Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. LII, вып. 3, 1974 г.

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ РАСЧЕТА СХЕМ УСРЕДНЕНИЯ РУД

Е. И. Азбель

Изучение закономерностей процессов усреднения минерального сырья показывает, что наиболее перспективно для исследования использование аппарата теории случайных функций.

Практическое использование этого аппарата имеет ряд особенностей как при обработке исходной информации, так и при решении конкретных задач управления качеством.

Можно показать, что процессы усреднения в различных устройствах непрерывного или периодического действия, имея различные закономерности изменения корреляционных функций на их выходе, характеризуются одной и той же дисперсией $D'(x)$ содержания компонента качественного состава X

$$D'(x) = \frac{2}{T} \int_0^T \left(1 - \frac{t}{T}\right) K_x(t)\, dt, \tag{1}$$

где T — пропорционально емкости усреднительного сооружения, а $K_x(t)$ — корреляционная функция изменения содержания компонента X в исходном потоке руды.

Для дискретного случая аналогом (1) является соотношение

$$D'(s) = \frac{1}{s^2}\left[2 \sum_{j=0}^{s-1} (s-j) K_x(j) - sK_x(0)\right], \tag{2}$$

где s — емкость усреднительного сооружения в единичных порциях руды.

Наибольший практический интерес представляет дискретный случай. Поскольку дисперсии на выходе устройств непрерывного действия, например, усреднительных бункеров и устройств периодического действия, например, усреднительных штабелей рассчитываются по одной и той же формуле, то для расчета схем усреднения, когда не обязателен учет корреляционных функций на выходе схем усреднения, можно использовать два варианта корреляционной методики.

По первому варианту методики находится корреляционная функция $K_x(i)$, $i = 1, 2, 3$,

$$K_x(i) = \frac{1}{m-i-1} \sum_{j=1}^{m-i} (x_j - \overline{X})(x_{j+i} - \overline{X}), \tag{3}$$

где $x_1, x_2, x_3 \ldots$ — исходный массив упорядоченных во времени значений содержаний компонента X; i—индекс, учитывающий удаленность порций

руды, между которыми устанавливается корреляционная связь; m — объем массива исходных данных; $\bar{X}$ — среднее значение компонента X в массиве исходных данных.

Затем по формуле (2) определяют дисперсию $D'(s)$. Усреднительную характеристику усреднительных сооружений в функции их объема можно оценить с помощью коэффициента усреднения K

$$K = \sqrt{\frac{D'(s)}{D(1)}}. \tag{4}$$

По второму варианту методики дисперсия находится непосредственно из исходного массива, минуя стадию вычисления корреляционной функции, по следующему алгоритму вычисления дисперсии при «скользящем» усреднении.

Берется исходный массив $A_1\{X_1^{(1)}, X_2^{(1)}, \ldots, X_n^{(1)}\}$ упорядоченных во времени значений содержания компонента X. Из массива A_1 строится массив $A_2\{X_2^2, X_2^2, \ldots, X_{n-1}^2\}$ путем «скользящего» усреднения двух сменных проб в массиве A_1, т. е.

$$X_i^{(2)} = \frac{X_i^{(1)} + X_{i+1}^{(1)}}{2}, \quad i = 1, 2, \qquad n-1. \tag{5}$$

Аналогично образуются последующие массивы. Например i-й элемент массива A_s

$$X_i^{(s)} = \frac{X_i^{(1)} + X_{i+1}^{(1)} + \qquad + X_{i+s-1}^{(1)}}{s}. \tag{6}$$

Для каждого из массивов A_s находится дисперсия $D'(s)$

$$D'(s) = \frac{1}{n-s} \sum_{i=1}^{n-s+1} (X_i^{(s)} - \bar{X}^{(s)})^2, \tag{7}$$

где $n - s + 1$ — число членов в массиве A_s

$$\bar{X}^{(s)} = \frac{1}{n-s+1} \sum_{i=1}^{n-s+1} X_i^{(s)}. \tag{8}$$

Аналогично первому варианту методики коэффициент усреднения определяют по формуле (4).

Эквивалентность двух вариантов корреляционной методики вытекает из свойств интегральных преобразований стационарных случайных процессов (табл. 1).

Следует отметить, что с увеличением объема усреднительных сооружений наблюдается монотонный характер изменения значений коэффициентов усреднения. Достоверность полученных результатов при этом остается высокой, так как количество проб n', используемых для расчета дисперсий, с увеличением объема сооружения уменьшается незначительно.

