

УДК 681.513.4

И. А. Давыдов, кандидат технических наук, доцент
А. Н. Шельяков, кандидат технических наук, доцент
Воткинский филиал
Ижевского государственного технического университета
имени М. Т. Калашникова

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГАЗОВЫХ ГОРЕЛОК ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ ЭКСТРЕМАЛЬНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

Представлен анализ подходов к решению проблемы повышения эффективности работы газовых горелок. Предложен метод повышения эффективности процесса горения, основанный на экстремальном регулировании. Определены основные задачи исследования, необходимые для реализации данного метода.

Ключевые слова: экстремальное управление, система автоматического регулирования, процесс горения, газовая горелка, эффективность регулирования, соотношение топливной смеси, оптимальные режимы горения

В настоящее время при использовании газовых горелок для различных энергоемких технологических процессов возникает необходимость определения и регулирования оптимального соотношения расходов подаваемого газа и воздуха, что непосредственным образом влияет на энергетическую эффективность или КПД газовых горелок. Примерами энергоемких (теплоемких) производств являются кирпичное производство, металлургия, обжиговые производства, котельные и др., т. е. такие производства, где основным энергетическим ресурсом является тепловая энергия.

Данная задача требует обеспечения максимально возможного КПД системы в широком диапазоне изменения расхода газа (топлива) при регулировании температуры объекта.

В большинстве производственных случаев оптимизация процессов горения обеспечивается путем поддержания соотношения «топливо – воздух» в соответствии с номинальной режимной картой, которая отражает эмпирически полученную зависимость расхода воздуха от расхода газа. Такое управление процессом горения является недостаточно эффективным, так как режимная карта не учитывает изменение внешних факторов, например: изменение теплотворной способности и температуры газа, изменение температуры и влажности воздуха, характеристик газовых горелок и ряда других факторов.

В связи с этим при составлении режимных карт допускают наличие значительного избытка воздуха, чтобы ни при каких условиях не допустить возникновения химического недожога. В результате при некоторых режимах расход воздуха превышает оптимальное в 1,5–2 раза, что приводит к дополнительному расходу топлива.

В настоящее время на многих кирпичных производствах установлены горелки типа «Вулкан», у которых регулирование расхода газа и воздуха выполняется оператором вручную по режимным картам. При этом наблюдается низкая эффективность процесса горения, так как вручную обеспечить опти-

мальные значения расходов газа и воздуха нет возможности. Поэтому другой не менее важной целью научного исследования является повышение эффективности автоматизированного управления процессами горения.

При этом возникает необходимость разработки систем автоматического управления и исследования их работоспособности.

Исследованию процессов автоматизированного управления котельными агрегатами в динамических режимах при воздействии возмущающих факторов в настоящее время посвящено множество работ. Существенный вклад в решение данной проблемы содержится в работах С. М. Андреева, В. А. Веникова, В. В. Казакевича, Л. С. Казаринова, В. С. Кузеванова и др.

Типовыми подходами к решению данной проблемы повышения эффективности процесса горения является использование газоаналитических приборов для анализа дымовых газов в контурах регулирования подачи воздуха. Таким образом, большинство работ в данной области основывается на использовании в качестве целевой функции управления косвенными показателями эффективности процессов горения, что, в свою очередь, не отражает действительное состояние процесса регулирования температуры [1, 2].

Одним из путей решения данной проблемы является применение экстремального регулятора расхода воздуха, обеспечивающего непрерывный поиск и поддержание расхода воздуха, подаваемого в газовую горелку, обеспечивающего максимальную температуру горения. При этом актуальной задачей является построение системы экстремального регулирования (СЭР) температуры газовых горелок по критерию максимума КПД, определяемого прямым показателем – непосредственно по температуре пламени горелки.

На рис. 1 показана схема газовой горелки, оснащенной системой экстремального регулирования (СЭР).

