

4. **Белецкий Б. Ф.** Технология и механизация строительного производства. / **Б.Ф. Белецкий.** - Ростов: Феникс, 2004. – 752 с.

5. **Головнев С. Г.** Технология зимнего бетонирования. Оптимизация параметров и выбор методов. / **С.Г. Головнев** - Челябинск: ЮурГУ, 1999. - 156 с.
Рукопись подано до редакції 12.03.12

УДК 622.73-52

И.А. МАРИНИЧ, ст. преподаватель, ГВУЗ «Криворожский национальный университет»

АДАПТИВНОЕ СОГЛАСОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ДРОБИЛЬНО-ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЬНЫМ КОМПЛЕКСОМ НА БАЗЕ СТРУКТУРЫ С РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ ФУНКЦИИ СОКРАЩЕНИЯ КРУПНОСТИ РУДЫ

Приведено описание принципов построения АСУТП с применением распределенных регуляторов и согласованного адаптивного управления дробильно-измельчительным комплексом горно-обогатительного комбината на базе модели с распределенными параметрами функции сокращения крупности руды.

Ключевые слова: распределенный регулятор, функция сокращения крупности, моделирование, дробильно-измельчительный комплекс.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Процессы переработки минерального сырья, в особенности циклы дробления и измельчения, являются наиболее энергоемкими и ресурсозатратными в горно-обогатительной отрасли промышленности: на операции дробления и измельчения руды расходуется до 70 % потребляемой горно-обогатительным комбинатом электроэнергии, а общие энергозатраты достигают 20 % от всей вырабатываемой в стране электроэнергии [1,2]. Энергопотребление таких комплексов в значительной степени определяется качеством руды, которая поступает на переработку.

Уменьшить негативное влияние изменений характеристик исходной руды на энергопотребление дробильно-измельчительных комплексов горно-обогатительных комбинатов и при этом максимизировать их производительность по готовому продукту заданного качества возможно только при наличии эффективного автоматизированного управления технологическим процессом.

Анализ исследований и публикаций. Существующие системы автоматизированного управления процессами дробления и измельчения руды, вследствие устаревших методов идентификации и моделирования объектов управления, которые используются при их разработке и эксплуатации, не обеспечивают качественного формирования и поддержания оптимальной степени измельчения перерабатываемого сырья в условиях изменяющихся физико-механических и химико-минералогических его характеристик, что негативно отражается на качестве конечного продукта и энергоэффективности технологического процесса.

К основным направлениям, позволяющим уменьшить эти затраты, следует отнести разработку и внедрение в производство нового высокоэффективного оборудования, совершенствование схем дробильно-измельчительных переделов, а также оптимизацию управления технологическим процессом. Для обеспечения оптимальной работы обогатительных аппаратов необходимо получение продукта с максимальным выходом заданных классов крупности, то есть продукта с определенной гранулометрической характеристикой. Решение этих задач позволит снизить безвозвратные потери ресурсов, повысить качество конечного продукта и оптимизировать энергопотребление в целом.

Цель исследований. Целью исследований является разработка принципов, структуры и системы энергоэффективного адаптивного управления дробильно-измельчительным комплексом горнообогатительного комбината на базе модели с распределенными параметрами функции сокращения крупности руды.

Изложение материала и результаты. В процессе дробления - измельчения руды происходит изменение ее гранулометрической характеристики, эти операции носят случайный характер и в любой момент времени характеризуются переходными вероятностями [1]. При математическом описании этих процессов можно полагать, что параметр крупности распределен по объекту «перерабатываемая руда», а сам дробильно-измельчительный комплекс целесообразно рассматривать как систему с распределенными параметрами функции сокращения крупности перерабатываемого сырья.

Математические модели распределенных систем, в отличие от моделей систем с сосредоточенными параметрами, рассматриваемыми в классической теории управления, описываются дифференциальными уравнениями в частных производных, что ведет к их принципиальному усложнению. Усложнение класса систем ведет к усложнению методов их исследования и проектирования, а также к необходимости широкого использования численных методов, вследствие невозможности получения аналитических решений в большинстве случаев [6].

