

ware prototype that implements the mathematical model and the optimization method has been developed.

Originality. The consolidated optimization criterion of melt blending in oxygen converter on the basis of heat and material melting balance, which is principally economic and includes balance equations, has been proposed for the first time. We have shown that the violation of the heat balance has an asymmetrical impact on the prime cost of steel.

Practical value. Software prototype in the programming language VBA has been developed, which allows converter operator to perform blending with minimum cost

of finished steel. The program includes data entry interfaces on the current melting, residual material database, calculation module and support system of decision-making interface. Possible reduce of the prime cost of carbon steel production using the program is from 1 to 3%.

Keywords: *converter, steel, melting, blend, optimization, criterion, balance, program*

Рекомендовано до публікації докт. техн. наук В.В. Ткачовим. Дата надходження рукопису 11.07.12.

УДК 621.926:534.16

**Е.В. Кочура, д-р техн. наук, проф.,
Фарис Самир Расми Альхури**

Государственное высшее учебное заведение
“Национальный горный университет”, г. Днепропетровск,
Украина, e-mail: kochurae@gmail.com

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАСКРЫТИЯ РУДЫ В ШАРОВОЙ МЕЛЬНИЦЕ С ПОЗИЦИЙ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ

**Ye.V. Kochura, Dr. Sci. (Tech.), Professor,
Faris Samir Rasmi Alhuri**

State Higher Educational Institution “National Mining University”,
Dnipropetrovsk, Ukraine, e-mail: kochurae@gmail.com

MODELING OF ORE RELEASE IN A BALL MILL FROM A PERSPECTIVE OF CONTROL

Цель. Разработка принципов автоматизации шаровых мельниц, работающих последовательно с магнитными сепараторами.

Методика. Теоретические исследования процесса раскрытия руды и экспериментальная проверка полученных теоретических зависимостей индукции магнитного поля сепаратора от крупности помола руды в мельнице.

Результаты. Предложена математическая модель технологического комплекса, состоящего из шаровой мельницы, последовательно соединенной с магнитным сепаратором. Рассмотрено математическое описание процесса раскрытия железной руды измельчением и моделирование изменения напряженности магнитного поля сепаратора в рабочей зоне под воздействием слоя измельченного магнитного продукта. В результате исследования полученной модели с позиций задач управления установлено, что в технологическом комплексе второй стадии измельчения магнитной сепарации железных руд барабанный магнитный сепаратор является естественным автоматическим анализатором степени раскрытия железной руды измельчением в шаровой мельнице, последовательно соединенной с этим сепаратором. Массовая доля железа в концентрате магнитного сепаратора, обогащающего продукт измельчения железной руды в шаровой мельнице, является мерой раскрытия руды измельчением и обратно пропорциональна крупности частиц твердой фазы пульпы в разгрузке шаровой мельницы. Это, в отличие от зависимости массовой доли железа от крупности частиц твердой фазы пульпы в сливе классифицирующего аппарата, позволяет непосредственно управлять раскрытием руды измельчением путем изменения скорости движения руды в мельнице регулированием расхода воды в мельницу.

Научная новизна. В технологическом комплексе магнитного обогащения железных руд, состоящего из шаровой мельницы с центральной разгрузкой, последовательно соединенной с барабанным магнитным сепаратором, массовая доля железа в концентрате магнитного сепаратора и радиальная составляющая напряженности магнитного поля в рабочей зоне сепаратора обратно пропорциональны степени раскрытия и крупности помола руды в шаровой мельнице. Это позволяет, в отличие от автоматического контроля крупности частиц твердой фазы пульпы в разгрузке шаровой мельницы, автоматически контролировать по величине радиальной составляющей напряженности магнитного поля необходимую крупность помола руды в мельнице, которая обеспечивает раскрытие руды с переменными физико-механическими свойствами.

Практическая значимость. В качестве управляющего воздействия раскрытия железной руды во второй стадии измельчения магнитной сепарации можно использовать регулирование плотности пульпы в разгрузчике шаровой мельницы по величине радиальной составляющей напряженности магнитного поля в рабочей зоне магнитного сепаратора, последовательно соединенного с шаровой мельницей.

