

**МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЦИРКУЛИРУЮЩЕЙ НАГРУЗКИ
ШАРОВОЙ МЕЛЬНИЦЫ**

Викладена методика розрахунку циркуляційного навантаження на кулькових млинах без використання працесмних методів аналізу на вміст заліза в продуктах вузла змелення. Наведені практичні дані використання методики в умовах цеху дозбагачення стандартного концентрату ВАТ «Лебединський ГЗК».

**METHODICS OF EVALUATION OF BALL MILL
CIRCULATING LOAD**

Methodic of evaluation of ball mills circulating load, without use of labor-intensive analysis for iron content in products of disintegration (grinding) block, is presented here. Practical data regarded use of the methodic in conditions of regular concentrate additional enrichment section of joint stock company "LEBEDINSKY MINING & DRESSING PLANT" are presented here.

Взаимосвязь циркулирующей нагрузки с эффективностью разрушения минералов в шаровых мельницах, работающих в замкнутых циклах с классификаторами является общепризнанной. Несмотря на это, достоверные и общепризнанные количественные зависимости, выражающие эту связь отсутствуют. В общепринятых методах расчета производительности мельниц эта взаимосвязь не учтена даже в наборе эмпирических коэффициентов [1].

Одной из причин такого положения является трудность достоверной оценки величины циркуляции по данным опробований узлов измельчения и классификации на действующих секциях обогатительных фабрик.

Расчет циркулирующей нагрузки в замкнутом цикле измельчения может проводиться по трем вариантам:

- балансу вещественного состава, или крупности промпродуктов в питании, песках и сливе классификатора (по ситовым, или хим.анализам);

- балансу содержания твердого в питании $T_{пит}$, песках $T_{пес}$ и сливе T_c классификатора;

- балансу плотностей питания $\rho_{пит}$, песков $\rho_{пес}$ и слива ρ_c классификатора.

Материальные балансовые зависимости для двух последних вариантов приведены ниже:

$$Q_{num} = Q_c T_{num} (T_{nec} - T_c) / T_c / (T_{nec} - T_{num}), \quad (1)$$

где Q_c - производительность секции, т/ч; T - содержание твердого, %; ρ - плотность, г/л.

$$Q_{num} = Q_c (\rho_{nec} - \rho_c) (\rho_{num} - 1000) / (\rho_c - 1000) / (\rho_{nec} - \rho_{num}) \quad (2)$$

Циркулирующая нагрузка:

$$C = 100 (Q_{num} - Q_c) / Q_c \quad (3)$$

1. Как правило, расчет по балансу первичных хим.анализов промпродуктов дает нереальные значения циркуляции. Это вызвано небольшой разницей содержания железа в питании, песках и сливе гидроциклонов – она сопоставима с погрешностью хим.анализов.

Для получения реальных (но не обязательно достоверных!) значений циркуляции прибегают к незначительной – в пределах сотых или десятых долей процента – корректировке хим.анализа песков гидроциклонов.

2. Обычно плотность (и % твердого) питания гидроциклонов определяется по пробе, взятой из зумпфа. Такая проба редко является представительной из-за неравномерного перемешивания продукта в самом зумпфе. Это – главный фактор низкой достоверности расчета по материальному балансу.

Для устранения погрешности пробы питания гидроциклонов должны отбираться не из зумпфа, а из напорной трубы подачи питания в гидроциклоны, которая оборудуется сливным вентилем.

Этот способ отбора был применен при опробовании мельницы МШЦ на участке дообогащения рядового концентрата Лебединского ГОКа.

Таблица 1 показывает, что расчет циркулирующей нагрузки по каждому из перечисленных вариантов приводит к существенным погрешностям:

- по балансу железа – из 8 рассчитанных опробований, в 2 получилась отрицательная нагрузка в сливе мельницы, еще в 3 – нереально высокая, а в одной – нереально низкая;

- по балансу содержания твердого – из 6 опробований в 4 получилась нереально высокая нагрузка;

- по балансу плотности – из 8 опробований в 3 нереально высокая нагрузка.

Такой высокий процент погрешности – типичное явление при расчете циркулирующих нагрузок. Он вызван очень высокой чувствительностью балансовых расчетов узла классификации с неизбежными погрешностями при отборе и обработке проб. Поэтому в практике расчетов узлов измельчения и классификации принято корректировать часть полученных данных.

В расчете по балансу вещественного состава корректировались данные хим.анализов.

Незначительная корректировка хим. анализов позволила снизить количество нереальных результатов с 6 до 2 на 8 опробований. В обоих случаях циркуляция осталась нереально высокой.

