

С.В. ЕНДИЯРОВ,
С.Ю. ПЕТРУШЕНКО

**Исследование влияния
управляющих воздействий на
процесс агломерации железных руд**

УДК 004.89, 519.2, 519.85

ФГБОУ ВПО
«Уральский
государственный
горный университет»,
г. Екатеринбург

В статье рассматривается применение теории чувствительности для исследования влияния управляющих воздействий на объект управления. По результатам исследования получается сделать вывод о наиболее эффективном управляющем воздействии.

Теория чувствительности является важным компонентом арсенала исследовательских методов для анализа качества детерминированных моделей в задачах управления.

Основное содержание теории чувствительности составляют методы и способы получения и использования функций чувствительности, представляющих собой частные производные соответствующих порядков от показателей качества работы (показателей работоспособности) системы по изменяющимся (варьируемым) параметрам.

Рассмотрим применение данной теории к исследованию влияния управляющих воздействий на процесс агломерации железных руд.

Исследуем влияния свойств шихты и расходов компонентов на основность шихты. Для этого используем формулу для расчета балансовой основности аглошихты [1]:

$$M_j = \frac{\sum_{i=1}^K Q_j^i \cdot \left(\frac{1 - W_j^i}{100} \right) \cdot \frac{CaO_j^i}{100}}{\sum_{i=1}^K Q_j^i \cdot \left(\frac{1 - W_j^i}{100} \right) \cdot \frac{SiO_2_j^i}{100}}, \quad (12)$$

где $i = 1, \dots, N$ – порядковый номер компонента шихты (включая все возвратные продукты); Q_j^i – весовые расходы компонентов шихты, т/ч; W_j^i – влажность в i -м компоненте шихты, %; CaO_j^i – содержание CaO в i -м компоненте шихты, %; SiO_{2j}^i – содержание SiO_2 в i -м компоненте шихты, %.

Эта модель позволяет определить влияние расходов и химического состава компонентов шихты на основность.

Для расчета вкладов каждого из компонентов будем использовать коэффициенты чувствительности, которые позволяют оценить влияние изменения отдельных параметров на основность аглошихты. Для этого необходимо найти линейную зависимость между приращениями функции и приращением аргументов x_j [2]:

$$\Delta \bar{y} = f(\Delta x_1, \Delta x_2, \dots, \Delta x_n) \quad (13)$$

С этой целью найдем частные производные по каждому аргументу функции:

$$\frac{\partial f}{\partial x_1}, \frac{\partial f}{\partial x_2}, \dots, \frac{\partial f}{\partial x_n} \quad (14)$$

Тогда полный дифференциал функции y можно записать следующим образом:

$$dy = \frac{\partial f}{\partial x_1} dx_1 + \frac{\partial f}{\partial x_2} dx_2 + \dots + \frac{\partial f}{\partial x_n} dx_n \quad (15)$$

Заменим дифференциал аргументов в полном дифференциале функции конечными их приращениями:

$$\Delta y = \frac{\partial f}{\partial x_1} \Delta x_1 + \frac{\partial f}{\partial x_2} \Delta x_2 + \dots + \frac{\partial f}{\partial x_n} \Delta x_n + \varepsilon \quad (16)$$

где ε – ошибка за счет нелинейности функции преобразования.

Практически вполне можно допустить, что характер функции для аргументов x_j на рабочем интервале не меняется. Из этого следует, что частные производные функции по соответствующим аргументам останутся постоянными:

$$\frac{\partial f}{\partial x_1^t} \approx \frac{\partial f}{\partial x_1^{t-1}} \approx \dots \approx \frac{\partial f}{\partial x_1^{t-k}} \quad (17)$$

Тогда можно записать:

$$\Delta y = \left(\frac{\partial f}{\partial x_1^t} \right) \Delta x_1 + \left(\frac{\partial f}{\partial x_2^t} \right) \Delta x_2 + \dots + \left(\frac{\partial f}{\partial x_n^t} \right) \Delta x_n \quad (18)$$

Применим предложенную методику для расчета коэффициентов чувствительности балансовой основы шихты. Необходимо получить представление вида:

$$\Delta M = \left(\frac{\partial M}{\partial CaO_j^{(1)}} \right) \Delta CaO_j^{(1)} + \left(\frac{\partial M}{\partial SiO_2^{(2)}} \right) \Delta SiO_2^{(2)} + \dots + \left(\frac{\partial M}{\partial Q_j^{(n)}} \right) \Delta Q_j^{(n)} \quad (19)$$

На основании данного представления вклад j компонента может быть выражен следующим образом:

$$\Delta M_j = \left(\frac{\partial M}{\partial CaO_j} \right) \Delta CaO_j + \left(\frac{\partial M}{\partial SiO_2} \right) \Delta SiO_2 + \left(\frac{\partial M}{\partial Q_j} \right) \Delta Q_j \quad (20)$$

Если интерес представляет интегральное значение вклада на конечном интервале $[t_0, t_n]$. Тогда формула (20) примет вид:

$$\int_{t_0}^{t_n} \Delta M_j dt = \left(\frac{\partial M}{\partial CaO_j} \right) \int_{t_0}^{t_n} \Delta CaO_j dt + \left(\frac{\partial M}{\partial SiO_2} \right) \int_{t_0}^{t_n} \Delta SiO_2 dt + \left(\frac{\partial M}{\partial Q_j} \right) \int_{t_0}^{t_n} \Delta Q_j dt \quad (21)$$

Окончательно относительный вклад j компонента можно записать:

$$D_j = \frac{\int_{t_0}^{t_n} \Delta M_j dt}{\sum_{j=1}^k \int_{t_0}^{t_n} \Delta M_j dt} \quad (22)$$

На рисунке 4 представлена форма программы, отображающая основные показатели процесса агломерации, а так же рассчитывающая вклады в основу шихты по предложенному алгоритму.