Ключевые слова: *шаровая мельница, магнитный сепаратор, автоматический контроль, железная руда*

Введение. Шаровые мельницы, последовательно соединенные с барабанными магнитными сепараторами, работают во вторых стадиях обогащения же-

лезных руд магнитообогатительных фабрик. В большинстве работ по автоматизации процессов измельчения основное внимание уделяется автоматизации шаровых мельниц, работающих в первых стадиях измельчения в замкнутом цикле со спиральными

классификаторами. Известные принципы автоматизации вторых стадий измельчения [1] повторяют принципы автоматизации первых стадий измельчения. Однако технологические требования к автоматизации первых и вторых стадий различны. Поэтому и принципы автоматизации первых и вторых стадий измельчения должны быть разными.

Состояние вопроса. Первая стадия измельчения относится к процессам рудоподготовки. Здесь главным является предварительное измельчение исходной руды с последующим выделением максимального количества бедных фракций и пустой породы. Задачей второй стадии измельчения является раскрытие рудных сростков в промежуточном продукте, поступившем на вторую стадию обогащения после первой стадии. При этом требуемая крупность измельчения определяется требуемой массовой долей железа в продукте измельчения в соответствии с технологической картой. Требуемая крупность измельчения не может быть обеспечена известным критерием управления „максимальная производительность по классу – 0,074мм“ по трем причинам: шаровая мельница работает в середине технологической линии и ее производительность задается производительностью предыдущего оборудования и не может быть максимальной; требуемая крупность измельчения задается крупностью вкрапления железа и является величиной переменной, а не фиксированной, равной 0,074 мм. Кроме того во вторых стадиях измельчения применяются шаровые мельницы с центральной разгрузкой, а не мельницы с решеткой как в первых стадиях измельчения.

В настоящее время отсутствуют научно обоснованные принципы автоматизации шаровых мельниц, работающих во вторых стадиях магнитообогащительных фабрик.

Целью настоящей статьи является разработка принципов автоматизации шаровых мельниц, работающих последовательно с магнитным сепаратором, на основе моделирования процессов измельчения и магнитной сепарации железных руд.

Основная часть. Схема цепи аппаратов второй стадии измельчения – магнитной сепарации, представлена на рис. 1.

Рассмотрим математическую модель шаровой мельницы. Уравнение Тунцова-Загустина определяет кинетику измельчения и имеет вид

$$\frac{1}{\bar{d}_2} - \frac{1}{\bar{d}_1} = k_1 t, \quad (1)$$

где \bar{d}_1, \bar{d}_2 – соответственно, средние крупности руды на входе и выходе мельницы; t – время измельчения; k_1 – постоянный коэффициент, определяющий условия измельчения. Время измельчения определяется временем нахождения руды в мельнице [1]

$$t = \frac{M_{II}}{Q_{II}} = \frac{L \cdot \varphi_p \cdot \pi R^2 \gamma_{II}}{Q_{II}}, \quad (2)$$

где M_{II} – масса пульпы в мельнице; L – длина барабана мельницы; φ_p – степень заполнения мельницы рудой; R – радиус барабана мельницы; γ_{II} – плотность пульпы в мельнице; Q_{II} – производительность мельницы по рудной пульпе.

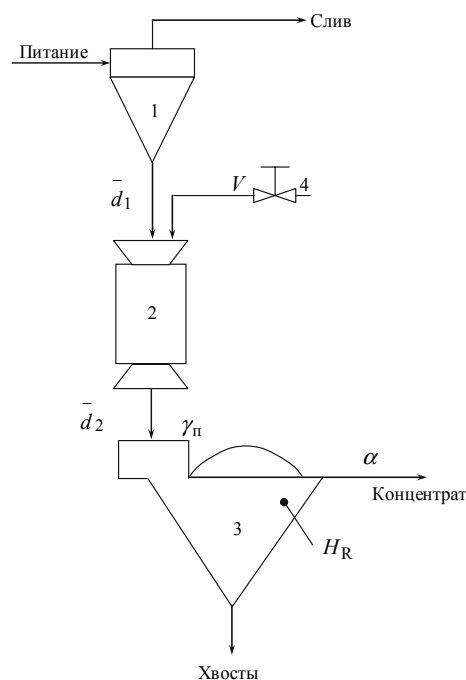


Рис. 1. Схема второй стадии измельчения – магнитной сепарации: 1 – гидроциклон; 2 – шаровая мельница; 3 – магнитный сепаратор; 4 – регулирующий орган расхода воды; V – расход воды в мельницу; α – массовая доля железа в концентрате; \bar{d}_1, \bar{d}_2 – соответственно, средние крупности руды в загрузке и разгрузке мельницы; H_R – радиальная составляющая напряженности магнитного поля в рабочей зоне сепаратора

