

Рис. 1. Блок-схема алгоритма

Как уже отмечалось, для распределения вероятностей процедура в принципе аналогична для определения g_k – наиболее противоречивой информационной гранулы. Рекомендации по ее изменению здесь выглядят несколько иначе – чрезмерно требовать у СПР замены нечеткой вероятности λ_k , входящей в информационную гранулу g_k , на вероятность, определенную из решения задачи, аналогичной

$$\lambda_k^* = \int_X \mu_{G_i}(x) f^*(x) dx$$

поскольку последняя является обычным (четким) числом. Действительно, если первоначально были заданы нечеткие вероятности для соответствующих нечетких событий, то вряд ли затем СПР сможет заменить их четкими числами. Поэтому коррекция информационной гранулы g_k здесь выглядит как сдвиг нечеткой вероятности λ_k вдоль оси вероятностей до тех пор, пока не выполнится условие

$$\mu_{\lambda_k}(\lambda_k^*) = 1.$$

Следует иметь в виду специфические особенности нечетких распределений вероятностей: нормировка исходных данных также может привести к увеличению W_i^* . Поэтому алгоритм проверки внутренней непротиворечивости нечеткого распределения вероятностей, оставаясь в общем виде таким же, как на рис. 6.8, содержит в себе (при расчете W_i^*) дополнительный блок нормировки нечеткого описания (1), состоящего из информационных гранул, путем одновременного сдвига всех λ_i ($i=1, \dots, n$) вдоль оси вероятностей до тех пор, пока возрастает величина W_i^* .

Полнота исходных данных обычно понимается как отсутствие в них разного рода "белых пятен". При этом можно выделить:
 – внутреннюю полноту – когда в нечетком описании (1) информационные гранулы охватывают полностью все множество X возможных критериальных оценок, т. е. в X нет таких критериальных оценок, относительно полезности или вероятности которых ничего не говорится;
 – внешнюю полноту – когда в множестве X нет никаких критериальных оценок, полезность или вероятность которых согласно имеет высокую степень нечеткости.

Таким образом, наличие даже нечетких сведений обо всех критериальных оценках делает соответствующее нечеткое описание внутренне полным. Однако внешне полными нечеткие исходные данные можно считать лишь тогда, когда проанализированы не только аргументы рассматриваемых зависимостей, но и соответствующие значения функций.

Рассмотрим проверку внутренней полноты нечетких исходных данных. В работе [1] предложено оценивать ее степенью покрытия области возможных критериальных оценок X нечеткими аргументами G_i , входящими в соответствующие информационные гранулы g_i ($i = 1, \dots, n$) типа (1). Содержательно это будет степень невозможности того, что во множестве X найдется такая критериальная оценка, которая не принадлежит нечеткому множеству $Y = \bigcup_{i=1}^n G_i$, являющемуся объединением всех упомянутых в описании (1) нечетких критериальных оценок, иными словами, степень внешней полноты есть степень необходимости события:
 Все критериальные оценки в X принадлежат нечеткому множеству $Y >$, и которая при минимаксной интерпретации теоретико-множественных операций может быть выражена как

Таким образом, W_2 отражает степень, с которой критериальные оценки G_i $i=1, 2, \dots, n$ полностью покрывают область X. Очевидно, что $0 \leq W_2 \leq 1$, причем $W_2 = 1$, когда область X покрыта полностью, т. е. любая критериальная оценка $x \in X$ полностью принадлежит нечеткому множеству Y, тогда как $W_2=0$ означает, что имеется такая критериальная оценка $x \in X$, которая совсем не принадлежит нечеткому множеству Y. На рис. 2 приведена геометрическая интерпретация W_2 для случая $n = 3$.

Рис. 2. Геометрическая интерпретация W_2

Если выявлена внутренняя неполнота нечетких исходных данных (когда W_2 ниже допустимого предела), то необходимо определить такое подмножество $X' \subseteq X$, которое может быть названо "белым пятном", например, подмножество