Поэтому объект исследования удобно разбить на элементарные процессы, которые разделены между собой - цикл дробления-измельчения отделен от цикла перемещения, отдельные циклы процессов стоят последовательно друг за другом [4]. Далее будем рассматривать формирование согласованного адаптивного управления многостадийным процессом сокращения крупности руды путем формирования оптимальной функции распределения ее частиц по крупности для выходных продуктов дробильных и измельчительных агрегатов каждой стадии с учетом их производительности и энергозатрат на процесс, что, в конечном счете, позволит уменьшить удельные затраты на единицу готового продукта [1].

Обобщенная структурная схема распределенной системы управления представлена на рис. 1.



Рис. 1. Структурная схема распределенной системы управления

Распределенные высокоточные регуляторы (РВР), нашли широкое применение в системах управления различными технологическими процессами. В общем случае передаточная функция

такого регулятора состоит из распределенных пространственно-усилительного, идеального пространственно-интегрирующего и идеального пространственно-дифференцирующего звеньев [5].

Передаточная функция распределенного высокоточного регулятора имеет вид [5]

$$W(x, y, s) = E_1 \left[\frac{n_1 - 1}{n} - \frac{1}{n} G \right] + E_2 \left[\frac{n_2 - 1}{n} - \frac{1}{n} G \right] \cdot \frac{1}{2} + E_3 \left[\frac{n_3 - 1}{n} - \frac{1}{n} \nabla^2 \right], \quad (1)$$

где E_1, E_2, E_3 - заданные числа (коэффициенты усиления); x, y - пространственные координаты; ∇ - лапласиан; s - оператор Лапласа; n_1, n_2, n_3 - весовые коэффициенты ($n_1 > 1, n_2 \geq 1, n_3 \geq 1$).

Передаточная функция РВР, записанная с использованием обобщенной координаты, может быть представлена в виде следующего соотношения [5]

$$W(G, s) = E_1 \left[\frac{n_1 - 1}{n} - \frac{1}{n} G \right] + E_2 \left[\frac{n_2 - 1}{n} - \frac{1}{n} G \right] \cdot \frac{1}{2} + E_3 \left[\frac{n_3 - 1}{n} - \frac{1}{n} G \right] s \quad (2)$$

$$0 \leq G \leq \infty.$$

Для оптимизации процесса формирования сокращения крупности руды дробильно-измельчительным комплексом, целесообразно использовать интегральный критерий согласованного управления многостадийными процессами [3].

Реализация его в структуре управления, представленной на рис. 2, позволяет учитывать скорость формирования определенных фракций крупности руды, производительность и удельные затраты на производство единицы выходного продукта каждой стадии в условиях неполной и нечеткой информации об объекте управления путем формирования динамической коррекции параметров регулирующих структур.

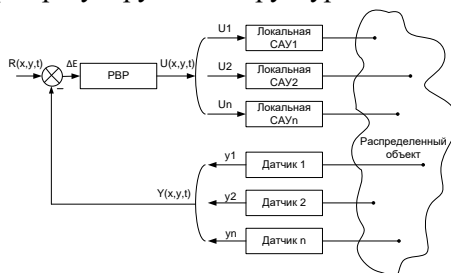


Рис. 2. САУ многостадийным распределенным объектом

На рис. 3 приведена блок-схема вычислительной процедуры, которая лежит в основе интегрального критерия управления распределенными структурами [3].

Техническая реализация распределенной АСУТП может быть реализована на современных контроллерах и устройствах серийно выпускаемых фирмами Siemens, Schneider Electric, Alan Bradley, Контравт и других.