Так как во вторых стадиях измельчения работают шаровые мельницы с центральной разгрузкой, то в номинальных режимах работы $\varphi_p = const$ и время измельчения определяется плотностью пульпы γ_{II} . Плотность пульпы в мельнице определяется массовыми расходами руды в мельницу Q_p и воды W . В соответствии с [1], при условии, что плотность воды $\gamma_B = 1 \frac{m}{M^3}$,

$$\gamma_{II} = \frac{\gamma_p(Q_p + W)}{Q_p + W\gamma_p}, \quad (3)$$

где γ_p – плотность руды.

Уравнения (1–3) представляют собой математическую модель шаровой мельницы с решеткой. Из уравнений (1–3) следует

$$k_1 = \frac{k_p \cdot P_m \cdot \gamma_p}{6\gamma_{II} \cdot \varphi_p \pi R^2 L}, \quad (4)$$

где k_p – коэффициент Реттингера; P_m – активная мощность, потребляемая мельницей.

Для согласования моделей измельчения и раскрытия руды необходимо знать среднюю крупность руды в разгрузке мельницы. Известно [1], что после измельчения массу частиц можно обобщать функцией распределения или уравнением Розина-Раммлера

$$f(d) = Ae^{-Ad}, \quad (5)$$

где $A = -\frac{\ln V}{D}$; D – максимальный размер ячейки сита, остаток в котором равен $v = 0,05$.

Математическое ожидание крупности частиц

$$M(d) = \bar{d} = \int_0^\infty df(d) \bar{d} d = \frac{1}{A}. \quad (6)$$

Если функция распределения крупности частиц задана гистограммой, что часто бывает на практике, то выход γ или содержание готового класса C_{p_2} равно

$$C_{p_2} = \gamma \approx l_p \cdot A, \quad (7)$$

откуда $A = \frac{C_{p_2}}{l_p}$, где $l_p = 0,074$ мм „готовый класс“.

Средняя крупность частиц, поступающих на магнитную сепарацию, определяется выходом готового класса в разгрузке мельницы

$$\bar{d} \approx \frac{1}{A} \approx \frac{l_p}{C_{p_2}}. \quad (8)$$

Модели формирования активной мощности электродвигателя барабана мельниц представлены в работах [1], [2]. Воспользуемся объединенной моделью раскрытия Уигла и Ди с моделью магнитной сепарации, соответствующей ступенчатой сепарационной характеристике магнитного сепаратора. Будем считать, что при обогащении магнитной руды продукт, поступающий на магнитную сепарацию, состоит из трех компонентов: A – пустая порода; B – магнетит; AB – сrostки. Содержание магнитного железа в сrostках

$$\alpha_{AB} = \frac{C_{AB} \cdot \rho_B \cdot F_{eM}}{C_{AB} \rho_B - (1 - C_{AB}) \rho_A}, \quad (9)$$

где C_{AB} – средний состав нераскрытых частиц (сrostков); ρ_B – плотность магнетита; F_{eM} – содержание железа в магнетите; ρ_A – плотность пустой породы.

$$C_{AB} = \frac{V_B - P_B}{P_{AB}}, \quad (10)$$

где V_B – объемное содержание магнетита в исходной руде; P_B – массовая доля магнетита; P_{AB} – массовая доля сrostков.

$$P_B = \frac{(k-1)^3}{k^3} \cdot \frac{1}{n+1} + \frac{3(k-1)^2}{k^3} \cdot \left(\frac{1}{n+1}\right)^2 + \frac{3(k-1)}{k^3} \cdot \left(\frac{1}{n+1}\right)^4 + \frac{1}{k^3} \cdot \left(\frac{1}{n+1}\right)^8, \quad (11)$$

где k – отношение среднего размера зерна магнетита \bar{d}_{BK} к размеру частицы \bar{d}_2 , т.е. $k = \frac{\bar{d}_{BK}}{\bar{d}_2}$; n – коэффициент состава, равный отношению объема A к объему B в агрегате, т.е. куске руды.

$$P_{AB} = \frac{3(k-1)^2}{k^3} \cdot \left[\frac{(n+1)^2 - (n^2+1)}{(n+1)^2} \right] + \frac{3(k-1)}{k^3} \times \left[\frac{(n+1)^4 - (n^4+1)}{(n+1)^4} + \frac{1}{k^3} \left[\frac{(n+1)^8 - (n^8+1)}{(n+1)^8} \right] \right]. \quad (12)$$

