МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ТА АЛГОРИТМИ

Алгоритмы модернизированного управления доменным процессом. Публикация V. Автоматический контроль выноса колошниковой пыли из доменных печей

М. С. ЗАВГОРОДНИЙ, А. А. СЕГЕДА*, В. А. СМОЛЯК*

*ПАО Днепровский металлургический комбинат имени Ф. Э. Дзержинского (ДМКД)
Днепродзержинский государственный технический университет

Принцип действия установки для непрерывного измерения выноса колошниковой пыли основан на поглощении газопылевым потоком ионизирующего излучения.

Принцип вимірювання виносу колошникового пилу полягає в поглинанні іонізуючого випромінювання газопиловим потоком.

The device principle for continuous measuring of carrying our the furnace top dust is based on absorption of ionizing radiation with gaseous-dust flow.

Введение. Работа доменных печей при неудовлетворительном гранулометрическом составе железорудной части шихты и непрочном коксе сопровождается значительным выносом колошниковой пыли, нарушающим постоянство рудной нагрузки на кокс и вызывающим изменение теплового режима доменного процесса со всеми негативными технологическими последствиями.

Математическая модель пылегазового потока. С целью получения технологических исходных данных для создаваемой установки автоматического контроля выноса колошниковой пыли из доменной печи, потребовалось разработать математическую модель восходящего пылегазового потока. Основные краткие теоретические положения, которой состоят в следующем:

Пылевая составляющая математической модели определяется исходя из минутной производительности **П**мин. Доменной печи килограммом чугуна

$$\text{П кг/мин.} = \frac{n\left(\text{ЖРЧ} * \text{Fe} + \text{K} * 3 * \text{Fe3} - \text{B} * \text{FeB}\right)}{\sum^{n} \text{tni} * \text{FeЧ}},$$

где ЖРЧ– масса железорудной части (агломерат, железная руда, окатыши, металлолом) шихты; Fe – суммарная масса железа в ЖРЧ; К – количество кокса в подаче; 3 – зольность кокса; Fe3 – содержание железа в золе; В – вынос пыли; FeB – масса выносимого пылью железа; $\sum^{n} \text{tni}$ - суммарное время опускания подач шихты; FeЧ – содержание железа в чугуне.

Газовая составляющая математической модели пылегазового потока определяется из расхода (Vд) комбинированного дутья обогащенного кислородом (VO_2) с добавкой природного газ) и его властности (Wд).

Состав колошникового газа (содержание CO, CO_2 и водорода) определяются автоматическими газоанализаторами.

Результаты использования математической модели пылегазового потока применены для постановки задачи разработки и практического контроля выноса колошниковой пыли из доменной печи.

Постановка задачи и теоретические основания. Принцип действия установки автоматического контроля выноса колошниковой пыли основан на использовании ионизирующего излучения для определения плотности пылегазового потока. Поглощение ионизирующего излучения газопылевым потоком описывается соотношением:

$$I = I_0 \cdot e^{-\mu_i^{'} \cdot m_{F_i}}, \qquad (1)$$

где I_0 - число импульсов (показаний) счетчика без поглотителя; I - число импульсов счетчика с поглотителя; μ'_i - массовый коэффициент поглощения i-той составляющей поглотителя, см^2/г; m_{Fi}- поверхностная плотность i - той составляющей поглотителя, г/см^2.

В случае использования источника дискретного излучения (линейчатого спектра) величина μ'_i зависит лишь от энергии излучения и от атомного номера составляющей поглотителя [1].

Каждая составляющая поглотителя изменяет спектр энергии излучения так, что для каждой из них будет действительно соотношение:

$$I_{0i} = I_{0(i-1)} \cdot e^{-\mu_{(i-1)}^{'} \cdot m_{F(i-1)}},$$

а для смеси веществ:

$$I = \int_0^{F_{mak}} dE \left[\prod_{i=1}^{n} \left(I_{oi(E)} \cdot e^{-\mu_{i(E)}^{'} \cdot m_{F_i}} \right) \right]. \qquad (2)$$

© Завгородний М. С., Сегеда А. А., Смоляк В. А., 2013

При этом μ'_i является функцией энергии $I_{0i}=f_{(E)}$и представляет собой спектр энергии излучения, прошедшего через (i-1) – ую компоненту [2].

