

**Висновки.** Використання авторегресійних моделей з ковзним середнім для компенсації впливу запізнення об'єкта керування є перспективним напрямком досліджень. Однією з переваг є те, що при зміні в процесі роботи впливів або параметрів об'єкта розроблена модель дозволяє перевірити стійкість системи керування, що підвищує надійність та прогнозованість системи.

Подальші дослідження направлені на моделювання в різних умовах та дослідження поведінки розробленої структури для компенсації впливу запізнення об'єкта керування.

#### Список літератури

1. Усков А.А., Круглов В.В. Интеллектуальные системы управления на основе методов нечеткой логики. - Смоленск: Смоленская городская типография, 2003.

2. Щекин В.П. Метод оцінки максимального запізнення елементів фільтрованого входу нейроеммуляторів з зовнішньою динамікою / В.П. Щекин // Автоматика, автоматизация, электротехнические комплексы и системы.– 2008.– № 2(22).–С.164–171.

Рукопис подано до редакції 02.04.12

УДК 658.652.64.622.3

А.А. АЗАРЯН, д-р техн. наук, В.А. АЗАРЯН, канд. техн. наук,

Г.Н. ЛИСОВОЙ, ст.научн. сотр.

ГВУЗ «Криворожский национальный университет»

### СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПРИ ДОБЫЧЕ И ПЕРЕРАБОТКЕ ЖЕЛЕЗОРУДНОГО СЫРЬЯ

Горнорудная промышленность Украины занимает одно из ведущих мест в мире по объему производства. Балансовые запасы страны составляют более 30 млрд т железной руды. Согласно статистике, богатство подземных залежей Украины обеспечит бесперебойную работу местных шахт еще на 95-100 лет. При этом мировые разведанные запасы железной руды составляют порядка 160 млрд т, содержащих около 80 млрд т чистого железа.

В табл. 1 наведено распределение запасов железной руды по странам мира.

Таблица 1

Распределение запасов железной руды по странам мира

Распределение запасов руды по странам от общемирового объема, %		Запасы в пересчете на содержание железа от общемирового объема, %	
страны	%	страны	%
Украина	18	Россия	18
Россия	16	Бразилия	18
Китай	13	Австралия	14
Бразилия	13	Украина	11
Австралия	11	Китай	9
Индия	4	Индия	5
США	4	США	3
Прочие	20	Прочие	22

Обеспечение металлургического производства сырьем с заданными показателями качества и сегодня продолжает оставаться актуальной проблемой. В последние годы получили бурное развитие физические методы контроля параметров горных пород – акустические, электромагнитные и ядернофизические [1].

Особое место среди методов контроля занимают ядернофизические. Эти методы оперативного контроля отличаются от других простотой, технологичностью и высокой информативностью.

Железорудные месторождения Украины имеют сложное геологическое строение, характеризующееся высокой изменчивостью содержания железа, сложностью контактов рудных тел, наличием в контурах месторождений безрудных участков. Истощение запасов богатых руд и вовлечение в разработку участков месторождений со сложными горно-геологическими условиями приводит к снижению среднего содержания железа в исходной руде, что обуславливает

увеличение объемов обогащения сырья, а также потери и засорение руды пустой породой. Все эти обстоятельства в итоге вызывают увеличение себестоимости добычи и переработки.

Ситуация, сложившаяся на сегодня в горно-металлургическом комплексе Украины, стимулирует увеличение объемов добычи железной руды.

Вместе с тем, невозможно осуществлять эффективное управление горными работами и процессами переработки руд без наличия своевременной и достоверной информации о качественных параметрах железорудного сырья.

На горно-обогатительных комбинатах Украины информацию о качестве сырья в процессе его добычи и переработки получают в основном традиционным геологическим методом, который заключается в отборе проб, их дроблении, сушке, измельчении. Затем производится химический анализ. Вследствие большого количества подготовительных операций традиционный метод контроля качества является малопроизводительным и крайне неоперативным.

Данные о качестве сырья на стадиях бурения, экскавации, дробления, обогащения, агломерации получают также химическим способом, причем время анализа для каждого этапа с учетом отбора и подготовки проб – не менее 2-х часов. Вследствие запаздывания информации о качественной характеристике железорудного сырья на несколько часов исключается возможность своевременной корректировки технологических процессов. Это обстоятельство приводит к потерям руды, ухудшению технико-экономических показателей обогащения и металлургического передела.

Необходимость применения экспрессных методов контроля качества давно доказана и очевидна. Причем на сегодня созрела необходимость в создании комплексной системы оперативного контроля качества железорудного сырья горно-обогатительного комбината, объединяющей в себе локальные системы оперативного контроля на различных этапах добычи и переработки.