Следовательно, содержание железа в слое концентрата на барабане магнитного сепаратора при условии, что все частицы, содержащие ценный минерал B , должны перейти в концентрат, а все частицы пустой породы должны перейти в хвосты, т.е. при идеальной сепарационной характеристике сепаратора массовая доля железа в концентрате будет равна

$$\alpha = \alpha_B \cdot P_B + \alpha_{AB} \cdot P_{AB}, \quad (13)$$

где α_B – массовая доля железа в магнетите; α_{AB} – массовая доля железа в сrostках.

Известно, что магнитная проницаемость концентрата описывается формулой К. Лихтенекера

$$\bar{\mu} = \mu^{\alpha_c}, \quad (14)$$

где μ_c – магнитная проницаемость смеси частиц, содержащих вещество магнетита.

Известно, что $\bar{\mu}_c = 1 + x_c$, где x_c – магнитная восприимчивость смеси частиц, содержащих магнетит. В соответствии с [2], магнитная восприимчивость смеси частиц, содержащих магнетит, равна

$$x_c = \frac{x_M \bar{d}^{-2}}{k_1 10^{-n} + \bar{d}}, \quad (15)$$

где x_M – магнитная восприимчивость вещества магнетита; \bar{d} – диаметр или крупность частиц продукта измельчения; k_1 – коэффициент (для руд Кривого Рога $k_1 = 2$); n – коэффициент, зависящий от выбора системы единиц (в системе СИ $n = 4$).

Модель формирования радиальной составляющей напряженности магнитного поля в рабочей зоне сепаратора выделения концентрата описывается уравнением Файнштейна-Федорова [2]

$$H_R = \left(\frac{PH_0 R_0^p \psi_1}{\psi} R_2^{-p-1} + \frac{2PH_0 \psi_2}{R_1^{2p} \psi} R_2^{2p-1} \right) \cos P\varphi;$$

$$\left. \begin{aligned} \psi &= \left(1 - \bar{\mu}^* \frac{\gamma}{P} \right) + \lambda_1^{-2P} \left(1 + \bar{\mu}^* \frac{\gamma}{P} \right) \\ \psi_1 &= 1 - \bar{\mu}^* \frac{\gamma}{P} \\ \psi_2 &= 1 + \bar{\mu}^* \frac{\gamma}{P} \\ \lambda_1 &= \frac{R_1}{R_0}; \bar{\mu}^* = \frac{\bar{\mu}}{\mu_0}; \bar{\mu} = \mu_M^\alpha \\ \gamma &= \frac{\beta}{2} + \sqrt{\frac{\beta}{\lambda} + P^2} \end{aligned} \right\},$$

где H_0 – напряженность магнитного поля на поверхности магнитных полюсов; R_0 – радиус магнитной системы сепаратора; $\bar{\mu}^*$ – относительная магнитная проницаемость концентрата; R_1 – радиус барабана сепаратора; P – количество пар полюсов магнитной системы; β показатель степени экспоненциального закона распределения содержания железа вдоль радиуса слоя концентрата R_2 .

По формулам (1–12) для шаровой мельницы МШУ 3,6×4,0, последовательно работающей с магнитным сепаратором ПБМ-ПП-120/300, были построены теоретические кривые раскрытия руды во второй стадии измельчения для трех типов руд. Эти кривые представлены на рис. 2.

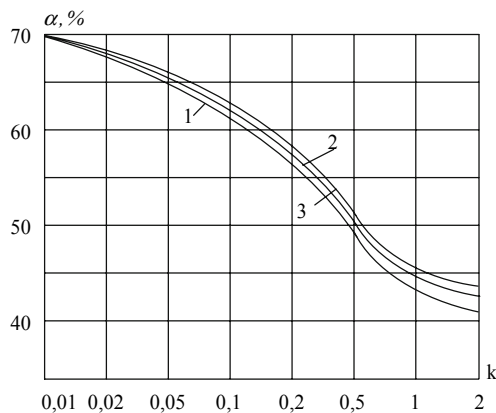


Рис. 2. Теоретические кривые раскрытия руды во второй стадии измельчения: 1 – $\alpha_p = 20\%$; 2 – $\alpha_p = 25\%$; 3 – $\alpha_p = 30\%$; k – коэффициент раскрытия