Газопровод диаметром 2000 мм, температура газа - $300^0K \le T \le 650^0K$ давление - $1033 \le p \le 1200$ г/см^2, поверхностная плотность пыли 0 - 40 мг/см^2 (в среднем около 20 мг/см^2).

Экспериментальные исследования. Колебания состава колошникового газа и количества колошниковой пыли вызывают изменения коэффициентов поглощения излучения. Эти изменения определены расчетным путем, и их относительные значения были учтены в экспериментально установленном значении μ''. При этом получили μ'_G= 5,35 см^2/г ±1%; μ'_S= 56 см^2/г ±1%.

В период экспериментов было обнаружено изменение массового коэффициента μ'_G за счет изменения концентрации пыли в газе и коэффициента μ'_S за счет изменения плотности колошникового газа. Погрешности в определении μ'_G и μ'_S, а также изменения μ'_S, вызванные колебаниями состава и давления колошникового газа, приводят к статической погрешности в определении концентрации пыли в колошниковом газе.

Изменение значения μ'_G вследствие изменения концентрации пыли в газоходе приводит к систематической погрешности измерения концентрации пыли. Эта погрешность снижает чувствительность метода измерения.

Поверхностная плотность газа m_{FG} зависит от температуры и давления следующим образом:

$$m_{FG} = \frac{D \cdot P}{R \cdot T}, \qquad (3)$$

где D - диаметр газохода, м;P - давление газа, г/см^2; R - газовая постоянная, гкм/кг ^{0}K;T- температура газа ^{0}K.

Поскольку m_{FG} как составляющая поглотителя существенно влияет на поглощение, то изменения давления и температуры также влияют на результаты измерения. Возникающая при этом погрешность измерения может быть учтена.

Уравнение для определения выноса пыли выведено с использованием явления поглощения излучения и данных измерения таких параметров, как давление, температура и расход холодного дутья.

Для контрольного измерения выноса пыли необходимо знать скорость движения газа в месте измерения. Измерение скорости движения газа связано с большими трудностями, так как пылегазовая смесь обладает абразивными свойствами и химической агрессивностью. Учитывая эти трудности расчет ведется по расходу холодного дутья, который вычисляется по содержанию азота в воздухе и в колошниковом газе с учетом температуры, давления и сечения газопровода.

Из формулы (3) получим: $\ln\frac{I_0}{I} = \mu'_S \cdot m_{FS} + \mu'_G \cdot m_{FG}$,

где $m_{FG} = \frac{D \cdot P}{R \cdot T}$; $m_{FS} = M_S \cdot D \cdot \frac{T_0 \cdot n_2}{P_0 \cdot 0{,}78} \cdot \frac{P}{T \cdot V_{ow}}$.

Откуда следует:

$$M_S = \left(\frac{\ln\frac{I_0}{I} \cdot T}{P \cdot K_1} - \frac{K_2}{K_1} \right) \cdot V_{ow}, \qquad (4)$$

где M_S- количество выносимой пыли, т/час;

T- температура газа,^{0}K;
P- давление газа, г/см^2;
V_{ow}- расход холодного дутья, м^3/час;
n_2 - содержание азота в газе, % ;
D - длина участка просвечивания, м;
R- газовая постоянная, кгм/кг·°С;
0,78 - содержание азота в воздухе, %;
T_0 – 273^{0}K;
P_0 - 1033 г/см^2.

С использованием этих переменных составляется уравнение для вычислительного устройства:

$$U_{M_S} = \left(\frac{U_T \cdot U_L}{U_B} - U_c \right) \cdot \frac{U_v}{E} \cdot k, \qquad (5)$$

при масштабном напряжении E=10 в и L - $\ln\frac{I_0}{I}$.