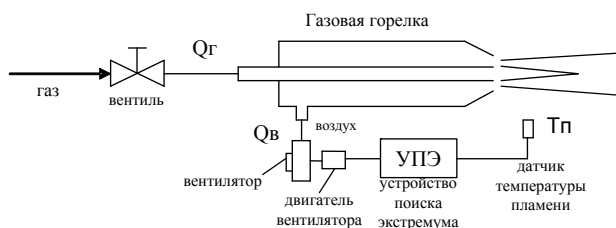


Рис. 1. Схема газовой горелки с экстремальным регулятором

Автоматическая оптимизация процесса горения газовой горелки осуществляется следующим образом (рис. 2). В процессе работы при определенном расходе газа Q_g производится включение двигателя вентилятора подачи воздуха и постепенное увеличение его расхода Q_v путем увеличения частоты вращения двигателя n . При этом температура пламени T_p будет возрастать до определенного максимального значения, затем будет происходить падение температуры вследствие избыточного расхода воздуха. При достижении величины падения заданного значения Δm производится реверсирование изменения частоты вращения двигателя и соответственно постепенное уменьшение расхода воздуха Q_v . Очевидно, это приведет первоначально к росту, а затем, после достижения максимума, вновь к падению температуры пламени T_p .

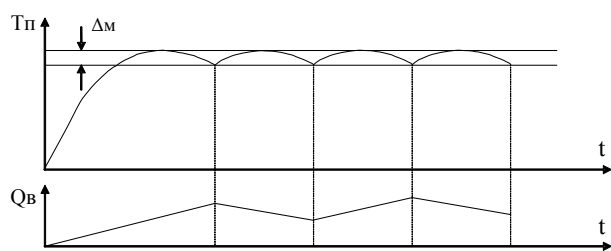


Рис. 2. Диаграммы изменения температуры пламени T_p и расхода воздуха Q_v в процессе работы СЭР

Таким образом, экстремальный регулятор на основе анализа изменения температуры пламени T_p производит постоянное изменение расхода воздуха Q_v , поддерживая режим максимальной температуры пламени при определенном расходе газа Q_g .

Очевидно, что независимо от состава газа и других внешних факторов система обеспечит максимальную эффективность работы газовых горелок.

Для проведения исследований создается программно-аппаратный комплекс, позволяющий осуществить имитационное моделирование процесса работы газовых горелок с применением СЭР на различных режимах и произвести построение зависимостей в статическом и динамическом режимах изменения расхода газа – Q_g и коэффициента теплотворного качества газа – K_t , при заданных (переменных) значениях: Q_g , K_t , K_p , Δm , при этом задавать в виде функции Q_v (расхода воздуха). При исследовании в качестве динамической модели газовой горелки можно использовать уравнение звена второго порядка.

Концептуальная схема алгоритма работы исследуемого программного комплекса показана на рис. 3.

