

С.Н. Жилин (ОАО «Лебединский ГОК»),  
д-р техн. наук, проф. Л.М. Васильев,  
д-р техн. наук. В.П. Надутый,  
канд. техн. наук О.А. Усов,  
канд. техн. наук В.В. Чельшкіна,  
м.н.с. К.В. Цепков (ИГТМ НАН Украины)

## **РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НЕРУДНЫХ ЧАСТИЦ В КЛАССАХ КРУПНОСТИ СЛИВА ГИДРОЦИКЛОНОВ ПРИ ОБОГАЩЕНИИ ЖЕЛЕЗНЫХ РУД**

Викладено метод оцінки рудних та нерудних часток у продуктах класифікації за стандартними аналізами – масової частки продукту крупністю –44 мк та масової частки заліза та за додатковим аналізом – масової частки заліза у класі крупності –44 мк.

Як примірник застосування методу наведена оцінка промпродуктів класифікації у гідроциклонах для Лебединського ГОКу.

## **THE NONMETALLIFEROUS PARTICLES DISTRIBUTION IN HYDROCYCLONE DRAINAGE COARSENESS CLASSES AT IRON ORE CONCENTRATION**

There is exposition of a evaluation method of non- and metalliferous particles in classification results by standard analysis's – mass part of product in coarseness – 44 $\mu$  and mass part of ore and complementary analysis – mass part of ore in coarseness class – 44 $\mu$ .

The evaluation of a industry products of classification in hydrocyclone for RCC of Lebedin is present as a example of use the method.

Показатели слива классификаторов головных мельниц и слива гидроциклонов являются основными входящими параметрами для технологической схемы обогащения и определяют эффективность работы всех обогатительных аппаратов. В настоящее время службами ОТК (отдел технического контроля) и ЛИ (лаборатория испытаний) железорудных ГОКов систематически определяется только один такой показатель – ситовка, т.е. массовая доля промпродукта крупностью – 44 (или –71) мк. Этот, безусловно, важный показатель не дает объективной информации о содержании в крупных классах (+44 или +71 мк) свободных нерудных частиц. Между тем, вопреки укоренившемуся мнению, их содержание в продуктах измельчения достаточно высоко, по крайней мере, для руд Лебединского ГОКа.

Обобщение анализов на раскрытие минералов в сливах гидроциклонов 2-й и 3-й стадий измельчения ЛГОКа по пяти-стадийной схеме, представлено в таблице 1. Она наглядно иллюстрирует неверность трактовки процесса доизмельчения как средства раскрытия минералов. На Лебединском ГОКе МРГ (мельница руднично-галечная) работают в основном для того, чтобы уменьшить крупность раскрытых нерудных зерен, содержание которых в крупных классах почти на порядок выше, чем сrostков и вкрапленных.

Не исключено, что похожая картина, в той или иной степени характерна и для других ГОКов, в том числе криворожских. Возможно, существуют какие-то устойчивые зависимости между ситовками промпродуктов, содержанием в них и в их узких классах железа с одной стороны, и выходом чистых крупных не-

рудных зерен с другой стороны. Обоснованного ответа на этот вопрос нет из-за трудоемкости и погрешностей соответствующих прямых анализов.

Таблица 1 – Обобщение анализов на раскрытие минералов в сливах гидроциклонов 2-й и 3-й стадий измельчения ЛГОКа по пяти-стадийной схеме

Классы крупности, мк		-140+71		-71+44		-44	
Стадия измельчения		2	3	2	3	2	3
Выход, %		6,1	-	13,1	3,5	80,8	96,5
Содержание Fe <sub>общ</sub>		24,0	-	51,7	31,9	63,0	65,6
Содержание Fe <sub>маг</sub>		19,4	-	49,0	27,9	59,5	60,5
Раскрытые, %	Рудные	27,9	-	70,9	41,4	87,0	91,7
	Сростки руд.	2,4	-	1,4	1,6	0,3	0,9
	Сростки неруд.	2,0	-	1,5	2,2	0,3	0,3
	Нерудные	59,7	-	23,5	50,5	12,0	6,7
	Вкрапленные	8,0	-	2,7	4,3	0,4	0,4

Для расширения статистической базы наблюдений предлагается методика косвенной оценки наличия раскрытых нерудных зерен в промпродуктах измельчения.

Для расчетной оценки распределения рудных и нерудных частиц в сливе гидроциклонов было принято условное деление промпродукта на два класса крупности: - 44 мк и + 44 мк. Это позволило вовлечь в анализ данные систематических стандартных определений ситовок промпродуктов.