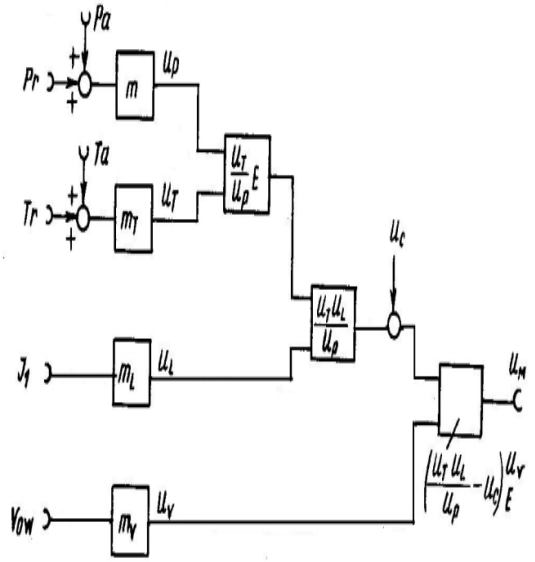

Рис.1. Блок-схема аналогового вычислительно устройства

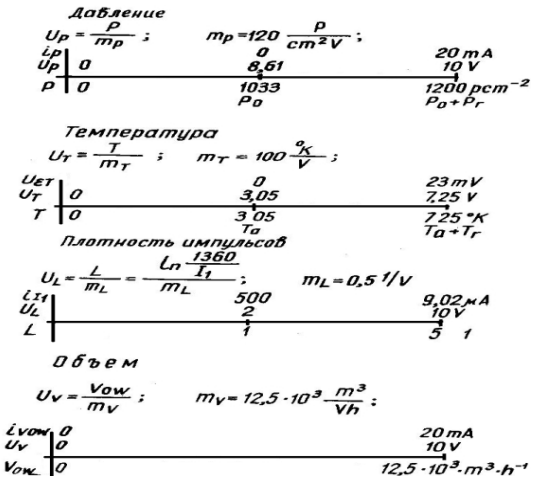

Рис.2. Входные переменные величины

Масштабные коэффициенты выбираются такими, чтобы получить оптимальную возможность для регулирования (настройки) операционных усилителей с учетом последующих вычислительных операций.

При $U_x = \frac{X}{m_x}$,

где X - входная величина; U_x - вычисляемая переменная;m_x- масштабный коэффициент, следует: U_c= 0,95в; $m_м$= 4,93 т/час·в.