Комплексная система оперативного контроля качества железорудного сырья в структуре горно-обогатительного комбината позволит осуществлять эффективное управление процессами, снижая потери и засорение руд. Применение комплексной системы позволит повысить технико-экономические показатели работы всего предприятия, снизив себестоимость ряда процессов.

Одним из наиболее важных показателей качества добытой железной руды является величина содержания вредных примесей, табл. 2.

Таблица 2

Основные требования к содержанию вредных примесей в рудах

Примеси	Предельное содержание, %
Фосфор	0,03-0,17
Мышьяк	0,1
Цинк	0,1
Свинец	0,015
Двуокись кремния	10
Сера	0,5-0,8

Это объясняется тем, что превышение требований кондиции по содержанию вредных примесей в руде может вообще исключить возможность ее реализации даже при высоком содержании полезного компонента. Вредные примеси даже при незначительных концентрациях оказывают крайне неблагоприятное воздействие на качество конечной металлургической продукции, нарушая структуру металла и ухудшая его физико-механические свойства. Поэтому допустимое содержание вредных примесей является жестко нормируемой величиной.

Необходимо отметить, что повышенное содержание вредных примесей (особенно двуокиси кремния) является одной из причин более низкой рыночной стоимости железных руд, экспортируемых подземными рудниками Украины. В табл. 3 приведены сведения о химическом составе и ценах на железную руду основных мировых поставщиков.

Повышенное содержание примесей приводит к тому, что в условиях жесткой конкуренции цены на отечественные руды почти в 1.9 раза ниже среднемировых. Финансовые потери на каждом миллионе тонн реализованной товарной руды Украины составляют 11 млн долл.

Необходимо отметить, что на горнодобывающих предприятиях нет возможности повлиять на величину содержания вредных примесей. Единственно доступным и реально применяемым на производстве способом влияния на величину содержания примесей является усреднение.

Таблица 3

Характеристики железных руд основных мировых экспортеров

Страна	Fe, %	SiO <sub>2</sub> , %	P, %	S, %	Цена, долл/т
Австралия	62,6-64,9	3,1-4,3	0,05-0,07	0,01-0,02	23,46-30,38
Швеция	66,5	3,9	0,01	0,001	25,07
Венесуэла	63,8	2,2	0,06	0,001	23,08
Бразилия	68,0	1,3-1,5	0,025	3,90	20,57-23,97
ЮАР	64,2	5,0	0,04	0,006	12,62
Украина	57,4-62,0	8,9-14,0	0,01-0,073	0,007-0,02	12,4-19,82

Качество товарной руды, определяемое гранулометрическим составом, оценивается содержанием фракций крупностью 10-50 мм. Гранулометрический состав в основном влияет на температурный режим расплавляемой массы руды за счет обеспечения эффективной конвенции газов. Гранулометрический состав нормируется по следующим показателям: для дробленой и сортированной руды рудная масса должна быть представлена кусками 10-25 мм, агломерат 10-50 мм, при этом содержание мелочи крупностью 0-5 мм – не выше 5 %.

Практика работы металлургических комбинатов показала, что на каждый процент снижения содержания фракций 0-5 мм производительность доменного производства возрастает на 1,0-2,2 % за счет более интенсивного прогрева шихты.

Наряду с вышеуказанными показателями одной из важнейших характеристик качества является содержания металла в руде. Диапазон допустимых значений содержания металла довольно широк, но чем больше содержание полезного компонента, тем выше экономическая эффективность металлургического передела. Так, например, повышение содержания металла в руде только на 1 % увеличивает производительность доменного производства на 4-5 %, снижает расход кокса на 1-3 % и расход известняка на 6-8 %.

В табл. 4 приведены показатели извлечения, которые были получены на шахтах Украины за последние 10 лет (по данным НИГРИ).

Как видно из этой таблицы, за указанный период подземным способом в Украине добыто 158,613 млн т рудной массы. При этом средневзвешенное засорение составило 8,7 %, что привело к снижению качества добытых руд на 1,85 % по сравнению с природным содержанием металла. Такие показатели снижения качества руды привели к общим финансовым потерям около 400 млн долл.

Аналогичное положение наблюдается и в вопросе технологических потерь самой руды. Средневзвешенное значение этих потерь составило 13,3 %, то есть около 19,18 млн т руды. В финансовом выражении это эквивалентно потере более 300 млн долл.

Таблица 4

Показатели добычи железорудного сырья

Наименование шахты	Потери качества, %	Засорение, %	Потери руд, %
им. Ленина	2,24	14,5	13,3
"Гвардейская"	1,47	7,0	15,1
"Октябрьская"	2,94	13,0	13,6
"Родина"	2,10	11,4	14,7
"Юбилейная"	2,60	14,7	14,1
им. Фрунзе	1,03	6,2	12,2
им. Артема № 1	1,81	7,3	12,2

Таким образом, суммарный ущерб от низких показателей извлечения за указанный период составил более 30 % от общего объема финансовых средств, полученных от реализации руды.

