

знак. На основании вычислений, приведенных в работе [3], сопоставим линейную и нелинейную регрессионные модели показателей грохочения в виде таблицы.

Таблица – Сравнительные данные показателей адекватности моделей

Показатели	Линейная модель		Нелинейная модель	
	R^2	$Q_{ост}$	R^2	$Q_{ост}$
Эффективность грохочения, E	0,775	11311	0,842	7935
Закрупненность, ϵ_+	0,821	3269	0,876	2269
Замельченность, ϵ_-	0,649	7081	0,758	4894

Сравнение данных, приведенных в таблице, показывает, что для всех без исключения показателей грохочения коэффициент детерминации для нелинейной модели больше, чем для линейной модели, а остаточная сумма квадратов, соответственно, меньше.

Таким образом, нелинейная модель позволяет более точно описать изучаемые зависимости показателей процессов грохочения от влияющих факторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Надутый В.П., Калининченко В.В. Экспериментальные исследования зависимости технологических показателей влажного мелкого грохочения от режимных параметров грохота // Збагачення корисних копалин. Національна гірнича академія України.-Дніпропетровськ.-1999.-Вип. 5(46). -С.34-38.
2. Надутый В.П., Калининченко В.В. Обоснование целевой функции и планирование эксперимента при исследовании процесса мелкого грохочения влажной горной массы // Геотехническая механика. Сб. науч. тр. ИГТМ НАН Украины.-Днепропетровск.-2000.-Вип.18.-С.35-38.
3. Надутый В.П., Эрперт А.М., Калининченко В.В. Моделирование технологических показателей вибрационного грохочения влажной горной массы при варьировании параметрами грохота // Науково-технічний журнал "Науковий вісник". Національна гірнича академія України.-Дніпропетровськ.- 2000.-Вип.2.-С.61-64.

УДК 622.765:622.751.77

В.В. Гаевой

КИНЕТИКА ИЗВЛЕЧЕНИЯ СЕРЫ ПРИ МОКРОЙ ВИНТОВОЙ СЕПАРАЦИИ

Запропоновано рівняння та наведено результати експериментальних досліджень кінетики гравітаційного вилучення піритної сірки при мокрої гвинтової сепарації.

В публикации [1] описывается уравнение кинетики десульфурации, однако, для определения его параметров требуются довольно громоздкие расчеты.

Для получения кинетической зависимости, использовали подход, примененный К.А. Разумовым для вывода уравнения кинетики измельчения твердых материалов. Как показывают данные [2] уравнение К.А. Разумова наиболее достоверно описывает процесс кинетики измельчения.

Принимаем, что скорость убывания содержания пиритной серы в концентрат пропорциональна этому содержанию в любой момент времени.

Исходный материал состоит из двух компонентов: тяжелого – с повышенным содержанием пиритной серы и легкого – с пониженным. Процесс разделе-

ния компонентов на винтовом сепараторе протекает во времени и для фиксированных условий его можно описать кинетическим уравнением, параметры которого будут отражать условия сепарации. При этом сама десульфурации является процессом массовым, в ходе которого из зоны разделения происходит непрерывный вынос в продукты обогащения тяжелого и легкого компонента. Применяя закон действующих масс, на основе которого содержание частиц пирита в концентрат, пропорционально этому содержанию в данный момент времени в зоне разделения получим следующее выражение

$$\frac{dS}{dt} = -kS, \quad (1)$$

где S – текущее содержание серы в зоне разделения; k – коэффициент пропорциональности, характеризующий скорость выделения серы.

Содержание серы учитываем общеизвестной формулой извлечения

$$\varepsilon = \frac{\gamma_k S_k}{S_{исх}},$$

где γ_k – выход концентрата, %; S_k – содержание серы в концентрате, %; $S_{исх}$ – содержание серы в исходном питании.

