

## МИНИМИЗАЦИЯ ВЫБРОСА СО В АТМОСФЕРУ ПРИ РАБОТЕ ВОЗДУХОНАГРЕВАТЕЛЕЙ

Овчаренко А.В., группа НАП-06см

Руководитель доц. каф. АСУ Коренев В.Д.

**Аннотация.** В статье рассматриваются основные особенности автоматизации воздухонагревателей доменных печей регенеративного типа как средства достижения экологических показателей.

**Актуальность.** В настоящее время монооксид углерода СО является наиболее распространенным загрязнителем атмосферы. Значительную долю в суммарном выбросе СО вносит черная металлургия и особенно — доменное производство. При выплавке чугуна СО как продукт технологического процесса выделяется непосредственно в горне доменной печи и в процессе нагрева воздухонагревателей доменных печей. Проектирование системы автоматического нагрева воздухонагревателей помимо прочего положительного эффекта позволит свести практически к нулю выброс СО при нагреве воздухонагревателей и, как следствие, понизить суммарное воздействие на окружающую среду этого ядовитого газа.

**Анализ известных решений.** Среди металлургических комбинатов Донбасса нет системы автоматического нагрева воздухонагревателей, исключаяющей необходимость человека-оператора. Каким образом сегодня осуществляется нагрев воздухонагревателей? Обеспечивается измерение необходимых технологических параметров. Сигналы с датчиков поступают на цифровые модули, которые, в свою очередь, объединяются посредством локальной сети *Ethernet* (так называемые *SCADA*-системы). Информация со всех модулей передается на головную ЭВМ. С головного компьютера информация посредством *Ethernet* может быть передана на другие ЭВМ в визуальной форме, удобной для человека-оператора. Подобные системы дают

возможность только наблюдать за состоянием процесса. Управляющие воздействия на процесс человек-оператор должен подавать самостоятельно (как правило, дистанционно), опираясь на полученную измерительную информацию.

**Постановка задачи исследования.** Вкратце рассмотрим особенности воздухонагревателя как объекта, подлежащего автоматизации, а также в общих чертах опишем возможный экологический эффект от внедрения системы автоматического нагрева воздухонагревателей.

**Цель.** Целевая функция имеет следующий вид:

$$a \rightarrow a_{opt}, \quad (1)$$

где  $a$  — коэффициент переизбытка воздуха в газо-воздушной смеси, подаваемой в горелку воздухонагревателя,

$a_{opt}$  — некоторое оптимальное значение коэффициента переизбытка воздуха, соответствующее максимальному выделению тепла от сжигания газо-воздушной смеси.

**Изложение основного материала.** Современный воздухонагреватель представляет собой вертикально расположенный куполообразный цилиндр высотой до 50 м и диаметром 9 м. Снаружи воздухонагреватель заключен в стальной кожух, который изнутри выложен огнеупорным и теплоизоляционным кирпичом. Внутреннее пространство воздухонагревателя разделено не доходящей до верха вертикальной стеной из огнеупорного кирпича на две части: камеру сгорания и огнеупорную насадку с вертикальными каналами, а внизу — с поднасадочным пространством. Воздухонагреватели доменной печи сооружают на общем фундаменте в блоке по четыре воздухонагревателя на каждую печь.

Воздухонагреватель работает циклично. Цикл состоит из нагрева посредством сжигания смеси «доменный газ — воздух» и охлаждения за счет пропускания через нагретый воздухонагреватель холодного воздуха, который, нагревшись, поступает в доменную печь. Имеются различные виды циклов

работы воздухонагревателей, отличающиеся последовательностью подачи на нагрев или дутье очередного воздухонагревателя (последовательный цикл, параллельный, последовательно-параллельный и др.). На металлургических предприятиях Донбасса наиболее распространенным является последовательный цикл нагрева.

