

УДК 622.7

И.К. МЛАДЕЦКИЙ, д-р техн. наук, **Я.Г. КУВАЕВ**

(Украина, Днепр, Государственное ВУЗ "Национальный горный университет")

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ИЗМЕНЕНИЯ ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ПРИЗНАКОВ РУД ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПРОБОВАНИЙ

Значения показателей обогатительных признаков планируются добычным предприятием и на обогатительную фабрику, по крайней мере в течение смены, поступает сырье с известными обогатительными признаками. Однако, полезное ископаемое подается в аккумулирующий бункер и момент изменения этих признаков неизвестен заранее. Вместе с тем, это очень важная информация и ее необходимо знать, чтобы снизить потери на управление технологическим процессом.

Идентификация изменения твердости полезного ископаемого. Возмущение в виде изменения свойств руды проявляется путем изменения песковой нагрузки в первой стадии измельчения. Если твердость увеличивается, то крупность помола увеличивается и большее количество измельченного материала уходит в пески. Нагрузка на мельницу возрастает, следовательно, расход твердого на входе мельницы возрастает и это еще больше увеличивает крупность помола. Но поскольку крупность песков значительно меньше крупности исходной руды, то средняя крупность исходного рудопотока снижается, что способствует уменьшению крупности помола. Таким образом. При изменении твердости руды одновременно действуют два противоречивых фактора: один направлен на увеличение количества песков, а второй на снижении их количества. В результате переходной процесс устойчивый и устанавливается новое значение песковой нагрузки.

Песковая нагрузка в первой стадии измельчения составляет 200 – 300% от производительности по исходной руде. Т.е. это очень мощная нагрузка. И расход электроэнергии на ее транспортировку значительный. Таким образом, привод спиралей классификатора фиксирует изменение количества песков принимая новые средние значения потребляемой мощности, следовательно, среднее значение электропотребления приводом классификатора соответствует некоторому значению песковой нагрузки. Измеряя среднее значение потребляемой мощности приводом классификатора можно судить о количестве песков.

Однако среднее значение количества песков не фиксирует момента появления возмущения и поэтому не позволяет судить о нем. Необходимо иметь параметр, который бы фиксировал изменения песков во времени. Поскольку процесс энергопотребления является случайным, то корреляционные функции отражают динамику процесса изменения свойств руды. Проведем оценку возможности такого фиксирования появления возмущения.

Известно, что для стационарного и эргодического процесса корреляционная функция не зависит от момента ее отсчета:

Підготовчі процеси збагачення

$$K_{XX}(t_i - \tau) = K_{XX}(t_n - \tau).$$

Поэтому, если постоянно вести расчет корреляционных функций и выполнять ее интегрирование за некоторый промежуток времени T , то в стационарном режиме будем всегда иметь некоторое постоянное число близкое к нулю или слабо положительное

$$\int_0^T K_{XX}(\tau) d\tau = C.$$

Если же в некоторый момент времени происходит изменение среднего значения песковой нагрузки, т.е. изменяется энергопотребление, то процесс энергопотребления становится неэргодическим и корреляционная функция будет стремиться не к 0, а некоторому числу C_0 , которое соответствует амплитуде скачка энергопотребления. При этом интеграл от корреляционной функции примет большее по абсолютной величине значение, чем в стационарном режиме. Таким образом будет зафиксировано время и амплитуда возмущения.