Таким образом, содержание серы в формуле (1) можно заменить величиной извлечения

$$\frac{d\varepsilon}{dt} = -k\varepsilon. \quad (2)$$

Величина изменения извлечения серы в концентрат или отходы не является величиной постоянной, вследствие постоянного изменения гранулометрического, фракционного состава по виткам желоба, увеличения содержания раскрытых пиритных зерен вследствие трения частиц между собой и о стенки сепаратора и вероятностного их распределения по фракциям плотности и классам крупности. Поэтому в формулу (2) вводим коэффициент m , который позволяет учитывать величину изменения извлечения серы при движении материала на винтовом сепараторе.

$$\frac{d\varepsilon}{dt} = -k\varepsilon m. \quad (3)$$

Величина m – является функцией извлечения серы и может изменяться от единицы в начальный момент времени до некоторой величины $p = \frac{k_{\varepsilon=0}}{k_{\varepsilon=\varepsilon_0}}$ в конечный момент сепарации (когда $\Delta\varepsilon$ близко к нулю).

Зависимость извлечения серы от ее содержания в зоне разделения, носит сложный характер, вследствие большого числа факторов, влияющих на процесс разделения. Если сделать предположение о степенном характере этой зависимости, то после подстановки значения $m = \varepsilon^n$ в уравнение (3) получим выражение аналогичное уравнению кинетики химических реакций. Однако оно не будет удовлетворять одному граничному условию процесса разделения: при исчезающе малом извлечении (когда $\Delta\varepsilon \rightarrow 0$) скорость извлечения серы может быть равна нулю или бесконечности в зависимости от параметров уравнения.

Вследствие этого, делаем предположение о том, что изменение величины m от единицы до p идет по закону прямой линии, т.е.:

$$m = p + \frac{(1-p)\varepsilon}{\varepsilon_0}. \quad (4)$$

После подстановки данного выражения в уравнение (3) получим

$$\frac{d\varepsilon}{dt} = -k\varepsilon \left[p + \frac{(1-p)\varepsilon}{\varepsilon_0} \right]. \quad (5)$$

Разделяя переменные, интегрируем (5). Тогда уравнение кинетики десульфурации имеет вид

$$\varepsilon = \frac{\varepsilon_0 p}{(e^{kpt} + p - 1)}. \quad (6)$$

Так как время разделения пропорционально длине винтового желоба, то уравнение (6) можно записать так

$$\varepsilon = \frac{\varepsilon_0 p}{(e^{kpn} + p - 1)}, \quad (7)$$

где n — число витков желоба сепаратора.

При $\varepsilon_0 = 100\%$ уравнение (7) примет следующий вид

$$\varepsilon = \frac{100p}{(e^{kpn} + p - 1)}. \quad (8)$$

Параметры p и k находим по результатам двух опытов (для решения системы уравнений целесообразно принять количество витков во втором опыте в два раза больше чем в первом, т.е. ε_1 при $n_1 = 2$ и ε_2 при $n_2 = 4$):

$$p = \frac{100 \left(\frac{1}{\varepsilon_2} - \frac{2}{\varepsilon_1} \right) + 1}{\left(\frac{100}{\varepsilon_1} - 1 \right)^2} \text{ и } k_o = \frac{\lg \left(\frac{p100}{\varepsilon_1} + 1 - p \right)}{p\varepsilon_1 \lg e}.$$

С целью экспериментальной проверки полученного уравнения и обоснования оптимального количества витков желоба винтового сепаратора была поставлена серия опытов. Число витков варьировали от двух до шести. Эффективность десульфурации оценивали по критерию десульфурации K_d , который является аналогом широко известной формулы Ханкока-Луйкена. Формула расчета K_d имеет следующий вид:

$$K_d = \frac{\gamma_k}{(100 - S_{исх})} \cdot \frac{S_{исх} - S_k}{S_{исх}},$$

где γ_k — выход концентрата, %; $S_{исх}$ — содержание серы в исходном питании, %; S_k — содержание серы в концентрате, %.

В результате было установлено, что самое низкое извлечение серы в концентрат (38,03%) обеспечивается при использовании шестивиткового сепаратора. При этом значение K_d составило 0,12, в то время как для двух- и четырехвиткового 0,08 и 0,10 соответственно.

