

## АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА РОЗЖИГА НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО КИПЯЩЕГО СЛОЯ

Д.А. Гавриленко, Б.В. Гавриленко  
Донецкий национальный технический университет

*Розглянуто автоматизацію розпалу низькотемпературного киплячого шару із застосуванням плазменної технології та введенням корекції виміру температури шару.*

Серьезным препятствием на пути развития энергетики является ухудшение качества добываемого топлива и экологические ограничения, связанные с угрозой крупномасштабного загрязнения окружающей среды выбросами продуктов сгорания.

Прогрессивным методом сжигания низкосортных и высокозольных топлив, является сжигание в низкотемпературном кипящем слое (НТКС). Данный метод сжигания является ресурсосберегающей технологией.

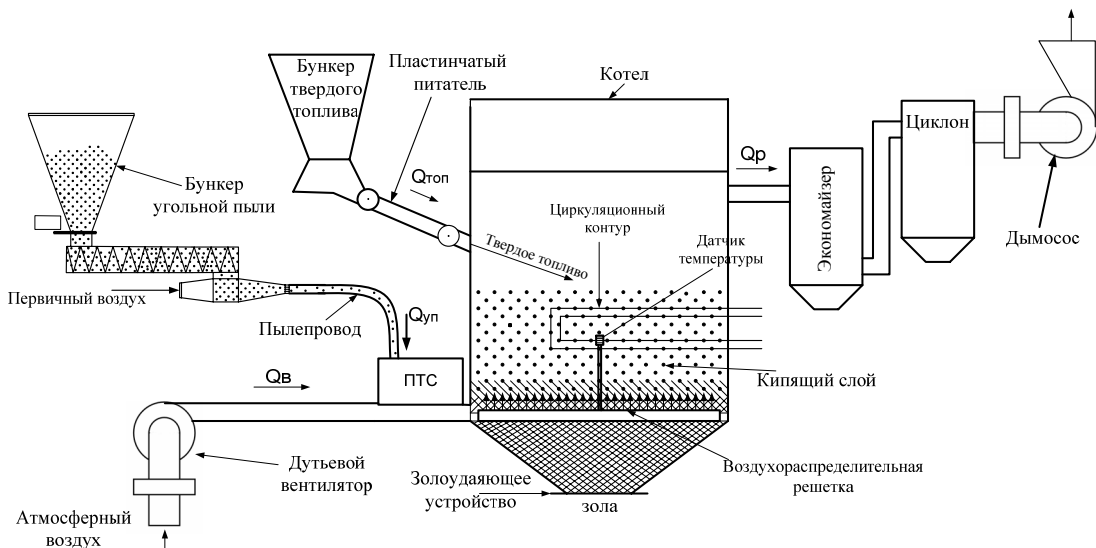
Топливо в топках НТКС сжигается в псевдоожиженном слое, что способствует существенному улучшению доступа кислорода к топливу в процессе горения, повышенной теплоотдачи к поверхностям нагрева, а также более полному сгоранию топлива. Для выхода на стационарный режим горения необходимо предварительно нагреть слой до температуры воспламенения топливных частиц.

В настоящее время розжиг котлоагрегата с низкотемпературным кипящим слоем осуществляется оператором вручную и не всегда проходит успешно и, как следствие, сопровождается непроизводительным простоем оборудования. С целью исключения присутствия персонала вблизи опасных зон розжиг котла необходимо осуществлять в автоматическом режиме. Реализация автоматического розжига в соответствии с определенным алгоритмом создает безопасные условия для оператора и снижает износ механического оборудования. Существующие системы автоматизации топки, выполнены на базе морально устаревших регуляторов Р25, которые не позволяют реализовывать алгоритм программного управления технологическим процессом.

Нарушение алгоритма процесса розжига зачастую приводит к потере жидкого топлива из-за неустойчивого пламени на горелке. Поэтому для энергетических и теплофикационных установок требуются системы, обеспечивающие надежный безмазутный розжиг

и улучшение экологических характеристик. Для достижения этих целей могут быть использованы пылеугольные горелки, оборудованные электродуговыми плазмотронами [1]. Технология плазменно-топливной системы (ПТС) заключается в нагреве аэросмеси с помощью плазменного факела до температуры выделения летучих и частичной газификации углерода коксового остатка. Вариант схемы установки ПТС на котлоагрегате НТКС приведен на рис. 1.

Исследования, проведенные в ИТФ СО АН, СибНИИЭ и КазНИИЭ, показали, что плазменная технология сжигания пылевидного топлива с помощью электродуговых плазмотронов выступает перспективным способом решения задачи высокоэффективного использования низкосортных топлив.