Для устранения внутренней неполноты необходимо обратиться к СПР с заданием дать какие-либо сведения относительно полезности или вероятности критериальных оценок из подмножества X. Проверка внешней полноты несколько сложнее, поскольку необходимо учитывать не только значения аргумента, но и значения функции, описываемой (1). При проверке внешней полноты анализируется, насколько нечетким является полезность или вероятность той или иной нечеткой критериальной оценки, т. е. необходим показатель нечеткости. В качестве такого показателя можно принять мощность нечеткого множества. Действительно, при проверке внешней полноты мы заинтересованы, чтобы полезность или вероятность критериальных оценок была задана как можно точнее, в идеале – четкими числами. Следовательно, чем больше мощность нечеткого множества, тем более неопределенное значение соответствующей характеристики оно описывает. Проверка внешней полноты основана на применении оценки

$$v^* \text{ или } \lambda^* \text{ (7)}$$

т. е. на определении значения полезности v^* или вероятности λ^* некоторой нечеткой критериальной оценки G^* , если соответствующая зависимость описана в виде (1). Алгоритм проверки состоит в следующем. Вначале фиксируется некоторая нечеткая критериальная оценка G^* с функцией принадлежности $\mu_{G^*}(x)$, $x \in X$. Последовательно перемещая эту функцию принадлежности по области X, получаем серию одинаковых по мощности нечетких критериальных оценок $\{G_1^*, G_2^*, \dots, G_n^*\}$ разных частей X.

Процесс принятия решений согласно заданной целевой функции включает определение цели, формулирование задачи ПР и выбор альтернатив. Задача ПР формулируется следующим образом. Имеется семейство решений, которое, не теряя общности, может быть представлено в виде матрицы решений:

$$E = \{E_{ij} \mid i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n\},$$

где m, n – число вариантов решений и внешних условий, влияющих на них соответственно.

Под результатом решения делается оценка, соответствующая варианту E_j и внешним условием F_j и характеризующая решение с точки зрения выгоды (экономического эффекта, полезности и др.) на основании некоторой целевой функции Z_k :

$$E_{ij} = \{E_{ij} \mid E_{ij} \in E \cap e_{ij} = Z_k\}.$$

Задача принятия решения может быть охарактеризована как $\langle A, E, S; T \rangle$. Здесь исходными полагаются: A – множество альтернатив; E – среда задачи ПР; S – система предпочтений, реализованная в СПР. Требуется выполнить некоторое действие T над множеством альтернатив A – найти наиболее предпочтительную альтернативу, выделить множество недоминируемых альтернатив, линейно упорядочить множество допустимых альтернатив или др.

Если теперь из решения задачи (7) получить серию соответствующих нечетких полезностей или нечетких вероятностей, то при внешне полном описании (1) можно ожидать, что они также будут одинаковыми по мощности. Если это не так, то большая мощность нечеткой полезности или нечеткой вероятности укажет на неполноту соответствующего описания, т. е. на недостаточно определенные сведения относительно полезности или вероятности некоторых критериальных оценок по сравнению с остальными.

Приведенные выше математические построения были использованы при разработке алгоритма адаптивного управления энергетикой процессом взаимодействия. При этом создана версия пакета прикладных программ (ППП) ADVICE [3] для ПР на нечетких числах. Пакет содержит классические, производные и нечеткие критерии ПР, является открытой системой и имеет графическое изображение результатов анализа [4]. Лингвистическая аппроксимация позволяет осуществить вербальное представление результатов обработки нечеткой информации: лингвистических моделей при принятии решений по управлению или ответов на вопросы системы, принимающей решение.

Список литературы

1. Обработка нечеткой информации в системах принятия решений / Борисов А.Н., Алексеев А.В., Меркурьева Г.В. и др. – М.: Наука, 1989. – 303 с.
2. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и ее приложение. – М.: Мир, 1972. – 120 с.
3. Цокуренко А.А. Программное обеспечение для критерияльной обработки нечеткой и лингвистической информации. // УсиМ. – 1999. – № 5. – С. 21–26.
4. Цокуренко А.А. Некорректные задачи на неструктурированных данных. // УсиМ. – 2001. – № 3. – С. 30–37.

© Моркун В.С., Барский С.Н., Цокуренко А.А., Поркун О.В., 2005

Надійшло до редакції 15.08.2004 р.
 Рекомендовано до публікації к.т.н. Ю.Ю. Кривенком

УДК 622.733-52

В.П. ХОРОЛЬСКИЙ, д-р. техн. наук, **В.Б. ХОЦКИНА**
 (Украина, Кривой Рог, Криворожский экономический институт КНЭУ),
Е.К. БАБЕЦ, канд. техн. наук
 (Украина, Кривой Рог, Криворожский технический университет)

