

МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Технологическая линия обогащения полезного ископаемого представляет собой инерционный объект и есть фильтр высоких частот показателей качества, которые существуют во входном потоке руды. Это отрицательно сказывается на абсолютных значениях показателей качества концентрата, т.е. уменьшает их значение, что повышает расход ресурсов на достижение требуемых значений.

Исследования обогатительных технологий проводились в условиях, близких к статическому состоянию. Системы управления создавались для отдельных аппаратов или отдельных блоков. С помощью корреляционных функций можно было только определить периоды времени достоверного опробования [1]. Таким образом, технология обогащения полезных ископаемых как единый динамический объект исследованию не подвергалась.

В настоящее время появились научные разработки, которые позволяют на основании параметров отдельных аппаратов получать характеристики технологической линии в целом [2]. Рассмотрим технологию обогащения железных руд. Она строится по принципу последовательного расположения блоков измельчения и разделения. Допустим, таких блоков три, и они идентичны. Отдельный блок, схема которого изображена на рис.1, включает подготовку сырья с помощью замкнутого цикла измельчения с классификатором и блок магнитных сепараторов.

Для разделительных процессов наиболее удобной математической характеристикой оказалась сепарационная $P(\alpha)$, которая отражает вероятность перехода узких фракций исходного продукта в обогащенный [3] и экспериментально определяется как отношение содержания фиксированной фракции на выходе аппарата к его входу. Для описания измельчения авторами предложена характеристика $A(\alpha)$, которая отражает также отношение содержаний узких фракций на входе и выходе измельчения. Такое описание удобно при анализе цепочечных схем, к которым можно отнести и схему обогатительного процесса. Таким образом, располагая характеристиками классификации $P_2(\alpha)$, сепарации $P_3(\alpha)$, и измельчительной $A(\alpha)$, уже можно определить показатели обогащенного продукта, если известны показатели руды. Здесь еще необходимо согласование измельчения и сепарации с помощью модели раскрытия $R(\alpha, d)$. В результате характеристика блока будет выглядеть так:

$$P_B(d, \alpha) = \frac{A_1(d)P_2(d)}{1 - A_1(d)(1 - P_2(d))} R(d, \alpha)P_3(\alpha) \cdot \tag{1}$$

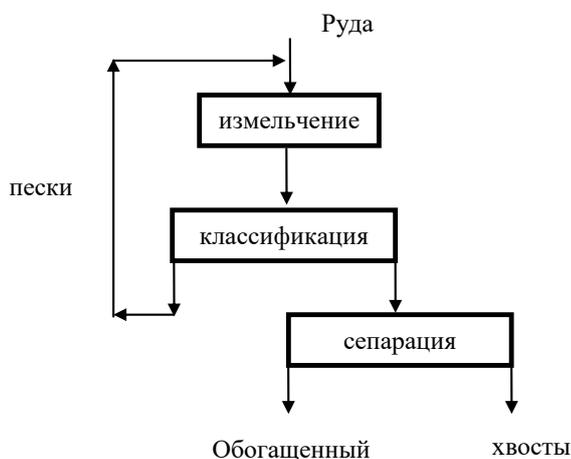


Рис. 1. Схема технологического блока обогащения руды

Эта формула отражает статическое преобразование руды заданного гранулометрического состава d и с заданным содержанием ценного компонента α .

Наиболее простой динамической функцией объекта является передаточная функция [4] $W(p)$, которая отражает отношение выходного и входного показателей в переходном процессе, т.е. аналогично сепарационным характеристикам в статике. На этом основании и в соответствии с законами преобразования показателей руды в показатели концентрата, вместо статических функций в выражение (1) можно подставить динамические и получить передаточную функцию технологического блока

$$W_B(p) = \frac{W_1(p)W_2(p)W_3(p)}{1 - W_1(p)W_2^1(p)} K_1 K_2 K_3 K_4, \quad (2)$$

где W_2^1 – передаточная функция по каналу вход классификатора – пески; $K_1 \dots K_4$ – статические коэффициенты передачи (выход продукта или β/α_{II} , или раскрытие, или отношение $d_{вых}/d_{вх}$).

