

Максимальный чистый доход от портфеля проектов при годовой процентной ставке 24 % равен 355,464 тыс. грн., при 20 % - 361,22 тыс. грн., что вполне естественно.

Список литературы

1. Принятие решений с помощью Excel. Просто как дважды два Автор: Минько А. А. Издательство: М.: Эксмо г.2007
2. Экономико-математическое моделирование в системе поддержки принятия решений для строительных фирм/ Н.М. Ершова, Д.А. Чирин //Сб. науч. трудов. Строительство, материаловедение, машиностроение. № 47 - Днепр-ск, ПГАСА, 2008. – с. 265-270.

АВТОМАТИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ОБОГАЩЕНИЯ ЖЕЛЕЗНЫХ РУД ПО СИГНАЛАМ МАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ СЕПАРАТОРА

Жамиль Абедалрахим Жамиль Альсаяйде, Е. В. Кочура

(Украина, Днепропетровск, ГВУЗ «Национальный горный университет»)

Постановка проблемы в общем виде. Постановка задачи оптимизации включает выбор целевой функции и ограничений. Если производительность комплекса по переработанной руде Q_0 задается планом, то управляющими воздействиями являются расход воды в мельницу и классификатор, соответственно B_M и B_K . Постановка задачи управления ТКМО первой стадии может быть представлена в виде

$$\begin{aligned} Q_M &\rightarrow \max \\ Q &= Q_0; \beta \geq \beta_3; \varepsilon \geq C; \nu \leq a \\ B_{M \min} &\leq B_M \leq B_{M \max}; B_{K \min} \leq B_K \leq B_{K \max}, \end{aligned} \quad (1)$$

где Q_M – производительность комплекса по магнитному продукту; Q – производительность комплекса по переработанной руде; Q_0 – плановое значение переработки руды; β – массовая доля железа в концентрате; β_3 – заданное значение массовой доли железа в концентрате по технологической карте; ε, ν – соответственно извлечение и потери железа в хвостах; a, c – плановые значения технологических параметров обогащения по технологической карте; $B_{M \min}, B_{M \max}, B_{K \min}, B_{K \max}$ – соответственно минимальные и максимальные допустимые значения расхода воды в мельницу и классификатор.

Анализ последних достижений и публикаций. В связи с отсутствием надежных датчиков технологических переменных таких как массовые доли железа в руде, хвостах и концентрате для оптимального управления технологическими комплексами магнитного обогащения применяются методы интеллектуального управления в условиях недостатка информации основанные на теории нечетких множеств [1], нейронных сетях [2], моделях Гаммерштейна

[3]. Однако их реализация без надежных источников информации не позволяет достичь желаемых результатов. Алгоритмы и системы интеллектуального управления получаются достаточно сложными и в конечном результате недостаточно надежными.

Выделение нерешенной ранее части общей проблемы. Применение опробированных и надежных методов автоматической оптимизации технологических комплексов обогащения железных руд возможно только при наличии надежных источников информации, которую можно получить из сигналов магнитной индукции в рабочих зонах магнитного сепаратора [4].

Формулировка целей статьи. Целью настоящей работы является научное обоснование возможности оптимизации технологического комплекса обогащения железных руд по сигналам магнитной индукции.

Изложение основного материала. Постановка задачи оптимизации технологического комплекса магнитного обогащения включает в себя целевую функцию и ограничения (1) и уравнения моделей технологического комплекса. Методом регрессионного анализа для 22 секции обогатительной фабрики Северного ГОКа были получены следующие уравнения моделей технологического комплекса магнитного обогащения

$$Q_M = 0.35 - 0.15 \cdot 10^{-6} Q^2 - 0.11 \cdot 10^{-4} B_M^2 - 0.2 \cdot 10^{-5} B_K^2 + 0.29 \cdot 10^{-3} \alpha^2 + 0.15 \cdot 10^{-3} f_2^2 - 0.49 \cdot 10^{-3} f_3^2 - 0.97 \cdot 10^{-3} f_4^2 \quad (2)$$

$$\beta = 47.0 - 0.19 \cdot 10^{-4} Q^2 + 0.33 \cdot 10^{-2} B_M^2 + 0.69 \cdot 10^{-4} B_K^2 - 0.95 \cdot 10^{-2} \alpha^2 + 0.41 \cdot 10^{-3} f_2^2 + 0.16 \cdot 10^{-1} f_3^2 + 0.109 f_4^2 \quad (3)$$