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ ОБОГАЩЕНИЯ РУД

Введение

Повышение эффективности работы предприятий горно-металлургического комплекса (ГМК) за счет внедрения автоматизированных и робототизированных систем управления производством концентратов (окашшей) – одно из наиболее важных направлений стратегического развития отрасли, сформулированных в государственном проекте ее реструктуризации [1]. Эффективность автоматизированных систем управления процессами производства продукции на предприятиях ГМК в большей степени зависит от оптимального управления сложными технологическими процессами дробления, измельчения, классификации, флотации, фильтрации, окомковывания, обжига, которые представляют собой совокупность нелинейных материальных и энергетических потоков, отличающихся большим числом управляющих воздействий, ограничений и возмущений со стороны окружающей среды. Эти особенности дополняются сложными процессами маркетинга продукции, значительными требованиями к конкурентоспособности продукции в условиях рынка, ее качеству. В этой ситуации наиболее обоснованным методологическим подходом в управлении сложными технологическими процессами, как известно, является многоуровневое распределенное управление [2]. Оно обладает рядом важных преимуществ, в частности, задачу управления большой размерности, с целью упрощения решения, позволяет представить в виде иерархии более простых подзадач. Теория иерархических систем в настоящее время интенсивно развивается как в области технических, экономических систем [3], так и в области оптимального планирования с использованием интегрированных информационных систем управления предприятием [4].

Таким образом, задачи управления сложными технологическими процессами переработки руд решаются в реальном масштабе времени на нижнем уровне производства концентрата и окашшей и тесно связаны с ERP – системами. Такие корпоративные информационные системы предназначены для управления финансово-хозяйственной деятельностью предприятия и затрагивают ключевые бизнес-процессы в сфере производства, бюджетирования, финансов, управления персоналом, сбыта, управления запасами и т.д. На украинском рынке ERP – систем для горно-обогатительных комбинатов наиболее известными поставщиками программных решений являются системы "Галактика", "Парус" и др. [5].

Фирма "Сименс" (ФРГ) разработала программные продукты обеспечения с использованием периферийных устройств [6]. Это делает возможным глобальную обработку данных о производственных процессах, о ходе, тенденциях и изменениях производственных процессов осуществлять диагностику оборудования, прогнозирование и управление сложными технологическими процессами. Разработанные пакеты Simatik Certified Software (SCS) были предложены фирмой при проектировании АСУТП обогатительной фабрики КГОКОРА.

В последние годы получили распространение пакеты SCADA (системы диспетчерского управления сбора данных), которые являются одним из популярных средств для программирования систем автоматизации технологических процессов. Они предназначены для создания интерфейсов человек-машина (МММ, Man, Machine Interface), регистрации, отображения и архивирования данных в АСУТП, а также в интеллектуальных системах управления энергоемкими технологическими процессами [7].

Основная часть работы

Цель исследований – разработка и теоретическое обоснование требований к АСУТП предприятий горно-металлургического комплекса. Первой основной задачей принятия решения об автоматизации сложных технологических процессов можно считать идею об определении целесообразности автоматизированного управления технологическими процессами с применением современных вычислительных комплексов, а также достаточной полноты и точности информационного обеспечения (информационного мониторинга) исследуемого объекта.

Это задача решается на основе экспертного анализа предприятия с целью определения экономического выгодного объема производства, уровня автоматизации и соответствующей сложности математического описания. На этой стадии широко применяются математические методы обработки мнений различных специалистов (рабочих, мастеров, главных инженеров, директоров, начальников рудодобывательных лабораторий, специалистов КИП и автоматики), а также статистической обработки данных о работе АСУТП. В таблице приведены характеристики типовых АСУТП дробильных, обогатительных и окомковательных фабрик, полученные в результате экспертного оценивания информации от менеджеров и специалистов предприятий ГМК.

Менеджеры предприятий	Выгоды, удобства и преимущества от внедрения АСУТП
1	2
Директор по финансам	Возможность получения прибыли за счет расширения зон обслуживания, экономии энергоресурсов, сокращения количества простоев, улучшения качества продукции. Переход к ситуационному "портфельному" управлению заказами продукции. Эффективное использование команд ситуационного управления процессами производства продукции.
Главные инженеры	Получение системы управления современного уровня. Переход на качественно интеллектуальный уровень управления производством. Возможность получать своевременную и объективную информацию, принимать правильные решения.
Начальник ПТО	Возможность анализа работы технологического оборудования за счет использования архивных данных. Накопление статистики, любые расчеты по известным или разработанным на месте алгоритмам (эффективность, КПД, затраты и т.д.). Ведение любых заранее оговоренных форм отчетности.

