

УДК 621.926:534.16

*Е.В. Кочура, д-р техн. наук, Жамиль Абеделрахим Жамиль Альсаяйде
(Украина, Днепропетровск, Государственный ВУЗ "Национальный горный университет")*

АВТОМАТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ИЗВЛЕЧЕНИЯ И ВЫХОДА МАГНИТНОГО ЖЕЛЕЗА ПО СИГНАЛАМ МАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ СЕПАРАТОРА

Состояние вопроса

Автоматический контроль технологическими переменными процесса обогащения является неотъемлемым условием повышения технико-экономических показателей обогащения железных руд. Важнейшими показателями процесса обогащения железных руд на магнитообогатительных фабриках являются массовая доля железа в руде, хвостах, концентрате, извлечение и выход железа в концентрат. В Национальном горном университете разработаны системы автоматического контроля массовой доли магнитного железа в продуктах обогащения [1, 2] по сигналам магнитной индукции в рабочих зонах магнитного сепаратора. Однако для управления процессами магнитного обогащения необходимо решить задачу автоматического контроля извлечения и выхода магнитного железа по сигналу магнитной индукции магнитного сепаратора.

Цель работы - разработка и экспериментальное исследование метода автоматического контроля извлечения и выхода магнитного железа по сигналам магнитной индукции промышленного магнитного сепаратора.

Основной материал

Функциональная схема макета системы автоматического контроля извлечения и выхода магнитного железа изображена на рис.1. Система реализована на базе промышленного магнитного сепаратора. На рисунке приняты такие обозначения: 1 – барабан сепаратора; 2 – магнитная система сепаратора; 3 – слой концентрата; 4, 5, 6 – чувствительные элементы из висмутосодержащей проволоки; 7 – напорный бак; 8 – гидравлическое успокоительное устройство; 9 – корпус сепаратора; 10 – электродвигатель барабана сепаратора; 11 – полый вал барабана; 12 – микропроцессорный контроллер; 13 – принтер; ω – угловая частота вращения барабана; α, β, ν – массовые доли железа соответственно в исходном питании, концентрате и хвостах; B_1, B_2, B_3 – магнитные индукции соответственно в зонах выделения хвостов, питания сепаратора и в зоне выделения концентрата.

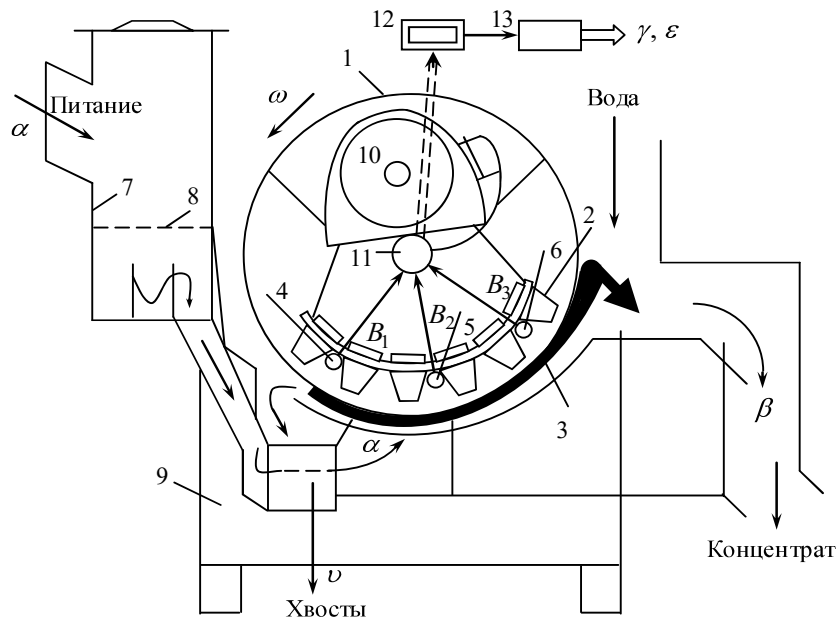


Рис. 1. Функциональная схема макета системы автоматического контроля извлечения и выхода магнитного железа

При подаче рудной пульпы в ванну сепаратора происходит разделение питания на бедные и богатые фракции. Богатые фракции, содержащие частицы магнетита, притягиваются к вращающемуся барабану 1 сепаратора магнитной системой 2 и формируют на барабане слой концентрата 3, который изменяет магнитную индукцию в рабочих зонах сепаратора. В зоне подачи рудной пульпы устанавливается чувствительный элемент 5 в виде линейного магнитного резистора из висмутовой проволоки. При изменении массовой доли железа в руде α изменяются магнитная индукция B_2 и сопротивление висмутовой проволоки, появляется цифровой сигнал, который подается в микропроцессорный контроллер. Аналогично измеряются магнитная индукция B_1 в зоне выделения хвостов, и магнитная индукция B_3 в зоне выделения концентрата, которые согласно расчетам [1, 2] пропорциональны соответственно ν, β . Цифровые коды сигналов магнитной индукции B_1, B_2, B_3 подаются в микропроцессорный контроллер 12, где с помощью подпрограмм рассчитываются массовые доли железа α, β, ν в исходном питании, концентрате и хвостах.

