

12-25-2021

QUALITY CONTROL OF COMBUSTION OF GASEOUS FUEL IN FURNACES

Azamat Toirovich Rajabov

Tashkent State Technical University, Address: 2 Universitetskaya st., 100095, Tashkent city, Republic of Uzbekistan., azik_2511@mail.ru

Follow this and additional works at: <https://ijctcm.researchcommons.org/journal>

 Part of the [Complex Fluids Commons](#), [Controls and Control Theory Commons](#), [Industrial Technology Commons](#), and the [Process Control and Systems Commons](#)

Recommended Citation

Rajabov, Azamat Toirovich (2021) "QUALITY CONTROL OF COMBUSTION OF GASEOUS FUEL IN FURNACES," *Chemical Technology, Control and Management*: Vol. 2021: Iss. 6, Article 6.
DOI: <https://doi.org/10.51346/tstu-02.21.6-77-0050>

This Article is brought to you for free and open access by Chemical Technology, Control and Management. It has been accepted for inclusion in Chemical Technology, Control and Management by an authorized editor of Chemical Technology, Control and Management. For more information, please contact app-tgtu@mail.ru.



ISSN 1815-4840, E-ISSN 2181-1105

Himičeskaâ tehnologiâ. Kontrol' i upravlenie

CHEMICAL TECHNOLOGY. CONTROL AND MANAGEMENT

2021, №6 (102) pp.37-41. <https://doi.org/10.51346/tstu-02.21.6-77-0050>

International scientific and technical journal

journal homepage: <https://uzjournals.edu.uz/ijctcm/>



Since 2005

QUALITY CONTROL OF COMBUSTION OF GASEOUS FUEL IN FURNACES

Rajabov Azamat Toirovich

Tashkent State Technical University, Address: 2 Universitetskaya st., 100095, Tashkent city, Republic of Uzbekistan.

Abstract: The issues of research and development of systems for monitoring the availability and quality of the process of fuel combustion in industrial furnaces are interpreted. The perspective of using new elements in control systems - communication sensors for the presence and quality in gas-burning installations and furnaces are shown. A method has been developed to control the optimal aeration coefficient based on the extreme of the total integral amplitude-frequency characteristic of the flame conductivity pulsations, which makes it possible to control the quality characteristics of gas-burner devices and control the ratio of the components of the combustible mixture with high accuracy.

Key words: gas-burning furnace installations, gas-burning devices, measurement of flame conductivity pulsations, control of the ratio of the components of the combustible mixture.

Аннотация: Саноат печларида ёқилгининг мавжудлиги ва уни ёқиш жараёнининг сифатини назорат қилиш тизимларини тадқиқ этиши ва ишлаб чиқиш масалалари илгари сурилган. Газ ёқувчи печь ва қурилмаларда ёқилгини мавжудлиги ва ёқиш сифатининг коммуникацион датчиклари – янги элементларни назорат тизимларида қўллашнинг истиқболлари кўрсатилган. Газ ёндиргич қурилмаларнинг сифат тавсифларини назорат қилиш имконини таъминлаш ва ёнувчан аралашма компонентларининг нисбатини юқори аниқлик билан назорат қилиш имконини берадиган аланга ўтказувчанлиги пульсациясининг йиғинди интеграл амплитуда-фазавий тавсифининг экстремуми бўйича аэрациянинг оптимал коэффициентини назорат қилиш усули ишлаб чиқилган.

Таянч сўзлар: печларнинг газ ёқиш қурилмалари, газ ёндиргич қурилмалар, аланга ўтказувчанлигининг пульсацияларини ўлчаши, ёнувчан аралашма компонентларининг нисбатини назорат қилиши.

Аннотация: Трактуются вопросы исследования и разработки систем контроля наличия и качества процесса сжигания топлива в промышленных печах. Показаны перспективность использования в системах контроля новых элементов – коммуникационных датчиков наличия и качества в газосжигающих установках и печах. Разработан способ контроля оптимального коэффициента аэрации по экстремуму суммарной интегральной амплитудно-частотной характеристике пульсаций проводимости пламени, позволяющий обеспечить контроль качественных характеристик газогорелочных устройств и контролировать с высокой точностью соотношения компонентов горючей смеси.

Ключевые слова: газосжигающие установки печи, газогорелочные устройства, измерение пульсаций проводимости пламени, контроль соотношения компонентов горючей смеси.