Таблица

Главный метролог	Получение средства измерения с предоставляемой методикой поверки. Автоматическая поверка (калибровка). Получение приборов для поверки ППК, которые могут быть использованы для надзора и поверки практически всего отечественного и импортного измерительного оборудования.
Начальник дробильной, обогащательной, окомковательной фабрик	Повышение срока службы технологического оборудования. Снижение аварийности за счет надежной автоматизации. Поддержание оптимальных режимов работы за счет автоматического и адаптивного регулирования, контроль параметров энергопотребления работоспособности. Возможность ведения журнала электронного оборудования. Возможность планирования ремонтов и остановок. Возможность анализа работы дробильного, измельчительного оборудования. Мониторинг аварийных ситуаций на основании архивных данных (фактов).
Представители службы цехов КИПиА	Повышение значимости службы в коллективе производства. Возможность создания привлекательных рабочих мест за счет внедрения новейшей техники. Компьютеризация службы, ее насыщение современными приборами. Разбор аварийных ситуаций на основании архивных данных. Использование современного надежного оборудования с минимальными временными и материальными затратами на эксплуатацию. Полная диагностика подключенного оборудования (датчиков, механизмов). Дополнительный сервис при работе с исполнительными механизмами (контроль – времени движения, снятие расходных характеристик и т. д.).

Продолжение таблицы

1	2
Начальники отделов АСУТП (АСУ)	Возможности до обучения систем. Открытая система, программное обеспечение для программирования, мониторинга, возможности внесения изменений в адаптивные системы управления. Возможность коррекции адаптивных систем нижнего уровня управления. Получение современной элементной базы, интересной работы, возможности роста.
Операторы технологий	Интеллектуализация сложных технологических процессов. Автоматическое выполнение рутинных операций. Простота и наглядность управления оборудованием. Система защит, блокировок; предупреждений и сигнализации в требуемом объеме. Необходимая требуемая глубина детализации при сохранении контроля за процессом в целом. Автоматическая генерация отчетов всех видов. Осуществимость вмешательства в алгоритмы работы АСУТП на любой стадии с возможностью возврата к автоматическому управлению. Получение и хранение всей информации в удобной для оператора форме.

Рассмотрим более подробно требования, предъявляемые к автоматизированным системам управления процессами переработки руды в концентрат на обогатительных фабриках предприятий горно-металлургического комплекса Украины.

Как правило, в АСУТП предприятием ГМК предусмотрена центральная система управления (высший уровень), в которой работает микро-ЭВМ SIMIKROX с интеллектуальными терминалами управления технологическим процессом. Целевая функция управления процессами переработки руд в линиях обогащения может быть записана как

(1)

при ограничениях выходных показателей

(2)

(3)

где Q_n – производительность n-линий фабрики по выпуску концентрата, т/час; $Q_{n, \text{max}}$ – оптимальная производительность n-линий фабрики по выпуску концентрата, т/ч; α и β – содержание общего железа в концентрате и его заданные значения по технологическим

картам управления; γ и δ – допустимые и заданные потери магнитного железа в хвостах.

Структура систем управления – трехуровневая иерархическая и состоит из:

- местной автоматикой, осуществляющей контроль и управление работой технологического оборудования;
- диспетчерских пунктов управления (ДПУ) на каждой из фабрик, производящих контроль и управление технологическим процессом по каждой стадии технологического передела руды;
- центрального диспетчерского пункта (ЦДП), координирующего работу уровней управления.

АСУТП выполняет:

- контроль ТП и состояния оборудования, программное и логическое (в том числе дистанционное) управление технологическим оборудованием дробильной, обогатительной, окомковательной (агломератной) фабрик;
- технологическое регулирование процессами дробления, измельчения, классификации, магнитной сепарации, фильтрации, окускования и обжига, централизованный сбор, индикацию и регистрацию информации в цифровой и аналоговой форме (в том числе по инициативе оператора или руководителя (пункты АРМ));
- расчет технико-экономических показателей (ТЭП) по фабрике и комбинату в целом; расчет оптимальных режимов ТП; формирование и выдачу советов оперативному персоналу; формирование отчетных документов по входным и выходным показателям фабрик (ДФ, ОФ, ФОК) в целом ежедневно, ежесуточно и ежемесячно;
- диагностику технологического оборудования и хода технологического процесса;
- управление технологическим процессом дробильной, обогатительной и окомковательной фабрик в режиме зонных периодов управления энергоемкими технологическими процессами [4].

На каждом дистанционном пункте (ДП) имеются подсистемы сбора и первичной обработки информации; диалога с оператором; автоматизации управления работой технологического оборудования; обмена информацией с верхним уровнем управления, а на ЦДП – подсистемы обмена информацией с нижним уровнем управления; контроля ТП и состояния оборудования; расчета ТЭП и регистрация параметров; диалога с оператором; определения оптимальных режимов ТП; формирования управляющих воздействий.

Каждая подсистема реализована в виде программного модуля.

Подсистема сбора и первичной обработки информации обеспечивает опрос параметров, их минерализацию, фильтрацию и интегрирование, контроль достоверности. Период опроса параметров – 90 секунд. В результате формируются база данных, база знаний и массивы текущих значений, используемые в других подсистемах.