$$\nu = 2.36 - 0.8 \cdot 10^{-6} Q^2 + 0.36 \cdot 10^{-3} B_M^2 + 0.23 \cdot 10^{-4} B_K^2 - 0.3 \cdot 10^{-3} \alpha^2 + 0.2 \cdot 10^{-2} f_2^2 + 0.35 \cdot 10^{-2} f_3^2 - 0.29 \cdot 10^{-1} f_4^2 \quad (4)$$

$$\varepsilon = 0.78 + 0.72 \cdot 10^{-7} Q^2 - 0.62 \cdot 10^{-5} B_M^2 + 0.1 \cdot 10^{-5} B_K^2 + 0.76 \cdot 10^{-4} \alpha^2 + 0.1 \cdot 10^{-3} f_2^2 - 0.29 \cdot 10^{-3} f_3^2 - 0.45 \cdot 10^{-5} f_4^2 \quad (5)$$

В уравнениях (2) – (5) f_1, f_2 – соответственно содержание общего и магнитного железа в исходной руде; f_3 – удельная работа дробления исходной руды, по которой оценивается твердость руды; f_4 – средневзвешенная крупность исходной руды. f_1, f_2, f_3, f_4 являются возмущающими воздействиями на процесс обогащения. Уравнения (2) – (5) также являются ограничениями в постановке задачи оптимизации.

Целью управления является определение оптимальных управляющих воздействий – расхода воды в мельницу B_M и классификатор B_K , удовлетворяющих постановке задачи оптимизации.

Данная задача оптимизации относится к классу задач нелинейного программирования и решалась методом Ньютона. Графически интерпретация решения задачи представлена на рис. 1. Заштрихованная область A_0BCD

представляет собой область допустимых значений управляющих воздействий, удовлетворяющих наложенным ограничениям. Кривая целевой функции Q_M касается области допустимых значений в точке A_0 . Координаты точки A_0 соответствуют оптимальным значениям расхода воды в мельницу B_{M0} и классификатор B_{K0} . В нашем случае $B_{M0} = 45 \text{ м}^3/\text{час}$, $B_{K0} = 217 \text{ м}^3/\text{час}$.

Функциональная схема системы автоматической оптимизации технологического комплекса магнитного обогащения представлена на рис. 2.

Система автоматической оптимизации технологического комплекса магнитного обогащения работает следующим образом. Сигналы с датчиков технологических переменных $Q_0, B_M, \beta, \alpha, \nu, B_K$ попадают через устройство связи с объектом в промышленную компьютерную рабочую станцию, которая по результатам опроса датчиков методом регрессионного анализа определяет математические модели технологического комплекса вида (2) - (5). Затем решается задача оптимизации и находятся оптимальные значения расхода воды в мельницу B_{M0} и классификатор B_{K0} .

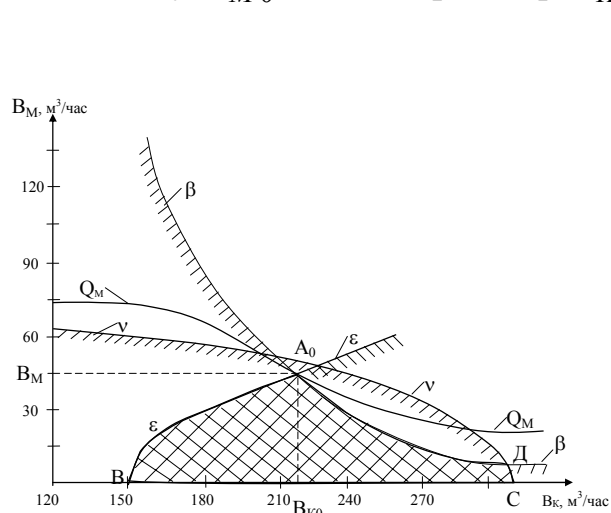


Рис. 1. Графическая интерпретация решения задачи оптимизации комплекса магнитного обогащения по производительности