Уточненное уравнение кинетики извлечения серы, представлено ниже:

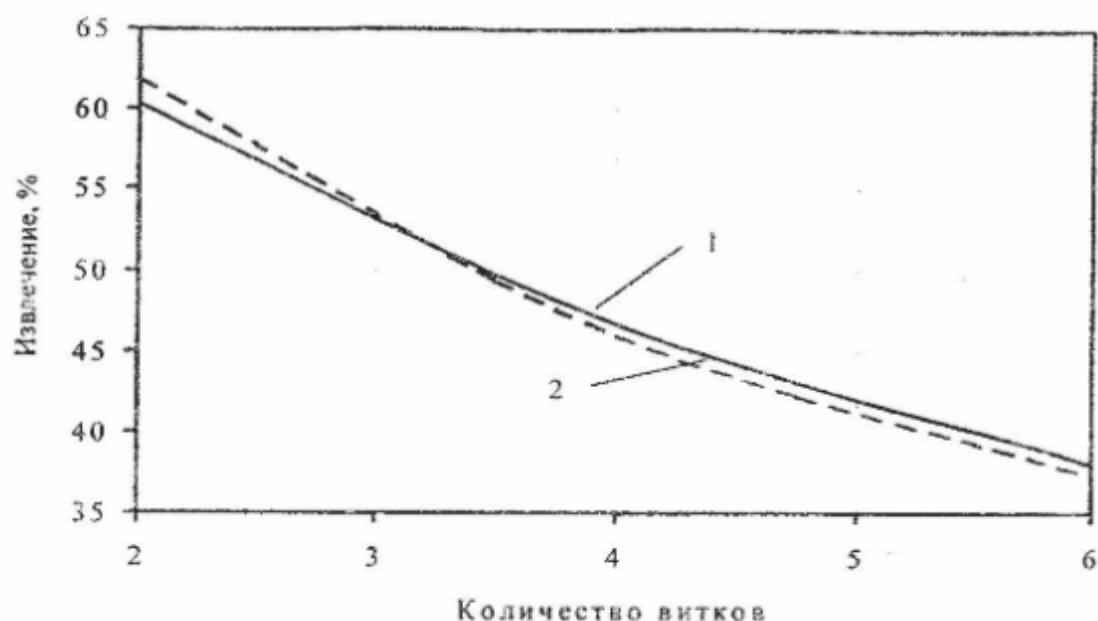
$$\varepsilon = \frac{100p}{(e^{k_{рпм}t} + p - 1)}, \quad (9)$$

где m — эмпирический коэффициент, зависящий от характеристик исходного материала и условий процесса сепарации. В нашем случае $m = 0,7$.

В явной форме уравнение кинетики (9) имеет следующий вид:

$$\varepsilon = - \frac{14,87}{(e^{-0,0479m} - 1,1487)}. \quad (10)$$

Кривые кинетики извлечения серы в концентрат, построенные на основании данных экспериментов и результатов расчетов по уравнению кинетики представлены на рис. 1.



1 – експериментальні значення; 2 – значення по уравнению кинетики.

Рис. 1 – Кривые кинетики извлечения серы в концентрат

Как видно, полученная кинетическая зависимость позволяет с достаточной точностью описывать процесс десульфурации угольного шлама заданного гранулометрического и фракционного составов на винтовой поверхности (среднее относительное отклонение расчетных значений извлечения от экспериментальных не превышает 2,02%).

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Гаевой В.В. О кинетике десульфурации угольного шлама в условиях мокрой винтовой сепарации // Науковий вісник НГА України. – 1999. – №3. – С. 114–115.
2. Биленко Л.Ф. Закономерности измельчения в барабанных мельницах. – М.: Недра. 1984. – 200 с.

УДК 622.33:662.933

М.Н. Кибкало

РАЗРАБОТКА ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЯ НА ПРИМЕРЕ ЗУУХК «УКРЗАПАДУГОЛЬ»

Наведені загальні положення розробляємої економіко-математичної моделі "шахта – теплоенергетичний комплекс – модульний блок з переробки вугілля", деякі критерії оптимальності, математичні залежності та аспекти подальшої роботи у цьому напрямку.

При реструктуризації угольної отрасли особенно актуальным является вопрос эффективного использования углей низкого качества, запасы которых велики, но не пользуются спросом в качестве энергетического сырья.

Разработка экономико-математической модели оценки эффективности использования угля при исследовании возможностей реструктуризации предприятия, на основе получения различных видов продукции, предусматривает изучение целого ряда экономических и организационно-технических процессов,