Подсистема диалога с оператором отображает информацию из массивов текущих значений (по требованию оператора) или при отклонении состояния оборудования от предыдущего.

Исходными данными для работы подсистемы автоматизации управления работой оборудования являются микрокоманды, поступающие от оператора

ДП ОФ или с верхнего уровня управления (ЦДП ГОКа).

Каждая микрокоманда управления технологическим оборудованием фабрики (шаровых мельниц, классификаторов, гидроциклонов, зумпфов, магнитных сепараторов) разворачивается во временную последовательность микрокоманд, что обеспечивает выполнение регламента пуска – останова технологического оборудования. Наряду с выдачей микрокоманды подсистема контролирует ее исполнение.

Задачи подсистем обмена информацией между уровнями управления выполняются на всех (трех) уровнях и реализуют периодическую трансляцию с ДП ОФ на ЦДП ГОКа аналоговых, интегральных и изменившихся дискретных параметров.

С ЦДП ГОКа на нижний уровень управления спорадически передаются выработанные оператором или в результате решения оптимизационных задач команды управления технологическим оборудованием (микрокоманды). Обмен информацией инициируется верхним уровнем управления.

Подсистема контроля ТП и состояния оборудования решает задачи контроля отклонения аналоговых и дискретных параметров состояния оборудования и анализа выполнения команд управления оборудованием. Контроль отклонений выявляет выход параметров за регламентные границы. Для ряда параметров ЭВМ осуществляет прогнозирование величин: процентное содержание труднообогатимых руд, процентное содержание общего железа в промпродуктах, расход электроэнергии на 5, 10, 15 мин в интервале и в зонные периоды управления электропотреблением [8].

Для дискретных параметров выявляются отклонения от предыдущих значений, а все отклонения отображаются (передаются) оператору ДП. При решении задачи ситуационного управления обогатительной фабрикой на верхнем уровне непрерывно оценивают ситуации, связанные с управлением "портфелем" заказа по траектории ликвидности предприятия [4]. Ликвидность рассчитывается нарастающим итогом до соответствующего периода, как превышение поступлений минус затраты по инвестициям в сфере производства и сбыта, минус затраты, связанные с выполнением "портфеля" заказов.

Таким образом, надежность измерений и сбор данных – основа для мониторинга процесса переработки руды в концентрат, составления отчетов, расчетов математических моделей, экспертных систем, имитационного моделирования в компьютерах верхнего уровня для обеспечения принятия решений на всех уровнях от операторов до инженеров, обеспечивающих оптимизацию технологического процесса.

Информационная система предприятия состоит из ЭВМ верхнего уровня и АРМ специалистов, применяемых для планирования производства, согласования по времени и составления отчетов руководству комбината на рабочем уровне. Приведенная на рис. 1 система супервизорного управления работает следующим образом. Она организует и фильтрует данные о процессе в реальном масштабе времени с применением средств и алгоритмов, описывающих процессы измельчения, классификации и магнитной сепарации [9].

Рис. 1. Упрощенная схема интеллектуального управления предприятием ГМК

Супервизорная система связана с локальными сетями автоматизации процесса подачи руды и шаров на каждую технологическую линию, подачи воды в шаровую мельницу первой стадии измельчения, классификатор и магнитный сепаратор, а также с локальными системами адаптивного управления второй и третьей стадии измельчения, классификации и магнитной сепарации. Целевые значения уставок рассчитывает ЭВМ верхнего уровня, воздействуя посредством контроллеров нижнего уровня на исполнительные механизмы подачи руды и воды в шаровую мельницу первой стадии.

Сменный мастер контролирует качество концентрата по тренду изменения процентного содержания магнитного железа в промпродуктах первой, второй и третьей стадий обогащения. Когда измерения отклоняются от целевых значений (установленных технологической картой) или когда можно предвидеть, что операции управления необходимы, сменный мастер делает запрос о качественных характеристиках исходной руды (содержания труднообогатимых разновидностей руд, поступающих на переработку). В этот момент исследуются технологические ситуации: в блоке классификации технологических ситуаций производится распознавание типа руды, а в блоке "Анализатор ситуации" – выбор и классификация производственной ситуации и определение с помощью "экспертной системы" такого набора управляющих решений, при которых качественные характеристики концентрата соответствуют норме, а удельный расход электроэнергии, отнесенный к выходу готового класса 0,070 мм, заданным значениям. ЭВМ, расположенная в операторском пункте обогатительной фабрики, по запросу выдает рекомендации относительно выбора оптимальных загрузок технологических линий.