Введение

В последнее время при анализе методов и устройств контроля и регулирования процессов горения топлива в газосжигающих установках повышенное внимание уделяется углублению интенсификации процесса сжигания твердого, жидкого и газообразного топлива в промышленных печах на основе использования достижений научно - технического процесса и обеспечения всемерного режима экономии материалов и ресурсов [1].

Определяющее значение при этом приобретают качественные показатели - такие, как снижение удельных затрат сырья, материалов и топлива, повышение качества выпускаемых изделий, лучшее использование имеющихся возможностей и резервов.

В связи с планомерным переходом промышленных предприятий с твердого и жидкого на газообразное топливо возникает необходимость решения задач, связанных со снижением удельных затрат топлива, повышением КПД тепловых агрегатов, а также улучшением технологических режимов работы печей.

Технология сжигания топлива требует поддержания в печах оптимального температурного и газового режимов, обеспечивающих максимальную сортность и качество изделий при минимальном количестве технологических отходов и расходе потребляемого топлива. Данная задача может быть достигнута путем внедрения средств автоматизации, управления и контроля основных технологических параметров с последующей разработкой на этой основе автоматизированных систем управления технологическими процессами и производствами (АСУТП) [2].

В настоящее время одной из главных задач автоматизации печей, отапливаемых природным газом, является создание простых и эффективных систем регулирования состава газовых сред в окислительной, восстановительной и нейтральной зонах печей, а также устройств управления процессом горения для повышения безопасности эксплуатации тепловых агрегатов в условиях использования многоконтурных систем регулирования.

Решение этой задачи затруднено из-за наличия в печах большого количества газовых горелок, переменного состава газовых сред по длине печи и плохой работоспособности серийной аппаратуры [3].

Таким образом, решение задач повышения эффективности использования газообразного топлива и регулирования заданного состава газовых сред в зонах печей неразрывно связано с отысканием новых путей повышения эффективности систем контроля и регулирования процессов горения газообразного топлива по соотношению «топливо-воздух», исследованием методов контроля наличия и качества сжигания топлива для разработки устройств и систем управления режимом работ тепловых агрегатов промышленного производства.

Исследование и разработка устройств контроля наличия и качества процесса сжигания газообразного топлива.

Анализ современного состояния систем контроля и управления процессом сжигания газообразного топлива в тепловых агрегатах и печах, изучения путей совершенствования систем регулирования процесса горения топлива, свидетельствуют о перспективности их построения на основы новых элементов – ионизационных датчиков контроля наличия и качества процесса горения [1-12].

Проведённые исследования позволили разработать способ контроля сжигания газообразного топлива, который поясняется рисунком 1.

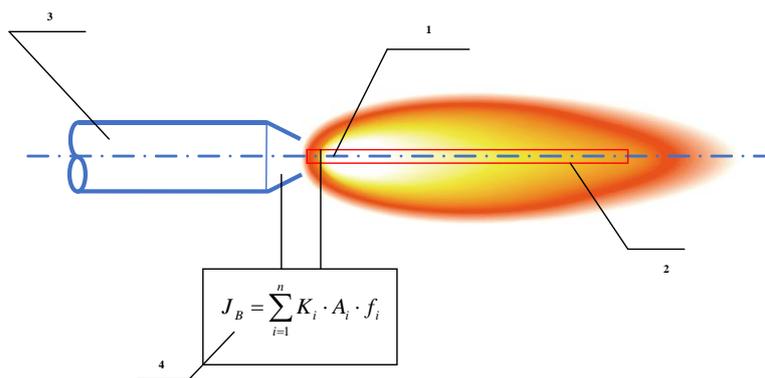


Рис. 1. Способ контроля качества сжигания топлива по интегральному амплитудно-частотному сигналу пульсаций проводимости зоны горения.

1 – электрод-датчик; 2 – газо-воздушный факел; 3 – газовая горелка; 4 – устройство измерения пульсационной характеристики проводимости пламени.

Электрические колебания зоны горения воспринимаются электродом-датчиком, сигнал с которого поступает на вход измерительного устройства, воздействующего через электрод и корпус горелки на пламя переменным электрическим полем.

Сигнал в устройстве преобразуется таким образом, что его выходной сигнал равен произведению амплитуд и частот пульсаций проводимости, модулируемых пламенем [4]. На рис. 2 представлена статическая характеристика выходного сигнала устройства в системе координат $\alpha - I_B$ для случая гомогенной смеси в зоне горения.