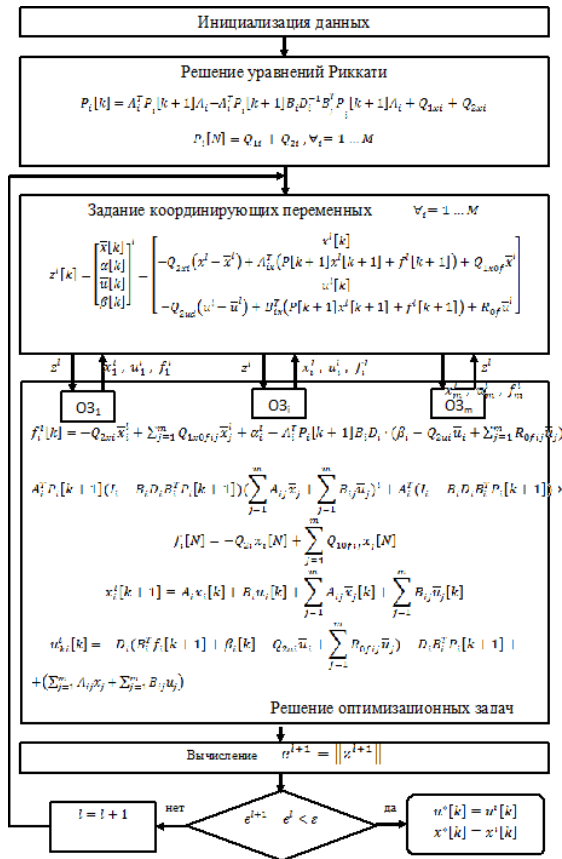


Рис. 3. Блок-схема вычислительной процедуры

В приведенной на рис. 4 схеме, распределенной АСУТП на базе модулей Контравт управляющие панели Power Panel 200, выполняют функции промышленного контроллера. При этом осуществляется взаимосвязанное регулирование технологическим процессом при помощи MDS-модулей и регуляторов МЕТАКОН, выполняется необходимая визуализация. Кроме того, панели Power Panel 200 выполняют связующие функции, поскольку могут использовать данные из нескольких гетерогенных сетей, логически связывая ее в одну. Эти данные используются, как для управления, так и для архивирования. В сложных системах в качестве приборов управления могут применяться регуляторы МЕТАКОН в комбинации с дискретными модулями ввода-вывода.

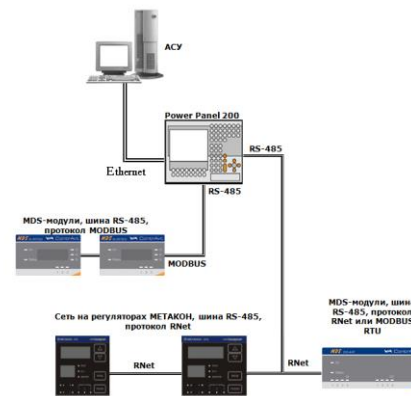


Рис. 4. Схема распределенной АСУТП на базе модулей Контравт

Выводы. Основным условием оптимизации управления дробильно-измельчительным комплексом является формирование гранулометрического состава руды, обеспечивающего необходимое качество ее обогащения в соответствии с текущими характеристиками перерабатываемого сырья. Представление модели дробильно-измельчительного комплекса горнообогатительного комбината в виде структуры с распределенными параметрами функции сокращения крупности перерабатываемой руды позволяет минимизировать удельные затраты на процессы дробления-измельчения и добиться максимальной производительности технологической линии.

Применение согласованного адаптивного управления многостадийным процессом сокращения крупности руды путем формирования оптимальной функции распределения ее частиц по крупности для выходных продуктов дробильных и измельчительных агрегатов каждой стадии с учетом их производительности и удельных энергозатрат на процесс позволяет добиться эффективного управления всем комплексом в целом, что положительно сказывается на себестоимости конечного продукта.

Список литературы

1. Моркун В.С. Адаптивные системы оптимального управления технологическими процессами / В.С. Моркун, А.А. Покурченко, И.А. Луценко. - Кривой Рог: Минерал. - 261 с.
2. Купін А.І. Інтелектуальна ідентифікація та керування в умовах процесів збагачувальної технології : Монографія / А.І.Купін.- Кривий Ріг: КТУ, 2008. - 204 с.
3. Лыченко Н.М. Алгоритмы децентрализованного координированного управления дискретными системами с заданными характеристиками динамики. // Проблемы автоматизации и процессов управления. - №1. с.10-17, Бишкек, 2002.
4. Мухин О.И. – Моделирование сложных систем: Электронный учебник-Пермь, ПГТУ, 2009. Режим доступа: <http://stratum.ac.ru/textbooks/modelir/lection17.html>
5. Першин И. М. Анализ и синтез систем с распределенными параметрами. Монография, Пятигорск, 2007. - 245 с.
6. Рапопорт Э.Я. Структурное моделирование объектов и систем управления с распределенными параметрами: Учебн. пособие / Э.Я. Рапопорт. - М.: Высш. шк., 2003. - 299 с.

Рукопись поступила в редакцию 19.03.12