Анализ этих кривых показывает функциональную связь между степенью раскрытия руды измельчением в мельнице второй стадии и массовой долей железа в концентрате магнитного сепаратора. С учетом формул (13–15) была построена зависимость радиальной составляющей напряженности магнитного поля H_R в рабочей зоне выделения концентрата сепаратора от средней крупности помола руды в мельнице \bar{d}_2 . Эта зависимость представлена на рис. 3. На рис. 3 видно, что радиальная составляющая напряженности маг-

нитного поля в рабочей зоне магнитного сепаратора зависит от крупности помола руды в мельнице второй стадии измельчения.

На рис. 4 представлены регулировочные характеристики шаровой мельницы второй стадии, последовательно соединенной с магнитным сепаратором. Анализ рис. 4 показывает, что, изменяя плотность пульпы в шаровой мельнице с центральной разгрузкой, можно управлять радиальной составляющей напряженности магнитного поля в рабочей зоне сепаратора, и, с учетом зависимостей рис. 2, 3, крупностью помола и раскрытием руды в шаровой мельнице.

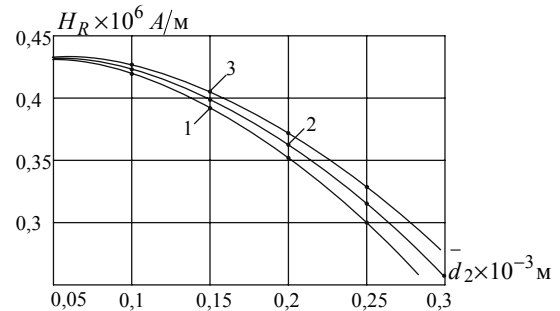


Рис. 3. Теоретическая зависимость радиальной составляющей напряженности магнитного поля H_R в рабочей зоне выделения концентрата сепаратора от средней крупности помола руды d_2 : 1 – $\alpha_p = 20\%$; 2 – $\alpha_p = 25\%$; 3 – $\alpha_p = 30\%$

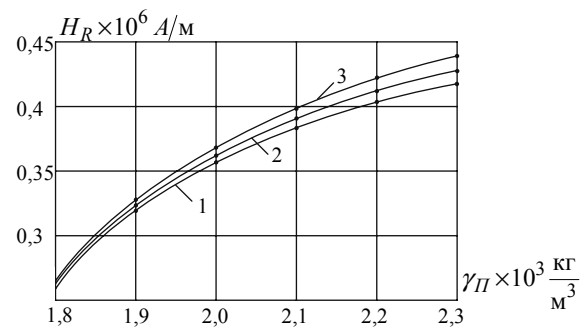


Рис. 4. Регулировочные характеристики шаровой мельницы, работающей последовательно с магнитным сепаратором $H_R = f(\gamma_{II})$: 1 – $\alpha_p = 20\%$; 2 – $\alpha_p = 25\%$; 3 – $\alpha_p = 30\%$

Выводы. Была предложена математическая модель технологического комплекса, состоящего из шаровой мельницы, последовательно соединенной с магнитным сепаратором. В результате исследования этой модели установлено, что:

– барабанный магнитный сепаратор, находящийся в технологическом комплексе второй стадии измельчения магнитной сепарации железных руд, является естественным автоматическим анализатором степени раскрытия железной руды;

– мерой раскрытия руды измельчением является массовая доля железа в концентрате магнитного сепаратора, которая обратно пропорциональна крупности частиц твердой фазы пульпы в разгрузке шаровой

мельницы. Это позволяет непосредственно управлять раскрытием руды измельчением путем изменения скорости движения руды в мельнице регулированием расхода воды в мельницу;

– массовая доля железа в концентрате магнитного сепаратора и радиальная составляющая напряженности магнитного поля в рабочей зоне сепаратора обратно пропорциональны степени раскрытия и крупности помола руды в шаровой мельнице;

– регулирование плотности пульпы в разгрузчике шаровой мельницы по величине радиальной составляющей напряженности магнитного поля в рабочей зоне магнитного сепаратора, последовательно соединенного с шаровой мельницей, можно использовать в качестве управляющего воздействия раскрытия железной руды во второй стадии измельчения магнитной сепарации.