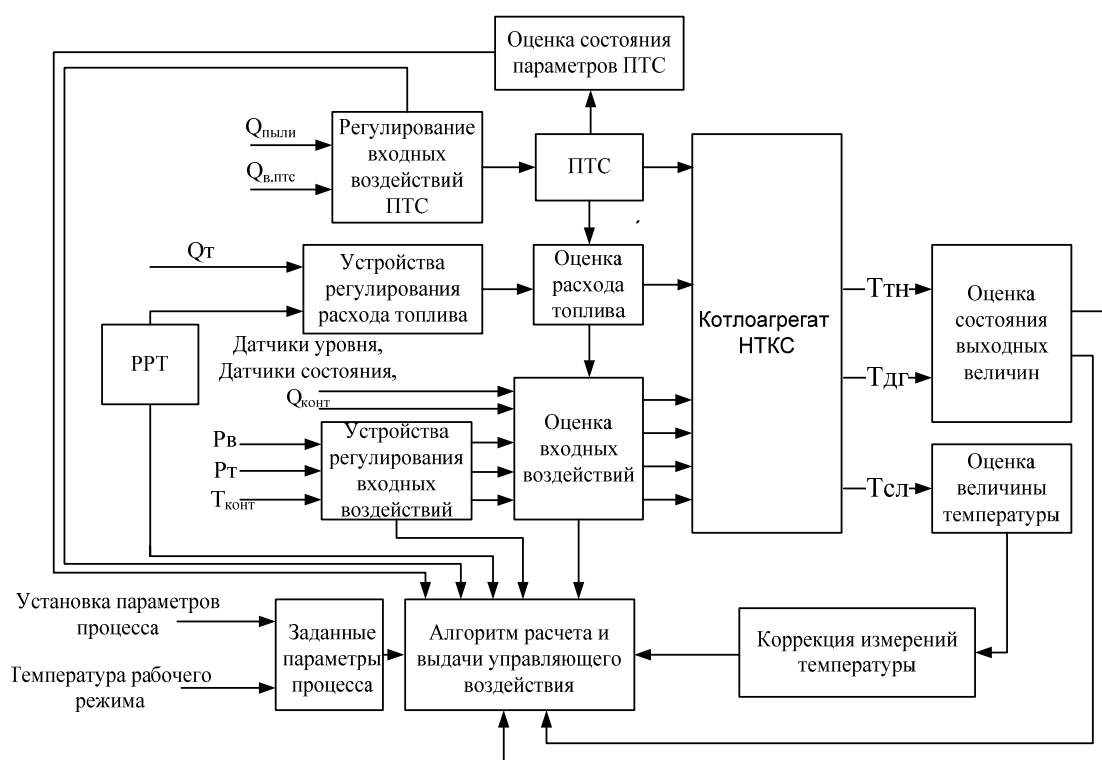
**Рис. 1. Схема котлоагрегата НТКС с использованием ПТС**

Использование плазменной технологии безмазутного воспламенения углей позволяет отказаться от совместного сжигания двух видов топлива с различной реакционной способностью, а также снизить вредные выбросы в 1,5-2 раза по сравнению с процессом совместного сжигания угля и мазута.

ПТС работает в режиме подсветки и при розжиге котла, нагревая слой материала до  $700\text{ C}^0$ .

На рисунке 2 приведена структурная схема процесса автоматического розжига. Входными параметрами при розжиге являются: расход воздуха ПТС  $Q_{в,ПТС}$ , расход твердого топлива  $Q_T$ , расход  $Q_{конт}$  и температуру  $T_{конт}$  теплоносителя контура, давление дутьевого воздуха  $P_в$ , разрежение в топке  $P_t$ , датчики уровня бункера угольной пыли, топлива и наполнителя слоя, дискретные датчики

состояния. Выходные параметры: температура слоя  $T_{сл}$ , температура теплоносителя контура  $T_{тн}$ , температура дымовых газов  $T_{дг}$ . Блоки оценки выполняют измерение соответствующих величин и передачу информации в блок алгоритма расчета и выдачи управляющего воздействия. На основании полученных данных формируются управляющие воздействия на органы регулирования. Отдельным контуром регулирования является ПТС, входными параметрами которой является расход пыли  $Q_{пыли}$  и расход первичного воздуха  $Q_{в.птс}$ . Для обеспечения устойчивого воспламенения угольной пыли требуется текущий контроль температуры муфеля горелки  $T_{м}$ , которая должна находиться в пределах  $700-800\text{ C}^0$ .



**Рис. 2. Структурная схема процесса автоматического розжига котлоагрегата НТКС**

Выходной сигнал термоэлектрического преобразователя после коррекции поступает в блок алгоритма, после чего формируется команда на регулирование подачи твердого топлива. Регулятор расхода топлива РРТ обеспечивает оптимальное изменение подачи топлива для получения переходного процесса с заданными показателями качества. При розжиге большое значение имеет контроль температуры кипящего слоя, так как регулирование подачи твердого топлива осуществляется в соответствии с величиной данного параметра.

Технология НТКС имеет жесткие требования к температурному режиму, наиболее целесообразно обеспечить температуру слоя, равной 800-850 °С. Отклонение от данного диапазона приводит к зашлакованию слоя и последующей остановке котла.