Состав и принцип действия установки показан на рис.3

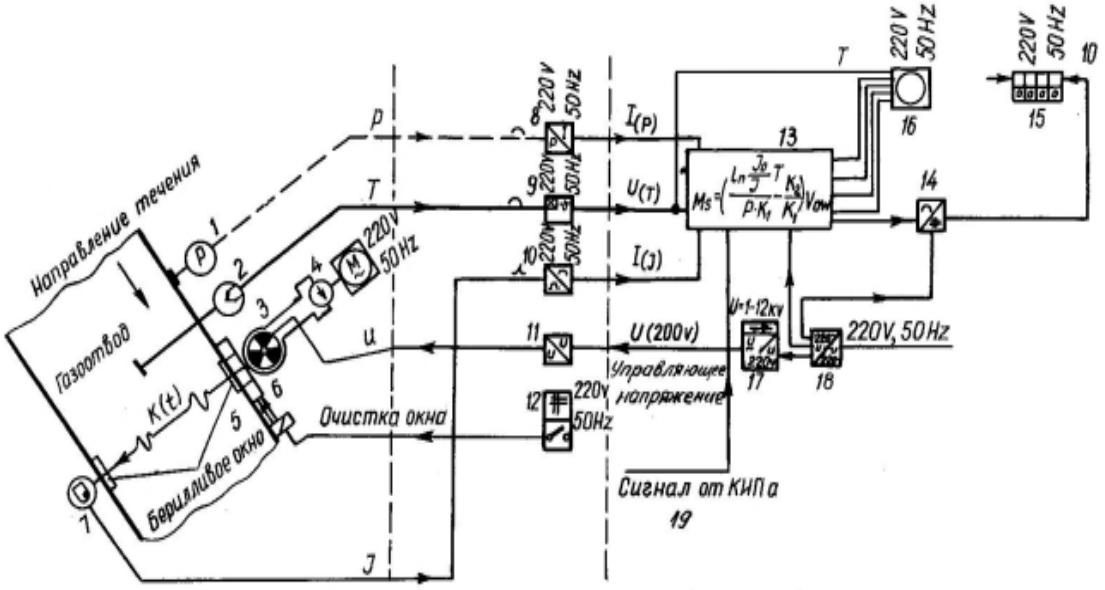

Рис.3. Структурная схема для измерения выноса колошниковой пыли из доменной печи: 1- датчик давления; 2- датчик температуры; 3- источник ионизирующего излучения; 4- электропривод источника излучения; 5- бериллиевые окна; 6- компрессор; 7- приемник ионизирующего излучения; 8-11- вторичные КИП; 12- пульт компрессора; 13- логический программируемый контроллер обработки информации; 14-18- электроаппаратура; 19- выход информации на щит КИП

Устройства для измерения и обработки основных величин. Для вычисления выноса пыли необходимо знать следующие величины: I – количество импульсов счетчика-детектора излучения; T- температуру колошникового газа в месте измерения; P- давление колошникового газа в месте измерения; V_{ow}– расход холодного дутья.

Для этой цели используется источник ионизирующего излучения цезий -137 или рентгеновская трубка с максимальной энергией, равной 10 кэв. Это излучение служит для радиального просвечивания нисходящего газопровода пылеуловителя. Непоглощенная доля излучения регистрируется приемником излучения (галогенным счетчиком), выходной сигнал которого преобразовывается в электрический ток. Для уменьшения степени поглощения излучения стенками наклонного газохода пылеуловителя в нем вырезаны окна, в которые вставлены плиты из бериллия.

Температуру колошникового газа измеряют на участке просвечивания с помощью термопары в чехле, э.д.с. которой представляет измеряемую величину $U_т$. На этом же участке измеряется статическое давление колошникового газа. С помощью измерительного преобразователя давление преобразовывается в пропорциональный ему ток, который представляет собой измеряемую величину I_P.

Таким образом измеряемые величины I_P, I_T, I_V и $U_{ет}$ выдаются для дальнейшей переработки.

Устройства для переработки и выдачи измерительных данных.

С помощью аналогового устройства составляется аналоговое значение U_{M_S} в виде величины, пропорциональной существующему в данное время выносу пыли. Эта величина напряжения с помощью аналого-цифрового преобразователя 13 (рис. 3) опрашивается через каждую секунду, преобразуется в цифровое значение и суммируется в счетчике таким образом, чтобы иметь значение количества выносимой пыли.

Выводы

В описанной установке для непрерывного измерения количества выносимой пыли применен единственно целесообразный принцип измерения, основанный на поглощении низкоэнергетического ионизирующего излучения. Как показали опыты установка полностью отвечает заданным требованиям измерений.

Результаты работы опытной установки показали, (по сравнению с применяемыми методами) три существенных преимущества при определении выноса пыли (мелко- и крупно зернистой): возможность измерения общего выноса пыли; возможность определения выноса

пыли в любом интервале времени; возможность осуществлять запись аналоговых значений выноса пыли, что дает информацию о ходе процесса в доменной печи и эффективно им управлять.

Применение установки для непрерывного измерения выноса пыли дает возможность более точно и постоянно влиять на колебания выноса пыли путем изменения подачи шихты. При этом ход доменной печи становится более равномерным и, кроме того, имеется возможность экономии кокса, требуемого для коррекции теплового режима.Измеряемая величина «количество выносимой пыли» создает в дальнейшем предпосылку для автоматизации управления доменным процессом с применением микропроцессорного логического программируемого контроллера SIMATICS5 фирмы “ALLENBRADLLEY”[3].

ЛИТЕРАТУРА

1. Смоляк В. А. Радиоизотопное автоматическое устройство для непрерывного контроля выноса колошниковой пыли из доменной печи. “Бюллетень ЦИИНЧМ”, — 1970. — № 12, — С. 26—27.
2. Бойко В. И., Смоляк В. А. Радиоизотопные средства автоматики, Киев, ИСМО, — 1998, — 140 с.
3. Смоляк В. А. Алгоритмы модернизированного управления доменным процессом. Математичне моделювання. № 2 (21), 2009, С. 63—68.

пост. 31.05.12