Рассмотрим зависимость количества тепла, которое выделяется в горелке воздухонагревателя при сжигании газо-воздушной смеси, от объемной доли воздуха в смеси "доменный газ - воздух":

$$Q=f(a), \quad (2)$$

где  $Q$  — количество тепла, выделяющееся при сжигании газо-воздушной смеси,

$a$  — коэффициент переизбытка воздуха, который может быть определен как отношение концентраций доменного газа и воздуха в газо-воздушной смеси:

$$a=C_v/C_dg,$$

где  $C_dg$  — объемная концентрация доменного газа в газо-воздушной смеси,

$C_v$  — объемная концентрация воздуха в газо-воздушной смеси.

Зависимость (2) носит экстремальный характер (см. рис.1).

Как видно из рис. 1, максимальная эффективность от сжигания газо-воздушной смеси наблюдается при определенном соотношении "доменный газ — воздух", характеризуемой некоторым оптимальным значением коэффициента переизбытка воздуха  $a=a_{opt}$ .

С другой стороны, положим, что возможно обеспечить стабильность равенства  $a=a_{opt}$ . При этом в горелке воздухонагревателя будет сжигаться вся газо-воздушная смесь, т.е. в отходящем дыме не будет содержаться не сгоревшего  $CO$ , что и требуется обеспечить.

Рассмотрим зависимость концентрации  $CO$  ( $C_{co}$ ) от  $a$  (рис. 2).

