горелочным устройством 2 размещён высоковольтный кольцевой электрод 4. При этом электрод охватывает область перед началом фронта факела пламени, где смесеобразование закончено, но кластерная система паров и газов не разрушена. На высоковольтный электрод подается напряжение от источника 5 через защитное сопротивление R .

Термопары, измеряющие температуру жарочной поверхности зачеканены в стальную пластину имитирующую поверхность нагрева газовой плиты. Цифровой прибор марки VC 890C+ регистрирует изменения теплового режима в зависимости от частоты резонанса ν_p .

Полученные в ходе исследований экспериментальные данные обработаны с помощью программы Microsoft Excel, входящей в пакет программ Microsoft Office 2003, CurveExpert 1,3.

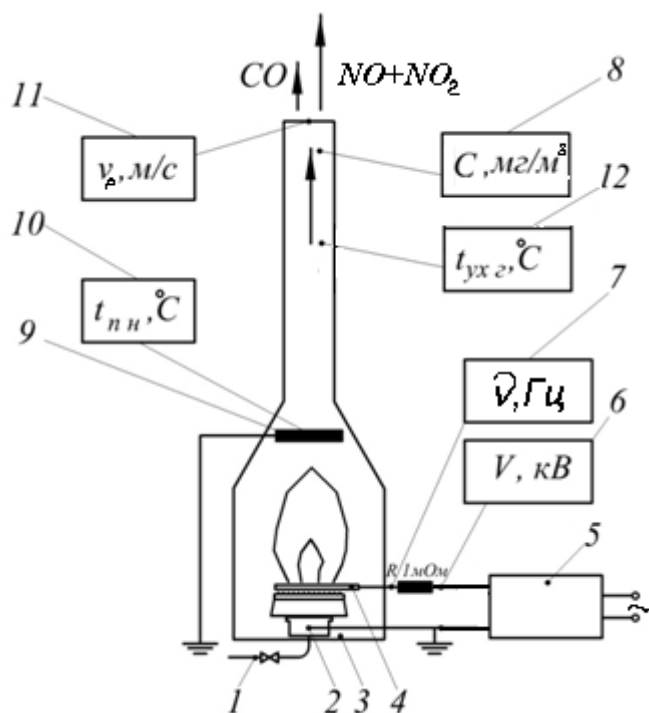


Рис. 1. Схема лабораторной установки.

1 – вентиль, 2 – горелочное устройство КВ-0211, 3 – мини топка, 4 – электрод,
5 – частотный генератор, 6 – вольтметр для измерения напряжения, 7 – частотомер, 8 –
анализатор дымового газа Testo 325 M/XL, 9 – поверхность нагрева, 10 – цифровой мультиизмеритель
(температуры) VC 890C+, 11 – анемометр типа Б,
12 – дистанционный термометр марки СНУ-611.

Воздух подавался через ресивер и реометр РДС к основанию факела. Электрод 4
подключен к высоковольтному трансформатору ТГ 220/2× 5000V. Второй электрод
(горелка) заземлен. Фотография установки представлена на рис.2.



Рис.2. Лабораторная установка по определению эффективности тепловых аппаратов.

Горелка 2, топочное устройства 3 и кольцевой электрод 4 подключён к генератору переменного тока, частоту ν которого можно изменять по необходимости. При подаче напряжения, между горелкой 2 и электродом 4 появляется переменное электрическое поле определенной частоты ν , равной частоте основного тона факела f , которое воздействует на процесс горения.

Эксперименты проводились на частотах $\nu = 460; 600; 750; 880$ и 900 Гц с трёхкратным повторением на каждой частоте.

Частоту измеряли осциллографом С1-49.

$$U = 3,7 \div 5,7 \text{ кВ}; \quad I = 11 \div 14 \text{ мкА}.$$

В экспериментах сжигали постоянное количество V пропан-бутана марки СПБТЛ ГОСТ20448-75 и нагревали рабочую тепловоспринимающую поверхность 9 от температуры $t_{\text{н}}$ до температуры $t_{\text{к}}$ при включенном (эксперимент– Э) и выключенном (контроль–К) переменном токе [7, 8].