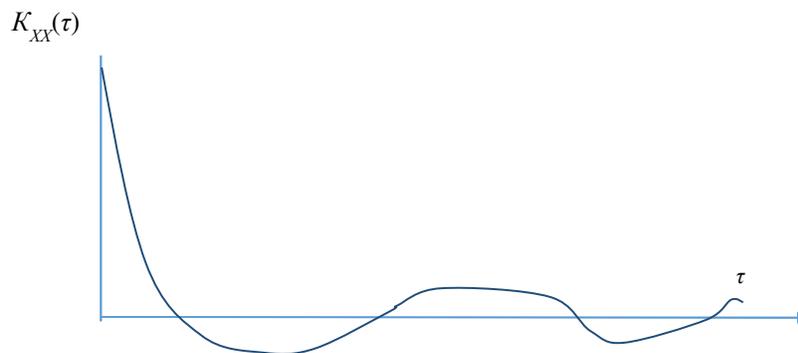


Рис. 1. Корреляционная функция для стационарного и эргодического процесса

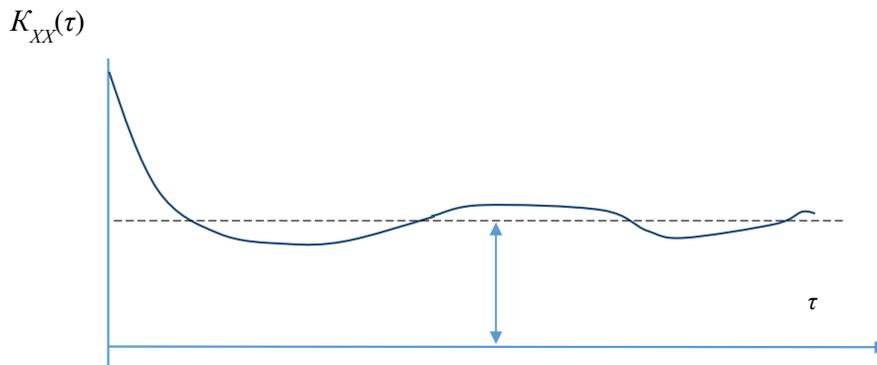


Рис. 2. Корреляционная функция для неэргодических процессов

Абсолютное значение параметра C_0 необходимо запоминать и положительное приращение C_0 соответствует увеличению количества песков, т.е. твердости руды. Отрицательное приращение – улучшению измельчаемости руды (уменьшение твердости).

После окончания переходного процесса снова восстанавливаются условия стационарности.

Индикация изменения вкрапления. Рассмотрим эту задачу путем анализа раскрытия ценного минерала и сепарации его. Для чего примем к рассмотрению разделительный аппарат с сепарационной характеристикой, соответствующей наилучшему разделению и будем изменять степень раскрытия рудного минерала (рис. 3). Рассмотрим каким образом влияет раскрытие на эффективность сепарации путем математического моделирования на основе сепарационных характеристик и функций распределения сростков в исходном питании [1].

Расчетные показатели приведем в табл. 1

Таблица 1

ценного минерала α	Содержание		Сепарационная характеристика P	Умножение элементов соответствующих столбцов					
	фракции 1 ΔF_1	фракции 2 ΔF_2		1*2	1*3	2*4	3*4	1*7	1*8
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0,2	0,05	0	0	0	0	0	0	0
0,125	0,28	0,38	0,09	0,035	0,0238	0,025	0,034	0,004	0,004
0,375	0,18	0,26	0,45	0,068	0,098	0,081	0,117	0,044	0,042
0,625	0,07	0,13	0,85	0,044	0,081	0,06	0,111	0,069	0,043
0,875	0,07	0,13	0,96	0,061	0,114	0,067	0,125	0,199	0,067
1	0,2	0,05	1	0,2	0,05	0,2	0,05	0,05	0,12
				0,408	0,391	0,433	0,437	0,276	0,276
				Σ_1	Σ_2	Σ_3	Σ_4	Σ_5	Σ_6

$$\gamma_1 = \Sigma_3; \gamma_2 = \Sigma_4; \beta_1 = \frac{\Sigma_5}{\Sigma_3}; \beta_2 = \frac{\Sigma_6}{\Sigma_4}; \alpha_{И1} = 0,408; \alpha_{И2} = 0,391.$$

$$\gamma_1 = 0,433; \gamma_2 = 0,437; \beta_1 = 0,761; \beta_2 = 0,633.$$

Значения критерия Ханкокка-Луйкена следующие:

$$E_1 = \frac{0,433(0,761 - 0,408)}{(1 - 0,408)0,408} = 0,637; E_2 = \frac{0,437(0,633 - 0,391)}{(1 - 0,391)0,391} = 0,446.$$

Вывод. При снижении показателей раскрытия снижается эффективность разделения.

