

**Гуараб Мохаммед, Е.В. Кочура, д-р техн. наук**  
(Украина, Днепрпетровск, Национальный горный университет)

## КОРРЕЛЯЦИОННАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ ПРОЦЕССА СУХОЙ МАГНИТНОЙ СЕПАРАЦИИ

Актуальность вопроса. Магнитные сепараторы сухой магнитной сепарации, как правило, работают с постоянной производительностью, которая задается технологами-операторами исходя из опыта их работы, а так же зависит от вида перерабатываемой руды. Вид руды определяется на рудоиспытательной станции по мере необходимости, обычно один раз в сутки. Магнитные сепараторы сухого обогащения железных руд работают в стесненных условиях с многослойной рабочей зоной. Скорость расслоения руды в рабочей зоне определяется ее свойствами. Отсутствие автоматического контроля и управления процессом расслоения руды на бедные и богатые фракции приводит к снижению технико-экономических показателей обогащения. Поэтому разработка системы автоматического управления процессом сухой магнитной сепарации является актуальной задачей.

Постановка задачи. На рис. 1 представлены графики изменения сепарационной характеристики магнитного сепаратора при стесненных условиях работы [1].

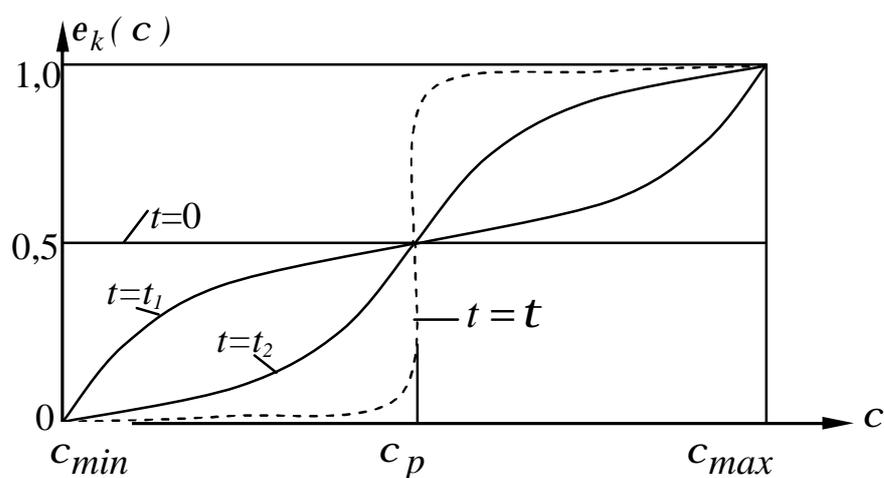


Рис.1. Изменение сепарационной характеристики магнитной сепарации  $e_k(c)$  с течением времени

Обозначения на рис. 1 следующие:

$\chi$  – магнитная восприимчивость обогащаемой руды;  $e_k(c)$  – извлечение железа в концентрат;  $t$  – время сепарации, т. е. время расслоения руды на бедные и богатые фракции;  $\chi_p$  – магнитная восприимчивость разделения;  $\chi_{min}$  и  $\chi_{max}$

– диапазон изменения магнитной восприимчивости;  $\tau$  – время окончания процесса расслоения.

Из рисунка видно, как деформируется характеристика магнитного сепаратора по мере расслоения руды в рабочей зоне. При поступлении руды характеристика  $\varepsilon_k(\chi)$  при  $t=0$  имеет вид горизонтальной линии, далее при  $t=t_1$ ,  $t=t_2$  она деформируется и к моменту окончания расслоения при  $t=\tau$  принимает вид пунктирной линии.

Необходимо автоматически определять и устанавливать такую производительность по исходной руде магнитного сепаратора сухого обогащения, которая обеспечила бы полное расслоение материала в рабочей зоне при времени сепарации  $t=\tau$ .

Цель работы. Научное обоснование методов и системы автоматического управления производительностью магнитного сепаратора по исходной руде, обеспечивающих полное расслоение руды на бедные и богатые фракции.

Главным в поставленной задаче является измерение времени окончания процесса расслоения материала в рабочей зоне. Для решения этой задачи предлагается использовать взаимокорреляционную функцию случайных процессов технологических переменных на входе и выходе объекта управления, которым в данном случае является магнитный сепаратор. Технологически контролируемые переменными на входе и выходе сухого магнитного сепаратора будут массовые доли магнитного железа на входе и выходе магнитного сепаратора, которые измеряются по величине магнитной индукции в рабочих зонах с помощью линейного резистора из висмутосодержащей проволоки [2].

На рис. 2 представлены взаимокорреляционные функции случайных процессов на входе и выходе магнитного сепаратора для руд видов  $A$  и  $B$ .