Стандартный химический анализ промпродукта в целом дополнен химическим анализом тонкого класса -44 мк. Это позволило рассчитать по балансовым отношениям выходы рудных и нерудных в тонкий и крупный классы:

Выход классов +44 мк в сливе гидроциклонов определяется как

$$\gamma_{+44} = (100 - \gamma_{-44}), \quad (1)$$

а содержание железа в кл +44 мк - из баланса металла:

$$\beta_{+44} = ((100 * \beta) - (\beta_{-44} * \gamma_{-44})) / \gamma_{+44}, \quad (2)$$

Выход рудных частиц в соответствующие классы крупности определяется как

$$\begin{aligned} \gamma_{\text{руд } -44} &= (\gamma_{-44} * \beta_{-44}) / \beta_{\text{руд}}, \\ \gamma_{\text{руд } +44} &= (\gamma_{+44} * \beta_{+44}) / \beta_{\text{руд}}, \end{aligned} \quad (3)$$

где  $\beta_{\text{руд}}$  - содержание железа в рудных частицах, принято  $\beta_{\text{руд}} = 70\%$ ,

Выход нерудных частиц составит

$$\begin{aligned} \gamma_{\text{неруд}-44} &= \gamma_{-44} - \gamma_{\text{руд}-44}, \\ \gamma_{\text{неруд}+44} &= \gamma_{+44} - \gamma_{\text{руд}+44} \end{aligned} \quad (4)$$

Зависимости (1) – (4) позволяют увидеть распределение по крупности не только промпродукта в целом, определяемого стандартным ситовым анализом, но и отдельных его компонент – рудных и нерудных фракций.

Для оценки доли чистых зерен в нерудной фракции  $\gamma^p_{\text{неруд}}$  вводится коэффициент раскрытия нерудной фракции  $k^{PH}$  – отношение выхода чистых нерудных зерен к общему выходу нерудных в узком классе. Его значение определяется по данным анализа на раскрытие минералов (табл. 1). Трудоемкость этой процедуры компенсируется редкой периодичностью и относительно небольшой разницей значений для 2-й и 3-й стадий измельчения (для ЛГОК).

В табл. 2 приведен расчет коэффициента раскрытия рудных и нерудных в номинальном и крупном классах по данным табл. 1.

Таблица 2 – Расчет коэффициента раскрытия рудных и нерудных в номинальном и крупном классах

№ ст. изм.	выход, %							Массовая доля чистых зерен в общем выходе нерудных - $k^{PH}$ , %		
	чистые рудные		чистые нерудные		сростки и вкрапленные		всего прод.	-44 мк	+44 мк	всего прод.
	-44 мк	+44 мк	-44 мк	+44 мк	-44 мк	+44 мк				
2	70,3	10,99	9,7	6,72	0,81	1,49	100	92,3	81,8	87,7
3	88,5	1,45	6,47	1,77	1,54	0,28	100	80,8	86,3	81,9

Хорошо видно, что  $k^{PH}$  в крупном классе и продукте в целом может быть принят одинаковым ( $85 \pm 3\%$ ) как для 2-й, так и для 3-й стадий измельчения.

Тогда

$$\begin{aligned} \gamma^p_{\text{неруд}} &= k^{PH} \gamma_{\text{неруд}}, \\ \gamma^p_{\text{неруд}+44} &= k^{PH} \gamma_{\text{неруд}+44} \end{aligned} \quad (5)$$

В качестве иллюстрации применения метода можно привести расчет по формулам (1) – (5) зависимости распределения нерудных частиц по классам крупности от плотности слива гидроциклонов 2-й стадии трехстадиальной схемы измельчения ц.о. 1 ЛГОКа (рис. 1).

Рисунок наглядно иллюстрирует скрытую закономерность 3-й стадии самоизмельчения Лебединских руд – с повышением плотности слив гидроциклонов в целом становится грубее, а его нерудная фракция тоньше и наоборот, снижение плотности слива гидроциклонов повышает ситовку промпродукта в целом, но снижает ситовку его нерудной фракции.

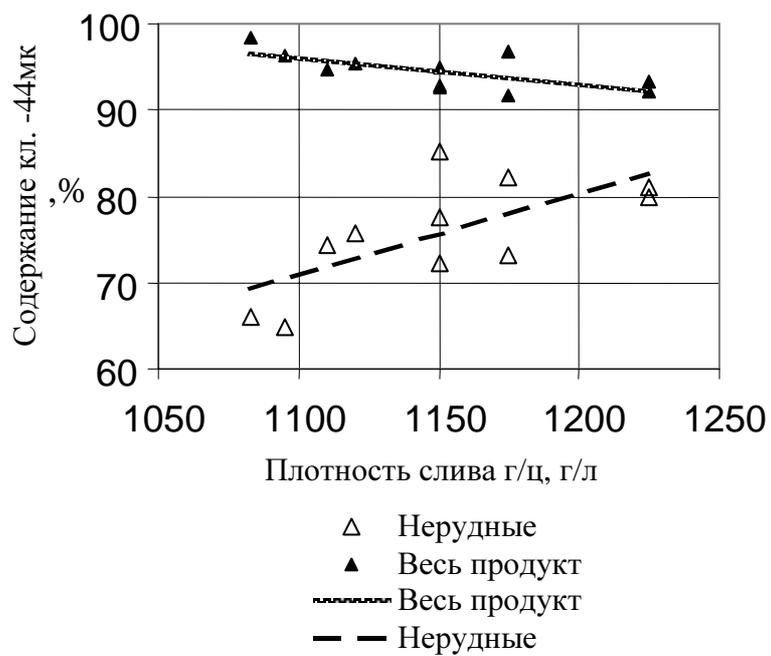


Рис. 1 – Ситовые характеристики слива гидроциклонов 2-й стадии.