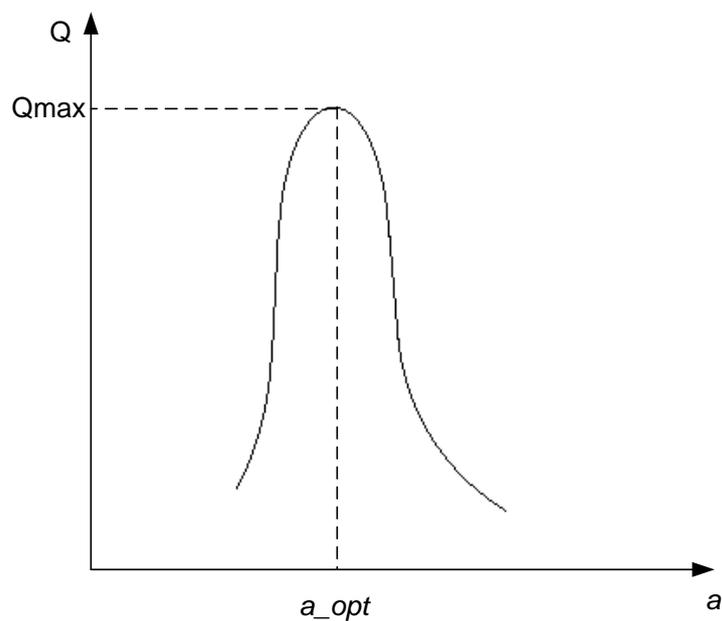


Рисунок 1 — Общий вид зависимости  $Q=f(a)$

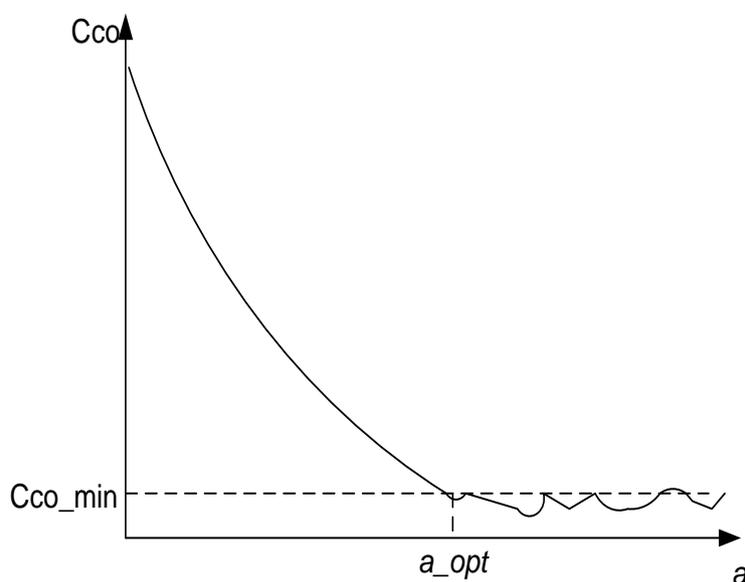


Рисунок 2 — Общий вид зависимости  $C_{co}=f(a)$

Из рис. 2 видно, что по мере увеличения  $a$  содержание  $CO$  в отходящем дыме уменьшается и, начиная с точки, в которой  $a=a_{opt}$ , остается в области малых значений ( $C_{co\_ост}$  — остаточная концентрация  $CO$  составляет доли процента), не достигая нуля.

Легко увидеть (см. рис. 2), что при подаче в горелку излишнего воздуха ( $a > a_{opt}$ ) экологическая задача минимизации выброса CO оказывается решенной. Однако помимо экологического параметра важным является такой параметр технологического процесса как температура. Подача слишком большого избытка воздуха приведет к тому, что часть воздуха останется не сгоревшей и будет забирать часть тепла на себя (рис. 1). Как следствие — снижение скорости нагрева воздухонагревателя, что также недопустимо.

Задача автоматизации решается в комплексе, необходимо учитывать все параметры и все факторы, а не один только экологический эффект. Поэтому требуется обеспечить также и максимальную эффективность от сжигания топлива. Каким образом осуществляется изменение коэффициента  $a$ ? Рассмотрим технологические параметры, характеризующие работу воздухонагревателя.

Среди характеризующих процесс параметров можно выделить:

- выходные параметры (содержание CO, O<sub>2</sub>, скорость изменения температуры воздухонагревателя);
- контролируемые возмущающие воздействия (влажность воздуха, температура окружающей среды);
- управляющие воздействия (расход доменного газа, расход воздуха);
- неконтролируемые возмущающие воздействия.

Каким образом взаимодействуют те или иные параметры процесса? Как изменение одного параметра скажется на других параметрах? Эти вопросы решаются при создании математической модели объекта. Задача анализа измерений, решаемая в рамках автоматизации процесса нагрева, подразумевает математическое описание объекта контроля.

Воздухонагреватель, как и большинство других объектов черной металлургии, является объектом нестационарным. Иными словами, если, предположим, выявить некоторую математическую зависимость между

параметрами, описывающую объект с удовлетворительной точностью, то нет основания полагать, что при дальнейшей работе воздухонагревателя эта зависимость останется по-прежнему верной и с достаточной точностью будет описывать объект. Не все факторы, влияющие на процесс, могут быть измерены и учтены при анализе. Поэтому наиболее адекватной моделью будет являться самонастраивающаяся модель. Самонастраивающаяся модель предполагает изменение своей математической структуры на основании анализа значений технологических параметров в реальном масштабе времени. Модель подобной структуры оказывается способной учитывать возмущения, которые не могут быть измерены.

Создание подобной модели — чрезвычайно трудоемкий процесс, однако неизбежный при решении задачи автоматизации

### **Выводы.**

В данной статье были рассмотрены основные моменты, касающиеся проблемы автоматизации работы воздухонагревателей, в общих чертах охарактеризованы целевая функция, являющаяся критерием при проектировании автоматической системы, а также рассмотрены недостатки систем наблюдения за работой воздухонагревателей в сравнении с автоматической системой управления.

### Перечень ссылок

1. Системы регулирования процесса сжигания доменного газа с целью снижения выбросов в атмосферу оксида углерода и экономии топлива: Инструкция по эксплуатации. Сост. А.Г. Горохов, А.М. Меланин. — Мариуполь: «Донбасс экология». — 2004 — 18 с.
2. Салыга В.И. , Карабутов Н.Н. Идентификация и управление процессами в черной металлургии. — М.: «Металлургия», 1986. — 191 с.
3. Полтавец В.В. Доменное производство. М.:»Металлургия», 1981. — 416 с.