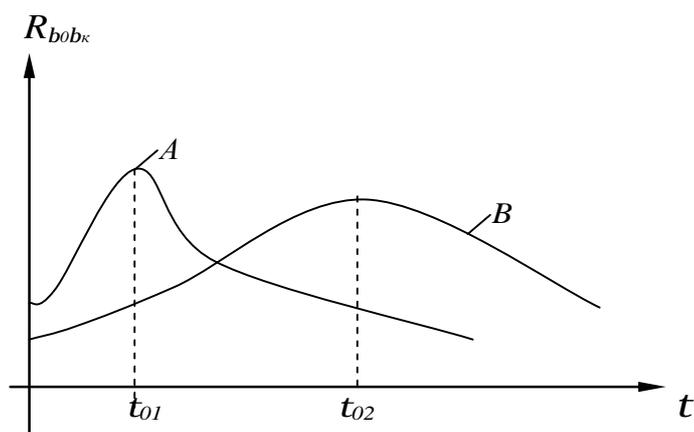


Рис. 2. Графики взаимокорреляционных функций между массовыми долями железа на входе и выходе процесса магнитной сепарации при различных свойствах руды

Максимумам взаимокорреляционных функций соответствуют эквивалентные запаздывания  $t_{01}$  и  $t_{02}$ , соответствующие времени окончания процесса расслоения в рабочей зоне магнитного сепаратора. Время процесса обо-

гашения  $i = \frac{M}{Q}$ , где  $M$  – масса руды в рабочей зоне сепаратора;  $Q$  – производительность сепаратора по обогащаемой руде.

Масса  $M$  для многослойного обогащения руды в стесненных условиях является постоянной и определяется объемом рабочей зоны и плотностью руды, которую также можно считать постоянной [1]. Поэтому, зная эквивалентное запаздывание магнитного сепаратора  $t_0$ , можно определить оптимальную производительность сепаратора по перерабатываемой руде:

$$Q_0 = \frac{M}{\tau_0}. \quad (1)$$

Производительность  $Q_0$  является заданием системе регулирования загрузки сепаратора исходной рудой. Функциональная схема корреляционной системы управления производительностью процесса стесненной сухой магнитной сепарации представлена на рис. 3.

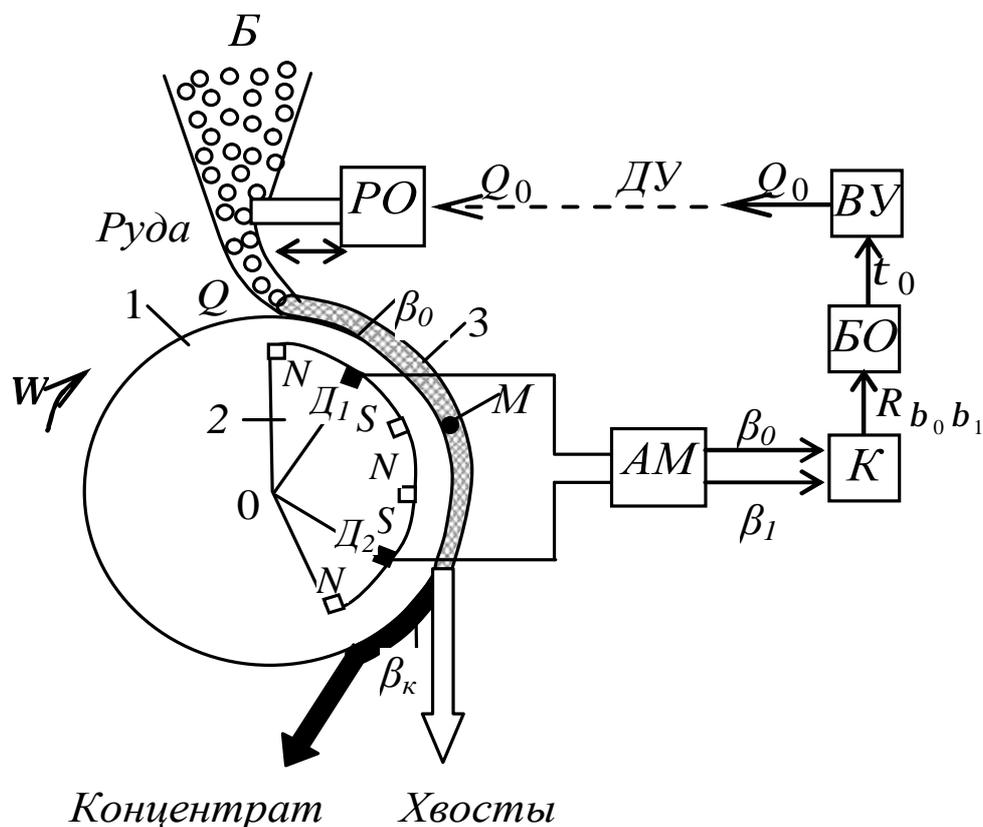


Рис. 3. Функциональная схема системы управления

Обозначения на рис. 3 следующие: 1– барабан магнитного сепаратора; 2– магнитная система сепаратора; 3– рабочая зона сепаратора;  $B$  – бункер с рудой;  $\omega$  – угловая частота вращения барабана сепаратора;  $M$  – масса руды в рабочей зоне сепаратора;  $\beta_0, \beta_k$  – массовые доли железа в руде и концентрате соответ-