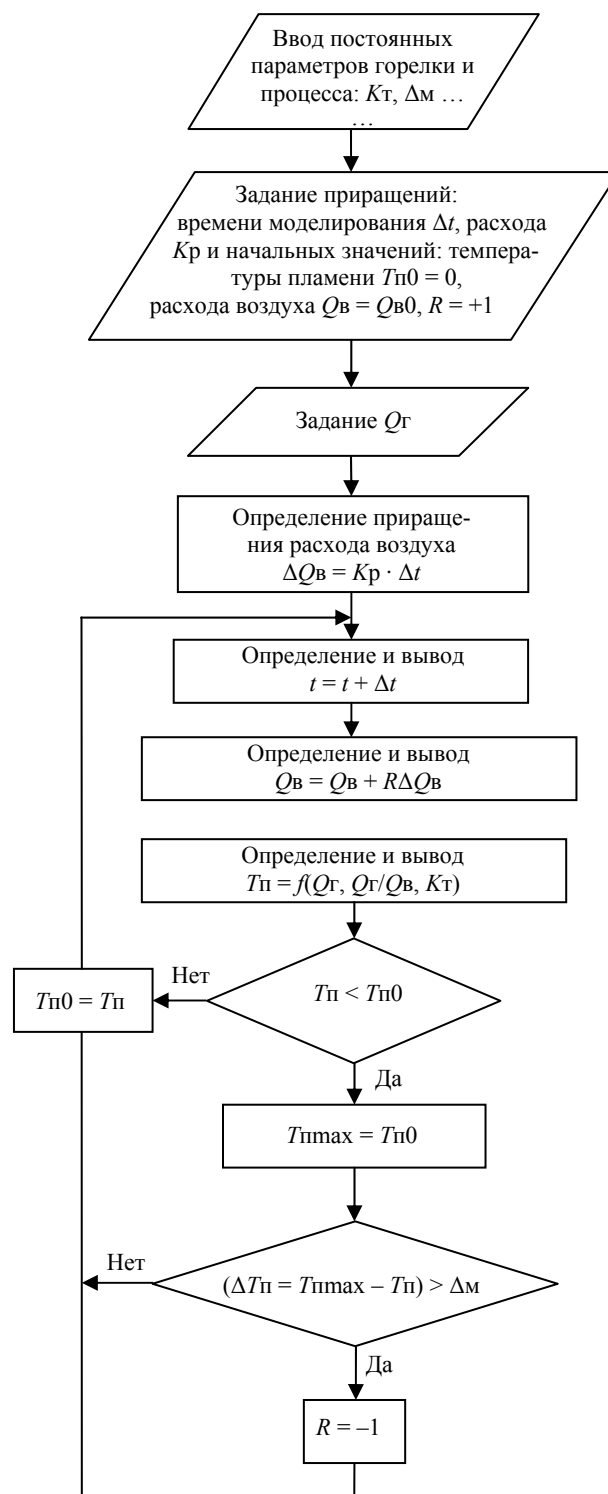


Рис. 3. Концептуальная схема алгоритма работы системы экстремального регулирования

При исследовании процесса горения необходимо определить зависимости:

1. Температура пламени горелки: $T_p = f(Q_g, Q_g/Q_v, K_t)$ – статическая характеристика, где Q_g – расход газа, Q_g/Q_v – соотношение расходов газа и воздуха, K_t – коэффициент, отражающий теплотворную способность газа.

2. Динамическая характеристика горелки: $T_p = f(t)$, определяющая динамические свойства го-

релки при изменении состава газовой смеси Q_G/Q_V . Учитывая, что переходные процессы в газовой горелке значительно меньше цикла регулирования расхода воздуха, можно не учитывать динамику горелки и определять T_P по статической характеристике.

3. Динамическая характеристика регулирования расхода воздуха $Q_V = f(R, K_p, t)$, где R – реверсивный коэффициент (+1, -1); K_p – коэффициент приращения расхода; t – время.

Результаты проведенных исследований планируется использовать для определения параметров работы СЭР при создании систем автоматического поддержания оптимальных режимов работы промышленных газовых горелок, применяемых в различных технологических процессах.

Кроме того, для автоматического регулирования температуры нагреваемого объекта необходимо оснащение горелки вторым контуром регулирования, с применением регулятора стабилизирующего действия. В целом оба контура – экстремальный и стабилизирующего действия – будут являться элементами системы автоматического управления (САУ), которая формирует закон управления в соответствии с технологическим процессом обработки (рис. 4).

Например, для осуществления технологического процесса обжига керамических изделий или термической обработки металла необходимо регулировать температуру по заданному закону изменения во времени. Задачей системы автоматического регулирова-

ния (САУ), являющейся подсистемой САУ, является обеспечение точности процесса регулирования. Тогда задача системы экстремального регулирования заключается в обеспечении оптимального процесса регулирования путем повышения энергетической эффективности процесса горения.