Исследования зависимости выходного сигнала устройства и положения экстремума статической характеристики от производительности горелки и качества подготовки газозвоздушной смеси показали, что положение точки экстремума возрастает по оси ординат при увеличении производительности горелки и смещается по оси абсцисс при изменении смешения компонентов.

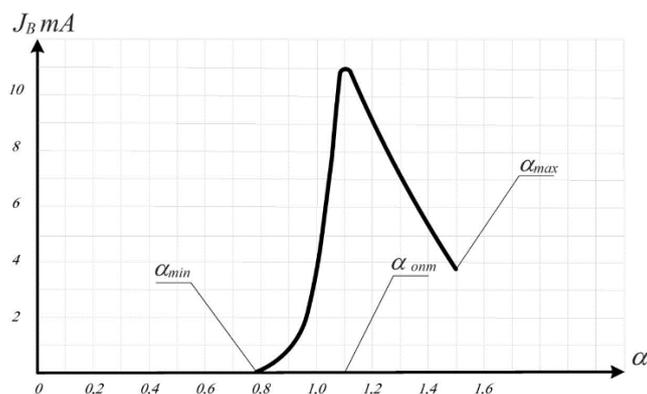


Рис. 2. Зависимость интегрального амплитудно-частотного сигнала от коэффициента аэрации при сжигании гомогенной газовой смеси.

Ухудшение качества подготовки смеси приводит к смещению экстремальной точки статической характеристики интегрального амплитудно - частотного сигнала в сторону увеличения по оси абсцисс (α) и уменьшению по оси ординат (I_B) [6].

Полученные зависимости позволили предложить метод оптимизации режима работы газовых горелок путем получения максимального смещения экстремума статической характеристики параметра I_B по оси абсцисс к $\alpha = 1$ при изменении их конструктивных элементов.

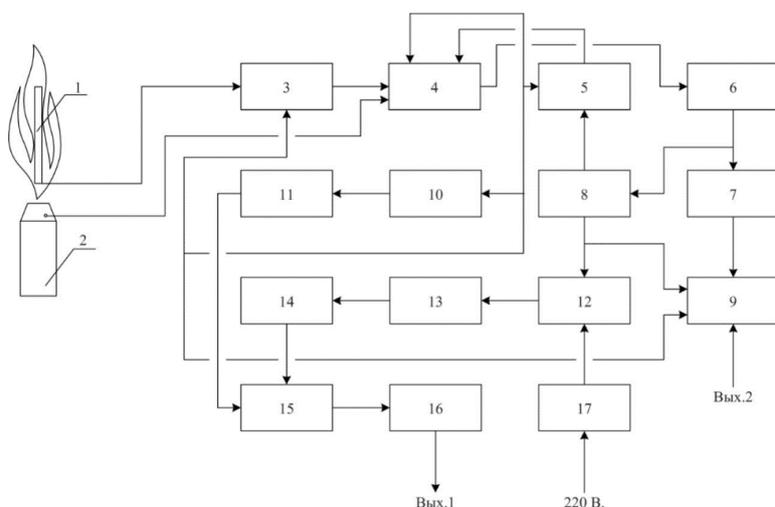


Рис. 3. Блок-схема устройства контроля качества горения.

1 – измерительный электрод; 2 – газовая горелка; 3 – генератор низких частот; 4 – каскад согласования; 5 – регулятор уровня входного сигнала; 6 – полосовой фильтр; 7,8 – детекторы прямой и обратной проводимости; 9 – индикатор горения; 10 – усилитель; 11 – выпрямитель; 12 – усилитель низкой частоты (УНЧ); 13 – каскад частотного преобразования; 14 – выпрямитель; 15 – сумматор; 16 – индикатор уровня выходного сигнала; 17 – блок питания устройства.

Обратимся к вопросам исследования и разработки устройств контроля наличия и качества процесса горения, методам расчета оптимальных настроек устройств в зависимости от характеристик контролируемого объекта.

Рассмотрим устройства контроля наличия процесса горения, обладающие повышенной помехозащищенностью, надежностью, чувствительностью и осуществляющие контроль процесса горения по полупроводимости и излучению зоны горения [7-9].