ственно;  $N, S$  – полюса магнитной системы сепаратора;  $Q$  – производительность по исходной руде;  $D_1, D_2$  – магнитные резисторы;  $AM$  – автоматический двухточечный мост постоянного тока;  $K$  – коррелятор;  $R_{b_0 b_1}$  – взаимокорреляционная функция между массовыми долями железа на входе и выходе сепаратора;  $BO$  – блок оптимизации;  $VU$  – вычислительное устройство;  $Q_0$  – задание по производительности;  $PO$  – регулирующий орган;  $ДУ$  – режим дистанционного управления.

Руда из бункера  $B$  через регулирующий орган  $PO$  с производительностью  $Q$  поступает в рабочую зону сепаратора 3, где происходит процесс расслоения в соответствии с сепарационной характеристикой 1. Сигналы датчиков  $D1, D2$ , выполненных в виде магнитных проволочных линейных резисторов [2], массовой доли железа  $v_0, v_1$  на входе и выходе магнитного сепаратора измеряются автоматическим мостом постоянного тока  $AM$  и поступают на вход коррелятора  $K$ , который рассчитывает взаимокорреляционную функцию случайных процессов  $b_0(t)$  и  $b_1(t)$  по формуле

$$R_{b_0 b_1}(m) = \frac{1}{(N-m) \cdot D_{b_0} \cdot D_{b_1}} \cdot \sum_{n=1}^{N-m} \overset{o}{b}_0(n) \cdot \overset{o}{b}_1 \cdot (n-m), \quad (2)$$

где  $\overset{o}{b}_0(n)$  – центрированное значение массовой доли железа в исходной руде;  $\overset{o}{b}_1(n)$  – центрированное значение массовой доли железа в концентрате;  $N$  – число интервалов квантования случайного процесса;  $m = 0, 1, 2, 3 \dots$ ;  $D_{b_0}$  – дисперсия случайной величины  $b_0$ ;  $D_{b_1}$  – дисперсия случайной величины  $b_1$ .

В блоке оптимизации, например, методом поиска максимального элемента в массиве значений  $R_{b_0 b_1}(m)$  находят максимальное значение взаимокорреляционной функции и соответствующее ей время эквивалентного запаздывания  $t_0$  в соответствии с рис. 2. По формуле (1) вычислительное устройство  $VU$  рассчитывает рекомендуемое значение  $Q_0$  для технолога-оператора, который с помощью дистанционного управления  $ДУ$  устанавливает соответственно положение регулирующего органа  $PO$ . Вместо дистанционного автоматизированного управления можно использовать автоматическое управление производительностью. Вследствие тяжелых условий производства, забивки течек в результате попадания посторонних предметов, состояние регулирующих органов и бункеров предпочтение отдают рассмотренному варианту автоматизированного управления. Перспективы дальнейших работ заключаются в разработке технического и программного обеспечения системы, в исследовании ее поведения на имитационной модели и в промышленных условиях.

## **Выводы**

Время протекания процесса магнитной сепарации можно определить по времени эквивалентного запаздывания процесса, соответствующего максимальному значению взаимокорреляционной функции между массовой долей железа в исходной руде на входе магнитного сепаратора и массовой долей железа в концентрате в конце рабочей зоны на выходе магнитного сепаратора.

Оптимальная производительность сепаратора по перерабатываемой руде обратно пропорциональна времени расслоения обогащаемой руды на бедные и богатые фракции при стесненном многослойном режиме обогащения.

Корреляционная система автоматического управления производительностью процесса сухой магнитной сепарации позволяет рассчитать оптимальную производительность по обогащаемой руде, соответствующую максимальной эффективности разделения, и принять решение относительно производительности технологического процесса.

## **Список литературы**

1. Тихонов О. Н. Введение в динамику массопереноса процессов обогатительной технологии. - Л.: Надра, 1973. – 240 с.
2. Кочура Е. В., Ислам Абдельхамид Юсеф Аль Бастонжи. Метод автоматического контроля массовой доли железа в концентрате магнитного сепаратора//Наук. вісн. НГУ. – 2005. - №10. – С. 86-89.