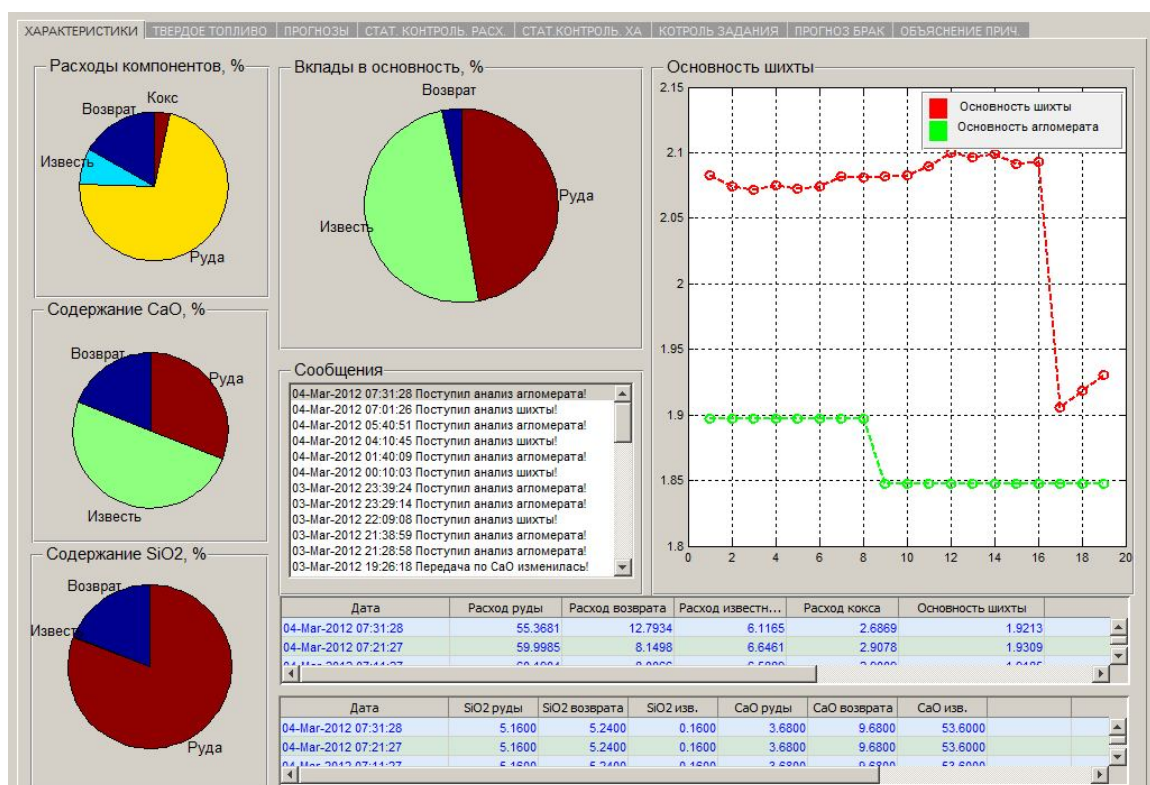


Рис. 4 – Форма программы, отображающая основные показатели процесса

Результаты анализа чувствительности приведены в таблице 1. Из проведенного анализа следует, что наибольшее влияние на основность аглошихты оказывает содержание кремния в руде. Однако, управление процессом может происходить только за счет изменения расходов компонентов. Сравнение коэффициентов чувствительности по расходам позволят сделать вывод, что наиболее значимым является расход флюсов. Из этого следует, что расход флюсов является наиболее эффективным управляющим воздействием на основность аглошихты, а значит и агломерата.

Таблица 1

Результаты анализа коэффициентов чувствительности основности аглошихты

Параметр	Значение
$\frac{\partial M}{\partial CaO}$ возврат	0.0513
$\frac{\partial M}{\partial SiO}$ возврат	0.0931
$\frac{\partial M}{\partial CaO}$ руда	0.1295

$\frac{\partial M}{\partial SiO}$ руда	-0.2353
$\frac{\partial M}{\partial CaO}$ флюсы	0.0159
$\frac{\partial M}{\partial SiO}$ флюсы	0.0288
$\frac{\partial M}{\partial Q}$ возврат	-0.0027
$\frac{\partial M}{\partial Q}$ руда	0.0158
$\frac{\partial M}{\partial Q}$ известняк	0.1475

Таким образом, проведенный анализ показывает, что основным управляющим воздействием для управления процессом спекания является расход твердого топлива, а для управления основностью агломерата расход флюсов.

Литература

1. Зобнин Б. Б., Головырин С.С., Катаев Р.Л. Прогнозирование основности агломерата в условиях ОАО «Северсталь» // Прогрессивные процессы и оборудование металлургического производства. Материалы IV Международной конференции, Череповец, 2003, с. 301-303.

2. Шупов Л.П. Математические модели усреднения. М.: Недра, 1978.-287с.

E-MAIL: ENDEYAROV@OLYMPUS.RU

E-MAIL: VETRODUB@GMAIL.COM