В процессе управления начальников смен интересует следующая информация: объем производства концентрата; эффективность работы оборудования; причины сбоев в работе технологического процесса; состояние футеровок мельниц, песковых насосов, гидроциклонов, магнитных сепараторов, отделения фильтрации, а также расход электроэнергии [8], воды, шаров [2]. Поэтому для целей эффективного учета этих параметров используются методы имитационного моделирования, основанные как на распознавании технологических ситуаций, так и на интеллектуальном управлении фабрикой в целом с применением искусственных нейронных сетей [9].

На рис. 2 изложены методы применения интеллектуальной системы управления в АСУТП обогатительной фабрикой.

Основные достоинства такого способа управления:

- возможность проведения исследований на базе фактических данных о процессах измельчения, классификации и магнитной сепарации;
- учет более сложных параметров исходной руды и состояния технологических аппаратов;
- эффективная поддержка принятия решений на всех уровнях работы управленческого персонала обогатительной фабрики;
- новая философия управления технологическим процессом;
- согласованное управление технологическими процессами переработки руды в концентрат путем анализа стационарности, распознавания технологических, производственных и социально-экономических ситуаций;
- ситуационные модели впервые представлены идентификаторами, построенными на основе обработки информации с помощью контура, в котором используются алгоритмы коррекции локальных регуляторов на базе искусственных нейронных сетей.

Итак, в работе разработан авторский подход к построению АСУТП обогатительной фабрики, отличительной особенностью которых является использование алгоритмов распознавания технологических ситуаций, контроля траектории изменения ликвидности предприятия, а также нейронных сетей для коррекции локальных систем управления шаровыми мельницами, классификаторами и магнитными сепараторами.