Одним из наиболее эффективных способов повышения качества руды является использование средств оперативного контроля и управления качеством минерального сырья.

При усреднении железорудного сырья уменьшение колебаний массовой доли полезного компонента в два раза обеспечивает при обогащении повышение извлечения железа в концентрат в среднем на 2 % и позволяет на тех же производственных площадях увеличить производство концентрата на 296 тыс. т в год при производительности карьера 25,3 млн т [2].

Анализ производственных данных показал, что колебания содержания полезного компонента отрицательно отражаются на работе обогатительных установок. Для достижения желаемого эффекта от стабилизации качества минерального сырья необходимо осуществлять непрерывный контроль величины содержания полезного компонента по всей технологической цепи от добычи до переработки включительно.

Очевидно, что при диапазоне колебаний содержания полезного компонента от 1,1 до 5,5% в исходной руде получить качественный концентрат и оптимальное извлечение металла невозможно. Отсутствием же управления качеством делает эту задачу практически неразрешимой. В результате происходят потери рудных кусков при добыче и снижение качества концентрата при обогащении.

В настоящее время в горно-металлургической отрасли в основном пользуются дискретными методами контроля качества минерального сырья в различных звеньях технологической цепи ДОФ. Анализ качественных показателей железных и марганцевых руд свидетельствует о том, что дискретный контроль методом химического анализа с периодом 2 часа неприемлем для оценки величины содержания полезного компонента и регулирования технологических процессов при переработке руд, так как этот способ контроля пассивный и не влияет на технологию добычи и переработки руд. В интервалах между периодами отбора проб в исходной руде диапазон колебаний величин содержаний составляет 1,35 до 4,3% в железных и от 1,3 до 5,5% в марганцевых рудах.

Оперативный контроль качества минерального сырья должен осуществляться на всех стадиях горного производства: при разведке, добыче, транспортировке и переработке.

Состояние проблемы контроля качества руд в отрасли можно охарактеризовать следующим образом. На всех стадиях разведки (детальной, промышленной и эксплуатационной) методы получения оперативной информации о качестве минерального сырья изучены и разработаны достаточно полно, однако на практике реализованы недостаточно. Проблема контроля качества руд при добыче и в транспортных емкостях изучена недостаточно. Ситуация усугубляется еще тем, что ощущается острая нехватка технических средств контроля качества минерального сырья. Не лучшее положение с внедрением средств оперативно-дискретного и непрерывного контроля качества минерального сырья на обогатительных фабриках.

Следует отметить, что комплексные исследования с целью разработки методов и средств контроля и управления качеством минерального сырья на всех стадиях технологической цепи "разведка - добыча - транспортировка - переработка" отсутствуют. Недостаточно глубоко проработаны варианты технологических, организационных и функциональных структур контроля и управления, отсутствуют критерии оценки и технико-экономического обоснования.

Вместе с тем, проблемой контроля и управления качеством минерального сырья занимались и занимаются много научно-исследовательских, проектных, учебных институтов, а также научно-производственные объединения [1]. При этом на предприятиях ощущается нехватка переносных, стационарных и мобильных средств контроля и управления качеством минерального сырья, а без них невозможна реальная оптимизация технико-финансовых показателей предприятий горно-металлургической отрасли Украины.

В настоящее время в проблемно-отраслевой лаборатории Криворожского национального университета «Оперативный контроль и управление качеством минерального сырья» сделаны первые попытки комплексного решения данной проблемы. В частности, разработаны и внедрены на всех шахтах Кривбасса рудничные радиометры типа ПАКС, которые используются для оперативного контроля содержания железа от каротажа до отгрузки товарной руды потребителю. Статистическая обработка результатов эксплуатации рудничных радиометров типа ПАКС за 2002-2012 гг. свидетельствует, что погрешность определения содержания железа в сравнении с химанализом не превышает 1 %.

Внедрены в производство и совершенствуются средства контроля качественных показателей рудопотока на конвейерной ленте, разработаны устройства для экспресс-анализа, имеющие точность, не уступающую химическому анализу.

#### *Список литературы*

1. Качество минерального сырья/А.А.Азарян, В.А.Колосов, Л.А.Ломовцев, А.Д.Учитель.-Кривой Рог. Минерал, 2001.-203 с.
2. **Бастан П.П.** Усреднение руд как эффективное средство использования недр. В сб.: Вопросы рудничной геологии. - Белгород: ВЮГЕМ. -1970. -С. 14-16.
2. Качество минерального сырья/А.А.Азарян, Ю.Г Вилкул, В.А Колосов и др. //Металлургическая и горно-рудная промышленность №1, Дн-ск. 2004.- С 88-91.

Рукопись поступила в редакцию 29.03.12