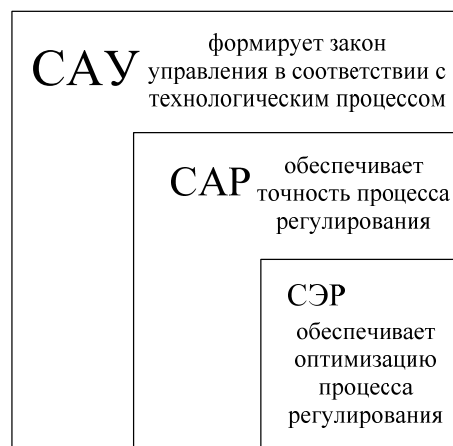


Рис. 4. Схема системы автоматического управления технологическим процессом

ния горелки, оснащенной двумя контурами регулирования – системой автоматического регулирования (САР) и системой экстремального регулирования (СЭР), представлена на рис. 5.

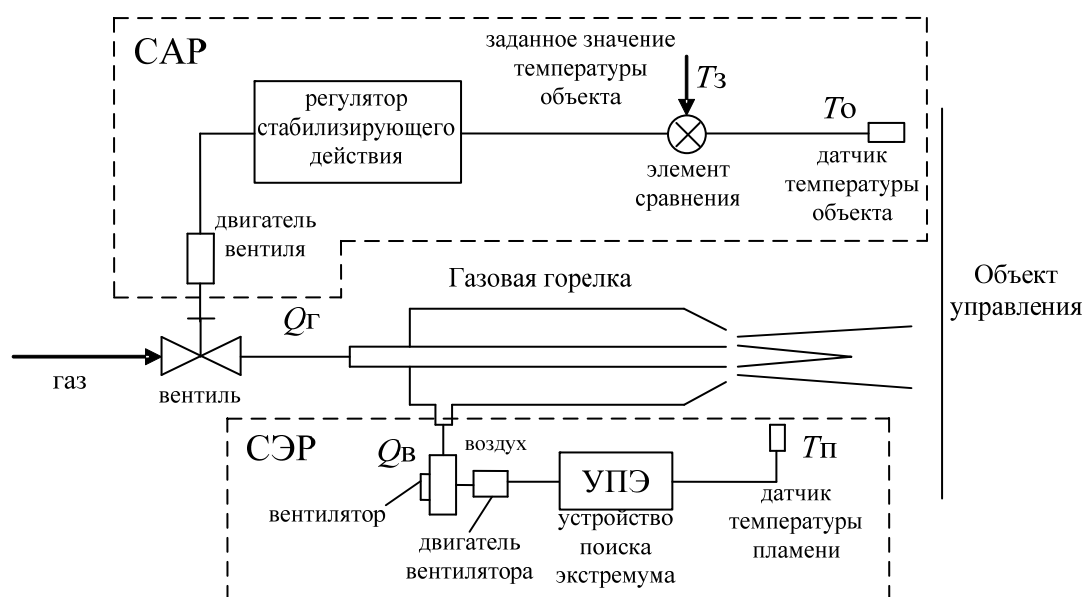


Рис. 5. Схема газовой горелки, оснащенной двухконтурной системой регулирования

САР обеспечивает поддержание заданной температуры объекта, для чего на объект устанавливается датчик температуры T_0 , выход которого связан с элементом сравнения с заданным в соответствии с технологическим процессом значением температуры T_z . Сигнал рассогласования ($e = T_z - T_0$) между заданным и текущим значениями температуры поступает на вход регулятора

и производится регулирование расхода газа для обеспечения T_z . При этом контур экстремального регулирования подстраивает расход воздуха, обеспечивая оптимальный режим.

Таким образом, представленная схема системы автоматического управления позволяет производить регулирование температуры объекта с оптимальными значениями расхода газа.

Библиографические ссылки

1. Казаринов Л. С., Шнайдер Д. А. Оперативное управление технологическими процессами с прогнозом показателей энергетической эффективности // Вестн. Южно-Урал. гос. ун-та. Сер. «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». – 2008. – Вып. 8, № 17. – С. 9–12. –

URL: <http://pdf.vestnik.susu.ac.ru/29008/08.pdf> (дата обращения: 29.04.2013).

