

*к.т.н. Захожай О.И.,
Шевцова А.С.
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина)*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДЕЛИ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА В АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ КОКСОВОЙ ПЕЧЬЮ

Розглядаються аспекти використання моделі температурного режиму у складі автоматизованої системи управління коксовою піччю. Це дозволяє визначити просторовий розподіл температури коксового пирога з метою забезпечення рівномірного і стабільного прогріву шихти.

Ключові слова: *математична модель, шихта, коксова піч.*

Рассматриваются аспекты использования модели температурного режима в составе автоматизированной системы управления коксовой печью. Это позволяет определить пространственное распределение температуры коксового пирога с целью обеспечения равномерного и стабильного прогрева шихты.

Ключевые слова: *математическая модель, шихта, коксовая печь.*

Коксохимическое производство является одним из приоритетных направлений промышленной политики Украины. Значительная доля валютных поступлений в Украину связана с продукцией металлургического и коксохимического сектора. В этих условиях, актуальной задачей, является усовершенствование технологического процесса коксования по пути снижения энергозатрат и повышения качества изготавливаемого кокса.

Качество производства кокса в значительной степени зависит не только от физико-химических свойств шихты, но и от температурного режима коксования. При этом важно поддержание постоянного и равномерного прогрева коксового пирога в течение всего процесса спекания [1]. Для решения данной задачи необходимо применение эффективных методов контроля температуры прогрева шихты, позволяющих определить зоны локального перегрева и недогрева. В работе [2] предлагается применение системы технического зрения для анализа температурного режима коксовой печи, однако такой метод позволяет получить информацию о пространственном распределении температуры только

по поверхности коксового пирога. При этом определение температуры в объеме коксового пирога невозможно прямыми методами измерения. С учетом этого, для оценки объемного распределения температуры коксового пирога предлагается модернизация данного метода через использование математической модели теплового режима коксования. Таким образом, при построении автоматизированной системы управления коксовой печью, математическая модель может быть использована для определения пространственного распределения температуры, как на поверхности, так и в объеме коксового пирога.

Математическая модель температурного режима коксования, с точки зрения прогрева коксующейся шихты описывается системой уравнений [1]:

$$\frac{\partial T_{ш}}{\partial \tau} = \alpha \frac{\partial^2 T_{ш}}{\partial x^2}, \quad (1)$$

где α - коэффициент температуропроводности;

τ - время коксования;

x - расстояние точки от оси камеры;

$T_{ш}$ - температура в любой точке коксующейся шихты.

Однако, для использования системы уравнений (1) в автоматизированной системе управления коксовой печью при определении степени равномерности прогрева коксового пирога и объемного распределения температуры необходимо учесть следующие условия:

$$\tau = 0; x = 0: T_{ш}^{on} = T_{ш}^H, \quad (2)$$

где $T_{ш}^{on}$ - температура шихты в осевой плоскости;

$T_{ш}^H$ - начальная температура шихты.

$$\tau = 0; x = L / 2: T_{ш}^{cm} = T_{oz}^K - \frac{1}{e^{AKF_{cm}}} (T_{oz}^H + T_{ш}^H), \quad (3)$$

где L - ширина камеры;

$T_{ш}^{cr}$ - температура шихты у стенки;

T_{oz}^H - начальная температура отопительного газа;

T_{oz}^K - конечная температура отопительного газа.

$$K = \frac{\alpha_{ш}^{cm} \cdot \alpha_{ог} \cdot \lambda_{ст}}{\alpha_{ш}^{cm} \cdot \lambda_{ст}} + \alpha_{ог} \cdot \lambda_{ст} + \delta_{ст} \cdot \alpha_{ш} \cdot \alpha_{ог}, \quad (4)$$

где K - коэффициент теплопередачи греющей стенки;
 $\alpha_{ог}$ - коэффициент температуропроводности отопительного газа;
 $\lambda_{ст}$ - теплопроводность стенки;
 $\delta_{ст}$ - толщина стенки;
 $\alpha_{ш}$ - коэффициент температуропроводности шихты;
 $\alpha_{ш}^{cr}$ - коэффициент температуропроводности шихты у стенки.

$$A = \frac{1}{G_{ог} \cdot C_{ог}} + \frac{1}{G_{ш} \cdot C_{ш}^{cm}}, \quad (5)$$

где $G_{ог}$ - расход отопительного газа;
 $C_{ог}$ - теплоемкость отопительного газа;
 $G_{ш}$ - расход шихты;
 $C_{ш}^{cr}$ - теплоемкость шихты у стенки.

$$\alpha_{ш}^{cm} = const; C_{ш}^{cm} = const, \quad (6)$$

$$\alpha = \frac{\lambda}{c_p \cdot \gamma_k}, \quad (7)$$

где λ - теплопроводность;
 γ_k - кажущийся удельный вес тела.