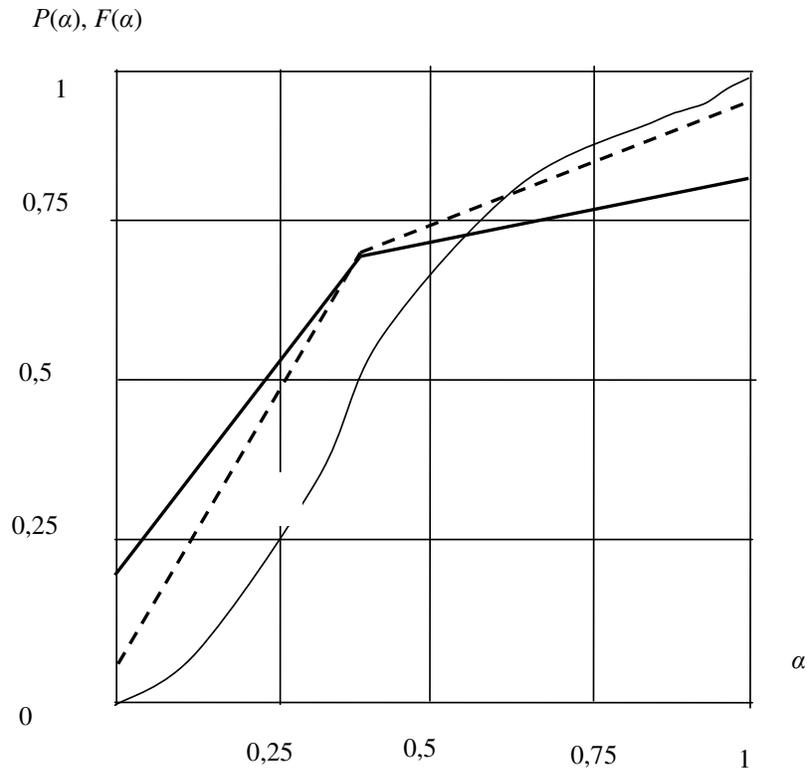


Рис. 3. Сепарационная характеристика (2) и функции распределения сродков (1)

Определим направление изменения показателей качества разделения, когда изменяется раскрытие ценного минерала.

Воспользуемся вышеприведенными данными и дополним расчеты определением потерь ценного минерала в обедненном продукте. Расчеты сведем в табл. 2.

Таблица 2

Расчетные данные по задаче 4

α	ΔF_1	ΔF_2	P	$1-P$	2*5	3*5	1*5	1*7
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0,2	0,05	0	1	0,2	0,05	0	0
0,125	0,28	0,38	0,09	0,91	0,255	0,346	0,032	0,043
0,375	0,18	0,26	0,45	0,55	0,099	0,143	0,037	0,054
0,625	0,07	0,13	0,85	0,15	0,011	0,02	0,007	0,012
0,875	0,07	0,13	0,96	0,04	0,003	0,005	0,002	0,005
1	0,2	0,05	1	0	0,0	0,0	0,0	0,0
					0,567	0,564	0,078	0,114

Потери ценного компонента в хвостах составят

$$v_1 = 0,138; \quad v_2 = 0,202.$$

Вывод: снижение показателей раскрытия увеличивает потери ценного компонента в хвостах.

Общий вывод: изменение раскрытия при неизменных параметрах разделения приводит к разнонаправленному изменению показателей качества концентрата и хвостов. Таким образом, в одном приеме сепарации при изменении раскрытия ценного минерала возможно одновременное увеличение качества концентрата и снижение потерь ценного минерала в хвостах, и наоборот.

Таким образом, если производить оценку корреляции между потерями в хвостах и качеством обогащенного продукта в первой стадии сепарации, то отрицательная корреляция укажет на то, что произошло изменение вкрапленности ценного минерала в исходной руде.

Итак, как следует из результатов расчетов, уменьшение вкрапления приводит к разнонаправленному изменению выходных показателей разделения:

– потери ценного минерала увеличиваются, а качество обогащенного продукта снижается; т.е. наблюдается отрицательная корреляция между выходными показателями разделения.

Таким образом, если вести наблюдения за показателями разделения, то будем иметь две последовательности чисел: β_i , v_i . Осредняя их за некоторый интервал времени, который сглаживает высокочастотные составляющие и выделяет неслучайную составляющую можно во времени определять коэффициент корреляции между ними:

$$K_{\beta v}(t) = \frac{1}{T} \sum (\beta_i - \bar{\beta})(v_i - \bar{v}).$$

В установившемся режиме технологии коэффициент корреляции будет нулевой.