Установлено, что для горелок производительностью более 0,1 м³/ч разработанные устройства обеспечивают устойчивый контроль наличия процесса горения в диапазоне коэффициентов аэрации $0,85 \div 1,35\alpha$.

Для регулирования процесса горения в газосжигающих установках малой и средней производительности предназначено устройство контроля качества сжигания топлив, принцип действия которого основан на использовании предложенного способа контроля. Схема устройства представлена на рис. 3.

На входе прибора, при приложении переменного электрического поля к измерительному электроду и корпусу горелки, преобразованный амплитудно-модулированный сигнал пульсаций проводимости факела имеет вид:

$$U_{3r}(\tau) = U_r [1 + m_1 \cos(w_1\tau - \varphi_1) + m_2 \cos(w_2\tau - \varphi_2) + \dots + m_n \cos(w_n\tau - \varphi_n)] * \cos(w_r\tau), \quad (1)$$

где U_r - амплитуда выходного сигнала генератора несущей частоты; m - изменение амплитуды выходного сигнала i -й гармоники пульсаций проводимости пламени в относительных величинах; W — круговая частота i -й гармоники спектра частот пульсаций проводимости пламени; w_r круговая частота генератора несущей частоты; φ — фазовый сдвиг составляющих спектра пульсаций проводимости.

Закон преобразования входного сигнала выражается уравнением:

$$U_{\text{вых}} = U_r \cdot \frac{m \cdot K_{\text{усмп}}}{(m+1)^2} \sum_{i=1}^n K_{fi} \cdot f_i = \frac{m \cdot K_{\text{усмп}}}{(m+1)^2} \sum_{i=1}^n A_i \cdot f_i, \quad (2)$$

где m - коэффициент согласования устройства, равный отношению сопротивления входа устройства $R_{\text{вх.у}}$ к сопротивлению зоны горения R_{3r} ; $K_{\text{усмп}}$ - коэффициент усиления устройства; A - амплитуда сигнала i -й частоты, равная произведению мгновенного значения пульсаций сопротивления на среднее значение тока измерительной цепи I:

$$A_i = \Delta R_{3r}^i \cdot I. \quad (3)$$

Оптимальные условия измерения сигнала достигаются при $R_{\text{вх.у}} = R_{3r}$, т.е. при $m=1$, когда амплитуда на выходе устройства равна:

$$U'_{\text{вых}} = \frac{1}{4} K_{\text{усмп}} \cdot \sum_{i=1}^n A_i \cdot f_i. \quad (4)$$

Для расширения пределов измерения и повышения точности контроля оптимального коэффициента аэрации в устройстве используют два измерителя экстремальных характеристик зоны горения - по пульсациям и по интегральной проводимости факела. Выходной сигнал устройства представлен зависимостью:

$$U_{\text{вук}} = \frac{U_r \cdot K_{\text{усмп}} \cdot \{K_1 \alpha^3 \cdot K_2 (\alpha - 0,6) [2 - (\alpha - 0,6) \cdot K_2]\}}{2 \exp \frac{10}{W'}} * \left[R_{3r} + \frac{\sum_{i=1}^n \Delta R_{3r} \cdot f_i}{4} \right], \quad (5)$$

где: R_{3r} - сопротивление входа измерителя интегральной проводимости пламени.

К преимуществам разработанного устройства можно отнести высокую точность контроля качества сжигания природного газа (до $\pm 0,01\alpha$), осуществление простого и безынерционного способа измерения, высокую надежность, а также параллельный контроль наличия процесса горения.

Заклучение

Произведен анализ современного состояния систем управления и регулирования процесса горения газообразного топлива в тепловых агрегатах, определены пути совершенствования систем и показана перспективность их построения на основе новых элементов - ионизационных датчиков контроля наличия и качества процесса горения [9].

Предложен метод измерения пульсаций проводимости пламени и экспериментально исследован их амплитудно-частотный спектр в зависимости от параметров компонентов горючей смеси и производительности горелки.

Разработан способ контроля оптимального коэффициента аэрации по экстремуму суммарной интегральной амплитудно-частотной характеристика пульсаций проводимости и интегральной проводимости пламени, позволяющий обеспечить контроль качественных характеристик газогорелочных устройств и осуществить контроль соотношения компонентов горючей смеси [10, 11]. Разработаны устройства контроля наличия процесса горения в установках различной производительности, позволяющие обеспечить высокую надежность, помехозащищенность и чувствительность с одновременным контролем процесса горения по полу проводимости и излучению зоны горения. Результатом реализации способа контроля качества сжигания топлив является разработка устройств контроля качества горения, позволяющих обеспечить контроль оптимального коэффициента аэрации в турбулентных горелках различной производительности с высокой точностью [12].