Так, для сооружения емкостью s условных порций руды

$$n' = n - s + 1. \tag{9}$$

Рассмотренная корреляционная методика предполагает неизменную интенсивность подачи потока материала на переработку. Для дискретного случая это предположение эквивалентно постоянству веса единичных проб, используемых в исходном массиве данных, т. е. требованию одинаковой временной удаленности смежных проб, или регулярности опробования. На практике интенсивность подачи потока минерального сырья резко меняется. Поэтому перед применением корреляционной методики необходимо регуляризовать исходный массив данных, т. е. пре-

Таблица 1

Значения коэффициентов усреднения K_1 и K_2, вычисленные по двум вариантам корреляционной методики *)

Емкость усреднительного сооружения (в сменах)	P_2O_5		$SiO_2 + Al_2O_3$		MgO		CO_2	
	K_1	K_2	K_1	K_2	K_1	K_2	K_1	K_2
1	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
2	0,8912	0,8915	0,7856	0,7860	0,8302	0,8306	0,9390	0,9392
3	0,8119	0,8125	0,6742	0,6749	0,7229	0,7236	0,8976	0,8982
4	0,7540	0,7549	0,6053	0,6063	0,6516	0,6527	0,8665	0,8672
5	0,7072	0,7085	0,5572	0,5585	0,6008	0,6021	0,8408	0,8418
6	0,6681	0,6698	0,5210	0,5224	0,5628	0,5644	0,8185	0,8197
7	0,6354	0,6374	0,4926	0,4943	0,5332	0,5350	0,7991	0,8005
8	0,6078	0,6100	0,4695	0,4714	0,5093	0,5113	0,7816	0,7833
9	0,5839	0,5863	0,4503	0,4524	0,4894	0,4916	0,7656	0,7676
10	0,5629	0,5656	0,4340	0,4362	0,4721	0,4745	0,7508	0,7532

*) В качестве исходных данных брались сменные показатели работы по богатой фосфоритной руде дробильно-сортировочной фабрики рудника Джанатас комбината «Каратау».

образовать его так, чтобы содержание различных компонентов соответствовало одинаковым по весу пробам. Регуляризация массива осуществляется по следующему алгоритму. Сначала находится среднее значение веса одной пробы в массиве. Затем производится «дробление» весов отдельных проб исходного массива и «склеивание» полученных элементов проб в новый массив таким образом, чтобы пробы нового массива имели одинаковый средний вес, определенный ранее.

Далее с учетом качественного состава и весов элементов отдельных проб нового массива вычисляются значения содержаний компонентов качественного состава в пробах нового массива данных.

Для расчета усреднительных характеристик усреднительных сооружений к полученному регуляризованному массиву применяют корреляционную методику. Без предварительной регуляризации полученные результаты могут существенно отличаться от истинных.

Таблица 2

Значения коэффициентов усреднения $K_р$ и $K_{нр}$, вычисленные по регуляризованным и нерегуляризованным массивам исходных данных *

Емкость усреднительного сооружения (в сменах)	P_2O_5		$SiO_2 + Al_2O_3$		MgO		CO_2	
	$K_р$	$K_{нр}$	$K_р$	$K_{нр}$	$K_р$	$K_{нр}$	$K_р$	$K_{нр}$
1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
2	0,891	0,751	0,786	0,730	0,830	0,737	0,939	0,890
3	0,812	0,636	0,674	0,614	0,723	0,625	0,898	0,838
4	0,754	0,584	0,605	9,546	0,652	0,559	0,866	0,804
5	0,707	0,544	0,557	0,500	0,601	0,513	0,841	0,776
6	0,668	0,510	0,521	0,467	0,563	0,480	0,818	0,753
7	0,635	0,485	0,493	0,441	0,533	0,454	0,799	0,731
8	0,608	0,464	0,469	0,419	0,509	0,435	0,782	0,712
9	0,584	0,446	0,450	0,402	0,489	0,418	0,766	0,695
10	0,563	0,431	0,434	0,387	0,472	0,404	0,751	0,679

* По данным работы рудника Джанатас.

Как видно из табл. 2, для нерегуляризованных массивов оценки эффективности усреднительных сооружений завышены, так как изменчивость их качественного состава менее стабильна, поскольку не учитываются веса отдельных проб.

Таким образом, на основе предельных соотношений для усреднительных процессов предлагаются два варианта методики расчета эффективности усреднительных мероприятий и обосновывается эквивалентность этих методик. С целью обеспечения корректности применения аппарата теории стационарных случайных процессов предлагается алгоритм регуляризации исходных данных.