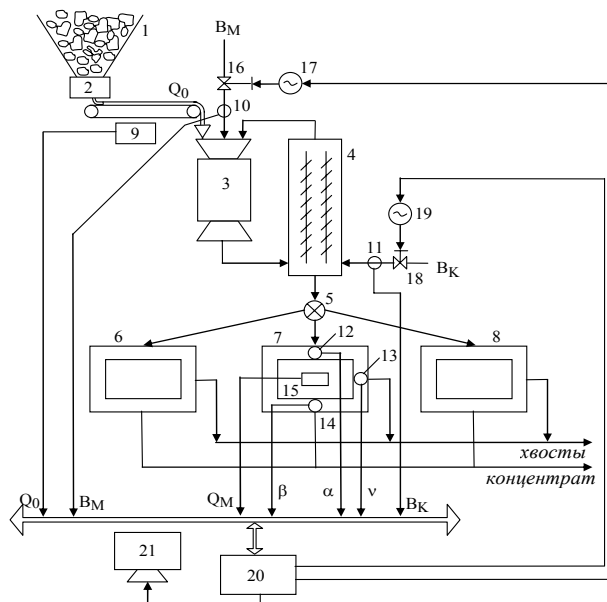


Рис. 2. Функциональная схема автоматической оптимизации технологического комплекса магнитного обогащения

Обозначения на рис. 2: 1 – бункер с рудой; 2 – вибропитатели; 3 – мельница; 4 – классификатор; 5 – пульподелитель; 6, 7, 8 – магнитные сепараторы; 9 – конвейерные весы; 10, 11 – соответственно датчики расхода воды в мельницу и классификатор; 12, 13, 14 – соответственно датчики массовой доли железа в исходном питании, хвостах и концентрате; 15 – датчик производительности сепаратора по магнитному продукту; 16, 18 – регулирующие клапаны расхода воды в мельницу и классификатор соответственно; 17, 19 – исполнительные электродвигатели; 20 – промышленная компьютерная рабочая станция; 21 – монитор; Q_0 – сигнал

датчика расхода руды в мельницу; V_M , V_K – соответственно расходы воды в мельницу и классификатор; Q_M – сигналы датчиков производительности магнитных сепараторов по магнитному продукту; β , α , ν – сигналы датчиков массовой доли железа в концентрате, исходном питании и хвостах.

Функциональная схема системы автоматического контроля технологических параметров обогащения представлена на рис. 3. Система реализована на базе промышленного магнитного сепаратора.

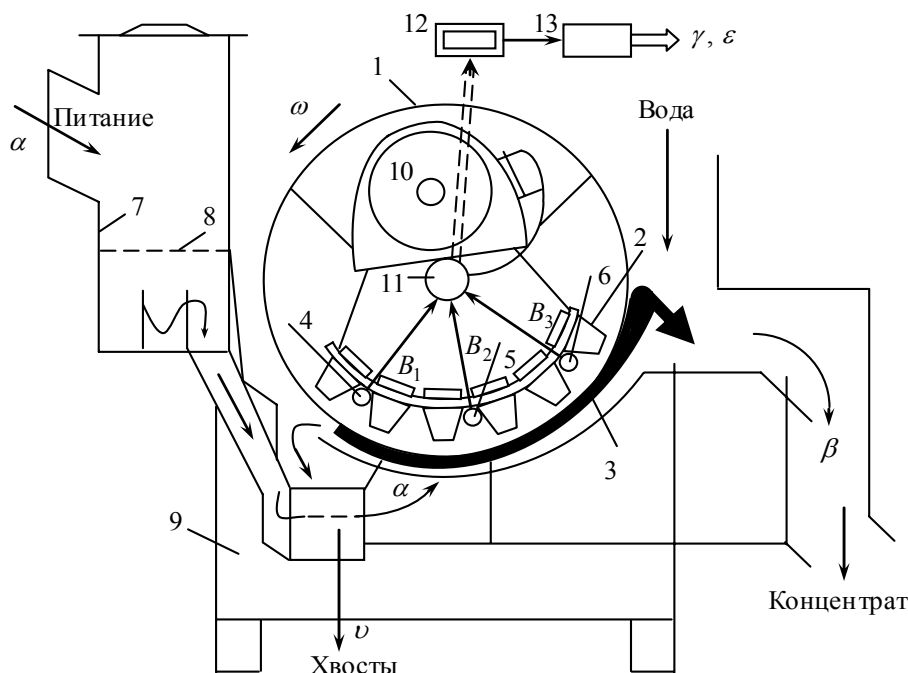


Рис. 3. Функциональная схема системы автоматического контроля технологических параметров магнитного обогащения