Перспективы дальнейших исследований заключаются в экспериментальной проверке полученных в результате моделирования теоретических зависимостей и разработке на их основе системы автоматического контроля и регулирования раскрытия руды в шаровой мельнице второй стадии измельчения.

Список литературы / References

1. Справочник по обогащению руд: обогатительные фабрики / Под ред. О.С. Богданова. – М.: Недра, 1994. – т.4 – 346 с.

Bogdanov, O.S. (1994), *Spravochnik po obogashcheniyu rud* [Reference Book on Ore Concentration], Vol.4, Nedra, Moscow, Russia.

2. Кочура Е.В. Метод автоматического контроля массовой доли железа в концентрате магнитного сепаратора / Кочура Е.В., Ислам Абдельхамид Юсеф Аль Бостанжи // Научный вестник НГУ – Днепропетровск, 2005. – №10. – С. 86–89.

Kochura, Ye.V. and Islam Abdelkhamid Yusef Al Bostanzhi (2005), “Method of automated control of iron mass fraction in the concentrated product of the magnetic separator”, *Naukovyi visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, no. 10, pp. 86–89.

Мета. Розробка принципів автоматизації кульових млинів, що працюють послідовно з магнітними сепараторами.

Методика. Теоретичні дослідження процесу розкриття руди та експериментальна перевірка отриманих теоретичних залежностей індукції магнітного поля сепаратора від крупності помелу руди у млині.

Результати. Запропоновано математичну модель технологічного комплексу, що складається з кульового млина, послідовно з'єданого з магнітним сепаратором. Розглянуто математичний опис процесу розкриття залізної руди подрібненням і моделювання зміни напруженості магнітного поля сепаратора в робочій зоні під впливом шару подрібненого магнітного продукту. У результаті дослідження отриманої моделі з позицій задач управління встановлено, що в технологічному комплексі другої стадії подрібнення магнітної сепарації залізних руд барабанний магніт-

ний сепаратор є природним автоматичним аналізатором ступеня розкриття залізної руди подрібненням у кульовому млині, послідовно з'єднаним із цим сепаратором. Масова частка заліза в концентраті магнітного сепаратора, що збагачує продукт подрібнення залізної руди в кульовому млині, є мірою розкриття руди подрібненням і обернено пропорційна крупності частинок твердої фази пульпи в розвантаженні кульового млина. Це, на відміну від залежності масової частки заліза від крупності частинок твердої фази пульпи у зливні класифікуючого апарату, дозволяє безпосередньо керувати розкриттям руди подрібненням шляхом зміни швидкості руху руди у млині регулюванням витрати води у млин.

Наукова новизна. У технологічному комплексі магнітного збагачення залізних руд, що складається з кульового млина з центральним розвантаженням, послідовно з'єднаним із барабанним магнітним сепаратором, масова частка заліза в концентраті магнітного сепаратора та радіальна складова напруженості магнітного поля в робочій зоні сепаратора обернено пропорційні ступеню розкриття та крупності помелу руди в кульовому млині. Це дозволяє, на відміну від автоматичного контролю крупності частинок твердої фази пульпи в розвантаженні кульового млина, автоматично контролювати за величиною радіальної складової напруженості магнітного поля необхідну крупність помелу руди у млині, що забезпечує розкриття руди зі змінними фізико-механічними властивостями.

Практична значимість. В якості керуючого впливу розкриття залізної руди у другій стадії подрібнення магнітної сепарації можна використовувати регулювання густини пульпи в розвантажувачі кульового млина за величиною радіальної складової напруженості магнітного поля в робочій зоні магнітного сепаратора, послідовно з'єданого з кульовим млином.

Ключові слова: кульовий млин, магнітний сепаратор, автоматичний контроль, залізна руда

Purpose. Development of the principles of automation of ball mills operating in series with the magnetic separators.

Methodology. Theoretical studies of the ore release process and experimental testing of the theoretical dependence of the separator magnetic field induction on the grade of ore grinded in the mill.

Findings. We suggest the mathematical model of technological complex, which consists of a ball mill concatenated with a magnetic separator and give the mathematical description of iron ore release process by grinding. Modeling of magnetic field strength changes in separator working area caused by the influence of crushed magnetic product has been carried out. The obtained results show that, from a perspective of control, at the second stage of ore reduction in magnetic separation process the drum magnetic separator turns out to be a natural automatic analyzer of the quality of ore release by grinding in the ball mill concatenated with the separator.