$$\lambda_{ш} \approx \frac{1}{a_0^1 + a_1^1 \cdot (T_{ш}^{on})^{a_2^1}}, \quad (8)$$

$$C_{рш} = a_0^2 + a_1^2 \cdot T_{ш}^{on} + a_2^2 \cdot T_{ш}^{on^2} + a_3^2 \cdot T_{ш}^{on^3}, \quad (9)$$

где $C_{рш}$ - удельная теплоемкость шихты при постоянном давлении.

$$\alpha_{ш} = \frac{1}{a_0^1 + a_1^1 \cdot (T_{ш}^{on})^{a_2^1}} \cdot \frac{1}{a_0^2 + a_1^2 \cdot T_{ш}^{on} + a_2^2 \cdot T_{ш}^{on^2} + a_3^2 \cdot T_{ш}^{on^3}} \cdot \frac{1}{\gamma_{кш}}, \quad (10)$$

где $\gamma_{кш}$ – кажущийся удельный вес шихты.

Таким образом, решение (1) при условиях (2) – (6), позволяет определить время проведения процесса при заданных расходах шихты и отопительного газа и конструктивных характеристиках печи (ширина камеры, толщина стенки, материал, из которого изготовлена стенка) и температуру кокса при окончании процесса коксования, а также получить оценки тепловых свойств кокса по зависимостям (8)-(10).

Формализованное представление математической модели может быть описано следующим набором:

$$Y_M = f(X_M, U_M, A_M). \quad (11)$$

Вектор входных параметров

$$X_M = \{X_1, X_2\}, \quad (12)$$

где X_1 и X_2 – характеристики шихты и отопительного газа соответственно.

$$X_1 = \{T_{ш}^H, G_{ш}, C_{ш}^{cm}, \alpha_{ш}^{cm}, \gamma_{кш}\}, \quad (13)$$

$$X_2 = \{C_{о_2}, \alpha_{о_2}, T_{о_2}^H, T_{о_2}^K\}. \quad (14)$$

Вектор параметров и коэффициентов модели

$$A_M = \{A_1, A_2\}, \quad (15)$$

где A_1 и A_2 – характеристики печи и шихты соответственно.

$$A_1 = \{K, F_{cm}, L, \lambda_{cm}, \delta_{cm}\}, \quad (16)$$

$$A_2 = \{\alpha_{ш}\}. \quad (17)$$

Вектор выходных параметров:

$$Y_M = \{\lambda, C_p, \alpha, \tau\}. \quad (18)$$

Вектором управляющего воздействия данной модели U_M является расход отопительного газа $G_{ог}$.

$$U_M = \{G_{ог}\}. \quad (19)$$

На рисунке 1 представлена последовательность обработки входной информации о пространственном распределении температуры в автоматизированной системе управления коксовой печью с применением модели температурного режима. На основании информации о пространственном распределении температуры по поверхности коксового пирога, математическая модель позволяет определить температуру в его объеме для формирования более точного управляющего воздействия на следующий технологический цикл.

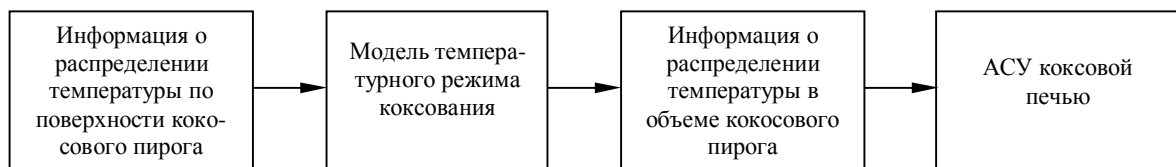


Рисунок 1 – Последовательность обработки информации о температуре коксового пирога

Кроме этого, модель температурного режима коксования может быть использована для прогнозирования хода технологического процесса с целью выявления граничных и аварийных режимов, а так же для обучения персонала, работающего с автоматизированной системой управления коксовой печью.

Таким образом, использование математической модели температурного режима в автоматизированной системе управления коксовой печью позволит уточнить получаемую информацию о пространственном распределении температуры и создать условия для формирования более точного управляющего воздействия на следующий технологический цикл. При этом обеспечивается равномерный прогрев шихты и рациональный расход отопительного газа.

Библиографический список

1. Чистякова Т.Б. Моделирование тепловых свойств кокса: Сб. трудов международной научной конференции [“Математические методы в технике и технологиях”], (Кострома, 11-18 октября 2004 г.)

/Чистякова Т.Б., Бойкова О.Г., Бабина Е.В.; Костромской государственной университет. – К.: КГУ, 2004. – 314 с.

2. *Захожай О.І. Аналіз стану коксової печі засобами комп'ютерного зору: Труды XI Міжнародної науково-практичної конференції [“Сучасні інформаційні та електронні технології-2010”], (Одеса, 24-28 травня 2010р.) / О.І. Захожай, А.С. Шевцова. – Міністерство освіти і науки України, Одеський національний політехнічний університет. – О.: ОНПУ, 2010. – 276 с.*

Рекомендована к печати к.т.н., проф. Пазрандом Ю.Э.