Результаты экспериментов (средние значения из 3-х повторений) показаны на графике (рис.3).

Увеличение степени нагрева поверхности против контроля определяли по формуле (2):

$$\Delta t = \frac{\Delta t_{\text{э}} - \Delta t_{\text{к}}}{\Delta t_{\text{к}}} \cdot 100\% \quad , \quad (2)$$

где: $\Delta t_{\text{э}} = \Delta t_{\text{эк}} - \Delta t_{\text{эН}}$, °С;

$\Delta t_{\text{к}} = \Delta t_{\text{кк}} - \Delta t_{\text{кН}}$, °С.

$t_{\text{эН}}, t_{\text{эк}}$ – начальная и конечная температура рабочей поверхности в эксперименте соответственно;

$t_{\text{кН}}, t_{\text{кк}}$ – начальная и конечная температура рабочей поверхности контроля соответственно.

Рис 3. Результаты эксперимента.

Изменение температуры продуктов горения (уходящих дымовых газов) по сравнению с контролем:

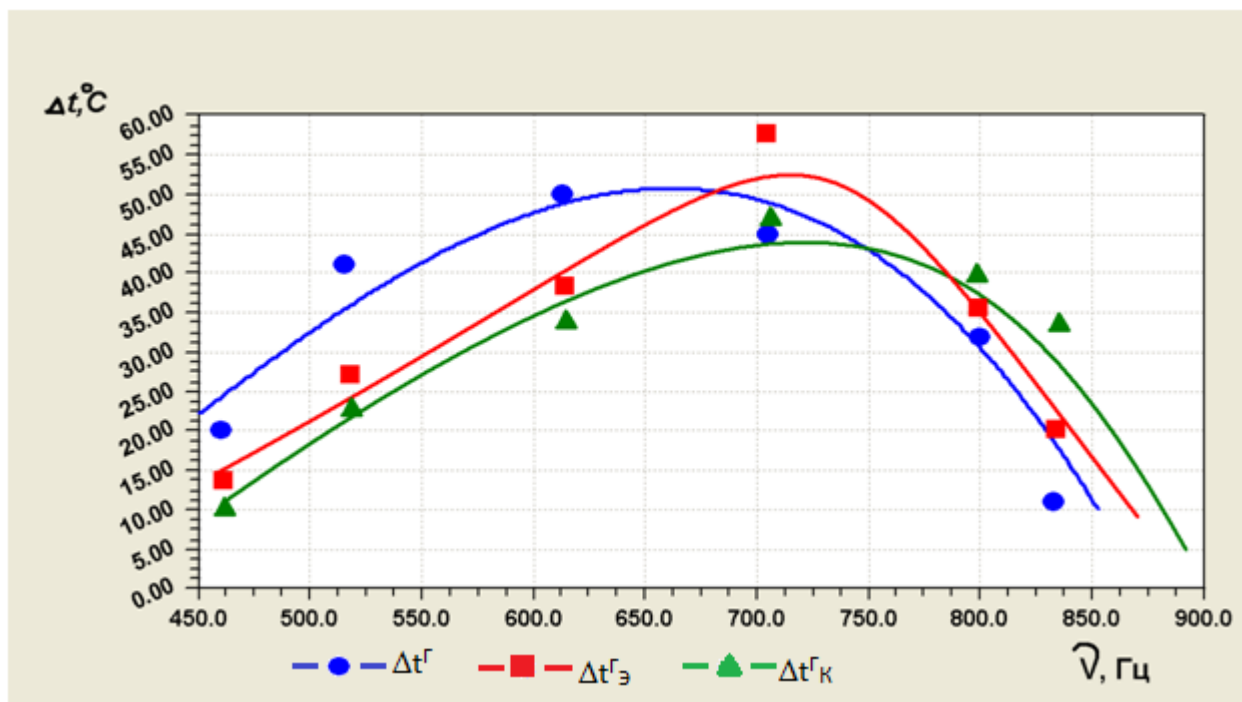
$$\Delta t^{\text{г}} = \Delta t_{\text{э}}^{\text{г}} - \Delta t_{\text{к}}^{\text{г}}, \quad ^{\circ}\text{С};$$