Если знак коэффициента корреляции становится отличным от нуля и положительный, то произошло изменение раскрытия ценного минерала за счет изменения режимных параметров аппаратов и изменилась крупность частиц в сливе классификатора; или изменилось среднее содержание ценного минерала в исходном продукте; или изменилась измельчаемость исходной руды. Таким образом, положительная корреляция не дает однозначного ответа что повлияло на результаты отклонения качества продуктов разделения.

Если знак коэффициента корреляции становится отрицательным, то это однозначно указывает на то, что произошло изменение вкрапленности:

– если вкрапление увеличилось, то качество концентрата увеличится, а потери снизятся;

– если вкрапление снизится, то качество концентрата снизится, а потери возрастут.

В обоих случаях коэффициент корреляции станет отрицательным.

Таким образом, появление отрицательной корреляции между изменением содержания ценного минерала в обогащенном и обедненном продукте
Збагачення корисних копалин, 2016. – Вип. 63(104)

тах однозначно указує на відхилення вкрапленості. Якщо при цьому якість концентрату зростає, то вкрапленість збільшилася; якщо якість концентрату знизиться, то вкраплення зменшилося.

Таким чином, фіксувати момент зміни ознаки багатоступінчастості можливо з допомогою кореляційних показників, але результат його зміни можливо оцінити тільки після перехідного процесу в технологічній лінії.

З допомогою математичного моделювання роботи ТЛО можливо визначити тривалість перехідного процесу, але це завжди супроводжується невизначеною невизначеністю. Необхідно надійно оцінювати момент закінчення перехідного процесу.

Як уже відзначалося, перехідний процес характеризується кореляційною функцією переходом від одного ергодичного стану до іншого. Проміжним станом є неергодичний процес. Таким чином, якщо постійно вести розрахунок кореляційних функцій і виконувати її інтегрування за деяким проміжком часу T (див. вище), то в стаціонарному режимі будемо завжди мати деяке постійне число близьке до нуля або слабо позитивне

$$\int_0^T K_{xx}(\tau) d\tau = C.$$

Якщо ж в деякий момент часу відбувається зміна середнього значення якості концентрату, то процес зміни кореляційної функції для якості концентрату буде намагатися не до нуля, а до деякого числа, яке відповідає амплітуді стрибка зміни якості концентрату. При цьому інтеграл від кореляційної функції прийме більше по абсолютній величині значення, ніж в стаціонарному режимі. Таким чином, буде зафіксовано час закінчення перехідного процесу (від моменту стрибка кореляційної функції до стрибка кореляційної функції якості концентрату) і амплітуда зміни якості.

Ідентифікація зміни вмісту цінного мінералу. Хоча твердість магнетиту і вмещаючої породи суттєво відрізняються і збільшення вмісту магнетиту зменшує твердість руди, тобто покращується дроблюваність, але в межах змінних, добових, або навіть щоденних змін це вплив знаходиться в межах похибки визначення вмісту цінного мінералу.

В роботі [2] наведено результати досліджень по визначенню залежності твердості залізної руди від вмісту в ній магнетиту. Ця залежність може бути лінійно апроксимована позитивною кореляцією. Однак довірливі інтервали достатньо широкі і зміна вмісту цінного мінералу в межах 10% знаходиться в межах похибки. Ітак, при зміні вмісту цінного мінералу режимні параметри блоку дроблення не змінюються, але змінюється відкриття і це характеризується на показниках сепарації: змінюються в одному напрямку якість збагачення

ного продукта и потери ценного минерала в хвостах.

Таким образом, если в обогатительном блоке измельчение-сепарация изменяется содержание ценного минерала в обогащенном продукте, корреляция между выходными показателями сепарации положительная, корреляция энергопотребления классификации нулевая, значит произошло изменение содержания ценного минерала в исходной руде.

Список литературы

1. Кармазин В.В., Младецкий И.К., Пилов П.И. Расчеты технологических показателей обогащения полезных ископаемых. – М.: Изд-во МГГУ, 2006. – 221 с.
2. Карпов И.И., Бровко А.И. Интенсификация процессов рудоподготовки. – Днепр: Проминь, 1977.

© Младецкий И.К., Куваев Я.Г., 2016

*Надійшла до редколегії 20.08.2016 р.
Рекомендовано до публікації д.т.н. П.І. Піловим*