В расчете по материальному балансу были сопоставлены результаты, полученные из содержания твердого и из плотности промпродуктов. Из двух значений выбиралось реальное (меньшее).

Эта процедура также снизила количество нереальных значений до 2 (оба высокие) на 8 опробований. Интересно, что при этом исходные данные вообще не корректировались – ошибочные данные просто игнорировались.

Таблица 1 – Результаты опробований мельницы МШЦ на т.с.1 участка дообогащения ЛГОК

Дата, № опр.	Пр-ть, т/ч	Данные опробований гидроциклонов									Расчет нагрузки в сливе м-цы., т/ч						Корр. по ср. знач. р пит. г/ц	Цир- ку- ля- ция, %
		пески			слив			питание			по х/а	по материальн. балансу			по скоррек- тир. данным			
		х/а	% тв	ρ, г/л	х/а	%тв	ρ,г/л	х/а	%тв	ρ, г/л		%тв	плот- ности	мин. знач.	х/а	плотн.		
08.10.07,2	185	68,66		1910	68,66		1120	68,78		1215			377	377		377	1215	104
12.9.07,1	192	69,00	66	2153	68,39	9,2	1107	68,84	17,0	1230	732	411	468	411	424	411	1230	114
14.09.07,	200	68,86	62,5	2063	68,1	8,5	1100	68,69	26,2	1350	894	917	945	917	766	504	<i>1221</i>	152
08.10.07,1	200	69,22		2130	68,98		1110	68,98		1225	200		461	461		461	1225	131
13.09.07,1	212	69,05	66,7	2290	68,59	12,1	1107	69,43	28,8	1220	-257	727	482	482	350	482	1220	127
09.10.07,1	221	68,62	64,1	2200	68,1	11,1	1100	68,26	19,8	1335	319	472	941	472	459	472	1335	113
12.9.07,2	222	68,93	63,5	2157	68,77	7,3	1113	69,21	18,0	1213	-127	676	463	463	727	463	1213	108
19.09.07,1	228	68,22	63,8	2140	67,78	8,2	1106	68,14	24,3	1277	1254	951	714	714	465	534	<i>1221</i>	134
среднее	208			2130			1108			1221					475			123

Таким образом, после расчетов по исходным данным и первичной их корректировке из 8 рассчитанных опробований в 2 результаты остались нереально высокими как для вещественного, так и для материального баланса.

Для их перерасчета по вещественному балансу пришлось бы пойти на значительное изменение данных хим. анализов, которое трудно обосновать.

Иная картина получается при корректировке данных в расчете по материальному балансу.

В обоих случаях при близких к остальным опробованиям значениях плотности песков и слива гидроциклонов их питание было гораздо плотнее – явное свидетельство ошибки измерения. Эти два конкретных значения плотности питания были заменены средними (по другим 6 опробованиям). Такая замена сразу снизила нагрузку в сливе мельницы до реальных значений.

Сравнительная оценка трех вариантов показала значительные преимущества расчета циркулирующей нагрузки по балансу плотностей продуктов классификации.

Кроме уже упомянутой простоты и обоснованности корректировки данных, очень большое значение имеет *оперативность* определения плотностей. Плотности продуктов известны еще в процессе отбора проб – в отличие от содержания твердого, которое определяется после их сушки в проборазделочной лаборатории и, тем более, от хим.анализов.

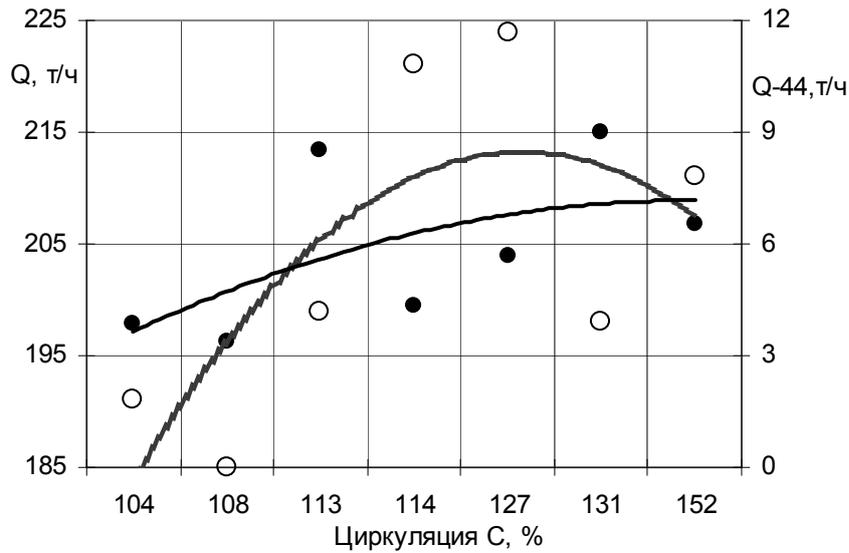
Минимальная погрешность определения плотности легко достигается трехкратным повторением измерения с интервалом 10 мин с последующим усреднением значений. Хотя в проведенных на ЛГОКе опробованиях этого не делалось, явный брак получен всего в 2 из 24 проведенных измерений плотности продуктов гидроциклонов.