$$\Delta t_{\text{э}}^{\text{г}} = \Delta t_{\text{эсп}}^{\text{г}} - \Delta t_{\text{эН}}^{\text{г}}, \quad ^{\circ}\text{С};$$

$$\Delta t_{\text{к}}^{\text{г}} = \Delta t_{\text{ксп}}^{\text{г}} - \Delta t_{\text{кН}}^{\text{г}}, \quad ^{\circ}\text{С}.$$

где $t_{\text{эсп}}^{\text{г}}, t_{\text{ксп}}^{\text{г}}$ – средняя температура продуктов сгорания на выходе из жаровой трубы 1 для эксперимента и контроля соответственно;

$t_{\text{эН}}^{\text{г}}, t_{\text{кН}}^{\text{г}}$ – начальная температура внутри жаровой трубы для эксперимента и контроля соответственно [9].



Основной тон для контроля средней температуры продуктов сгорания (горячих газов) внутри жаровой трубы $t_{\text{внор}}^Г = 50,6^\circ\text{C}$ и скорости звука в воздухе $v = 331 \text{ м/с}$ рассчитан по формуле (1):

$$f = \frac{v_1}{2(L+0,8D)} = \frac{v+0,59 \cdot t_{\text{внор}}^Г}{2(L+0,8D)} = \frac{331+0,59 \cdot 60,8}{2(0,237+0,8 \cdot 0,068)} = 619 \approx 600 \text{ Гц.}$$

Из графика (рис. 3) видно, что Δt максимально при частоте поля $\nu \approx 600 \text{ Гц}$, т.е. когда частота переменного электрического поля ν , наложенного на факел одинакова с частотой колебаний горячих газов f внутри топки 3, ($\nu = f$).

Поле воздействует как на горение, так и на теплопередачу к рабочей поверхности путем воздействия на частоту основного тона факела и разрушения пограничного слоя дымовых газов у рабочей тепловоспринимающей поверхности.

На максимальное улучшение теплопередачи через стенку жаровой трубы к воде при $\nu = f = 600 \text{ Гц}$ указывает максимальное снижение температуры уходящих дымов газов $t^Г$ по сравнению с контролем на частоте поля $\nu = 600 \text{ Гц}$.

Эффективность тепловой установки зависит от применяемой частоты в импульсе, которая для разных видов топлива будет разной, когда оптимальную частоту можно определить только экспериментально путем определения КПД установки и анализом состава продуктов горения топлива при равных частотах [8, 9].

Также эффективность способа зависит от контрольного КПД установки (без пропуска тока) и качества топлива. Чем ниже контрольный КПД установки и ниже качество топлива, тем выше эффективность способа.

Способ был опробован на лабораторной установке при сжигании пропан–бутана, природного газа и бензина.

При этом необходимо отметить, что ощутимые результаты были получены при $n = 10 \div 12$ [6, 10], когда при сжигании природного газа и пропан-бутана через пламя пропускали импульсный ток с частотой в импульсе $400 \div 1600$ Гц. В экспериментах применяли частоты $400 \div 4000$ Гц, напряжение $0.4 \div 30$ кВ, ток до несколько десятков микроампер. Необходимо отметить, что главное значение имеет частота тока в импульсе, так как наблюдалось повышение КПД установки с увеличением частоты при снижении напряжения и силы тока, а также при практически постоянном напряжении и силе тока. КПД лабораторной тепловой установки повышался на $5 \div 10$ % по сравнению с контрольным КПД в зависимости от частоты, вида топлива и контрольного КПД установки.