2. Энергоэкологическая оптимизация сжигания топлива в котлах и печах регулированием соотношения топлива – воздух / О. Н. Новиков, Д. Г. Артамонов, А. Л. Шкаровский и др. // Пром. энергетика. – 2000. – № 5. – С. 57–60.

* * *

A. M. Abgaryan, Post-graduate, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

N. M. Filkin, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

Modifying the thermal machine power plant

One of the methods for improving the thermal machine power plants is examined in the article and prospective economic, ecological and technical results are proved when the suggested method of improving is applied. The scheme of the prospective combined power plant is given.

Keywords: thermal machine, combined power plant, steam engine, fuel efficiency, ecological cleanness

Получено: 03.04.13

УДК 662.76 (045)

Е. М. Кашин, аспирант;

В. Н. Диденко, доктор технических наук, профессор
Ижевский государственный технический университет
имени М. Т. Калашникова

ГАЗОГЕНЕРАТОР ТВЕРДОГО ТОПЛИВА С ВРАЩАЮЩЕЙСЯ АКТИВНОЙ ЗОНОЙ

Обзор газогенератора с вращающейся активной зоной, применяемого для газификации твердого топлива. Анализируются недостатки современных классических газогенераторов. Проводятся экспериментальные исследования характеристик газогенератора.

Ключевые слова: газовый генератор, твердое топливо

Установки, включающие в свой состав газогенераторы, являются объектами энергетического хозяйства и предназначены для получения тепла, электричества, а также механической энергии.

Установки для получения генераторного газа – устройства, предназначенные для газификации сырья органического происхождения путем протекания реакций взаимодействия углерода сырья с окислителями, конечным результатом которых является получение горючих газов CO , CH_4 , H_2 (или газогенераторы).

За свою четырехвековую историю газогенераторы прошли большой путь эволюции, начиная с примитивных устройств для демонстрации получения газа и заканчивая технически сложными промышленными системами генерации газа, но так и не избавились от большинства недостатков. Современные газогенераторы достаточно громоздки, избирательны к используемому топливу и ограничены по мощности. Ограничение по мощности возникает при использовании больших диаметров шахт газогенераторов в связи со сложностью подвода газифицирующего агента (воздуха, кислорода, паровоздушной смеси и т. д.) во внутренние слои топлива. Поэтому вводят определенные ограничения на размеры газогенератора в зоне подачи газифицирующего агента. Более того, выявляются слабые стороны и в ходе эксплуатации. Затрудненное движение топлива и плохой доступ газифицирующего агента приводят к необходимости ис-

пользования дополнительных устройств, способствующих облегчению движения потоков, что, в свою очередь, заметно усложняет конструкцию.

Но возможно ли устранить недостатки классических газогенераторов? В ответ на этот вопрос авторы данной статьи предлагают газогенератор более простого и надежного устройства, приведенный на рис. 1.

Принцип работы газогенератора заключается в том, что действие центробежных сил, возникающих при вращении внутреннего корпуса с перфорированной боковой стенкой, позволяет изменить традиционное направление движения сырья сверху вниз, обусловленное действием только силой тяжести самого сырья, на радиальное направление, ориентированное от центра к периферии. При этом зоны сушки, пиролиза, окисления и восстановления твердого топлива имеют форму цилиндрических поверхностей и располагаются одна в другой (рис. 2). Предлагаемый газогенератор имеет несколько принципиальных отличий от традиционных. При условиях, что эти газогенераторы имеют одинаковые габариты (высоту H и диаметр корпуса D) и используют один вид топлива, размеры зон газификации кардинально отличаются. Активная зона, образованная цилиндрическими поверхностями в предлагаемом газогенераторе, имеет больший размер (πD_1) по сравнению с дискообразной зоной газификации газогенератора прямого процесса газификации (D). Это наглядно