По известным формулам рассчитывают выход магнитного железа γ и извлечение железа в концентрат ϵ :

$$\gamma = \frac{\alpha - \nu}{\beta - \nu} \cdot 100\%; \tag{1}$$

$$\epsilon = \frac{\alpha - \nu}{\beta - \nu} \cdot \frac{\beta}{\alpha} \cdot 100\%. \tag{2}$$

Алгоритм расчета выхода и извлечения магнитного железа представлен на рис. 2. Список идентификаторов: j – индекс номера сепаратора; k – число сепараторов; i – индекс номера измерения; n – число измерений; Δt – период измерений; BR_i, BK_i, BX_i – результаты измерений магнитных индукций соответственно в рабочих зонах подачи руды, выделения концентрата и хвостов; $BR^{(j)}, BK^{(j)}, BX^{(j)}$ – среднеарифметические значения магнитных индукций соответственно в зонах подачи питания, выделения концентрата и хвостов; $G^{(j)}$ – выход магнитного железа в j -м сепараторе; $E^{(j)}$ – извлечение магнитного железа в концентрат j -го сепаратора.

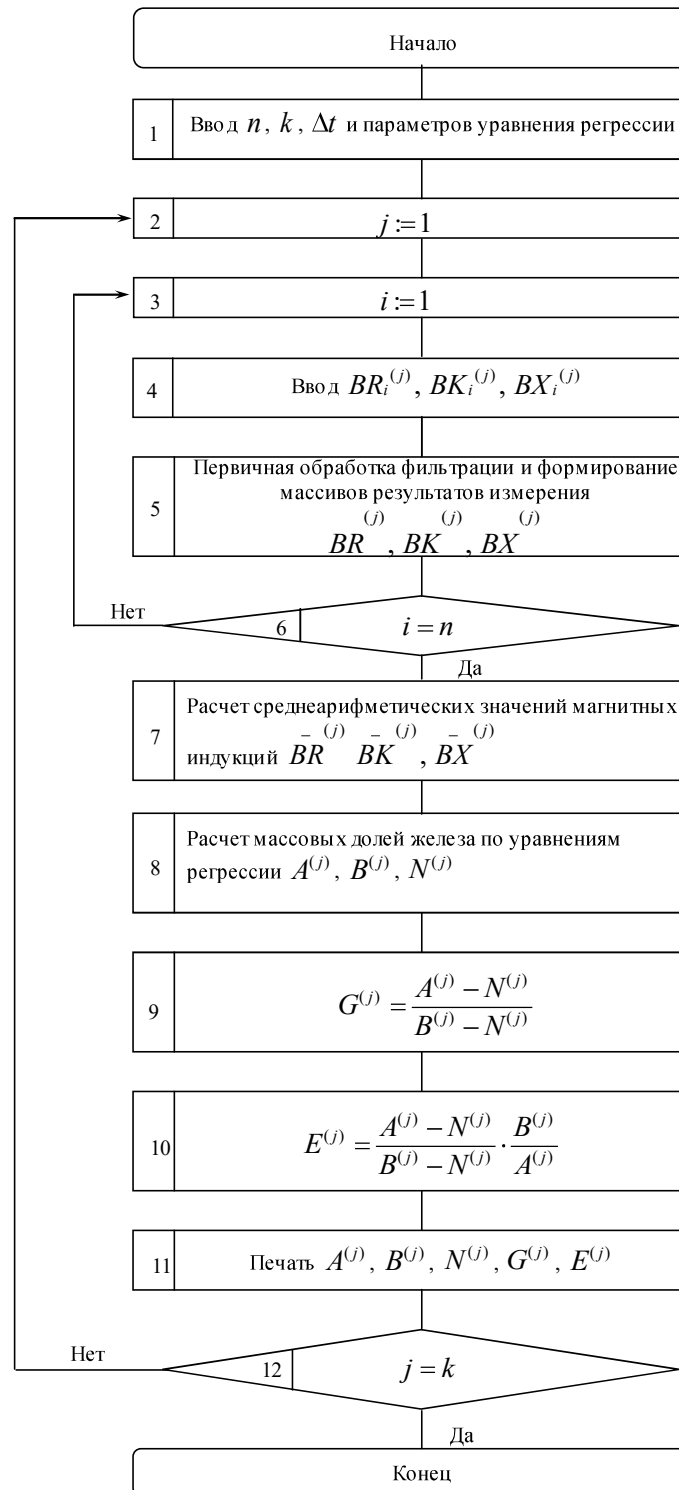


Рис. 2. Схема алгоритма расчета выхода и извлечения железа

Среднеарифметические значения магнитных индукций рассчитываются по следующим формулам:

$$\overline{BR}^{(j)} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n BR_i^{(j)}, \quad (3)$$

$$\overline{BK}^{(j)} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n BK_i^{(j)}, \quad (4)$$

$$\overline{BX}^{(j)} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n BX_i^{(j)}. \quad (5)$$

Расчет массовых долей железа в питании $A^{(j)}$, концентрате $B^{(j)}$ и хвостах $N^{(j)}$ магнитного j -го сепаратора производится по уравнениям регрессии [1, 2]:

$$A^{(j)} = a_{0j} + a_{1j} \overline{BR}^{(j)}; \quad (6)$$

$$B^{(j)} = b_{0j} + b_{1j} \overline{BK}^{(j)}; \quad (7)$$

$$N^{(j)} = n_{0j} + n_{1j} \overline{BX}^{(j)}, \quad (8)$$

где a_{0j} , a_{1j} , b_{0j} , b_{1j} , n_{0j} , n_{1j} – коэффициенты уравнения регрессии, определяемые методом наименьших квадратов по результатам экспериментальных данных (1) и (2).

Для проверки выхода и извлечения магнитного железа в концентрат по сигналам магнитной индукции были проведены экспериментальные исследования в условиях секции фабрики обогащения №3 Лебединского ГОКа. В течение 22 рабочих смен регистрировались показания датчиков магнитной индукции в рабочих зонах магнитного сепаратора первой стадии обогащения типа ПБМ-ПП 1200/300, и отбирались технологические пробы питания сепаратора, концентрата и хвостов. Отобранные пробы анализировались в центральной заводской лаборатории (ЦЗЛ) методом химического анализа на массовую долю железа в питании, концентрате и хвостах магнитного сепаратора. По результатам химического анализа рассчитывались выход концентрата γ % и извлечение магнитного железа в концентрат. Одновременно по формулам (9) и (10) алгоритма (рис. 2) рассчитывались значения выхода $\Delta\gamma = G$ и извлечения $\Delta\varepsilon = E$. Результаты математической обработки результатов эксперимента представлены в виде графиков на рис. 3, 4.

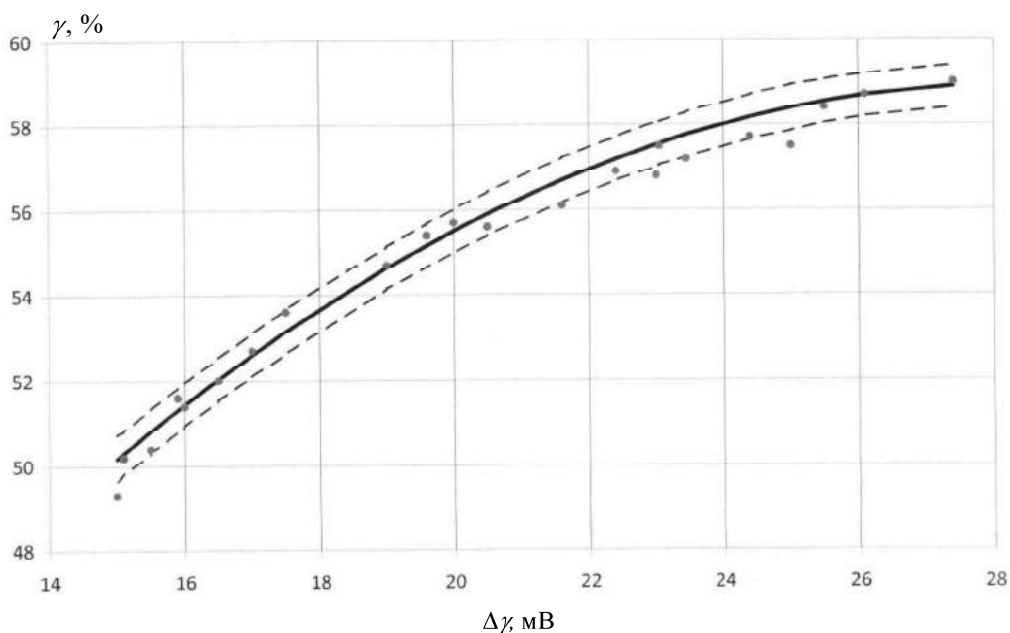


Рис. 3. Статистическая характеристика системы автоматического контроля выхода магнитного железа