В настоящее время в шахтных котельных установках с топками низкотемпературного кипящего слоя для измерения температуры применяются термодпары, имеющие большую тепловую инерцию.

Выходной сигнал термометра соответствует температуре его чувствительного элемента, следовательно, принципиально невозможно измерить температуру, изменяющуюся с частотой, превышающей его частотные характеристики при конкретных условиях теплообмена.

В системе автоматического управления розжигом котла последовательно с термоэлектрическим термометром включается устройство коррекции измерений температуры (КИТ), принцип работы которого заключается в использовании компенсационного метода [2].

При измерении температуры кипящего слоя чувствительный элемент требует наличия защитного чехла, обеспечивающего защиту от механических повреждений. В настоящее время в качестве материала для защитных чехлов используется алунд. Если сделать допущение, что защитная оболочка является тонкостенной трубой, то с достаточной степенью точности для инженерных расчетов решение определения тепловой инерции может быть получено с хорошим приближением, если принять, что данная защитная оболочка является телом с неограниченно высокой теплопроводностью [3]. Все полученное чехлом тепло мгновенно распространяется в материале и температура увеличивается равномерно по всему объему. Определяющим уравнением является соотношение баланса тепла, то есть количество тепла, полученного телом, равно количеству тепла, переданного теплоносителем:

$$\rho \cdot c \cdot V \cdot \frac{dt}{d\tau} = \alpha \cdot S \cdot (t_{cp} - t) \quad (1)$$

где  $c$  и  $\rho$  – удельные теплоемкости и плотность материала,  $V$  и  $S$  – соответственно объем и площадь поверхности,  $\alpha$  – коэффициент теплообмена.

С учетом параметров защитного чехла после промежуточных преобразований получаем передаточную функцию канала измерения по температуре:

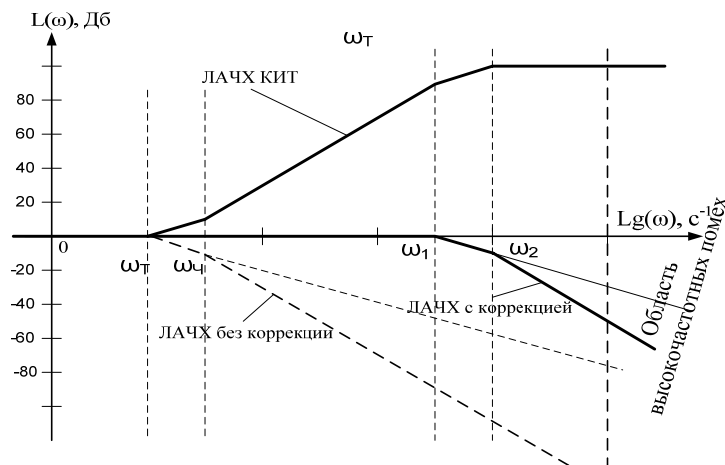
$$W_T(p) = \frac{1}{\varepsilon_{чЭ} \cdot p + 1} \cdot \frac{1}{\varepsilon_q \cdot p + 1} \quad (2)$$

где  $\varepsilon_m$  и  $\varepsilon_q$  – показатели тепловой инерции ЧЭ и защитного чехла.

При включении корректирующего устройства в канал измерения температуры получаем передаточную функцию:

$$W_T(p) = \frac{1}{\varepsilon_T \cdot p + 1} \cdot \frac{1}{\varepsilon_q \cdot p + 1} \cdot \frac{\varepsilon_T \cdot p + 1}{K_T} \cdot \frac{\varepsilon_q \cdot p + 1}{K_q} \quad (3)$$

Чем больше коэффициенты коррекции ( $K_T$  и  $K_q$ ) тем больше быстродействие измерительной системы. Однако с ростом значения  $K_T$  и  $K_q$  растет уровень шумов и наводок в системе, то есть чем выше частота, тем больше амплитудные значения паразитных сигналов на выходе системы. Логарифмическая амплитудно-частотная характеристика (ЛАЧХ) синтезируемого канала измерения температуры представлена на рисунке 3.



**Рис. 3. ЛАЧХ измерительного канала температуры**

### Выводы

Таким образом, автоматизация процесса розжига НТКС сокращает вывод котлоагрегата на стационарный режим работы при соблюдении заданных требований и ограничений, создает безопасные условия для обслуживающего персонала, сокращает непроизводительные простои и износ оборудования.

### Библиографический список

1. А.Н. Тимошевский, И.М. Засыпкин, С.П. Ващенко, Ю.Г. Векессер, В.К. Комарицын. Применение систем плазменного воспламенения угольной пыли в котлах Таштагольской производственно-отопительной котельной.
2. А. И. Банников Метод малоинерционных измерений температуры.
3. Уонг Х. Основные формулы и данные по теплообмену для инженеров: Пер. с англ. \ Справочник – М.: Атомиздат, 1979. – 216с.