Mass fraction of iron in concentrate contained by magnetic separator after enrichment of the product of ball mill

grinding is a measure of the iron ore release and it is inversely proportional to the particle size of the solid phase of pulp in the ball mill discharge. This relation in the contrast with dependence of the mass fraction of iron on the particle size of solid phase of pulp in sink of classifying system allows us to control in direct way the ore release in the mill by means of changing the movement speed of the ore and by managing the water inflow in the mill.

Originality. In technological complex of iron ore magnetic separation, consisting of the central discharge ball mill concatenated with drum magnetic separator, the mass fraction of iron in the concentrate of magnetic separator and the radial component of the magnetic field of the separator working area are inversely proportional to the degree of release and size of ore received after grinding in the ball mill. Unlike the automatic control of the particle size of the solid phase of the pulp in the ball mill

discharge, the defined dependence allows us to effect automatic control over required fineness of ore grinding in the mill which provides disclosure of ore with varying physical and mechanical properties by means of control over volume of the radial component of the magnetic field.

Practical value. The adjustment of density of the pulp in ball mill discharger by means of control over volume of the radial component of the magnetic field in the working area of the magnetic separator concatenated with the ball mill can be used as a iron ore release control tool on the of in the second stage of ore reduction by magnetic separation.

Keywords: ball mill, magnetic separator, automatic control, iron ore

Рекомендовано до публікації докт. техн. наук В.В. Ткачовим. Дата надходження рукопису 05.10.12.

УДК 519.85:622.349.5:542.61

С.А. Ус, канд. физ.-мат. наук, доц.,
Л.А. Закашвілі

Державний вищий навчальний заклад „Національний гірничий університет“, м. Дніпропетровськ, Україна,
e-mail: us-svetlana@yandex.ru

ЗАСТОСУВАННЯ СТАТИСТИЧНИХ МЕТОДІВ ДЛЯ АНАЛІЗУ ЯКОСТІ НАВЧАЛЬНИХ ПЛАНІВ

S.A. Us, Cand. Sci. (Phys.-Math.), Associate Professor,
L.A. Zakashvili

State Higher Educational Institution “National Mining University”,
Dnipropetrovsk, Ukraine, us-svetlana@yandex.ru

APPLICATION OF STATISTICAL METHODS FOR CURRICULA QUALITY ANALYSIS

Мета. Збалансований навчальний план є основою якісної підготовки фахівців. Аналіз якості навчального плану включає в себе перевірку його відповідності освітньо-професійній програмі та структурно-логічній схемі підготовки фахівців, оцінювання рівномірності розподілу навчального навантаження протягом усього періоду навчання та якості засвоєння окремих дисциплін. Метою даної роботи є дослідження можливості застосування статистичних методів для аналізу якості навчального плану.

Методика. Запропонований підхід включає аналіз рівномірності розподілу навчального навантаження протягом усього періоду навчання та аналіз складності окремих семестрів і дисциплін. Для цього результати виконання навчального плану розглядаються як результати виконання тесту, в якому тестове завдання являє собою окрему дисципліну або семестр. Результатом виконання завдання є оцінка за дисципліну, або середній бал за семестр, що записують у вигляді бінарних значень. До перетворених таким чином вихідних даних застосовуються методи статистичного аналізу якості тестів, і за результатами цього аналізу визначається якість навчального плану та дисципліни, на які потрібно звернути особливу увагу.

Результати. Запропонований підхід був застосований для аналізу навчального плану підготовки бакалаврів напряму 6.040303 – системний аналіз. Вихідними даними слугували результати навчання двох груп студентів. За результатами аналізу було визначено, які семестри та дисципліни є найбільш складними для навчання й потребують додаткового аналізу.

Наукова новизна. Запропоновано метод аналізу навчального плану, що дозволяє визначити рівномірність розподілу навчального навантаження протягом усього періоду навчання, визначити слабкі місця плану та дисципліни, які потребують додаткового аналізу.

Практична значимість. Полягає в можливості застосування запропонованого підходу для аналізу планів підготовки фахівців різного профілю та, на його основі, підвищення якості підготовки фахівців.

Ключові слова: навчальний план, тест, валідність

Вступ. Навчальний план – це нормативний документ вищого навчального закладу, що формується

на підставі освітньо-професійної програми та структурно-логічної схеми підготовки фахівців і визначає перелік та обсяг нормативних і вибіркового навчальних дисциплін, послідовність їх вивчення, конкретні