Интенсификация горения бензина, т.е. уменьшения продолжительности сгорания бензина против контроля, достигала $23 \div 67$ % при частотах тока в импульсе $600 \div 1600$ Гц, напряжении $0,4 \div 4,6$ кВ, силы тока до 13 мкА.

Во всех случаях наблюдалось снижение содержания CO и ($\text{NO} + \text{NO}_2$), в продуктах горения топлива по сравнению с контролем.

Анализ экспериментальных данных показал, что применение способа вепольной интенсификации процессов горения топлива позволяет предложить следующие технические решения:

1. Введение отдельного электрода в камеру сгорания пищеварочного котла.
2. Синхронизацию частоты переменного тока, подаваемого на электрод с частотой системы сжигания топлива.
3. Наложение на электроды свечей зажигания тепловых установок (котлов, парогенераторов и т.д.) одновременно с током зажигания (от существующей катушки зажигания) переменного импульсного тока дополнительного генератора, который синхронизирован с работой существующей катушки зажигания.

Таким образом, можно сказать, что конструктивная часть осуществления способа не будет создавать какие-либо особые трудности. Главный объем работ по внедрению способа относится к определению оптимальной (резонансной) частоты (или частот) в импульсе переменного тока.

Список литературы.

1. Роддатис К.Ф. и др. Справочник по котельным установкам малой производительности/ А.Л. Полтарецкий//Энергоатомиздат. М.: 1989. 488 с.
2. Панин В.И. Котельные установки малой и средней производительности/ В.И. Панин//М.: Стройиздат. – 1978. С. 150 – 157.
3. Амосова М.А. и др. Способы и методы повышения характеристик газового оборудования общественного питания/М.А. Амосова, В.Т. Антуфьев, С.А. Громцев//Процессы и аппараты пищевых производств. СПб.: ЭНЖ НИУ ИТМО № 1, 2009.
4. Громцев С.А. и др. Методы вепольного повышения эффективности тепловых аппаратов пищевой промышленности/В.Т. Антуфьев//Вестник Международной академии холода.– 2010. № 4. С. 27-29.

5. Громцев С.А. и др. Способ регулирования теплоотдачи в канальном газоходе тепловой установки и устройство для его осуществления/ С.А. Громцев, М.Я. Пурмал//М.: ВНИИГПЭ, патент № 2059159. – 1996.
6. Третьяков П. К. и др. Воздействие лазерным излучением и электрическим полем на горение углеводородо–воздушных смесей/А. В.Тупикин, В. Н. Зудов //Физика горения и взрыва. – 2009. – Т. 45, № 4. – С. 77 – 85.
7. Пурмал М.Я. Способ сжигания топлива/М.Я. Пурмал// М.:ВНИИГПЭ. Авторское свидетельство № 840583. – 1981.
8. Громцев С.А. и др. Способ вепольного регулирования процессов горения и теплоотдачи в тепловых установках и устройство для его осуществления/А.О. Камбаров //М.: ВНИИГПЭ, патент № 5036130. – 1993.
9. Громцев С.А. и др. Вепольная технология интенсификации горения твердого топлива в тепловых установках малой производительности/ А.С. Громцев// ЭНЖ «Проблемы экономики и управления в торговле и промышленности». Серия: «Технические науки. Инновационные технологии в области продукции общественного питания. Качество и безопасность потребительских товаров» СПбГТЭУ. СПб.: 2013 г.
- 10.Смирнов В.Т. и др. Способ регулирования процесса горения в тепловой установке и устройство для его осуществления/В.Т. Смирнов, С.А. Громцев, М.Я. Пурмал//М.: ВНИИГПЭ. Авторское свидетельство патент № 601526. – 1976.