References

1. N.R.Yusupbekov, SH.M.Gulyamov, N.H.Bobomurodov, E.YU.Bandenok, B.H.Zikrillaev, *Avtomaticheskiy kontrol' i upravlenie processom gorenie topliva v gazosjigayusch'ih pechah [Automatic control and management of the fuel combustion processor in gas-burning furnaces gorenje]*. Akademiya nauk Respublike Uzbekistan, Tashkent, 2011, 80 p.
2. E.L.Loboda, V.V.Reyno, "Vliyanie koefficienta izlucheniya plameni na izmerenie temperatur IK-metodami pri goreнии lesny'h i stepny'h goryuchih materialov pri razlichnom vlago - sodержanii. CHastotny'y analiz izmeneniya temperatury" [The effect of the flame emission coefficient on the measurement of temperature by IR methods during the burning of forest and steppe combustible materials with different moisture content. Gorenje Frequent analysis of temperature changes]. *Optika atmosfery' i okeana*. no. 11, pp. 1002-1006, 2011.
3. B.N.Parsunkin, S.M. Andreev, T.G. Obuhova, "Issledovanie optimal'nogo e`nergoberegayusch'ego processa sjiganiya topliva v rabochem prostranstve metallurgicheskikh pechey" [Investigation of the optimal energy-saving process of fuel combustion in the working space of metallurgical furnaces]. *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta im. G.I. Nosova*. no. 4, pp. 28-36, 2005.
4. B.N.Parsunkin, S.M.Andreev, T.U.Ahmetov, A.R.Bondareva, "Optimal'noe e`nergoberegayusch'ee upravlenie sjiganiem topliva v promy'shlenny'h pechah" [Optimal energy-saving management of fuel discharge in industrial furnaces]. *Mashinostroenie: setevoy e`lektronny'y nauchny'y jurnal*. no. 1, pp. 22-27, 2013.
5. A.L.Rutkovskiy, E.I.Meshkov, A.M.Davidson, A.T.Zurabov, M.A.Kovaleva, "Issledovanie processa fakel'nogo sjiganiya gazoobraznogo topliva" [Issledovanie processa fakel'nogo sjiganiya gazoobraznogo topliva]. *Injenerno-fizicheskiy jurnal*. no. 82, 2009.
6. A.A.Mutlag et al.. "Enabling technologies for fog computing in health care IoT systems". *Future Generation Computer Systems*. vol. 90, pp-62-78, 2019.
7. I.V.Barmin, I.D.Kunis, *Sjijenny'y prirodny'y gaz vchera, segodnya, zavtra [Sacred natural gas yesterday, today, tomorrow]*. MGTU im. N.E.Baumana, 2008.
8. Y.Wang, N.Hajli, "Exploring the path to big data analytics success in healthcare". *Journal of Business Research*. vol. 70, pp. 287-299, 2017.
9. A.L.Beresnev, A.YU.Budko, "Povy'shenie e`ffektivnosti teploe`nergeticheskikh ustanovok metodom kontrolya goreniya topliva po signalu ionnogo toka" [Improving the efficiency of thermal power plants by monitoring the combustion of fuel by the ion current signal Gorenje]. *Injenerny'y vestnik Dona*, no. 4, 2013.
10. A.Huth, Heilos, "Fuel flexibility in gas turbine systems: impact on burner design and performance". *A volume in Woodhead Publishing Series in Energy, Siemens AG Energy, Germany*, 2013, pp. 635-684.
11. N.R.Yusupbekov, U.U.Holmanov, "Dinamicheskaya model' tehnologicheskogo processa varki stekla v steklovareny'h pechah" [Dynamic model of the technological process of glass cooking in glass furnaces]. *Promy'shlenny'e ASU i kontrollery'*. no. 9, pp.19-26, 2020.
12. A.T.Rajabov, U.U.Kholmanov, "Automatic Control and Management of Technological Processes of Glassmaking Production". *Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems*, vol. 12, special issue-06, pp.764-770, 2020. DOI: 10.5373/JARDCS/V12SP6/SP20201092.