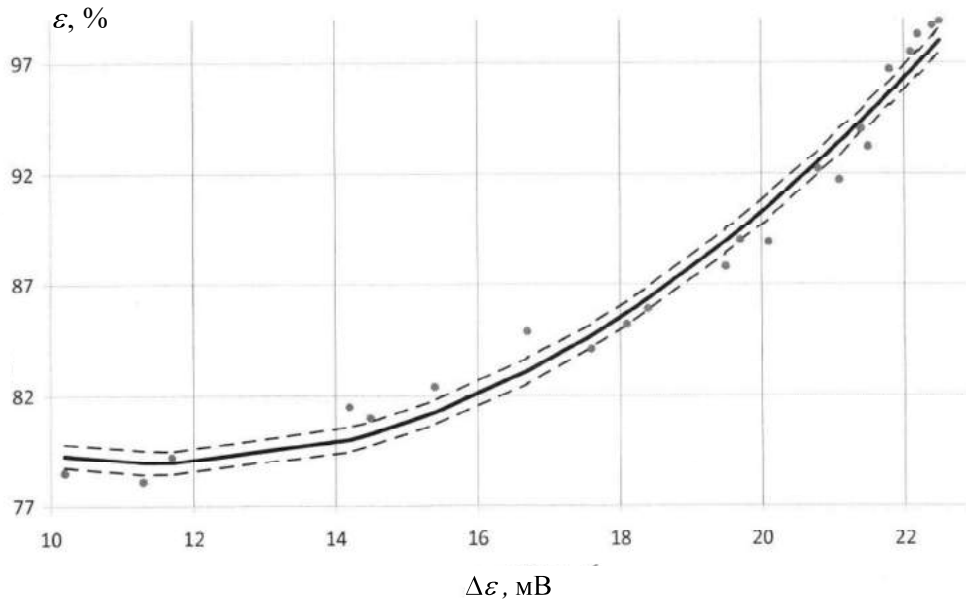


Рис. 4. Статистическая характеристика системы автоматического контроля извлечения магнитного железа

Были получены следующие уравнения регрессии:

$$\gamma = -0,049(\Delta\gamma)^2 + 2,78\Delta\gamma + 19,51, \quad (9)$$

$$\varepsilon = 0,161(\Delta\varepsilon)^2 - 3,742\Delta\varepsilon + 100,7, \quad (10)$$

которые являются уравнениями статических характеристик соответственно системы автоматического контроля выхода и извлечения магнитного железа в концентрат.

Точность системы автоматического контроля выхода магнитного железа в концентрат определяется как

$$T_\gamma = \frac{\delta_\gamma}{\gamma_{max} - \gamma_{min}} \cdot 100\% = \frac{0,421}{59 - 49} \cdot 100\% = 4,21\%, \quad (11)$$

где δ_γ – доверительный интервал уравнения регрессии (9); γ_{max} и γ_{min} – соответственно максимальное и минимальное значения выхода, а точность системы автоматического контроля извлечения магнитного железа в концентрат -

$$T_\varepsilon = \frac{\delta_\varepsilon}{\varepsilon_{max} - \varepsilon_{min}} \cdot 100\% = \frac{0,833}{99 - 79} \cdot 100\% = 4,17\%, \quad (12)$$

где δ_ε – доверительный интервал уравнения регрессии (10); ε_{max} и ε_{min} – соответственно максимальное и минимальное значения извлечения.

Выводы

По сигналам магнитной индукции, измеренной в рабочих зонах подачи питания, выделения концентрата и хвостов, можно рассчитать извлечение и выход магнитного железа в концентрат с точностью менее 5% о.е.

Список литературы

1. Кочура, Е.В. Метод автоматического контроля массовой доли железа в концентрате магнитного сепаратора [Текст] / Е.В. Кочура, Ислам Абдельхамид Юсеф Аль Бостанжи // Науковий вісник НГУ. – 2005. – №10. – С. 86-89.
2. Убай Юсеф Саламах Аль Мададха. Автоматический контроль массовой доли железа в хвостах магнитного сепаратора [Текст]/ Убай Юсеф Саламах Аль Мададха // Науковий вісник НГУ. – 2009. – №1. – С. 66-68.