Поскольку в данном случае нас интересуют только динамические параметры, то произведение всех коэффициентов примем равным единице.

Объекты обогатительной технологии обычно одноемкостные, и поэтому могут быть представлены апериодическими звеньями первого порядка $W(p) = \frac{1}{Tp + 1}$, а постоянные

времени T зависят от производительности Q и объема аппарата V , т.е. $T = V/Q$.

В результате выражение (2) после тождественных преобразований принимает вид:

$$W(p) = \frac{(T_1 p + 1)(T_2 p + 1)}{((T_1 p + 1)(T_2 p + 1) - 1)(T_1 p + 1)(T_2 p + 1)(T_3 p + 1)}. \quad (3)$$

Индексы в выражении (3) соответствуют таким аппаратам: 1 – мельница, 2 – классификатор, 3 – сепаратор.

Дальнейшие действия с этой функцией всесторонне рассмотрены в теории управления и заключаются в исследовании вида переходной функции и частотной характеристики.

Предположим интерес представляет влияние изменчивости качественных показателей входного потока руды на абсолютное значение качества концентрата. С этой целью необходимо выполнить перемножение в числителе и знаменателе и привести подобные члены. Получим дробнорациональную функцию

$$W(p) = \frac{b_1 p^2 + b_2 p + 1}{a_1 p^5 + a_2 p^4 + a_3 p^3 + a_4 p^2 + a_5 p + 1}. \quad (4)$$

В эту функцию вместо комплексного аргумента p подставляем мнимый оператор $j\omega$ (ω – частота) и получаем частотную характеристику объекта выполнив возведение в степень и приводя подобные члены, получим комплексные числа в числителе и знаменателе. Далее, умножая числитель и знаменатель на комплексное число, сопряженное знаменателю получим новое комплексное число вида:

$$W(j\omega) = \frac{A(\omega)}{C(\omega)} + j \frac{B(\omega)}{C(\omega)} = A^{(1)}(\omega) + jB^{(1)}(\omega), \quad (5)$$

в котором составляющие будут представлять алгебраические дроби. В конце концов получаем величину $A_1(\omega) = \sqrt{A^{(1)2}(\omega) + B^{(1)2}(\omega)}$, которая есть амплитудная частотная характеристика объекта, отражающая, в случае рассмотрения технологии обогащения полезного ископаемого, изменение качественных показателей концентрата от изменчивости показателей входного потока руды.

Обычно с увеличением ω величина $A_1(\omega)$ уменьшается и при $\omega \rightarrow \infty$, $A_1(\omega) \rightarrow 0$. Таким образом, если показатель качества руда на входе технологии изменяется с некоторой частотой ω , то это уменьшает возможное значение качества концентрата. Когда технологический блок производительностью 100 т/ч состоит измельницы $3 \times 3,5$, м двухспирального классификатора и сепаратора ПБМ, то частота 3 ч^{-1} начинает существенно влиять на содержание ценного компонента в обогащенном продукте.

Список литературы

1. Марюта А.Н. Автоматическая оптимизация обогатительных процессов на магнитообогатительных фабриках. – М.: Недра, 1976. – 376 с.
2. Кармазин В.В., Младецкий И.К., Пилов П.И. Технологические расчеты показателей обогащения полезных ископаемых. – М.: Изд-во Моск. гос. горн. ун-та, 2005. – 225 с.
3. Пилов П.И. Особенности мокрой магнитной сепарации флокулирующих материалов. // Горн. информ.-аналит. бюл. – 1995. – Вып.6. – С. 62-63.
4. Иванов А.А. Теория автоматического управления и регулирования. – М.: Недра, 1970. – 476 с.