Обозначения на рис. 3: 1 – барабан сепаратора; 2 – магнитная система сепаратора; 3 – слой концентрата; 4, 5, 6 – магнитные резисторы; 7 – напорный бак; 8 – гидравлическое успокоительное устройство; 9 – корпус сепаратора; 10 – электродвигатель барабана сепаратора; 11 – полый вал барабана; 12 – микропроцессорный контроллер; 13 – принтер; ω – угловая скорость вращения барабана; α , β , ν – массовые доли железа соответственно в питании, концентрате и хвостах; B_1 , B_2 , B_3 – магнитные индукции соответственно в зонах выделения хвостов, питания сепаратора и в зоне выделения концентрата.

При подаче рудной пульпы в ванну сепаратора происходит расслоение питания на бедные и богатые фракции. Богатые фракции, содержащие частицы магнетита, притягиваются к вращающемуся барабану 1 сепаратора магнитной системой 2 и формируют на барабане слой концентрата 3. Слой концентрата изменяет магнитную индукцию в рабочих зонах сепаратора. В зоне подачи рудной пульпы устанавливается чувствительный элемент 5 в виде линейного магнитного резистора. При изменении массовой доли железа в руде α изменяется магнитная индукция B_2 , сопротивление магнитного резистора изменяется, преобразуется в цифровой сигнал и подается в микропроцессорный

контроллер. Аналогично измеряется магнитная индукция B_1 в зоне выделения хвостов, пропорциональная ν и магнитная индукция B_3 в зоне выделения концентрата, пропорциональная β . Цифровые коды сигналов магнитной индукции B_1, B_2, B_3 подаются в микропроцессорный контроллер 12, где с помощью подпрограмм по уравнениям регрессии рассчитываются массовые доли железа α, β, ν в исходном питании, концентрате и хвостах.

По известным формулам рассчитываются выход магнитного железа γ и извлечение железа в концентрат ε . Приведена схема алгоритма расчета всех технологических параметров обогащения магнитообогатительной фабрики. Приводится научное обоснование возможности автоматической оптимизации технологического комплекса магнитного обогащения руд по производительности по магнитному продукту на основе применения промышленного магнитного сепаратора как технического средства автоматизации.

Выводы и перспективы дальнейших исследований. Установлена возможность автоматической оптимизации по сигналам магнитной индукции сепаратора технологического комплекса магнитного обогащения железных руд, состоящего из шаровой мельницы, работающей в замкнутом цикле со спиральным классификатором соединенных последовательно с группой параллельно работающих магнитных сепараторов по критерию производительности и ограничениям по массовым долям железа в концентрате, хвостах, извлечению и выходу концентрата и плановой производительности мельницы по исходной руде, путем определения и задания оптимальных расходов воды в мельницу и классификатор.

Научно обоснованы и разработаны функционально-алгоритмические структуры системы автоматического контроля, регулирования и оптимизации технологических комплексов магнитного обогащения железных руд по сигналам магнитной индукции сепараторов.

Перспективы дальнейших исследований заключаются в обосновании функционально-алгоритмических структур автоматической оптимизации технологических комплексов магнитного обогащения вторых и третьих стадий.

Список литературы

1. Хорольський В. П. Експертна система підтримки операційних рішень в АСУТП збагачувальної фабрики / Хорольський В. П., Хоцькіна В. Б // Вісник Криворізького технічного університету. Збірник наукових праць. – 2006. – №13. – С. 55-59.
2. Купін А. І. Інтелектуальна ідентифікація та керування в умовах процесів збагачувальної технології / Купін А. І. – Кривий Ріг: Видавництво КТУ, 2008. – 204 с.
3. Поркуян О. В. Ідентифікація об'єктів управління на основі моделей Гаммерштейна відносно к процесам сепарації / Поркуян О. В. – Вісник Криворізького технічного університету. – 2007. – № 19. – С. 77-85
4. Кочура Е. В. Разработка и экспериментальные исследования устройства для автоматического контроля и управления магнитным полем сепаратора / Кочура Е. В., Коломиец В. И. // Обогащение руд. – 1991. – № 6. – С. 30.