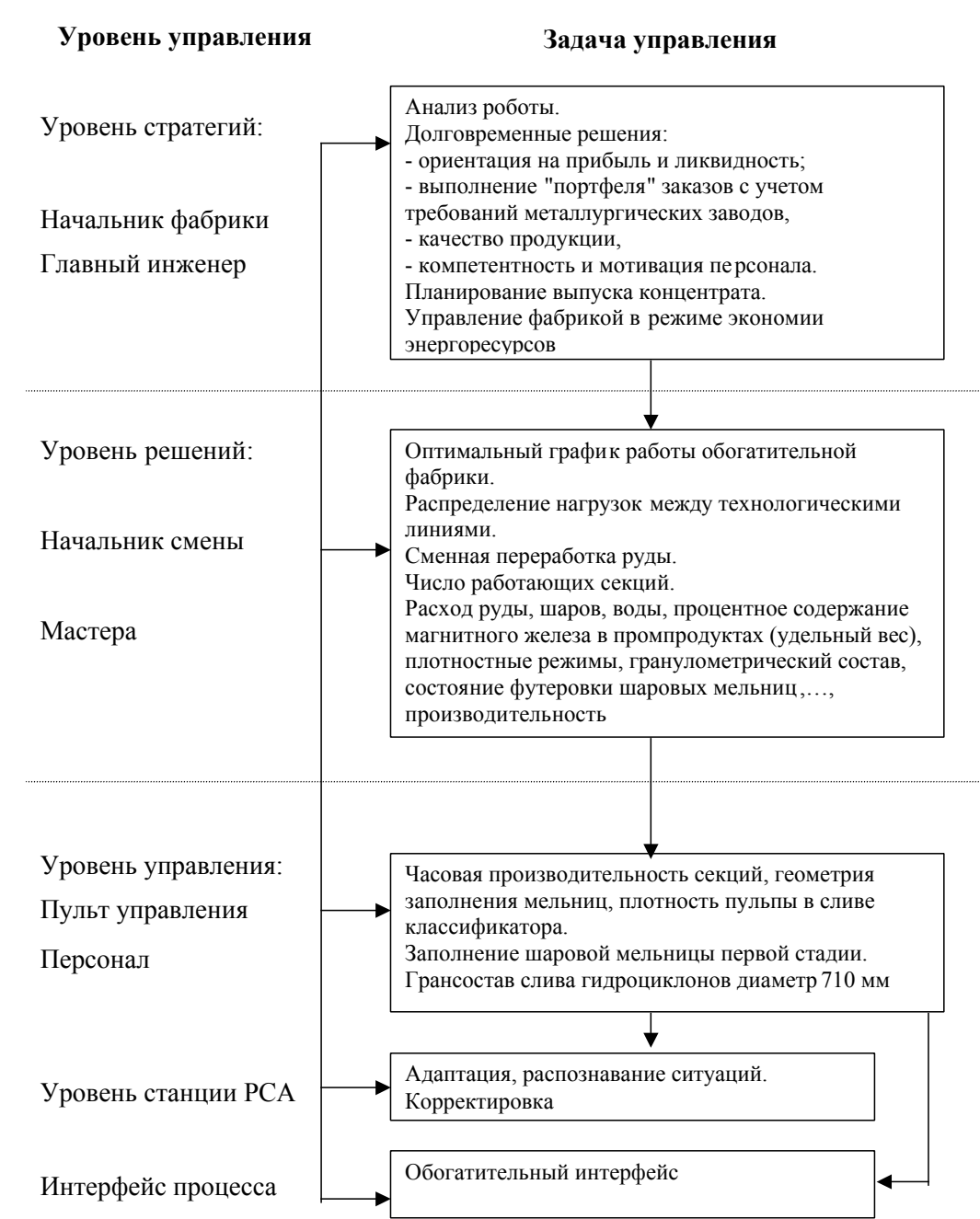


Рис. 2. Спосіб применения експертної системи управління обогатительної фабрики

Список литературы

1. Державна програма розвитку та реформування гірничо-металургійного комплексу на період до 2011 року: Постанова від 28 липня 2004. – К., 2004. – №967.
2. Хорольський В.П., Хоцькіна В.Б. Принципи інтегрованого багатокорисного управління процесами збагачення руд // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2002. – Вип. 16 (57). – С. 93–99.
3. Стуровский М.З. Интегрированные системы оптимального управления и проектирования: Учеб. пособие. – К.: Вища шк., 1990. – 351 с.
4. Хан Диттер. Планирование и контроль: Концепция контроллинга: Пер. с нем. – М.: Финансы и статистика, 1997. – 800 с.
5. Бажин И.И. Информационные системы менеджмента. – М.: ГУ-ВШЭ, 2000. – 688 с.
6. Schnittstellensoftware ermöglicht globalen zugriff auf Prossdaten Schmidtmeier Jürgen, Lochmüller jorg Maschinenmark. – 2000. – №14 (106). – С. 22–25.
7. Григорьев И.В., Шишков И.А. Локальные задачи измерений и вычислений при использовании SCADA – OASyS // Пром. АСУ и контроллер. – 2001. – №8. – С. 37–41.
8. Хорольський В.П., Хорольський Д.В. Енергоаудит в системі управління енергоресурсами на підприємствах гірничо-металургійного комплексу України // Економіка: проблеми теорії та практики: Зб. наук. праць ДНУ. – Дніпропетровськ. – 2003. – Вип. 173. – С. 182–190.
9. Хорольський В.П., Бабен Е.К. Искусственный интеллект в системах управления сложными технологическими процессами // Гірничі електромеханіка та автоматик: Наук.-техн. зб. – 2003. – Вип. 70. – С. 44–51.

© Хорольський В.П., Хоцькіна В.Б., Бабен Е.К., 2005

Надійшла до редколегії 18.12.2004 р.
Рекомендовано до публікації д.т.н. І.К. Младецьким

УДК 622.7-52

Є.В. КОЧУРА, д-р техн. наук,
О.М. ПОЛІНСЬКИЙ
(Україна, Дніпропетровськ, Національний Гірничий Університет)

ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО КОМПЛЕКСУ МЕХАНІЧНОЇ КЛАСИФІКАЦІЇ ТА МАГНІТНОЇ СЕПАРАЦІЇ ЗАЛІЗНИХ РУД

Залізні руди, які надходять на збагачення, мають змінні фізико-механічні властивості: це зміст і вкрапленість заліза, подрібнення і т.п. Для отримання високих вихідних показників збагачення необхідно підтримувати оптимальний ступінь розкриття руди. Сучасні принципи автоматизації технологічних комплексів збагачення залізних руд передбачають використання систем автоматичної оптимізації барабанних млинів по продуктивності по заново утвореному готовому продукту подрібнення [1]. Оптимізація ступеня розкриття руди в перших стадіях збагачення можлива шляхом автоматичного узгодження процесу магнітної сепарації. Як управляючу дію у цьому випадку доцільно використовувати густину зливу класифікатора, яка визначає крупність частинок руди в живленні магнітного сепаратора [2]. У роботі [3] як критерій оптимізації технологічного комплексу магнітного збагачення руд з метою енергозбереження запропоновано використовувати сигнал активної потужності, споживаний приводними електродвигунами групи магнітних сепараторів. Експериментальні дослідження показали, що максимум цього критерію відповідає не тільки максимальній продуктивності комплексу по витягнутому магнітному залізу, але і мінімальним втратам заліза у хвостах (рис. 1), отже, він дозволяє керувати процесами магнітного збагачення руд в режимі енергоресурсозбереження. Властивості руди, своєю збурюючою дією, впливають на процеси класифікації і магнітної сепарації, тому відомі засоби екстремального регулювання не дають можливості надійно керувати процесами збагачення руди в режимі енергозбереження. У Національному Гірничому Університеті розроблений кореляційний екстрем-детектор, що дозволяє надійно визначати знаходження робочої точки на статичній характеристиці технологічного комплексу магнітного збагачення руд і організувати рух до екстремуму без пробних дій.