Выводы по результатам расчета

При средней производительности мельницы 208 т/ч средняя нагрузка в сливе мельницы составила 463 т/ч.

Среднее значение циркуляции – отношения песков гидроциклонов к сливу – составило 123 %.

С ростом циркуляции монотонно увеличивается производительность мельницы Q_{-44} по вновь образованному расчетному классу минус $44 \cdot 10^{-6}$ м (рис.1).

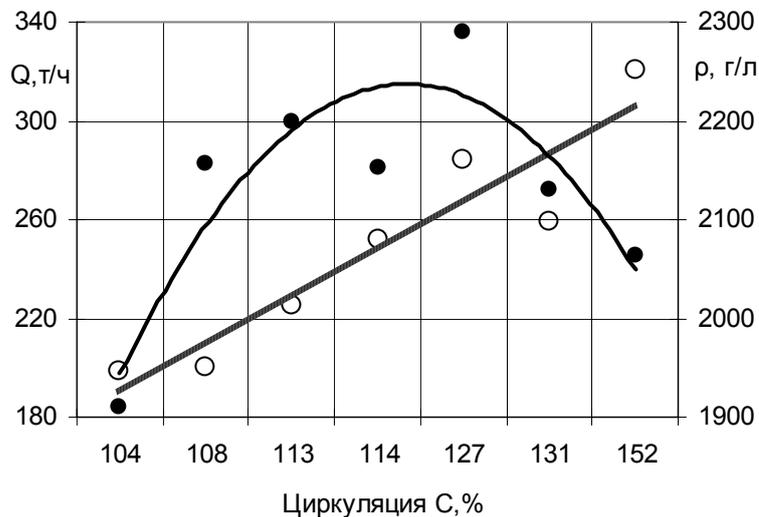


● - производительность по кл.-0,0 44 мм ○ - общая производительность Q .

Рис. 1 – Влияние циркуляции на производительность.

Зависимость общей производительности мельницы Q от величины циркуляции носит экстремальный характер – она увеличивается с ростом циркуляции до 130 % и уменьшается при более высоких значениях циркуляции.

Экстремальный характер имеет и зависимость плотности песков гидроциклонов от величины циркуляции (рис. 2).



● - плотность песков ρ ; ○ - общая производительность Q .

Рис. 2 – Влияние циркуляции на плотность песков

Нагрузка по твердому в песках гидроциклонов прямо пропорциональна величине циркуляции.

При этом средняя плотность песков гидроциклонов составила 2130 г/л. Только в одном из 8 опробований плотность песков гидроциклонов была меньше 2000 г/л – 1910 при производительности 180 т/ч.

Рекомендации

1. Циркулирующую нагрузку шаровой мельницы при измельчении в замкнутом цикле с гидроциклонами лучше всего определять по балансу плотностей продуктов классификации по формуле (2).

2. В генеральных опробованиях определение циркулирующей нагрузки можно проводить сопоставительным расчетом по балансу плотностей, балансу содержания твердого и балансу крупности продуктов классификации. Это позволяет добиться максимальной точности оценки циркуляции по накопительным пробам.

3. По найденному значению циркуляции производится коррекция хим.анализа содержания железа в песках гидроциклонов.

4. Для отбора проб напорная труба подачи питания в гидроциклоны, должна быть оборудована сливным вентилем. Такая коррекция не искажает показатели хим.анализов промпродуктов обогатительных операций и конечного концентрата.

5. Плотность, содержание твердого и крупность питания гидроциклонов определяется по пробе, отобранной из напорной трубы через сливной вентиль.

6. Плотность, содержание твердого и крупность песков и слива гидроциклонов определяются по пробам, отобранным обычным порядком.

7. Пробы на плотность повторяются 2-3 раза с интервалом 5 – 10 мин с последующим усреднением измеренных значений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Справочник по обогащению руд: Специальные и вспомогательные процессы / О. С. Богданов, В. И. Ревнивцев и др. – М.: Недра, 1983. – С. 74 – 77.