На рис. 1 запропонован принцип роботи екстремум-детектора для технологічної діагностики і оптимізації процесів механічної класифікації і магнітної сепарації залізної руди. Принцип заснований на властивості коефіцієнта кореляції змінювати знак залежно від знаходження робочої точки на гілці лінійної статичної характеристики . Якщо робоча точка A (рис. 1) знаходиться на лівій гілці статичної характеристики до її екстремуму, то знак коефіцієнта кореляції між густиною зливу і активною потужністю позитивний, густина пульпи менше за оптимальну, система діагностики видає позитивний крок управляючої дії . Якщо ж робоча крапка C (рис. 1) знаходиться на правій гілці статичної характеристики після її екстремуму, то знак коефіцієнта R негативний, густина пульпи більше оптимальної, система діагностики видає негативний крок управляючої дії .

Рис. 1. Принцип роботи екстремум-детектора:

– активна потужність, споживана електродвигунами магнітних сепараторів; – густина зливу класифікатора; – втрати заліза у хвостах; – оптимальне значення густини зливу; – крок управляючої дії; R – коефіцієнт кореляції між густиною зливу і активною потужністю ; A – зона недостатньої густини зливу; B – зона оптимальної густини; C – зона надмірної густини; MN – дотична в точках до статичної характеристики

Якщо ж робоча точка B знаходиться у області оптимуму статичної характеристики , то , густина пульпи оптимальна і система не видає управляючої дії. Алгоритм роботи системи має вид

(1)

де – граничне значення величини коефіцієнта кореляції, визначає зону нечутливості екстремум-детектора.

Параметри настройки і визначаються розрахунковим засобом або методом імітаційного моделювання, виходячи з технічних вимог до системи.

Розглянемо функціональну схему системи технологічної діагностики і оптимізації комплексу магнітного збагачення залізної руди, розроблену для умов збагачувальної фабрики №3 Лебединського ГЗКа (рис. 2).

Рис. 2. Функціональна схема системи діагностики і оптимізації:

1 – бункер з рудою; 2 – конвейер; 3 – млин; 4 – класифікатор; 5 – пульподільник; 6–9 – магнітні сепаратори; 10 – густиномір; 11 – клапан витрати води; 12 – регулятор густини зливу; 13 – датчик активної потужності; 14 – корелятор; 15 – радіоізотопний індикатор заповнення; 16 – конвейерні ваги; 17 – регулятор завантаження; 18 – віброзв'язчик

Вона включає систему регулювання густини зливу класифікатора, причому на вхід цієї системи включений коректор завдання у вигляді корелятора 13, працюючий по алгоритму (1). Експериментально отримані статичні характеристики, які представлені на рис. 1. Під час проведення експериментів ступінь завантаження млина рудою підтримувалась на рівні 48 %.

Експериментально підтверджена можливість надійного визначення знаходження робочої точки відносно екстремуму статичної характеристики по знаку коефіцієнта кореляції.

Виконані дослідження дозволили зробити висновок, що автоматичне визначення енергоресурсозберігаючих режимів процесів механічної класифікації і магнітної сепарації залізної руди можна здійснювати по мініальному значенню коефіцієнтів кореляції між густиною зливу класифікатора і активною потужністю, споживаною приводним електродвигуном магнітного сепаратора.

Список литературы

1. Марюта А.Н., Качан Ю.Г., Бунько В.А. Автоматическое управление технологическими процессами обогатительных фабрик. – М: Недра, 1983. – 277 с.
2. Младецкий И.К., Марюта А.Н. Моделирование процесса магнитной сепарации руд. – К.: Вища школа, 1984. – 136 с.
3. Кочура Е.В. Исследование сигнала активной мощности электродвигателя магнитного сепаратора с позиций задач управления // Обогащение руд. – Вып.4–5. – 1994. – С. 46–49.

© Кочура С.М., Поліський О.М., 2005

Надійшла до редколегії 25.01.05 р.
рекомендовано до публікації д.т.н. В.А. Вороновим

УДК 622.7–52

131

Збагачення корисних копалин, 2005. – Вип. 21(62)